BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Heft 67

Achim Schulte, Isolde Roch, Bohumír Janský,
Christian Reinhardt-Imjela, Jens Bölscher
(Herausgeber)

Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge



2013

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin

Achim Schulte, Isolde Roch, Bohumír Janský, Christian Reinhardt-Imjela, Jens Bölscher

Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge

Berliner Geographische Abhandlungen, Heft 67, Berlin, 2013

Satz und Layout: Christian Reinhardt-Imjela

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Margot Böse, Brigitta Schütt und Achim Schulte

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 67

Achim Schulte, Isolde Roch, Bohumír Janský, Christian Reinhardt-Imjela, Jens Bölscher
(Herausgeber)

Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge

Wissenschaftliche Monographie zum Interreg IIIA Forschungsprojekt »Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges«

– DINGHO –

170 Seiten, 57 Figuren, 31 Tabellen

2013

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-068-8

Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges

Projektleitung: Prof. Dr. Achim Schulte
Institut für Geographische Wissenschaften, Freie Universität Berlin

Antragspartner: Prof. Dr. Achim Schulte
Institut für Geographische Wissenschaften, Freie Universität Berlin

Prof. Dr. Isolde Roch
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Prof. RNDr. Bohumír Janský
Institut für Geoökologie und Geographie, Karls-Universität Prag

Konsultative Partner: Stadt Olbernhau
Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis
Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland
Forstbezirk Marienberg
Staatsbetrieb Sachsenforst
Staatlicher Wasserbetrieb Einzugsgebiet Eger (Povodí Ohře)

Autorenverzeichnis

Dipl.-Geogr. Frederike Balzer
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Ing. Dirk Bölitz
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Dipl.-Geogr. Jens Bölscher
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Ing. Jindřich Břečka
Staatlicher Wasserbetrieb für das Einzugsgebiet der Eger (Povodí Ohře) Chomutov

Dipl.-Geogr. Jens Hürdler
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Geogr. Rabea Imjela
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Prof. RNDr. Bohumír Janský
Karls-Universität in Prag,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Lehrstuhl für Physische Geographie und Geoökologie

Dr. Michal Jeníček
Karls-Universität in Prag,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Lehrstuhl für Physische Geographie und Geoökologie

Mgr. Hana Karlová
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Dr. Jan Kocum
Karls-Universität in Prag,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Lehrstuhl für Physische Geographie und Geoökologie

Dipl.-Geogr. Stefanie Neumann
Freie Universität Berlin

Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Geogr. Karolin Ortelbach
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Geogr. Mike Ramelow
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dr. Christian Reinhardt-Imjela

Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Prof. Dr. Isolde Roch
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Markéta Růžičková
Karls-Universität in Prag,
Naturwissenschaftliche Fakultät,
Lehrstuhl für Physische Geographie und Geoökologie

Prof. Dr. Achim Schulte
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Geogr. Christine Schülzke
Freie Universität Berlin
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und Ressourcenmanagement

Dipl.-Geogr. Reimund Steinhäußer
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Dipl.-Geogr. Alexander Vock
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden

Inhalt

Autoren I
Inhaltsverzeichnis III
Verzeichnis der Abbildungen VII
Verzeichnis der Tabellen IX

1. Einleitung 1

1.1 Problemstellung 1
1.2 Fragestellungen und Zielsetzung 2

2. Das Konzept des dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes 5

2.1 Grundlagen 5
2.1.1 Maßnahmen an Fließgewässern 8
2.1.2 Maßnahmen zum flächenhaften Wasserrückhalt in der Land- und Forstwirtschaft 11
2.2 Wasserrückhalt in tschechischen Moorgebieten 14

3. Hochwasserentstehung und Hochwasserschutz im Erzgebirge 17

3.1 Abflussbildung und Hochwasserentstehung 17
3.2 Hochwasserrisikomanagement in Sachsen 19
3.2.1Technischer Hochwasserschutz 19
3.2.2 Flächenvorsorge 21
3.2.3 Planerische Vorsorge und Eigenvorsorge 21
3.2.4 Die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 22
3.3 Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Ohře (Eger) 23

4. Das Untersuchungsgebiet 27

4.1 Lage und Abgrenzung 27
4.2 Naturräumliche Ausstattung 27
4.2.1 Geologie und Geomorhologie 27
4.2.2 Böden 30
4.2.3 Klimatologische Verhältnisse 31
4.2.4 Hydrographie 35
4.2.5 Landnutzung 36
4.3 Kulturräumliche Ausstattung 37
4.3.1 Siedlungsstruktur 37
4.3.2 Demografie 37

5. Potentiale für dezentrale Rückhaltemaßnahmen 39

5.1 Potentiale für dezentrale Maßnahmen entlang der Fließgewässer des Einzugsgebiets der Oberen Flöha 39
5.1.1 Natzschung 39
5.1.2 Schweinitz und Obere Flöha 42
5.1.2.1 Hochwasserrückhaltebecken 42
5.1.2.2 Gewässerstrukturmaßnahmen 44
5.2 Land- und forstwirtschaftliche Potentiale im Einzugsgebiet der Oberen Flöha 45
5.2.1 Landwirtschaft 45

5.2.2 Forstwirtschaft ... 45
5.3 Potentiale für dezentrale Maßnahmen im Einzugsgebiet der Oberen Chomutovka ... 46

6. Hydrologische Modellierung ... 49

6.1 Potentiell dominierende Abflussprozesse ... 49
6.1.1 Methodische Vorgehensweise ... 49
6.1.2 Ergebnisse ... 50
6.2 Maßnahmen an Fließgewässern im Einzugsgebiet der Natzschung ... 53
6.2.1 Das Modellsystem NASIM ... 53
6.2.2 Methodische Vorgehensweise ... 53
6.2.3 Ergebnisse ... 55
6.2.3.1 Modellkalibrierung ... 55
6.2.3.2 Berechnung der Wirksamkeit dezentraler Hochwasserrückhaltebecken ... 56
6.2.4 Zwischenfazit ... 62
6.3 Maßnahmen an Fließgewässern im Einzugsgebiet der Oberen Flöha ... 63
6.3.1 Methodische Vorgehensweise ... 63
6.3.2 Ergebnisse ... 64
6.3.2.1 Modellkalibrierung und Simulation des Bemessungsereignisses ... 64
6.3.2.2 Hochwasserrückhaltebecken ... 68
6.3.2.3 Gewässerstrukturmaßnahmen einschließlich Aufforstung der Talsohlen ... 71
6.4 Beurteilung der Gesamtwirkung der dezentralen Maßnahmen an den Fließgewässern für die Stadt Olbernhau durch Kopplung der hydrologischen Modelle ... 72
6.4.1 Methodische Vorgehensweise ... 72
6.4.2 Ergebnisse ... 73
6.4.2.1 Hochwasserrückhaltebecken ... 73
6.4.2.2 Aufforstung der Talsohlen ... 75
6.4.2.3 Kombination von Hochwasserrückhaltebecken und bewaldeten Talsohlen ... 75
6.4.3 Zusammenfassung ... 76
6.5 Modellierung von Nutzungsänderungen ... 78
6.5.1 Das Modellsystem WaSiM-ETH ... 78
6.5.2 Methodische Vorgehensweise ... 79
6.5.3 Ergebnisse ... 82
6.5.3.1 Modellkalibrierung und Simulation des Bemessungsereignisses ... 82
6.5.3.2 Landnutzungsszenarien ... 84
6.5.3.3 Diskussion und Schlussfolgerungen ... 88
6.6 Modellierung dezentraler Maßnahmen im Einzugsgebiet der oberen Chomutovka ... 91
6.6.1 Methodische Vorgehensweise ... 91
6.6.2 Ergebnisse ... 92
6.6.3 Diskusssion ... 94

7. Kosten und Priorisierung der Maßnahmen ... 95

7.1 Einführung ... 95
7.2 Hochwasserrückhaltebecken ... 95
7.2.1 Kostenkalkulation für dezentrale Hochwasserrückhaltebecken ... 95
7.2.1.1 Einleitung ... 95
7.2.1.2 Verfahren der Kostenschätzung ... 96
7.2.1.3 Ergebnisse ... 98
7.2.2 Priorisierung der potentiellen HRB-Standorte ... 100

8. Management ... 103

8.1 Einleitung ... 103
8.2 Ermittlung relevanter Akteure ... 104
8.2.1 Grenzübergreifende Akteure ... 105
8.2.1.1 Deutsch-Tschechische Grenzgewässerkommission ... 105
8.2.2 Freistaat Sachsen ... 105
8.2.2.1 Städte- und Gemeinden ... 105
8.2.2.2 Landkreise (Erzgebirgskreis, Mittelsachsen) ... 106
8.2.2.3 Regionaler Planungsverband Südsachsen ... 106
8.2.2.4 Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland ... 106
8.2.2.5 Landestalsperrenverwaltung ... 107
8.2.2.6 Forstwirtschaft ... 107
8.2.2.7 Landwirtschaft ... 107
8.2.2.8 Ländliche Entwicklung ... 107
8.2.2.9 Euroregion Erzgebirge e. V. ... 108
8.2.3 Tschechische Republik ... 108
8.2.3.1 Gemeinden ... 109
8.2.3.2 Region Ústí (Ústecký kraj) ... 109
8.2.3.3 Staatlicher Wasserbetrieb Einzugsgebiet Eger (Povodí Ohře) ... 111
8.2.3.4 Landwirtschaftliche Verwaltung für Wasserwirtschaft – Egergebiet (Zemědělská vodohospodářská správa - Oblast povodí Ohře) ... 111
8.2.3.5 Ministerium für Landwirtschaft (Ministerstvo zemědělství) ... 111
8.2.3.6 Umweltministerium der Tschechischen Republik (Ministerstvo životního prostředí) ... 111
8.3 Unterschiedliche Bedarfe aufgrund unterschiedlicher Betroffenheiten ... 112
8.4 Bestehende Kooperationen ... 113
8.5 Entwurf einer Netzwerkstruktur ... 113
8.5.1 Europäischer Verbund für territoriale Zusammenarbeit ... 116
8.6 Zusammenfassung ... 117

9. Fazit, Umsetzungsperspektiven und Ausblick ... 129

10. Quellen- und Schriftenverzeichnis ... 133

10.1 Literatur ... 133
10.2 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien ... 142
10.3 Daten ... 143
10.4 Dissertationen und studentische Qualifizierungsarbeiten ... 146
10.5 Veröffentlichungen ... 147

Danksagungen ... 149

Anhang ... 151

A1. Karten ... 151
Naturräumliche Ausstattung der Untersuchungsgebiete ... 152
Maßnahmen des dezentralen Hochwasserschutzes ... 163
Planung und Management ... 167
A2. Ermittelte Drosselgrößen der potentiellen Hochwasserrückhaltebecken ... 169

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 2-1	Das Prinzip des dezentralen Hochwasserschutzes in einem mesoskaligen Flusseinzugsgebiet, dargestellt anhand ausgewählter Maßnahmen.	6
Abb. 4-1	Klimadiagramme Fichtelberg und Zinnwald-Georgenfeld sowie mittlere monatliche Niederschläge für Marienberg, Olbernhau und Neuhausen.	34
Abb. 4-2	Jahresgang des Abflusses am Pegel Pockau 1 (langjährige Monatsmittel).	35
Abb. 4-3	Landnutzungsverteilung im Einzugsgebiet der Oberen Flöha (Maßnahmengebiet - bis zum Pegel Olbernhau 2).	36
Abb. 4-4	Bevölkerungsentwicklung bis 2020 im deutsch-polnisch-tschechischen Dreiländereck.	38
Abb. 5-1	Beispiele für potentielle Standorte dezentraler Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Natzschung.	41
Abb. 5-2	Beispiele für potentielle Standorte dezentraler Hochwasserrückhaltebecken in den Einzugsgebieten von Schweinitz und den kleineren Flöhazuflüssen.	44
Abb. 5-3	Potentielle Lage von Rückhaltebecken im Einzugsgebiet der Chomutovka.	47
Abb. 5-4	Anordnung von Drosseln in unterschiedlicher Höhe im Absperrbauwerk eines bereits bestehenden Sedimentspeichers an der Chomutovka.	47
Abb. 6-1	Flächenanteile der potentiell dominierenden Abflussprozesse im Einzugsgebiet der Oberen Flöha zwischen der Talsperre Rauschenbach und dem Pegel Olbernhau 2 bzw. zwischen Talsperre und dem Pegel Pockau 1.	51
Abb. 6-2	Modellierte Abflüsse am Beispiel der Hochwasserereignisse im August 2002 und März/April 2006 sowie Ganglinien der einzelnen Abflusskomponenten.	52
Abb. 6-3	Verlauf der gemessenen und modellierten Abflussgangline am Pegel Rothenthal/ Natzschung über den Kalibrierungszeitraum 2006-2008.	57
Abb. 6-4	Verlauf der gemessenen und modellierten Abflussgangline am Pegel Rothenthal/ Natzschung über den Validierungszeitraum 2002-2004.	58
Abb. 6-5	Verlauf der Abflussganglinien für Hochwasserszenario 1 und 2 an den Bezugspunkten Načetin, Kalek, Einsiedel-Sensenhammer, Rübenau und Rothenthal (Pegel und Gemeinde).	62
Abb. 6-6	Drosselkurven für verschiedene Nennweiten sowie scharfkantige und gerundete Einlässe/Rechen.	65
Abb. 6-7	Vergleich von modellierten Abflüssen und Pegelganglinien für die Hochwasserereignisse im Modellierungszeitraum.	66
Abb. 6-8	Simulierte HQ_{100}-Ganglinien für das 12-stündige Niederschlagsereignis an den Pegeln Pockau 1 und Olbernhau 2.	67

Abb. 6-9	Lokale Wirkung der Hochwasserrückhaltebecken für ausgewählte Gewässer und Ortslagen.	69
Abb. 6-10	Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den Ist-Zustand und mit den HRB in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha.	70
Abb. 6-11	Stauraumnutzung der HRB in der Simulation im Vergleich mit den an den einzelnen Standorten verfügbaren Rückhaltevolumina.	70
Abb. 6-12	Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den Ist-Zustand und mit Gewässerstrukturmaßnahmen in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha.	71
Abb. 6-13	Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den Ist-Zustand und für das Kombinationsszenario (A_{Kom}).	72
Abb. 6-14	Simulierte Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den IST-Zustand und mit HRB in verschiedenen Rechenszenarien.	74
Abb. 6-15	Hydrologischer Längsschnitt der Flöha für den IST-Zustand und die Szenarien A_{HRB} und $A_{HRB}+B_{HRB}$. Der Punkt Olbernhau EKZ befindet sich am Einkaufszentrum Ecke Grünthaler Str./Zum Poppschen Gut.	74
Abb. 6-16	Simulierte Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den IST-Zustand und mit aufgeforsteten Talsohlen in den verschiedenen Rechenszenarien (Maximalszenarien).	75
Abb. 6-17	Simulierte Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den IST-Zustand und eine Kombination aus HRB und aufgeforsteten Talsohlen.	76
Abb. 6-18	Hydrologischer Längsschnitt der Flöha für den IST-Zustand und das Kombinationsszenario $A_{Kom}+B_{Kom}$.	77
Abb. 6-19	Simulationsergebnisse für den Kalibrierungszeitraum November 2004 bis Oktober 2007, Pegel Pockau 1 und Olbernhau 2.	83
Abb. 6-20	HQ_{100}-Simulation an den Pegeln Pockau 1 und Olbernhau 2 mit WaSiM-ETH für das 12-stündige Niederschlagsereignis.	83
Abb. 6-21	Simulierte Hochwasserganglinien am Pegel Olbernhau 2 für die einzelnen Nutzungsszenarien im Vergleich mit dem Ist-Zustand.	84
Abb. 6-22	Modellierte Veränderung der Aufteilung des Bemessungsniederschlags auf die einzelnen Wasserhaushaltskomponenten nach Nutzungsszenarien.	85
Abb. 6-23	Simulierte mittlere Gebietsbodenfeuchte in der ungesättigten Zone vor dem HQ_{100} (Anfangsbodenfeuchte) bezogen auf das Gesamtporenvolumen.	86
Abb. 6-24	Lokale Wirkung von Aufforstungsmaßnahmen im Szenario AF-MW_{lokal} am Beispiel des Seiffener Bachs.	87
Abb. 6-25	Struktur des Einzugsgebiets der oberen Chomutovka im Modell HEC-HMS.	91
Abb. 6-26	Kalibrierung des Models am Hochwasser im August 2005 (links) und Verifizierung des Models am Hochwasser im August 2002 (rechts).	92
Abb. 6-27	Einfluss der dezentralen Speicher auf die Abflussprozesse bei Niederschlagsereignissen unterschiedlicher Wiederkehrintervalle: 10 a (oben links), 20 a (oben rechts), 50 a (unten links) und 100 a (unten rechts).	93

Abb. 6-28	Maximaler Wasserspiegel in den Speichern bei einer Stauhöhe von 5 m und unterschiedlichen Niederschlagsereignissen.	94
Abb. 7-1	Ablaufschema der Kostenschätzung.	96
Abb. 7-2	Neigungsverhältnisse der betrachten Dammbauwerke.	97
Abb. 8-1	Betroffenheiten der Kommunen durch Hochwasserschäden	112

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 2-1	Maßnahmen des dezentralen Hochwasserschutzes	7
Tab. 2-2	Ausgewählte Studien zur Wirkung dezentraler Speicher	10
Tab. 2-3	Ausgewählte Studien zur Wirkung von Renaturierungs- bzw. Gewässerstrukturmaßnahmen	11
Tab. 4-1	Jahresmitteltemperaturen und Jahresniederschlag im Erzgebirge	32
Tab. 4-2	Mittlere jährliche Klimawerte für ausgesuchte Räume des Erzgebirges im West-Ost-Verlauf	32
Tab. 5-1	Potentielle Standorte für kleine HRB im Einzugsgebiet der Natzschung	40
Tab. 5-2	Primäre und sekundäre Schutzziele	42
Tab. 5-3	Potentielle Standorte für kleine HRB in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha	43
Tab. 5-4	Basisdaten der potentiellen Speicher im Einzugsgebiet der Chomutovka	46
Tab. 6-1	Nash-Sutcliffe-Koeffizienten am Pegel Rothenthal/Natzschung	55
Tab. 6-2	Vergleich der simulierten Hochwasserszenarien (HQ_{100}) für ausgewählte Orte im Einzugsgebiet	61
Tab. 6-3	Maßnahmenszenarien für die Einzugsgebiete von Schweinitz und Oberer Flöha	64
Tab. 6-4	Nash-Sutcliffe-Koeffizienten für die modellierten Einzelereignisse und die beiden Hauptpegel im Modellierungsgebiet	64
Tab. 6-5	Scheitelreduktion für ausgewählte Ortslagen	68
Tab. 6-6	Bezeichnung und Umfang der Maßnahmenszenarien für die Modellkopplung	73
Tab. 6-7	Vergleich von Scheitelreduktion und –verzögerung am Pegel Olbernhau 2 in den unterschiedlichen Rechenszenarien	77
Tab. 6-8	Vertikale Differenzierung der Vegetations- bzw. Landnutzungstypen im Modell	80
Tab. 6-9	Landnutzungsszenarien mit Kurzbezeichnung	81

Tab. 6-10	Gütemaße für den Kalibrierungszeitraum 2004 bis 2006	82
Tab. 6-11	Modellergebnis zur Reduktion der Hochwasserscheitel im Stadtgebiet von Olbernhau (Pegel Olbernhau 2) nach Landnutzungsszenarien	88
Tab. 6-12	Ausgewählte Parameter für die simulierten Hochwasserwellen	93
Tab. 7-1	Übersicht über Stammdaten und potentielle Kosten der Hochwasserrückhaltebecken	99
Tab. 7-2	Übersicht über die errechneten Kosten in €/m³ Stauvolumen	100
Tab. 7-3	Priorisierung der Hochwasserrückhaltebecken aufgrund ihrer lokalen hydrologischen Effektivität	101
Tab. 8-1	Hochwasserrelevante Arbeitsgruppen der Euroregion Erzgebirge e.V.	118
Tab. 8-2	Lokale Akteure und relevante Institutionen im Freistaat Sachsen	119
Tab. 8-3	Lokale Akteure und relevante Institutionen in der Tschechischen Republik	122
Tab. 8-4	Berührte Gemeinden und Aktivitäten im Maßnahmengebiet	124
Tab. 8-5	Weitere Akteure, Institutionen und relevante Aktivitäten	124
Tab. 8-6	Grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Untersuchungsgebiet	126

1. Einleitung

Achim Schulte & Christian Reinhardt-Imjela

1.1 Problemstellung

Kleine Hochwasser oder solche, die nur ein räumlich begrenztes Ausmaß haben, geraten bei den nicht direkt Betroffenen schnell in Vergessenheit. Damit geht unmittelbar einher, dass die Vorbeugung bzw. Vorbereitung auf das nächste Hochwasser - was natürlich kommen wird – untergeordnete Priorität bekommt. Demgegenüber haben die großen Hochwasser am Rhein 1993 und 1995, an der Oder 1997 und an der Elbe 2002 zu einem deutlichen Sinneswandel geführt. Nicht zuletzt der Verlust an Menschenleben und die hohen Schäden an öffentlichen und privaten Gebäuden in relativ schneller zeitlicher Folge haben dazu geführt, dass die Bereiche Hochwasser und Hochwasserschutz nachhaltig in den Fokus der öffentlichen und auch der institutionellen Wahrnehmung gerückt sind. Das Augusthochwasser 2002 verursachte im gesamten Elbeeinzugsgebiet Sachschäden in Höhe von 11,3 Mrd. €, von denen mit 6,2 Mrd. € mehr als die Hälfte auf sächsischem Gebiet auftraten (IKSE 2004).

Wendet man sich den Quellregionen zu, wird das Schadensausmaß nicht geringer. Auf dem Gebiet der Stadt Olbernhau an der Flöha (Mittleres Erzgebirge) waren Gesamtschäden in Höhe von 62 Mio. € zu verzeichnen. Oberhalb der Stadt entstanden an der Flöha und ihren Quellflüssen zusätzlich allein an öffentlichen Infrastruktureinrichtungen Schäden von 18 Mio. €, wobei auch hier den Quellgebieten ein entscheidender Anteil zukommt. Am Rübenauer Bach mit einem Einzugsgebiet von 8,8 km² verursachte das Hochwasser ein Schaden von 2,06 Mio. € und am Dörfelbach (4,0 km²) von knapp einer Million € (Datenbank M-Bau – Zentrale Schadenserfassung und Sanierungsmanagementsoftware, LTV Sachsen, Hochwasser 2002).

Das Augusthochwasser 2002 hat auch im Mittleren Erzgebirge das zunehmende Risiko verdeutlicht, das von intensiven Niederschlägen oder schneller Schneeschmelze ausgeht, wie übrigens schon die Hochwasserkatastrophen von 1897, 1932 und 1954 gezeigt haben. Aber auch regional konzentrierte Niederschlagsereignisse, wie z.B. 1931 im Schwarzwassertal, 1999 in Marienberg (Büttner & Walther 2007) und 2003 in der Umgebung von Seiffen und Neuhausen, hatten extreme Hochwasser zur Folge, die zu großen lokalen Schäden führten. Von meteorologischer Seite wird prognostiziert, dass generell in Mitteleuropa diese Extremereignisse an Anzahl und Ausmaß in den kommenden Jahrzehnten zunehmen werden, was den großen Handlungs- und Umsetzungsbedarf verdeutlicht.

Durch die enge kausale Verknüpfung der Abflussbildung in den Hochwasserentstehungsgebieten und den daraus folgenden Hochwasserschäden entlang der Gewässer bedarf es einer verstärkten Berücksichtigung dieser abflusswirksamen Flächen beim Hochwasserschutz. Die Neufassung des Sächsischen Wassergesetzes geht daher in besonderer Weise darauf ein: „Hochwasserentstehungsgebiete sind Gebiete, insbesondere in den Mittelgebirgs- und Hügellandschaften, in denen bei Starkniederschlägen oder bei Schneeschmelze in kurzer Zeit starke oberirdische Abflüsse eintreten können, die zu einer Hochwassergefahr in den Fließgewässern und damit zu einer erheblichen Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können“ (§76, Abs. 1 SächsWG). Aus diesem Grund wird gefordert, dort das „Wasserversickerungs- und Wasserrückhaltevermögen zu erhalten und zu verbessern.“ (§ 76, Abs. 2 SächsWG).

Die extremen, vielfach grenzübergreifenden Hochwasser in den vergangenen beiden Dekaden haben auch auf EU-Ebene dazu geführt, sich in Ergänzung zur EU-Wasserrahmenrichtlinie mit den Hochwassergefahren näher auseinander zu setzen. Die Beratungen führten zur Entwicklung der „Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken“. Die enormen Hochwasserschäden und das große Risikopotential haben auch die Bundesregierung im Mai 2005 dazu veranlasst, ein „Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ zu erlassen. Bei der Umsetzung bzw. der selbstständigen Entwicklung von Hochwasserschutzstrategien sind hier besonders die Bundes-

länder gefordert, in deren Gebiet Hochwasser in verstärktem Maße generiert wird. Auch im Freistaat Sachsen sind diesbezüglich enorme Anstrengungen zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes sowie zur Etablierung eines umfassenden Hochwasserrisikomanagements unternommen worden (SMUL 2007).

Nach dem Augusthochwasser 2002 wurden für den Freistaat Sachsen flächendeckend Hochwasserschutzkonzepte (HWSK) als Rückgrat des technischen Hochwasserschutzes an Gewässern I. Ordnung in Auftrag gegeben. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes sind derart umfangreich, dass eine Priorisierung erfolgen musste (Socher et al. 2006a, 2006b). Auf das zu untersuchende Gebiet entfallen dabei die HWSK 21 (Natzschung; Zschammer 2007) und 22 (Flöha bis Pegel Borstendorf, LTV 2004).

Forschungsbedarf besteht indes für Gewässer II. Ordnung, wo Unterhaltung und Hochwasserschutz nach dem SächsWG in den Verantwortungsbereich der Gemeinden fallen.

Moderne Strategien zum Management von Hochwasserrisiken richten im Einklang mit den erstmalig 1995 veröffentlichten „Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1995) den Blick zunehmend auch auf den flächenhaften Wasserrückhalt – insbesondere in Gebieten, in denen Hochwasser entsteht. Dies führte in Sachsen u.a. dazu, dass „Hochwasserentstehungsgebiete“ in das SächsWG aufgenommen wurden (s.o.). Schaut man sich diese Gebiete näher an – was mit einem räumlichen und methodischen Skalensprung verbunden ist – rücken ‚headwater areas’ von einigen Quadratkilometern Größe in den Fokus, unabhängig davon, ob diese bebaut sind oder anderweitig genutzt werden.

In dieser räumlichen Skala setzt nun auch der dezentrale Hochwasserrückhalt an, der seit etwa zwei Jahrzehnten näher untersucht wird. Das Grundkonzept dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen besteht darin, dass anstelle von zentralen Einrichtungen eine große Anzahl kleinerer Maßnahmen über ein Einzugsgebiet verteilt werden. Dies führt wiederum dazu, dass Gemeinden in den Quellgebieten wie auch entlang der Vorfluter in die Hochwasserschutzplanung einbezogen werden. Gleichzeitig fallen die Auswirkungen der Maßnahmen auf Naturhaushalt und Landschaftsbild deutlich geringer aus, als es bei großen Anlagen der Fall ist.

Dass eine solche Herangehensweise einen effektiven Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz leisten kann, ist durch zahlreiche Studien belegt (vgl. Kap. 2). Gleichzeitig ist jedoch auch bekannt, dass die Wirksamkeit maßgeblich von den Eigenschaften (z.B. Gewässerstruktur und Wellenüberlagerung) und dem Rückhaltepotential des jeweiligen Einzugsgebietes abhängt, so dass bestehende Forschungsergebnisse nur bedingt übertragbar sind und in jedem Fall eine individuelle und gebietsspezifische Prüfung erforderlich wird – was auch bei zentralen Maßnahmen notwendig ist.

Im Zuge der Konzeptentwicklung des dezentralen Hochwasserrückhalts kommt es immer wieder zu Diskussionen, ob eine Verstärkung des dezentralen Rückhaltes zentrale Hochwasserschutzmaßnahmen ersetzen kann. Diese Auseinandersetzung ist jedoch kaum zielführend. Es gilt eher, das mögliche Potential aufzuzeigen, Hochwasser zurückzuhalten, und dies sowohl mit zentral als auch dezentral orientierten Maßnahmen. Dezentrale Maßnahmen können dabei eine geeignete Ergänzung darstellen, die zudem über den reinen Hochwasserrückhalt noch andere Funktionen erfüllen können, z.B. die ökologische Aufwertung von Gerinnesystemen oder Flächen unterschiedlicher Nutzung. Dementsprechend verstehen sich die hier vorgestellten Maßnahmen als mögliche Ergänzung zu den Vorschlägen der HWSK für Natzschung und Obere Flöha sowie als Beitrag zur Verbesserung des flächenhaften Wasserrückhalts und des Hochwasserschutzes an Gewässern II. Ordnung.

1.2 Fragestellungen und Zielsetzung

Das Projekt „DINGHO“ (Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges) wurde von 2006 bis 2008 über das Interreg IIIA-Programm mit Mitteln der Europäischen Union finanziert und von drei Antragspartnern und ihren Arbeitsgruppen auf deutscher und tschechischer Seite bearbeitet (Prof. Dr. Achim

Schulte, Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften; Prof. Dr. Isolde Roch, Leibniz-Institut für Ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden sowie Doz. RNDr. Bohumír Janský, Institut für Geoökologie und Geographie, Karls-Universität Prag). Unterstützt wurde das Projekt darüber hinaus durch die Stadt Olbernhau, den Landkreis Erzgebirgskreis, den Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland, den Forstbezirk Marienberg, den Staatsbetrieb Sachsenforst sowie den Staatlichen Wasserbetrieb Einzugsgebiet Eger (Povodí Ohře).

Ziel der Untersuchungen ist es, die Möglichkeiten und das Potential der dezentralen, in die Landschaft und den Kulturraum integrierten Hochwasserschutzmaßnahmen im Einzugsgebiet der Oberen Flöha und der Oberen Chomutovka zu untersuchen, wenn hydrologisch erforderlich auch grenzübergreifend (Bölscher & Schulte 2007; Schulte 2007; Schulte et al. 2007, 2008a, 2008b). Die Maßnahmen sollen, zur Unterstützung einer umweltverträglichen und nachhaltigen Entwicklung des Grenzraumes, das Schadenspotential durch Hochwasser in erster Linie an Gewässern 2. Ordnung verringern. Dadurch soll auch ein Beitrag geleistet werden, die grenzüberschreitende Kooperation und Vernetzung hinsichtlich des Hochwasserschutzes weiter zu verbessern (Roch et al. 2008; Schulte et al. 2008a). Die zentralen Fragen der Untersuchungen sind:

1.) Sind in den Kammlagen des Mittleren Erzgebirges die vorhandenen Potentiale zum dezentralen Hochwasserschutz ausreichend, um die Hochwasserwelle effektiv zu dämpfen und das Risikopotential maßgeblich zu mindern?

2.) Welche besonderen Potentiale für den Hochwasserschutz besitzen die forstwirtschaftlich und landwirtschaftlich genutzten Flächen?

3.) Kann angesichts des grenzüberschreitenden Charakters der Einzugsgebiete Hochwasserschutz in einer konzentrierten und koordinierten Weise über den gesamten Flussraum bewältigt werden?

4.) Kann eine fachübergreifende und bilaterale Zusammenarbeit das Niveau auf dem Gebiet der Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen noch weiter verbessern?

2. Das Konzept des dezentralen, integrierten Hochwasserschutzes

2.1 Grundlagen

Christian Reinhardt-Imjela, Rabea Imjela, Achim Schulte, Mike Ramelow

Mit den Erfahrungen aus den Hochwasserkatastrophen der vergangenen Jahrzehnte hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass Hochwasser als Naturereignisse nicht zu verhindern sind und dass ein absoluter Schutz dagegen nicht finanzierbar ist. Die bis dato vorherrschende Sicherheitskultur, die einen Komplettschutz gegen alle erdenklichen Risikoszenarien vorsieht, hat sich zu einer Kultur des Risikomanagements gewandelt (Plate et al. 2001), wobei Naturrisiken durch ihre Identifizierung, Quantifizierung und Bewertung sowie die Festlegung spezifischer Schutzziele besser bewältigt werden sollen (Merz 2006). Dabei verbleiben zwangsläufig Restrisiken, die über das Schutzziel hinausgehen und mit öffentlichen Mitteln nicht mit vertretbarem Aufwand abzusichern sind, deren Bewältigung jedoch über weiterführende Vorsorgemaßnahmen (z.B. individuelle Versicherungen) verbessert werden kann.

Im Kontext der großen Schadenshochwasser haben sich auch die vorherrschenden Ansichten zu Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes gewandelt. So haben die vergangenen Ereignisse gezeigt, dass die Gefährdung, die von einem Hochwasser ausgeht, allein mit technischen Maßnahmen nicht ausreichend zu minimieren ist. Aufgrund dieser Erkenntnis forderte die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bereits 1995 in ihren „Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“, dass neben technischen Hochwasserschutzmaßnahmen auch der Bereich der Hochwasservorsorge und der flächenhafte Wasserrückhalt zu berücksichtigen ist (LAWA 1995, LAWA 2004). Moderne Strategien zum Management von Hochwasserrisiken, wie sie in Deutschland auf Ebene der Bundesländer vorliegen, gliedern sich dementsprechend prinzipiell in drei Teilbereiche:

1.) Technischer Hochwasserschutz mit bautechnischen Anlagen wie Deichen und Schutzmauern, Hochwasserrückhaltebecken (HRB) und Talsperren, Flutpoldern etc.

2.) Hochwasservorsorge einschließlich Bauvorsorge (angepasste Bauweisen), individuellen Versicherungen und finanziellen Rücklagen, Vorwarnsystemen und Entwicklung/Förderung entsprechender Verhaltensweisen u.ä.

3.) Flächenhafter Wasserrückhalt z.B. durch Erhalt, Förderung und Wiederherstellung der Versickerungsfähigkeit der Böden

Vor diesem Hintergrund ist der Ansatz des dezentralen Hochwasserschutzes an der Schnittstelle von technischem Hochwasserschutz und Wasserrückhalt in der Fläche angesiedelt. Das Grundprinzip des Konzeptes besteht darin, dass zusätzlich oder anstelle großer, zentral angeordneter Einrichtungen mehrere kleinere Maßnahmen über ein Einzugsgebiet verteilt eine Schutzwirkung entfalten können (Abb. 2.1). Diese Idee entwickelte sich nicht zuletzt auch aus der Erkenntnis, dass mittlere und große Rückhaltebecken sowie der technische Ausbau der Gewässer einerseits mit negativen Auswirkungen auf Naturhaushalt und Landschaftsbild verbunden sind (WEGNER 1992, ASSMANN et al. 1998, RÖTTCHER & TÖNSMANN 2001), andererseits in intensiv genutzten Kulturlandschaften kaum Raum für die notwendige Errichtung großer Rückhaltebecken verfügbar ist (KOEHLER 2006).

Der Begriff „dezentral“ ist gleichzeitig auch an den räumlichen Kontext der Abflussbildung gekoppelt, d.h. dem Hochwasser kann bereits im Bereich seiner Entstehung durch Rückhaltemaßnahmen entgegengewirkt werden (Assmann et al. 1998). Eine wesentliche Eigenschaft liegt dabei auch in der Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes (Koehler 2006), wobei sowohl der Wasserhaushalt von Einzugsgebieten durch Erhöhung bzw. Wiederherstellung der natürlichen Infiltrationsleistung auf der Fläche, als auch die natürlichen Retentionspotentiale entlang der Fließgewässer Berücksichtigung finden. Zusätzliches Gewicht erhält der Ansatz durch die Tatsache, dass besonders bei den katastrophalen Hochwassern der letzten Jahre große Schäden bereits in den Quellgebieten der Flüsse auftraten. Darüber hinaus werden zahlreiche Hochwasserschäden auch durch lokal begrenzte Sturzflutereignisse verursacht (Kron 2009,

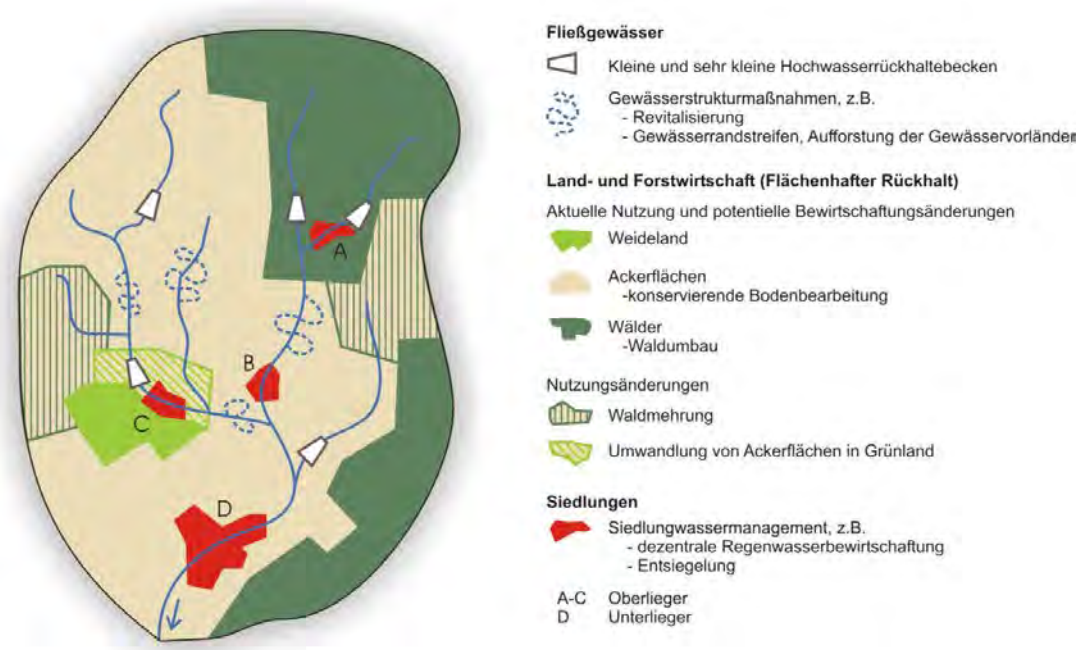


Abb. 2-1: Das Prinzip des dezentralen Hochwasserschutzes in einem mesoskaligen Flusseinzugsgebiet, dargestellt anhand ausgewählter Maßnahmen. Erweitert nach Reinhardt (2010).

Hatzfeld 2010), bei denen zentrale Schutzmaßnahmen nicht greifen können. Auch hier bieten sich durch dezentrale Maßnahmen in den Hochwasserentstehungsgebieten Lösungsansätze, da sich die angestrebte Verbesserung des Hochwasserschutzes auch auf das gesamte Einzugsgebiet auswirkt. Dies führt dazu, dass Ortschaften am Oberlauf eines Gewässers (Oberlieger) oder seinen Quell- und Zuflüssen und am Unterlauf (Unterlieger, Abb. 2-1) gleichzeitig von der Schutzwirkung profitieren können.

Die Maßnahmen, die für den dezentralen Hochwasserrückhalt geeignet sind, lassen sich in drei Gruppen gliedern:

1.) Maßnahmen an Fließgewässern (punktuell, linear)

2.) Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft (flächenhaft)

3.) Maßnahmen im Bereich des Siedlungswassermanagements (punktuell, flächenhaft)

Die zu den einzelnen Gruppen gehörenden Maßnahmen sind sehr vielfältig, wobei das Spektrum von Kleinstmaßnahmen wie Versickerungsmulden entlang von Wegesystemen über die Anlage von dezentralen Hochwasserrückhaltebecken bis hin zu flächenhaften Nutzungsänderungen und infiltrationsfördernden Bearbeitungstechniken in der Landwirtschaft reicht. Einen Überblick dazu gibt Tabelle 2-1 unter Berücksichtigung der einzelnen Maßnahmenbereiche und relevanter Literatur. Weitergehende Informationen liefern zusammenfassende Quellen wie DWA (2006, 2013), Röttcher et al. (2006) oder Röttcher (2011).

Neben der hydrologischen Wirkung sind dezentrale Maßnahmen insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass sie sich in die Landschaft integrieren lassen. Der Eingriff in das Landschaftsbild ist grundsätzlich sehr gering, wobei in vielen Fällen sogar eine Aufwertung erreicht werden kann (z.B. durch Renaturierung von Fließgewässern, Einrichtung von Rand- und Saumstrukturen in der Landwirtschaft oder Waldmehrung) Die Novellierung des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes bietet zudem Möglichkeiten, dezentrale Aspekte in Zukunft stärker umsetzbar zu machen, z.B. durch die nationale Festlegung von Gewässerrandstreifen im Außenbereich mit einer Breite von fünf Metern (WHG §38; Schendel 2010). Gleichzeitig können sich etwa als Folge von Landnutzungsänderungen oder veränderten Bewirtschaftungsmethoden deutlich positive Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt erge-

Tab. 2-1: Maßnahmen des dezentralen Hochwasserschutzes. Zusammenstellung nach Reinhardt (2010), ergänzt.

Maßnahmenbereich 1: Fließgewässer	
1. Speicher kleine Hochwasserrückhaltebecken (HRB), sonstige dezentrale Speicher (z.B. Reaktivierung ehemaliger Fischteiche, Rückhalteräume hinter Wegedämmen, Feldabflussspeicher)	Wegner (1992), Assmann (1999), Röttcher & Tönsmann (2001, 2006), Lang & Tönsmann (2002), Marenbach (2002), Röttcher (2005), DWA (2006), Kreiter (2007), Ley et al. (2007), Rieger & Disse (2008, 2010), Düser (2011)
2. Renaturierung/Revitalisierung Laufverlängerung, Aufhöhung der Sohle, Erhöhung der Sohlrauheit	Assmann et al. (1998), Marenbach (2002), Röttcher (2005), Bauer (2006), DWA (2006), Matschullat et al. (2007), Rieger & Disse (2010)
3. Anlage von Gehölzstreifen entlang der Gewässer und vollständige Wiederbewaldung von Talauen	Kreiter (2007), Matschullat et al. (2007), Ernstberger et al. (2008), Wilhelm et al. (2008), Rieger & Disse (2010)
4. Totholzverbau	Lang & Tönsmann (2002), Wenzel et al. (2010)
5. Rückhalt in Teichen	LfL (2006a,b)
6. Deichrückverlegung	Lang & Tönsmann (2002), DWA (2006)
Maßnahmenbereich 2: Land- und Forstwirtschaft	
Landwirtschaft	
7. Umwandlung von Acker- in Grünland	DWA (2006), Röder et al. (2008b)
8. Konservierende (pfluglose) Bodenbearbeitung	Sieker et al. (2002, 2004, 2007a, 2007b), Schmidt et al. (2006), Matschullat et al. (2007), Rieger & Disse (2009, 2010)
9. Direktsaat	Schmidt et al. (2006)
10. Tieflockerung	DWA (2006), Giese et al. (2007), Kreiter (2007)
11. Dränung (Rückbau/Anlage)	DWA (2006), Rieger & Disse (2010)
12. Neugliederung der Schläge und Einrichtung von abflusshemmenden Strukturelementen (z.B. Feldhecken)	DWA (2006), LfL (2006), Matschullat et al. (2007), Sieker et al. (2007b)
13. Schaffung einer hangparallelen Flur	Ernstberger et al. (2008)
14. Verbau bzw. Begrünung von Abfluss- und Tiefenlinien	Baade (1994), Sieker et al. (2007b)
15. Fruchtfolgegestaltung	DWA (2006)
16. Drosselung des Abflusses durch Verbau von Wegdurchlässen mit Schotterpackungen	DWA (2006)
Forstwirtschaft	
17. Waldmehrung/Aufforstung	Grottker (1999), Schüler (2006), Röder et al. (2008b), Schmidt et al. (2008), Rieger & Disse (2009, 2010)
18. naturnaher Waldumbau	Schüler (2006), Matschullat et al. (2007), Schmidt et al. (2008)
19. Ableitung der Wegentwässerung in den Waldbestand	Schüler (2006)
20. Versickerungsmulden und kurzzeitiger Einstau wegbegleitender Gräben (Bad Orber Modell)	Assmann (1999), Schüler (2006)
21. Renaturierung von Mooren	Rieger & Disse (2010)
Maßnahmenbereich 3: Siedlungswassermanagement	
22. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung Versickerungsmulden Mulden-Rigolen-Systeme Zisternen	Röttcher & Tönsmann (2001), Bronstert et al. (2003), Sieker et al. (2004, 2007b), Sieker & Wilcke (2006), DWA (2006), Sieker et al. (2007b)
23. Entsiegelung	Wegner (1992), Niehoff (2002), Bronstert et al. (2003), LfL (2006)
24. Dachbegrünung	DWA (2006), LfL (2006)

ben, darunter die Verminderung von Bodenabtrag und Austrag von Agrochemikalien sowie die Verbesserung des Wasserhaushalts. Darüber hinaus zeigen sich auch Synergieeffekte für die Ziele des Natur- und Gewässerschutzes, so z.B. für den Artenschutz durch Entwicklung von Feuchtgebieten im Bereich von Retentionsräumen oder durch ökologische Aufwertung von Fließgewässern infolge von Renaturierungen. Diese vielfältigen Synergieeffekte führen dazu, dass dezentrale Maßnahmen nicht allein als Elemente des vorbeugenden Hochwasserschutzes anzusehen sind, sondern als Teil eines transdisziplinären Einzugsgebietsmanagement aufgefasst werden müssen.

2.1.1 Maßnahmen an Fließgewässern

An den Fließgewässern können unterschiedliche dezentrale Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserrückhalts zur Anwendung gelangen, wobei zunächst zwischen stehender und fließender Retention zu unterscheiden ist (Marenbach 2002, Kreiter 2007). Der Begriff „stehende Retention“ umschreibt die Verformung, der eine Hochwasserwelle beim Durchströmen stehender Gewässer unterliegt, während die „fließende Retention“ die Rückhalteeffekte umfasst, die sich beim Duchfließen eines Gewässerabschnitts ergeben.

Zur Erhöhung der *stehenden Retention* werden in dezentralen Schutzkonzepten in der Regel Rückhalte genutzt, die sich durch die Verwendung talkreuzender Strukturen als Absperrbauwerke (z.B. Straßen- und Wegedämme o.ä.) ergeben. Da die Begrifflichkeiten dafür in der Literatur voneinander abweichen, wird im Folgenden analog zu Assmann et al. (1998) der Begriff „Retentionsareal“ verwendet. Die Stauhöhe wird bei solchen Rückhalten im Mittel mit 1 bis 2 m angesetzt, während das Volumen zwischen 5.000 und 50.000 m³ pro Standort liegt. Obwohl Assmann (1999) am Beispiel der Oberen Elsenz im Kraichgau veranschaulichen konnte, dass sich mit einer großen Zahl von Retentionsarealen bei ausreichendem Gesamtstauvolumen der Scheitel eines HQ_{100} um bis zu 35 % reduzieren lässt, ist dieser pragmatische Ansatz dadurch problematisch, dass die Straßen- und Wegedämme häufig nicht den Anforderungen der DIN19700-12 (Hochwasserrückhaltebecken, DIN 2004) hinsichtlich Standfestigkeit, Überströmbarkeit und Freibord genügen. Die erforderlichen Anpassungen, z.B. Anlage einer Hochwasserentlastungsanlage, sind in der Regel aufwändig und kostenintensiv, so dass der Neubau eines Dammes sinnvoller sein kann (DWA 2006).

Auf den Erfordernissen aufbauend, ergeben sich Stauanlagen, die im Sinne der DIN19700-12 als sehr kleine bis kleine Hochwasserrückhaltebecken (HRB) einzustufen sind. Die Höhe des Absperrbauwerks (h_k) darf dabei 4 m (sehr kleine HRB) bzw. 4-6 m (kleine HRB) nicht überschreiten, während die zugehörigen Obergrenzen für das Volumen bei 50.000 bzw. zwischen 50.000 und 100.000 m³ liegen. Eine Festlegung der maximalen Größe besteht für dezentrale HRB allerdings nicht, da die Einstufung wie Röttcher (2006a) feststellt, stark vom Betrachtungsmaßstab abhängt. Bei größeren Einzugsgebieten (bis 10.000 km²) können prinzipiell auch mehrere mittlere HRB (h_k = 6-15 m, V = 100.000 bis 1.000.000 m³) noch als dezentrale Maßnahmen angesehen werden. Durch die große Anzahl von dezentral angeordneten HRB bietet sich eine Konstruktion als ungesteuerte Anlagen an, bei der die Abflussdrosselung allein durch die Leistungsfähigkeit des Grundablasses geregelt wird. Eine Konzeption als gesteuerte Anlagen scheidet auch durch den im Hochwasserfall nicht zu bewältigenden Betriebsaufwand aus. Da nachträgliche Änderungen der Drosselgröße dann nur noch mit sehr hohem baulichen Aufwand zu realisieren sind, sollten die Drosseleinrichtungen mit einem Schieber ausgerüstet sein, der eine Anpassung zwischen zwei Hochwasserereignissen ermöglicht. Um den gesamten Stauraum für den Hochwasserschutz nutzen zu können, ist ferner eine Konzeption als Trockenbecken ohne Dauerstau sinnvoll. Weiterführende Informationen zu Klassifizierung, Konstruktion und anderen praxisrelevanten Aspekten zu Hochwasserrückhaltebecken finden sich in ATV-DVWK (2001), LUBW (2007) und in der DIN19700-12.

Die Wirkung von Retentionsarealen bzw. dezentralen HRB liegt primär in einer Reduzierung der Scheitelabflüsse und einer Verzögerung der Abflussspitze, während die Abflussfülle insgesamt nicht beeinflusst wird (Wegner 1992, DWA 2006). Die Effektivität wird dabei in erster Linie durch das zur Verfügung stehende Gesamtstauvolumen bzw. durch das als Verhältnis aus Stauvolumen und Einzugsgebietsfläche gebildete spezifische Volumen gesteuert. Hinzu kom-

men die bei ungesteuerten Anlagen zwangsläufig erforderliche Optimierung der Drosseln auf ein Hochwasserereignis mit einem zuvor definierten Wiederkehrintervall sowie die Lage eines Beckens innerhalb eines Einzugsgebiets. Je näher ein Rückhalt an einer zu schützenden Ortslage lokalisiert ist, desto geringer ist das erforderliche Retentionsvolumen (ATV-DVWK 2001).

Darüber hinaus beeinflusst die individuelle Wellenüberlagerung im Einzugsgebiet die Gesamtwirkung eines Verbunds aus HRB, so dass die bestehenden Forschungsergebnisse nicht pauschal auf andere Gebiete übertragen werden können, sondern eine gebietsspezifische Prüfung unter Verwendung eines flächendetaillierten Niederschlag-Abfluss-Modells erforderlich ist (Wegner 1992, Röttcher & Tönsmann 2001, Marenbach & Koehler 2003, DWA 2006). Einen Überblick über einige relevante Studien zur scheitelreduzierenden Wirkung dezentraler Speicheranlagen gibt Tabelle 2-2.

Ein großer Vorteil kleiner, dezentraler HRB – auch gegenüber großen zentralen Anlagen - besteht darin, dass die Eingriffe in das Landschaftsbild sowie den Naturhaushalt deutlich geringer ausfallen. Um die Integration in den Naturraum zu gewährleisten, sind für das Absperrbauwerk möglichst flache Böschungswinkel zu wählen, wobei Assmann (1999) ein Verhältnis von 1:7 bis 1:10 vorschlägt. Insbesondere in steilen Tälern ist damit jedoch eine beträchtliche Minderung des Retentionsvolumens verbunden, was zu einer Einschränkung der Wirksamkeit führen kann. Dementsprechend kann es erforderlich sein, das Verhältnis bis auf den in LUBW (2007) empfohlenen Grenzwert von 1:2 bis 1:3 zu reduzieren, wobei auch hierbei der Einfluss auf das Landschaftsbild eher gering ausfällt.

Neben dem Erhalt der Physiognomie der Landschaft zeigen dezentrale HRB auch deutlich geringere Einflüsse auf Fließgewässerdynamik und Auenökosysteme. Durch die auf größere Abflüsse (z.B. HQ_{100}) optimierte Drosselung erreichen kleinere Hochwasserereignisse mit niedrigen Wiederkehrintervallen ungedrosselt die Aue unterhalb, so dass ökologische Parameter wie die Überflutungshäufigkeit der gewässernahen Bereiche erhalten bleiben. Durch eine ökologische Gestaltung der Drosselorgane, darunter der Einbau von Sohlsubstrat (vgl. Kreiter 2007), die Hindurchführung von Uferbermen oder die naturnahe Gestaltung des Auslassbereichs (LUBW 2007) können gleichzeitig auch die mit dem Absperrbauwerk verbundenen negativen Auswirkungen auf die ökologische Durchgängigkeit des Gewässers vermindert werden.

Mit dem zeitweisen Einstau des Wassers sind ökologische Risiken für die Vegetation im Stauraum verbunden, wobei Gehölze eine höhere Überflutungstoleranz als niedrig wachsende Pflanzen aufweisen (Näheres dazu in ATV-DVWK 2001). Mit einer Stauhöhe von maximal 4 bis 5 Metern und einem kurzen Überstau von nicht mehr als 8 Tagen lassen sich negative Auswirkungen auf die Vegetation im Stauraum jedoch vermeiden (ATV-DVWK 2001). Dass kleine HRB neben der geforderten maximalen Stauhöhe auch die Anforderungen an die Überflutungsdauer erfüllen, zeigt z.B. Marenbach (2002), die in ihrer Fallstudie an der Nahe eine mittlere Überflutungszeit von 26 Stunden und eine maximale Einstaudauer von 60 Stunden ermittelt hat.

Um die *fließende Retention* entlang eines Gewässers zu erhöhen, bieten sich verschiedene Maßnahmen an, die unter dem Oberbegriff der Gewässerrenaturierung zusammengefasst werden. Darunter wird die Überführung eines ausgebauten Gewässers in einen naturnahen Zustand verstanden (Marenbach 2002), zu der eine Vielzahl einzelner Elemente wie z.B. die Wiederherstellung des gewundenen Verlaufs, die Aufhöhung der Gewässersohle sowie die Schaffung eines rauen, strukturreichen Gewässerbetts gehören. Die Renaturierung kann durch aktive Baumaßnahmen erfolgen, oder Rückbaumaßnahmen umfassen, die die eigendynamische Entwicklung des Gewässers fördern (Revitalisierung im Sinne von Marenbach 2002). Eine Übersicht über geeignete Revitalisierungsmaßnahmen findet sich bei Lang & Tönsmann (2002). Darüber hinaus kann durch Anlage von Gehölzstreifen entlang der Gewässer (Anlage von Uferstreifen) oder die vollständige Aufforstung der Aue das gesamte Gewässervorland in die Planung einbezogen werden. Da beide Maßnahmen, d.h. direkt im Gerinne sowie im Vorland, die fließende Retention fördern, werden sie im vorliegenden Bericht unter dem Oberbegriff „Gewässerstrukturmaßnahmen“ zusammengefasst. Gewässerstrukturmaßnahmen führen primär zu einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten. Im Gerinne kann dies durch eine Verlängerung des

Tab. 2-2: Ausgewählte Studien zur Wirkung dezentraler Speicher: Sofern nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf ein HQ_{100}. Ergänzt nach Reinhardt (2010).

Fluss-gebiet	A_{EZG} [km²]	Anzahl Speicher Gesamtstauvolumen spez. Volumen	Maximale Stauhöhe [m]	Scheitelreduktion [%]	Quelle
Bauna	50	28 338.000/785.000 m³ 6,7/15,7 mm	2/5	~20/~50	RÖTTCHER & TÖNSMANN (2001)
Blies (Oberlauf)	8,5	5 54.317 m³ 6,4 mm	3,2	48	LEY et al. (2007)
Blies (Gesamt)	1.890	104 3.650.000 m³ 1,9 mm	2	2-4 (HQ_{50}-HQ_{100})	KREITER (2007)
Obere Elsenz	77,5	35 517.000 m³ 6,7 mm	1,8	25-~35	ASSMANN (1999), ASSMANN et al. (1998)
Erpe	153	11 387.500 m³ 2,5 mm	2	14,3	RÖTTCHER (2005)
Eschbach	55	keine Angabe	1	keine separate Ausweisg.	WEGNER (1992)
Lahn	5.964	47 fiktive HRB 13,1 Mill m³ 2,2 mm	5	-2 – 2	LANG & TÖNSMANN (2002), DWA (2006)
Nahe	4.065	150/162 3,4/5,4 Mill. m³ 0,8/1,3 mm	2	2,4-4,1	MARENBACH (2002), MARENBACH & KOEHLER (2003)
Prims	735	79 1.500.000 m³ 2,0 mm	2	3-5 (HQ_{50}-HQ_{100})	KREITER (2007)
Rems	583	39 367.800 m³ 0,6 mm	2	0,6	MARENBACH (2002)
Windach (nördl. TEZG)	128 (65)	19 250.000 m³ 3,8 mm	k.A.	9	RIEGER & DISSE (2010)

Fließwegs und die damit verbundene Reduktion des Sohlgefälles sowie eine erhöhte Profilrauheit erreicht werden. Die Retentionswirkung fällt im Gerinne eher gering aus, erhöht sich hingegen sprunghaft mit der Ausuferung des Gewässers. Eine Erhöhung der Oberflächenrauheit der Vorländer durch Pflanzung standorttypischer Gehölze führt dabei zu einer zusätzlichen Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit und damit zu einer Steigerung der fließenden Retention (Bölscher &Schulte 2011).

Die Wirkung von Revitalisierungen hängt sowohl vom Gefälle als auch von der Breite der Vorländer ab. Koehler (2006) vermerkt dazu, dass bei einem Gefälle zwischen 1 und 5 ‰ nennenswerte Scheitelreduktionen nur bei sehr breiten und rauen Vorländern erzielt werden können. Bauer (2006) stellt ergänzend fest, dass dies v.a. für größere Einzugsgebiete gilt, während bei kleineren Gebieten (~10 km²) auch bei höheren Gefällewerten noch eine Minderung der Hochwasserscheitel um 3 bis 5 % erreicht werden kann.

Daneben lässt sich feststellen, dass die Effektivität von Gewässerstrukturmaßnahmen auch von der Überlagerung der einzelnen Teilwellen eines Gebiets beeinflusst wird (DWA 2006, Bauer 2006, Marenbach 2002). Demzufolge muss eine Scheitelreduktion, die entlang eines bestimmten Gewässerabschnitts erzielt wird, nicht zwangsläufig zu einer Reduktion für das Gesamtgebiet führen. Andererseits kann die Gesamtwirkung durch Entzerrung der Hochwasserwellen

Tab. 2-3: Ausgewählte Studien zur Wirkung von Renaturierungs- bzw. Gewässerstrukturmaßnahmen. Sofern nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf ein HQ_{100}. Ergänzt nach Reinhardt (2010).

Flussgebiet	A_{EZG} [km²]	Bezeichnung der Maßnahmen	Umfang	ΔHQ/HQ [%]	Quelle
Blies	—	Erhöhung der Rauheit im Vorland (Auwald)	Reduktion k_{St} von 20 auf 8 $m^{1/3}s^{-1}$	0,02	KREITER (2007)
Erpe	153	Erhöhung der Rauheit	20-30%	13,2	RÖTTCHER (2005)
Grundbach	11	Fließwegverlängerung, Gewässeraufweitung, Gewässerrandstreifen		26	MATSCHULLAT et al. (2007)
Lahn	5.964	Fließwegverlängerung *und* Erhöhung der Profilrauheit	≤29% + ≤30%	1-4	LANG & TÖNSMANN (2002), BAUER (2006), DWA (2006)
Nahe	4.065	Fließwegverlängerung, Erhöhung der Profilrauheit	+20%	6,6	MARENBACH (2002), MARENBACH & KOEHLER (2003)
Rems	583	Fließwegverlängerung, Erhöhung der Profilrauheit	+20%	3,9	MARENBACH (2002)
Weißbach	583	Etablierung bachbegleitender Gehölze		24	MATSCHULLAT et al. (2007)
Windach	128	Renaturierung Renaturierung plus Auwald		2 5 (HQ_{50})	RIEGER & DISSE (2010)

wiederum auch höher ausfallen, als die rechnerisch ermittelte Summe der Effekte an einzelnen Gewässerabschnitten (Bauer 2006). Entsprechend unterscheiden sich die ermittelten Retentionswirkungen in den bislang publizierten Studien deutlich voneinander (Tabelle 2-3), wobei zusätzlich zu berücksichtigen gilt, dass je nach Flussgebiet unterschiedliche Maßnahmen mit z.T. abweichendem Umfang berücksichtigt werden.

Ferner gilt zu bedenken, dass HRB oder Retentionsareale, die oberhalb von Gewässerstrukturmaßnahmen geplant werden, die Wirkung der fließenden Retention einschränken können. Die Ursache dafür liegt in der Dämpfung der Hochwasserscheitel durch die Stauanlage, so dass die Ausuferung im Unterwasser reduziert und die Wirkung der Revitalisierung teilweise oder ganz aufgehoben werden kann (siehe dazu Röttcher 2005, Röttcher & Tönsmann 2001 und DWA 2006).

2.1.2 Maßnahmen zum flächenhaften Wasserrückhalt in der Land- und Forstwirtschaft

Der Komplex der Maßnahmen in Land- und Forstwirtschaft setzt sich aus zahlreichen Einzelelementen zusammen, zu denen Nutzungsänderungen (Aufforstung, Umwandlung von Ackerflächen in Grünland etc.), veränderte Bewirtschaftungsmethoden (konservierende Bodenbearbeitung, Waldumbau etc.) sowie zahlreiche Kleinmaßnahmen (abflusshemmende Strukturelemente, begrünte Tiefenlinien, Versickerungsmulden etc.) gehören (Tab. 2-1). Betrachtet man ganze Flussgebiete, ergeben sich bei Hochwasserereignissen deutliche Rückhalteeffekte v.a. durch Bewirtschaftungs- und Nutzungsänderungen, während die übrigen Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft hauptsächlich im kleinen Maßstab (z.B. Hangskala) einsetzbar sind. Der folgende Abschnitt beschränkt sich daher auf die beiden erstgenannten Bereiche, während für die Kleinmaßnahmen auf die in Tabelle 2-1 aufgeführten Quellen verwiesen wird.

Zur Wirkung von veränderten Bewirtschaftungsmethoden in der Landwirtschaft liegen mittlerweile insbesondere für Sachsen zahlreiche Veröffentlichungen

vor (z.B. Sieker et al. 2007a, 2007b, Kornmann et al. 2006, LfL 2006a, Sieker et al. 2002, Zimmerling & Schmidt 2002). Schmidt et al. (2006) veranschaulichen, dass sich bei konservierenden (pfluglosen) Bodenbearbeitungstechniken die Infiltration gegenüber der konventionellen Methode deutlich erhöht, wodurch hochwasserfördernder Oberflächenabfluss vermindert wird. Die Ursachen dafür liegen darin begründet, dass einerseits das Bodengefüge der Ackerflächen mit seinen Makroporen durch den Pflugverzicht erhalten bleibt, andererseits die Verschlämmungsanfälligkeit durch die schützende Mulchauflage (im Fall der Direktsaat) verringert wird. Gleichzeitig zeigen konservierend bearbeitete Böden insgesamt höhere hydraulische Leitfähigkeiten im gesättigten Bereich (Schmidt et al. 2006). Trotz dieser grundsätzlich sehr positiven Aspekte weisen Sieker et al. (2007b) am Beispiel der Mulde darauf hin, dass die hochwassermindernde Wirkung dieser Maßnahmen entsprechende Standortpotentiale erfordert. So sind Standorte mit geringmächtigen Böden und einer Dominanz schneller unterirdischer Fließprozesse, wie z.B. im Erzgebirge, ungeeignet, so dass hier auf die oberirdische Speicherung in Form dezentraler Rückhalte zurückgegriffen werden muss. Hinzu kommt, dass Rieger & Disse (2009, 2010) am Beispiel der Windach zu dem Schluss gelangen, dass infiltrationsfördernde Bearbeitungstechniken v.a. bei kleinen und mittleren Ereignissen einen Beitrag zur Hochwasserminderung leisten können, während bei größeren Ereignissen und unter gesättigten Verhältnissen kaum eine Scheiteländerung nachgewiesen werden kann.

Mit der Umwandlung von Ackerflächen in Grünland sind ähnliche Effekte verbunden wie im Falle der konservierenden Bodenbearbeitung, d.h. die Böden sind durch die ganzjährige Vegetationsbedeckung vor Verschlämmung als auch vor Abtrag geschützt und weisen ein entwickeltes Makroporensystem sowie eine geringere Bodendichte auf (DWA 2006), so dass sich die Entstehung von Oberflächenabfluss reduziert.

Der positive Einfluss von Wäldern auf den Gebietswasserhaushalt ist allgemein anerkannt, ihre Rolle bei der Hochwasserentstehung muss indes differenziert betrachtet werden. Durch die im Vergleich mit anderen Nutzungsformen besonderen hydrologischen Eigenschaften von Wäldern, d.h. hohe Interzeptionskapazität, höhere Evapotranspiration und gutes Infiltrationsvermögen (hoher Anteil an Makroporen) sowie transpirationsbedingte geringere Bodenvorfeuchte, kann prinzipiell von einer abflussdämpfenden Wirkung ausgegangen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass unmittelbar bei Starkregenereignissen der Anteil der Evapotranspiration insgesamt gering bleibt (Seidel 2008), während die Interzeptionsverluste lediglich zu Beginn des Niederschlagsereignisses wirksam werden können und ihre Bedeutung mit zunehmender Niederschlagsdauer abnimmt (Sonnemann et al. 2008, Brosinger & Rothe 2003). Somit erstreckt sich der Einfluss des Nutzungstyps auf die Abflussbildung in erster Linie auf die Bodenoberfläche und die oberflächennahe Bodenzone (Bronstert et al. 2002), d.h. ein entscheidender Einfluss der Waldgebiete liegt im Bereich der Regulierung von Infiltration und Bodenwasserhaushalt (Vorfeuchte und Speicherkapazität) bzw. Oberflächen- und Zwischenabfluss (Sonnemann et al. 2008). Dabei führen nicht zuletzt das gute Infiltrationsvermögen und das ausgeprägte Makroporensystem, welche die Bildung von Oberflächenabfluss reduzieren, zu einem wirksamen Beitrag zum Hochwasserschutz.

Dies setzt jedoch auch voraus, dass Böden mit ausreichender Mächtigkeit und damit ausreichenden Rückhaltepotentialen vorhanden sind. Bei flachgründigen Böden, wie sie für Mittelgebirge typisch sind, wird häufig davon ausgegangen, dass sie nicht über eine ausreichende Wasserspeicherkapazität verfügen (Matschullat et al. 2007, Göttle 2006, Pöhler 2006, Hegg et al. 2004). Bei Hochwasserereignissen führt dies dann zu einer raschen Sättigung des Bodenspeichers und begünstigt im Zusammenhang mit dem steilen Relief der Gebirgsstandorte schnelle unterirdische Abflusskomponenten. Dadurch wird nicht nur der Oberflächenabfluss hochwasserwirksam, sondern auch der Zwischenabfluss. Bevorzugte Fließwege für den schnellen Interflow ergeben sich entlang der ausgeprägten Makroporen in Waldgebieten (Bronstert 1999), wobei Gehölze mit flachen, hangparallelen Wurzelsystemen (z.B. Fichten) die lateralen Flüsse zusätzlich begünstigen (Matschullat et al. 2007). Ebenso wie für Maßnahmen in der Landwirtschaft gilt also auch für Waldgebiete, dass die Standortbedingungen (Bodeneigenschaften und Gefälle) die Wirksamkeit im Hochwasserfall entscheidend beeinflussen (Matschullat et al. 2007, Schüler 2006, Hegg et al. 2004). In welchem Umfang sich einzelne Faktoren wie Bodenart, –mächtigkeit und –struktur sowie Gefälle oder der Waldtyp auf die Hochwassergenese

bzw. die Bildung von Direktabfluss unter Waldbedeckung auswirken, veranschaulichen Sonnemann et al. (2008) und Hümann et al. (2011).

Neben diesen generellen Eigenschaften von Waldgebieten im Zusammenhang mit der Hochwassergenese soll an dieser Stelle ergänzend auf ausgewählte einzugsgebietsbezogene Studien hingewiesen werden, die sich auf Grundlage von Niederschlag-Abfluss-Modellen mit Wäldern als Elemente eines flächenhaften Wasserrückhalts befassen. Die Untersuchungen zeichnen in ihrer Gesamtheit ein sehr heterogenes Bild, was vor allem auf unterschiedliche Gebietseigenschaften zurückzuführen ist, aber auch die betrachteten Szenarien und die als Referenz verwendeten Hochwasserereignisse betrifft. Für das stark urban geprägte Einzugsgebiet der Körsch bei Stuttgart (A_{EZG}: 127 km²) konnte Niehoff (2002) unter Erhöhung des Waldanteils von 12 auf 18% keine deutliche Reduktion der Hochwasserscheitel feststellen, wobei ausschließlich Ereignisse mit kurzem Wiederkehrintervall (~HQ_3) betrachtet wurden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Pöhler (2006) für verschiedene Einzugsgebiete im Osterzgebirge. Auch dort tragen Szenarien mit Aufforstungsmaßnahmen, die sich an der Waldmehrungsplanung des Staatsbetriebs Sachsenforst orientieren, bei kleineren Ereignissen nur wenig zur Verbesserung des Hochwasserschutzes bei, während die mittleren jährlichen Abflüsse z.T. leicht niedriger ausfallen.

Matschullat et al. 2007 zeigen für das Einzugsgebiet der Weißeritz (Osterzgebirge), dass die Waldmehrung v.a. auf Stauwasser- und Lössböden zu einer Veränderungen der Abflussbildungsprozesse führt, während sich bei stärker geneigten Gebieten mit flachgründigen Böden kaum eine Wirkung zeigt. Ebenfalls im Osterzgebirge liegen die Untersuchungsgebiete Trebnitz (A_{EZG}: 6,2 km²) und Gottleuba (A_{EZG}: 3,5 km²), die von Sonnemann et al. (2008) bearbeitet wurden. Bei einer vollständigen Aufforstung der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet der Trebnitz, welches im Ist-Zustand einen Waldanteil von 6% aufweist, reduziert sich nach einem Starkregen der HQ_{100} Scheitelabfluss um mehr als 70% (Aufforstung mit aktueller Zusammensetzung der Baumarten) bzw. um 85% bei Aufforstung zzgl. Waldumbau. Im Einzugsgebiet der Gottleuba (Waldanteil 15%) liegt die errechnete Reduktion mit 88 bis 94% noch etwas höher.

Rieger & Disse (2009) können an der Windach im Voralpenland (A_{EZG}: 128 km²) für das Bemessungshochwasser HQ_{100} erst im Vergleich mit extremen Szenarien (100 % Ackerfläche) einen Effekt des Waldes nachweisen, während die Wirkung bei kleineren Ereignissen (HQ_5) bereits bei geringeren Szenarioumfängen deutlicher ausfällt. Grottker (1999) kommt hingegen am Beispiel der Vicht (A_{EZG}: 104,4 km²) zu dem Ergebnis, dass bei einem HQ_{50} durch eine Aufforstung von Grünland im Umfang von einem Hektar die hochwasserverschärfende Wirkung von 0,38 bis 0,59 Hektar Versiegelungsmaßnahmen kompensiert werden kann.

Trotz der teils kontroversen Ergebnisse bleibt festzuhalten, dass im Hinblick auf den Hochwasserschutz der Wald gegenüber Ackerflächen oder Grünland die günstigste Nutzungsform darstellt, auch wenn die hydrologische Wirksamkeit im Hochwasserfall je nach Einzugsgebiet und Standorteigenschaften sehr differenziert ausfällt. Die Waldmehrung kann damit prinzipiell als geeignetes Element zur Verbesserung des flächenhaften Wasserrückhaltes betrachtet werden, wobei jedoch zu bedenken ist, dass in intensiv genutzten Kulturlandschaften häufig nur wenig Raum für großflächige Aufforstungsmaßnahmen bleibt. Im Kontext des dezentralen Wasserrückhalts wird deshalb zunehmend auch ein ökologischer Waldumbau einbezogen, der eine Umstrukturierung von Reinbeständen zu naturnahen Waldtypen beinhaltet. Sonnemann et al. (2008) kommen jedoch am Beispiel der Testgebiete Trebnitz und Gottleuba im Osterzgebirge zu dem Schluss, dass ein Umbau eines fichtendominierten Altersklassenwaldes zu einem Mischwald zwar zu einem langfristig ausgeglichenen Abflussniveau führt, aber keine direkte Minderung von Hochwasserereignissen (HQ_{10}, HQ_{100}, HW_{2002}) bewirkt. In den Modellszenarien zeigen sich bei einem Umbau der aktuellen Waldbestände nahezu identische Abflussscheitel wie im Ist-Zustand, was jedoch auch auf den jeweils geringen Waldanteil von 6 bzw. 15% zurückgeführt wird. Unter der Annahme einer maximalen Bewaldung der Gebiete bei gleichzeitigem Waldumbau ergeben sich im Vergleich mit maximaler Bewaldung und aktueller Baumartenzusammensetzung höhere Abflussscheitel, was als Folge der geringeren Interzeption der Laubbäume (Waldumbau) gesehen wird.

Auch Ott & Uhlenbrook (2004) beziehen ein Szenario mit einer regionaltypischen natürlichen Vegetation in ihre Untersuchung zum Einfluss von Landnutzungsänderungen im Einzugsgebiet der Dreisam (Baden-Württemberg) ein. Für Hochwasserereignisse mit kurzen Wiederkehrintervallen (bis 10 Jahre) ergibt sich dabei unabhängig von der Dauerstufe der verwendeten statistischen Niederschlagshöhen eine Reduktion der Abflussscheitel. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass mit dem Szenario zur vollständigen Bedeckung des Untersuchungsgebiets mit einer natürlichen Vegetation theoretisch auch eine Erhöhung des Waldanteils gegenüber dem Ist-Zustand (63,4% Wald) verbunden ist. Dadurch besteht die Gefahr, dass die Wirkung geänderter Baumartenzusammensetzungen durch parallel betrachtete Waldmehrungen überdeckt wird.

Insgesamt lässt sich folgern, dass Waldmehrungsmaßnahmen nach dem bisherigen Stand der Forschung größere hochwasserdämpfende Effekte erzielen als ein Waldumbau. Von Bedeutung sind jedoch v.a. die Standorteigenschaften in Form von Bodencharakteristik (Mächtigkeit, Speicherfähigkeit) und Gefälle, das Wiederkehrintervall des Ereignisses sowie die Fläche der möglichen Aufforstungen, die darüber entscheiden, in welchem Umfang Wälder unabhängig von ihrem Typ einen Beitrag zum Hochwasserschutz leisten können.

2.2 Wasserrückhalt in tschechischen Moorgebieten

Bohumír Janský & Jan Kocum

Die jüngsten Katastrophenüberschwemmungen (z.B. in den Einzugsgebieten von Oder und Morava im Jahre 1997 und im Einzugsgebiet der Elbe in den Jahren 2002 und 2006) veranschaulichen die dringende Notwendigkeit, das komplexe Problem des Hochwasserschutzes nicht nur durch klassische Ingenieurmethoden (Bau von Stauseen, Regulierung von Fließgewässern, Errichtung von Schutzdämmen) zu lösen, sondern auch durch weniger traditionelle Methoden. Im Vordergrund des gesellschaftlichen Interesses erscheint zunehmend eine neue Strategie, die auf eine allmähliche Steigerung der Rückhaltekapazität in den Einzugsgebieten gerichtet ist.

Hochwasserschutzmaßnahmen können sowohl in den Quellgebieten, als auch an den Mittel- und Unterläufen eingerichtet werden. Das Ziel der Arbeit ist eine Umsetzung des sogenannten integrierten Hochwasserschutzes, der vor allem in den oberen und mittleren Teilen der Einzugsgebietes Anwendung finden kann, wo Maßnahmen umgesetzt werden müssen, welche zu einer Verzögerung des Abflusses und der Erhöhung des Wasserrückhalts im Gebiet führen. Mit dieser Problematik befassen sich z.B. Janský & Kocum (2007, 2008a,b) und Kocum & Janský (2007a,b, 2008a,b) im oberen Einzugsgebiet der Otava im Böhmerwald.

Die Ergebnisse dieser Forschung sollen bei der Umsetzung konkreter und effektiver Hochwasserschutzmaßnahmen in Zusammenarbeit mit den Staatsbetrieben „Povodí“, mit den Gemeindeverwaltungen, mit dem Staatsbetrieb Lesy České republiky (Tschechischer Staatsforst) sowie gegebenenfalls mit der Nationalpark- und Naturschutzgebietsadministration verwertet werden.

Ein Einzugsgebiet ist dabei immer als ein Ganzes zu betrachten, wobei weder lokale noch regionale Interessen bevorzugt behandelt werden dürfen. Sämtliche Maßnahmen, sowohl in den Quellgebieten der Flüsse als auch an den Mittel- und Unterläufen, müssen dazu in Relation zueinander stehen. Bei der Umsetzung ist jedoch zu bedenken, dass ein vollständiger Hochwasserschutz nicht möglich ist, was insbesondere für Extremereignisse gilt. Deshalb darf nicht von einem Komplettschutz ausgegangen werden, sondern es müssen abgestufte Konzepte erarbeitet werden, die zur partiellen Minderung von Hochwasserrisiken und -schäden beitragen können.

Zur Erhöhung des Wasserrückhalts in den oberen Teilen der Einzugsgebiete ist es u.a. notwendig, die hydrologische Funktion der Berghochmoore und die Abflussdynamik unter dem Einfluss von verschiedenen physiogeographischer Faktoren detailliert zu untersuchen. Die Auswirkung von Moorgebieten auf den Abflussprozess, sowie weitere hydrographische und klimatische Eigenschaften, werden durch einen detaillierten Vergleich der Abflussreaktionen in Einzugsgebieten mit sehr unterschiedlichen Anteilen von vertorften Böden und Torfböden bestimmt. Zur Beurteilung des Einflusses der Torfböden auf das Abflussgeschene wurden Mittelgebirgseinzugsgebiete in den

Quellgebieten von zwei Hauptzuflüssen der Otava (Vydra und Křemelná im Böhmerwald) sowie im Einzugsgebiet der Eger (Chomutovka und Prunéřovský potok, Erzgebirge) untersucht.

Die Rolle von Torfböden im Rahmen der Abflussprozesse kann auch unter Berücksichtigung der Wasserqualität bzw. der chemischen Zusammensetzung des Wassers in Zeiten niedriger oder hoher Wassermengen betrachtet werden (Novák 1955, 1959; Onderíková & Štěrbová 1956; Oulehle & Janský 2003). Es handelt sich dabei im Wesentlichen um drei Faktoren, die im Zusammenhang mit Erhöhung der Rückhaltungskapazität in Quellgebieten berücksichtigt werden sollten. Neben der Erneuerung von Drainagegräben oder im Gegenteil, des Verschlusses von Entwässerungsgräben und Verbesserung der Vitalität der Moorbestände mit ihrer positiven Auswirkung auf die Rückhaltefähigkeit, muss auch die Erneuerung ehemaliger Speicherbecken (sog. Klausen) bewertet werden. Diese werden als Trockenbecken für den Hochwasserfall oder als Wasserspeicher in Trockenzeiten verwendet (Janský 2003) und können zur Minderung der Scheitelabflüsse und zu einer maximalen Reduktion der Dauer von Extremabflüssen beitragen (s.a. Kap. 2.1.1).

Die Frage der hydrologischen Funktion von Torfböden ist trotz einer Reihe von In- und Auslandsprojekten und zahlreicher in Fachkreisen geführter Diskussionen bisher nicht zufriedenstellend beantwortet worden. Die sog. „Schwammtheorie“, die in der nationalen und internationalen Literatur etwa bis in die 1960er Jahre anerkannt wurde, geht davon aus, dass Torfböden bei hohen Niederschlägen (Hochwasserabflüssen) Wasser zurückhalten, in der Trockenzeit Wasser abgeben und so einen ausgeglichen Abfluss erzeugen. Seit den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts erscheinen Arbeiten, welche die Rückhaltefunktion der Torfböden in Frage stellen und als einzige Möglichkeit zur Erhöhung der Rückhaltekapazität ein Absenken des Wasserspiegels durch Dränage der Moore empfehlen. Diese Meliorationsmaßnahmen wurden dann in einer Reihe von Bergländern in der Tschechischen Republik durchgeführt. Die Problematik von Entwässerung und ggf. Verschluss von Entwässerungsgräben hat seit dieser Zeit in der Fachliteratur zu intensiven Diskussionen geführt (Conway & Millar 1960; Burke 1967; McDonald 1973; Moklyak et al. 1975; Baird 1997; Holden et al. 2001 etc.). Eine ähnliche Recherche der die beiden Meinungspole vertretenden Literatur wurde von Holden et al. (2004) durchgeführt.

Die Ergebnisse der Arbeiten, die sich mit dieser Problematik beschäftigen, belegen, dass die Dränwasserflüsse der Torfböden eine beträchtliche Schwankung aufweisen, und dass die Bedeutung der Moore im Hinblick auf die Ausgeglichenheit des Abflussregimes in der Vergangenheit überschätzt wurde. Es wurde zum Beispiel eine relativ kleine Wirkung winterlicher Schneeniederschläge zur Verbesserung der Durchflüsse in der Sommerjahreshälfte und im Gegenteil eine markante Auswirkung sommerlicher Starkregen ermittelt. Bei der Füllung der Berghochmoore bis zur vollen Wasserspeicherkapazität wurde dabei ein schneller Anstieg der Abflüsse registriert. Darüber hinaus wirken sich Torfböden bei länger andauernder Trockenzeit hydrologisch nicht positiv aus, d.h. sie speisen die Wasserflüsse nicht. Im Gegensatz dazu stellen diese Arbeiten eine Verbesserung des Abflussregimes der Flüsse nach Durchführung von Entwässerung und Kultivierung fest. Als eindeutig negativ wird die Auswirkung der Torfmoore auf die Wasserqualität in den Fließgewässern beurteilt, wobei der Einfluss mit ihrer Ausdehnung im Einzugsgebiet und ihrer Kubatur zusammenhängt. Ein noch größeres Problem ist die Auswirkung auf die Wasserqualität in denjenigen Speicherbecken, wo Moore beim Einstau überschwemmt wurden. Am markantesten tritt dieses Problem in den Talsperren in Erscheinung, wie zur Zeit im Fall der Talsperre Fláje deutlich wird.

In Anbetracht der Ziele und Prioritäten mit überregionaler, lokaler oder örtlicher Bedeutung müssen alle Fragen, die mit den umfangreichen Möglichkeiten und Maßnahmen zur Erhöhung des Wasserrückhalts in Quellgebieten verbunden sind, auf Grundlage einer qualifizierten Diskussion mit Experten verschiedener Fachrichtungen beurteilt werden (Buček 1998, Knapp 2000, Kolejka, 2003). Das Ergebnis dieser Diskussion könnte zum Beispiel eine Ausweisung von geeigneten Landschaftselementen sein, bzw. eine allmähliche Umstellung der Flächennutzung mit vielfältigen Funktionen für den Hochwasserschutz (Kovář et al. 2002). Das betrifft natürlich nicht die Naturschutzgebiete, die von anthropogenen Eingriffen freizuhalten sind.

Die bisherigen Ergebnisse aus dem Einzugsgebiet der Oberen Otava und der an den linken Zuflüssen der Eger installierten automatischen Wasserstandsmessgeräte haben gezeigt, dass die auf diese Weise erworbenen Daten eine sehr detaillierte Einschätzung der hydrologischen Funktion von Torfmooren ermöglichen. Dies gilt insbesondere für den Vergleich von Teileinzugsgebieten im Nationalpark Šumava, wo Revitalisierungsmaßnahmen in Moorgebieten realisiert wurden, mit anderen Gebieten, die durch die Meliorationen der 1970er Jahre geprägt sind. Kontinuierliche Messungen der Wasserstände und entsprechende Durchflusswerte bieten eine ausgezeichnete Datengrundlage für detaillierte Analysen der Anstiegs- und Abfallphasen von Hochwasserwellen, sowie zur Beurteilung der Auswirkung von Torfmooren auf den Abflussprozess in den Trockenzeiten. Qualifizierte Schlussfolgerungen aus Geländearbeiten zu formulieren, wird jedoch erst nach der Analyse der Daten für einen Zeitraum von mindestens einem hydrologischen Jahr möglich sein. Dennoch deuten erste Analysen eindeutig auf eine markantere Variabilität des Abflusses in Einzugsgebieten mit bedeutenden Torfmoorvorkommen hin. Eine negative Auswirkung der Moorgebiete auf das Abflussregime in den Quellgebieten wurde durch eine detaillierte Analyse und durch einen Vergleich der Abflussreaktion auf Niederschlagsereignisse in beiden untersuchten Einzugsgebieten bestätigt. Eine längere Reaktionszeit, die auf eine bedeutendere Rückhaltung des Niederschlagswassers im Einzugsgebiet hinweist, wurde in dem Fall des Einzugsgebietes mit einem kleineren Vorkommen von vertorften Böden und Torfböden identifiziert.

3. Hochwasserentstehung und Hochwasserschutz im Erzgebirge

3.1 Abflussbildung und Hochwasserentstehung

Christian Reinhardt-Imjela & Rabea Imjela

Die Abflussbildung in einem Flusseinzugsgebiet wird wesentlich durch die Faktoren Relief, Bodenbedeckung, Bodeneigenschaften und hydrogeologische Bedingungen gesteuert (Bronstert et al. 1999). Mittelgebirgslandschaften weisen dabei spezielle Eigenschaften auf, die sie deutlich von anderen Landschaftstypen unterscheiden. Neben dem steilen Relief, das grundsätzlich das schnelle Abfließen von Niederschlagswasser begünstigt, zählen dazu nicht zuletzt die häufig flachgründigen Böden, die nur über begrenzte Wasserspeicherkapazitäten verfügen. Hinzu kommt das nahezu flächenhafte Auftreten periglazialer Deckschichten, die durch ihren Aufbau und ihre damit verbundenen hydrologischen Eigenschaften prinzipiell schnelle laterale Abflüsse begünstigen.

Zwar unterscheiden sich die Mittelgebirge untereinander in ihrer Geologie, aber im genannten Kontext verhalten sie sich ähnlich. Die vorherrschenden Abflussprozesse im Erzgebirge sind bzw. waren in der jüngsten Vergangenheit Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte, die sich auf unterschiedlichen räumlichen Skalen mit der Bildung von Hochwasserabflüssen befasst haben. Im Rahmen des Forschungsprojektes ELLA (Elbe-Labe – Vorsorgende Hochwasserschutzmaßnahmen durch transnationale Raumordnung) wurde für den Freistaat Sachsen auf Basis des Expertensystems WBS-FLAB (**W**issens**b**asiertes **S**ystem – **Fl**ächen gleicher **Ab**flussbildung; Näheres bei Peschke et al. 1999) die räumliche Verteilung der dominanten Abflussprozesse flächendeckend bestimmt und kartografisch dargestellt.

Die Daten veranschaulichen insbesondere, wie sich die hydrologischen Prozesse in den unterschiedlichen Landschaftseinheiten Sachsens unterscheiden. Für das Erzgebirge zeigen die Ergebnisse, dass das Prozessgeschehen v.a. durch schnelle Abflusskomponenten wie schnellen Zwischenabfluss und Oberflächenabfluss von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen bestimmt wird (vgl. WASY & IHI 2006). Langsame Komponenten wie verzögerter Zwischenabfluss und Tiefenversickerung sind nur von untergeordneter Bedeutung. Nicht zuletzt aus diesem Grund wird nahezu das gesamte Erzgebirge im Sinne des SächsWG als Hochwasserentstehungsgebiet eingestuft.

Zu gleichen Ergebnissen kommen auch Sieker et al. (2007b), die mit Hilfe von WBS-FLAB eine Bestimmung der Abflussprozesse im Einzugsgebiet der Mulde vorgenommen haben, deren Quellgebiete im Erzgebirge liegen. Die Dominanz schneller Abflusskomponenten im Erzgebirge wird dabei auf die geringmächtigen Böden mit ihrer niedrigen Wasserspeicherkapazität und die beträchtliche Hangneigung zurückgeführt.

Auf der Skala kleiner Flusseinzugsgebiete setzen die Untersuchungen von Matschullat et al. (2007) an, die sich im Rahmen des DBU-Projektes „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“ auch mit dem flächenhaften Auftreten von Abflussbildungsprozessen im Osterzgebirge befasst haben. Die Ergebnisse bestätigen die bereits für das Gesamtgebiet des Freistaates Sachsen bzw. auf Ebene des Muldeeinzugsgebiets gewonnen Erkenntnisse, dass das Abflussgeschehen in den Mittelgebirgen durch schnelle Komponenten dominiert wird. So ist das Weißbachgebiet (A_{EZG}: 7,4 km²), das zum Einzugsgebiet der Weißeritz gehört, v.a. durch Zwischenabfluss gekennzeichnet, der vor allem von der Art der Vegetation abhängt. Fichtenforste mit ihrem flachen, hangparallelen Wurzelsystem fördern dabei im Zusammenhang mit flachgründigen Böden und steiler Reliefcharakteristik schnelle laterale Abflüsse. Extensiv genutzte Frischwiesen auf Lössböden begünstigen hingegen mit ihrem ausgeprägten Wurzelsystem und einer tiefen Durchwurzelung eine tiefere Perkolation, was zu einer zeitlichen Verzögerung des Zwischenabflusses führt (verzögerter Zwischenabfluss).

Oberflächenabfluss ist vor allem an Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen gebunden, d.h. Ackerflächen und intensiv genutztes Grünland. Die Ursachen sehen Matschullat et al. (2007) in der Verdichtung und Verschlämmung der Oberböden, wobei zusätzlich dazu bei Vorhandensein einer Pflugsohle auch schnelle oberflächennahe Zwischenabflüsse auf-

treten können. Ähnliche Bedingungen bestimmen auch das Einzugsgebiet des Höckenbachs (A_{EZG}: 16,7 km²), wobei hier der Oberflächenabfluss von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen den größten Flächenanteil aufweist. Hinzu kommt - aber untergeordnet - Sättigungsflächenabfluss, der v.a. in den Auenbereichen auftritt und stark verzögerter Zwischenabfluss und Tiefenversickerungen in Bereichen mit tiefgründigen Böden unter Wald und bei geringer Hangneigung. Die ganz und teilversiegelten Siedlungsbereiche sind indes durch Oberflächenabflüsse charakterisiert (Matschullat et al. 2007).

Insgesamt ist das Erzgebirge also durch eine Dominanz von schnellen oberflächlichen bzw. oberflächennahen Abflussprozessen gekennzeichnet, die im Hochwasserfall zu einer sehr schnellen und heftigen Reaktion der Vorfluter führen. Ähnliche Abflussbildungsbedingungen wie im Erzgebirge, d.h. hohe Anteile von Oberflächenabfluss und Interflow (*subsurface stormflow)*, finden sich erwartungsgemäß auch in anderen Mittelgebirgsregionen, z.B. im Schwarzwald (Ott & Uhlenbrook 2004, Uhlenbrook & Leibundgut 2000), im Hessischen Bergland (Fohrer et al. 2005) oder im Harz (Becker & McDonnell 1998).

Die Grundwasserdynamik ist im Hochwasserfall eher von untergeordneter Bedeutung, da großflächig zusammenhängende Aquifere im Kristallin des Erzgebirges fehlen. Grundwasserfluss ist dabei an Kluftgrundwasserleiter gebunden, die vor allem den Basisabfluss speisen (Jordan & Weder 1995), während Hochwasserereignissen jedoch nur wenig zum Gesamtabfluss beitragen.

Neben Relief, Bodenmächtigkeit und Nutzungstyp wirkt sich auch der Aufbau des oberflächennahen Untergrundes auf die Abflussbildung aus. In den zentraleuropäischen Mittelgebirgen sind Hangsedimente sehr weit verbreitet, die sich im späten Pleistozän unter periglazialen Bedingungen durch Prozesse wie Solifluktion gebildet haben (Kleber 2004, Völkel & Leopold 2001). Obwohl die sedimentologische Ausprägung dieser Deckschichten regional unterschiedlich ausfallen kann, ist die mehrgliedrige Stratigraphie und die Unterteilung in eine Haupt-, Mittel- und Basislage mittlerweile allgemein anerkannt (Völkel et al. 2002a). Die regionaltypischen Eigenschaften der Deckschichten sind für zahlreiche Mittelgebirge bereits beschrieben, darunter Sauerland (Chifflard et al. 2008), Frankenwald (Kleber et al. 1998), Hunsrück (Felix-Henningsen et al. 1991), Harz (Schröder & Fiedler 1977a, b), Tharandter Wald (Dietze & Kleber 2010, Dietze 2006) während Informationen zur generellen Charakteristik in AG Boden (2005), bei Eissmann (1995) oder Kleber (1992) gegeben werden. Auch im Erzgebirge sind periglaziale Hangsedimente nachweisbar (Heller & Kleber 2011).

Die *Basislage* bildet das unterste Element der Abfolge und ist sehr dicht gelagert, häufig reich an eingeregeltem Grobmaterial und im Gegensatz zu den Lagen im Hangenden frei von äolischen Komponenten. Die *Mittellage* ist hingegen reich an äolisch eingetragenen Bestandteilen (Löss), weist jedoch einen deutlich geringeren Skelettanteil auf und ist in ihrer Verbreitung auf erosionsgeschützte Bereiche beschränkt. Auch die *Hauptlage* im Hangenden der Sequenzen enthält neben einem eingeregelten Gesteinsskelett größere Mengen äolischen Materials. Bemerkenswert ist die konstante Mächtigkeit der Hauptlage, die in der Regel bei 50 cm liegt.

Durch ihre sedimentologischen Eigenschaften spielen die Deckschichtensequenzen eine wesentliche Rolle bei der Steuerung unterirdischer Fließprozesse. Kleber et al. (1998) zeigen beispielsweise, dass die Basislage vertikale Wasserflüsse begrenzt und als Stauschicht wirkt, was wiederum zu Zwischenabfluss im durchlässigeren Hangenden (Mittel- und Hauptlage) führt. Erst bei größeren Abflussereignissen dringt Wasser in die Basislage vor, wobei hangparallel eingeregelten Grobkomponenten wiederum laterale Fließprozesse gegenüber vertikalen begünstigen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Chifflard et al. (2008) anhand von Untersuchungen in einem Kleineinzugsgebiet im Sauerland, wobei deutlich wird, dass die Abflussprozesse innerhalb der Deckschichten sowohl von deren Zusammensetzung und der Lagerung als auch von der Bodenvorfeuchte abhängen. Die Basislage wirkt aufgrund des parallel eingeregelten Skeletts prinzipiell vertikal stauend, wobei eine geringere Lagerungsdichte die Stauwirkung mindert. Unter ungesättigten Bedingung kommt es dabei zu einem Wasserstau in der Mittel- und/oder Hauptlage, während erst nach Überschreiten der Sättigungsgrenze auch in der Basislage der Zwischenabfluss einsetzt. Im letzten Fall ergibt sich am Gebietsauslass eine wesentlich längere Abflusserhöhung, als bei geringe-

rer Bodenvorfeuchte. Der Direktabfluss setzt sich dabei sowohl aus Ereignis- als auch Vorereigniswasser zusammen.

Jüngste Untersuchungen von Heller & Kleber (2011) weisen ähnliche Effekte auch für das Erzgebirge nach. Welche Fließwege dabei bevorzugt aktiviert werden, hängt im Wesentlichen von der Bodenfeuchte ab, d.h. Zwischenabflüsse in der Basislage treten in dem untersuchten Quelleinzugsgebiet vornehmlich bei mittleren bis hohen Vorfeuchtewerten ein.

In den periglazialen Deckschichten kann infiltrierendes Niederschlagswasser dementsprechend als Interflow dem Vorfluter zugeleitet werden, während die Tiefenversickerung eingeschränkt wird. Damit nimmt der Aufbau der Lockergesteinsauflage in Mittelgebirgen eine grundlegende Stellung im Rahmen der Hochwasserentstehung ein. Hinzu kommt, dass die Mächtigkeit von Haupt- und Mittellage auch die Durchwurzelbarkeit der Böden steuert, d.h. die Basislage bildet eine Grenze, die von Laubbaumwurzeln nicht mehr durchdrungen werden kann (Völkel et al. 2002a). Damit begrenzt sich auch die Tiefenerstreckung wurzelbedingter Makroporen, was die Versickerung in tiefere Schichten zusätzlich limitiert.

3.2 Hochwasserrisikomanagement in Sachsen

Christian Reinhardt-Imjela & Achim Schulte

Seit dem Hochwasser im August 2002 ist im Freistaat Sachsen eine weitreichende Strategie zum Management von Hochwasserrisiken erarbeitet worden, die analog zu den Leitlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1995, LAWA 2004) Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes, des flächenhaften Wasserrückhalts sowie zahlreiche weiterführende Vorsorgemaßnahmen enthält. Die rechtlichen Grundlagen dazu wurden u.a. mit der Novellierung des SächsWG vom 18. Oktober 2004 geregelt. Das folgende Kapitel soll einen einführenden Überblick über die Managementstrategie in Sachsen geben, um zu veranschaulichen, welche speziellen Rahmenbedingungen dort für den Hochwasserschutz gelten. Die Inhalte beruhen dabei – sofern nicht anders vermerkt – auf den in SMUL (2007) enthaltenen Informationen. Hinzu kommen auch in Sachsen die Managementaufgaben, die an den Erlass der Europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EU-HWRM-RL) im Oktober 2007 gekoppelt sind und die am Ende des Kapitels beschrieben werden.

3.2.1 Technischer Hochwasserschutz

Der Bereich des technischen Hochwasserschutzes umfasst das gesamte Spektrum wasserbaulicher Maßnahmen, darunter Hochwasserrückhaltebecken (HRB), Talsperren, Deiche, Schutzmauern, Polder und Installationen für mobile Schutzeinrichtungen. Die Grundlage dafür bilden insgesamt 47 Hochwasserschutzkonzepte (HWSK) für Gewässer I. Ordnung, die seit 2002 nach einer landesweit einheitlichen Methodik erarbeitet wurden (Socher 2006a). Prioritär wurden dabei die folgenden Bereiche behandelt:

1.) dem Gewässer Raum gebende Maßnahmen, d.h. Schaffung von Überflutungsflächen z.B. durch Deichrückverlegung, Aufweitung von Fließquerschnitten und Beseitigung von abflusshemmenden Hindernissen,

2.) Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt, darunter Errichtung neuer HRB und Vergrößerung des Hochwasserrückhalteraums in Talsperren, sowie

3.) bauliche Schutzmaßnahmen (z.B. Deiche, Polder, stationäre und mobile Anlagen wie Schutzmauern.

Die Maßnahmen beschränken sich dabei auf Gewässer I. Ordnung, während an Gewässern II. Ordnung nach SächsWG die Träger der Unterhaltungslast, d.h. in der Regel die Gemeinden, für den Hochwasserschutz verantwortlich sind. Schutzkonzepte sind dort immer dann aufzustellen, wenn dies im Interesse des Hochwasserschutzes erforderlich ist (§99b, Abs. 2), was insbesondere auf die Hochwasserentstehungsgebieten zutrifft, wo noch Handlungs- und auch Forschungsbedarf besteht.

Für die öffentlichen Maßnahmen gelten Richtwerte für Schutzziele, die im Rahmen des Risikomanagements regeln, welches Niveau im Hochwasserschutz

aus technischer wie wirtschaftlicher Sicht vertretbar ist bzw. welche Restrisiken akzeptiert werden müssen. Die Schutzziele ergeben sich aus der bestehenden Flächennutzung, d.h. für geschlossene Ortslagen, Industrieanlagen und überregionale Infrastruktureinrichtungen werden Ereignisse mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 100 Jahren (HQ_{100}) angesetzt. Für regionale Infrastruktureinrichtungen, nicht dauerhaft bewohnte Siedlungen und Einzelgebäude liegt das Schutzziel bei einem HQ_{25} und für landwirtschaftliche Flächen bei einem HQ_5 (Socher et al. 2006a).

Nach Fertigstellung der Konzepte wurden 1600 darin enthaltene Einzelmaßnahmen auf Basis von Schadenspotentialen und Vulnerabilität, Nutzen-Kosten-Verhältnis und wasserwirtschaftlicher Wirkung priorisiert und den Kategorien „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ zugeordnet. Informationen zu der zugrunde liegenden Methodik finden sich bei Socher et al. (2006b). Für das gesamte Einzugsgebiet der Flöha liegen die geschätzten Kosten für Maßnahmen mit hoher Priorität bei 45 Mill. € (Socher et al. 2006a)

Von den 47 HWSK für Gewässer I. Ordnung entfallen die Konzepte 21 und 22 auf das Untersuchungsgebiet an der Oberen Flöha. Das HWSK21 umfasst dabei den Unterlauf der Natzschung, die durch ihren Sonderstatus als grenzbildendes Gewässer II. Ordnung ebenfalls in die Unterhaltspflicht des Freistaates Sachsen fällt. Neben der Beseitigung der Hochwasserschäden vom August 2002 beinhaltet das Konzept auch Konstruktionen zum Schutz der Ortslagen Grünthal und Rothenthal gegen ein hundertjährliches Hochwasser. Zu den technischen Maßnahmen gehören die Errichtung von Ufermauern, Deichen und insgesamt 11 Sonderbauwerken. Mit Fertigstellung des letzten Bauabschnitts im Sommer 2007 wurde das Konzept bereits vollständig umgesetzt (Zschammer et al. 2007).

Das HWSK22 (LTV 2004) bezieht sich auf das Gesamtgebiet der Flöha zwischen der Talsperre Rauschenbach und dem Pegel Borstendorf (Fluss-km 23,6) einschließlich Schweinitz und Schwarzer Pockau als Nebenflüsse der Flöha. Basierend auf einer gekoppelten Niederschlag-Abfluss- und hydrodynamischen Modellierung liefert das Konzept zunächst wichtige Ergebnisse zur Hydrologie des Einzugsgebiets, darunter auch die Erkenntnis, dass bei Hochwasserereignissen eine zeitliche Trennung der Teilgebietswellen aus Natzschung, Schweinitz und Schwarzer Pockau zur Minderung der Hochwassergefährdung beitragen kann. Darüber hinaus wurden umfangreiche Vorschläge für technische Schutzmaßnahmen erarbeitet, zu denen die Erhöhung des Rückhalteraums in den Talsperren Rauschenbach, Saidenbach und Neuzehnhain, der Bau von Ufermauern in Olbernhau und Pockau sowie die Errichtung von 7 Hochwasserrückhaltebecken mit einem Gesamtvolumen von mehr als 5 Mill. m³ gehören. Fünf der Standorte liegen oberhalb von Olbernhau, d.h. je ein mittelgroßes Becken am Rungstockbach (400.000 m³), Seiffener Bach (300.000 m³) und Brettmühlenbach (250.000 m³) sowie große HRB mit einem Rückhalteraum von jeweils 1,2 Mill. m³ an Schweinitz und Bielabach. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt befindet sich der Standort an der Schweinitz in der Planungsphase.

In der Textfassung des HWSK wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass die Anlage mehrerer kleiner Becken im Bereich eines geplanten HRB sinnvoll sein kann, um mögliche Umsetzungskonflikte wie z.B. bei der Überflutung von FFH-Gebieten zu vermeiden. Gleichzeitig findet sich dort auch der Hinweis auf die Anlage dezentraler Speicher, die mit dem Begriff Minidämme umschrieben werden und für die eine pauschale Dammhöhe von 2,6 m, ein Böschungsverhältnis von 1:3 sowie feste Drosseln mit Durchmessern von 120 oder 200 mm angesetzt werden können (LTV 2004).

Mit der Errichtung von Ufermauern in Olbernhau verbindet sich das Ziel, den Schutzgrad auf ein HQ_{50} zu erhöhen. Die weitere Erhöhung des Schutzgrades bis auf das für geschlossene Ortslagen geltende Schutzziel HQ_{100} wird indes erst in Zusammenspiel mit den geplanten HRB erreicht. Darüber hinaus finden sich im HWSK22 auch Empfehlungen für einen weiterführenden Hochwasserschutz, darunter die Renaturierung von Auen, die Revitalisierung von Moorgebieten, die Vermeidung von Kahlschlägen bei der Bewirtschaftung der Waldbestände sowie der Umbau der Fichtenmonokulturen zu einem standortgerechten Waldökosystem (LTV 2004).

Neben den Maßnahmen der Hochwasserschutzkonzepte finden sich im Untersuchungsgebiet auch verschiedene technische Kleinmaßnahmen, wie eine Grinneaufteilung an der Schweinitz (Olbernhau, OT

Hirschberg), einem Bypass am Brettmühlenbach zum Schutz der Ortslage Oberlochmühle sowie zwei Kleinspeicher in einer Tiefenlinie am südwestlichen Stadtrand von Olbernhau. Letztere wurden errichtet, um die Gefährdung zu reduzieren, die von der Abflussbildung auf den benachbarten Hängen für Einfamilienhaussiedlung um die Damaschkestraße ausgeht.

3.2.2 Flächenvorsorge

Das Hauptanliegen der Flächenvorsorge ist die Stärkung des Wasserrückhalts in der Fläche, insbesondere in Bereichen, wo die Abflussbildungsprozesse die Entstehung von Hochwassern begünstigen. Dazu wurde im SächsWG der Begriff der Hochwasserentstehungsgebiete (HWEG) eingeführt, die entsprechend des Gesetzestextes als „…Gebiete insbesondere in den Mittelgebirgs- und Hügellandschaften [definierte sind], in denen bei Starkniederschlägen oder bei Schneeschmelze in kurzer Zeit starke oberirdische Abflüsse eintreten können, die zu einer Hochwassergefahr in Fließgewässern und damit zu einer erheblichen Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können." (§ 76, Abs. 1, Sächs WG). Weiter fordert der Gesetzestext, dass in Hochwasserentstehungsgebieten „… das natürliche Wasserversickerungs- und Wasserrückhaltevermögen zu erhalten und zu verbessern [ist]. Insbesondere sollen in Hochwasserentstehungsgebieten die Böden so weit wie möglich entsiegelt und geeignete Gebiete aufgeforstet werden." (§ 76, Abs. 2, SächsWG).

Im Maßstab der Landesfläche Sachsens wurden die potentiellen Hochwasserentstehungsgebiete bereits identifiziert (zur Methodik vgl. IHI & WASY 2006), während die parzellenscharfe Ausweisung noch nicht abgeschlossen ist. Entsprechend Ihrer Definition erstrecken sich die Gebiete westlich der Elbe im Wesentlichen über das Erzgebirge sowie östlich davon im Oberlausitzer Bergland und im Lausitzer Gebirge an der Grenze zur Tschechischen Republik.

Um die gesetzlichen Vorgaben zum Wasserrückhalt in den Hochwasserentstehungsgebieten zu erfüllen, werden im Freistaat Sachsen konservierende Bodenbearbeitungstechniken im Bereich der Ackerflächen (z.B. pfluglose Bodenbearbeitung, s.a. Kap. 2.1.2) finanziell gefördert. Weitere Fördermöglichkeiten bestehen für Erstaufforstungen sowie Maßnahmen des Waldumbaus, wobei diese Maßnahmen erst mittel- bis langfristig ihre volle Wirkung für den Hochwasserschutz entfalten können. Daneben sind bei Aufforstungen auch der Umsetzbarkeit durch die intensive Nutzung des Raumes Grenzen gesetzt.

3.2.3 Planerische Vorsorge und Eigenvorsorge

Unter dem Begriff der *Planerischen Vorsorge* werden verschiedene Maßnahmen zusammengefasst, zu denen insbesondere die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten und die planerische Umsetzung gehört. Die Festsetzung basiert rechtlich auf den Vorgaben des SächsWG, demzufolge ein hundertjährliches Hochwasser als Grundlage für die Ausweisung anzusetzen ist, während die fachlichen Grundlagen in den für Gewässer I. Ordnung erstellten HWSK enthalten sind.

Einsicht in die Festsetzung der Überschwemmungsgebiete gewähren z.B. die interaktiven Kartenanwendungen auf der Internetseite des LfULG Sachsen (http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/2339.htm, abgerufen im Mai 2010), während zusätzliche Informationen den Gefahrenhinweiskarten (LfUG 2005) entnommen werden können, darunter Gefährdungsgrade und Gefahrenpotentiale in den jeweiligen Überschwemmungsgebieten.

Von besonderer Bedeutung für das Hochwasserrisikomanagement ist dabei, dass mit der Novellierung des SächsWG eindeutige Handlungsbeschränkungen in rechtsverbindlich festgelegten Überschwemmungsgebieten gelten. Untersagt sind dort:

„1. die Ausweisung von neuen Baugebieten in einem Verfahren nach dem Baugesetzbuch,

2. Aufhöhungen oder Abgrabungen,

3. die Einrichtung oder wesentliche Änderungen baulicher Anlagen,

4. die Errichtung von Mauern, Wällen oder ähnlichen Anlagen quer zur Fließrichtung des Wassers bei Überschwemmungen,

5. das Aufbringen oder Ablagern von wassergefährdenden Stoffen auf den Boden; dies gilt nicht für Stoffe, die im Rahmen einer ordnungsgemäßen Land- und Forstwirtschaft eingesetzt werden dürfen,

6. die Lagerung von Stoffen, die den Hochwasserabfluss behindern kann,

7. das Anlegen von Baum- und Strauchpflanzen, soweit diese nicht der Uferbefestigung oder dem vorsorgenden Hochwasserschutz dienen und

8. die Umwandlung von Grün- in Ackerland."

Durch diese Vorgaben sind Handlungen, die den Interessen des Hochwasserschutzes entgegen stehen oder die Hochwassergefahr verschärfen, zukünftig nicht mehr genehmigungsfähig. Für bestehende Nutzungen gilt jedoch ein Bestandsschutz, sofern deren Rechtmäßigkeit gegeben ist.

Ausgehend von den interaktiven Karten des LfULG Sachsen erstreckt sich die Ausweisung der Überschwemmungsgebiete im Untersuchungsgebiet auf den Lauf der Flöha und insbesondere die Stadt Olbernhau, setzt jedoch flussaufwärts an der Grenze zum Landkreis Mittelsachsen aus. Hohe Schadenspotentiale finden sich v.a. dort, wo sich die Überschwemmungsgebiete mit Siedlungsflächen überschneiden und die potentiellen Vermögensschäden damit 50 €/m² überschreiten (vgl. dazu LfUG 2005).

Zur Vorsorgestrategie in Sachsen gehört auch die *Eigenvorsorge*, die im Gegensatz zur planerischen Vorsorge die Eigeninitiative der Bürger erfordert. Dazu gehören die Entwicklung eines umfangreichen Gefahrenbewusstseins, die Beschaffung amtlicher Informationen über potentielle Hochwassergefahren, die individuelle Vermeidung von Gefahren durch angepasste Bauweisen und Flächennutzungen sowie das vorausschauende Handeln im Hochwasserfall (Beräumung von Gebäudeteilen, Bereithalten von Notausrüstungen). Eigenverantwortliches Handeln kann im Hochwasserfall zu einer Verringerung der Vulnerabilität führen, da bestimmte Arten von Schäden insbesondere im privaten Bereich vermieden werden.

Dies setzt jedoch eine gezielte Aufklärung der Bürger und einen effizienten Informationsfluss im Hochwasserfall voraus, welcher in Sachsen durch den Bereich der Weitergehenden Vorsorge abgedeckt wird. Dazu wurde nach dem Hochwasser 2002 der Hochwassermelde- und Alarmdienst modernisiert, einschließlich der Einrichtung des Landeshochwasserzentrums in Dresden, der technischen Überarbeitung des Hochwasserpegelmessnetzes, der Verbesserung der Vorhersagemodelle und weiterer Maßnahmen.

Da die Untersuchungen zum dezentralen Hochwasserschutz im vorliegenden Bericht diese Art von Vorsorgemaßnahmen jedoch nur indirekt berühren, wird auf weiterführende Informationen in amtlichen Veröffentlichungen (z.B. SMUL 2007) verwiesen.

3.2.4 Die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

Der Umgang mit Hochwasserrisiken ist mit dem Inkrafttreten der „Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken" (kurz EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie bzw. EU-HWRM-RL, EU 2007) im November 2007 auch auf Ebene der Europäischen Union geregelt. Der Entwurf fußt auf dem Bewusstsein, dass Hochwasserereignisse als natürliche Phänomene unvermeidbar und mit ihrem Auftreten gesellschaftliche und wirtschaftliche Risiken verbunden sind. Damit ist diese Erkenntnis im EU-Recht verankert.

Die Richtlinie sieht für die EU-Mitgliedsstaaten eine dreistufige Vorgehensweise bei Bewertung und Management von Hochwasserrisiken vor. Die zunächst vorzunehmende vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos in den Flussgebietseinheiten bis Ende 2011 soll im zweiten Schritt in die Erstellung von Hochwassergefahren- und –risikokarten (Abschluss Ende 2013) überleiten. In den Karten sind die Überschwemmungsgebiete für Ereignisse mit kurzen (HQ_{10}) und langen Wiederkehrintervallen (HQ_{100}) sowie für Extremereignisse darzustellen (s.a. Nacken 2008). Hinzu kommen die Risikokarten mit Angaben zu den potentiell betroffenen Einwohnern sowie möglichen nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt

und wirtschaftliche Tätigkeiten. In der dritten Stufe fordert die Richtlinie bis Ende 2015 die Erarbeitung von Managementplänen mit Maßnahmen, die zur Minderung der Hochwasserrisiken geeignet sind.

In Sachsen erstreckt sich die Gebietskulisse für die Umsetzung der EU-HWRM-RL über eine Gesamtgewässerlänge von 7.200 km mit der Elbe als Bundeswasserstraße sowie den Gewässern I. und II. Ordnung. 4.000 km davon entfallen allein auf Gewässer II. Ordnung. Durch die als Konsequenz aus dem Hochwasser von 2002 erfolgten Änderungen im SächsWG und die umfangreichen Investitionen in die Verbesserung des Hochwasserrisikomanagements liegen wesentliche Grundlagen für die Umsetzung der Richtlinie vor bzw. sind nur noch leichten Anpassungen zu unterziehen (Müller 2009). Dazu gehören die vorhandenen Risikobewertungen für die Gewässer in der Zuständigkeit des Freistaats ebenso wie die Gefahrenkarten.

Gemäß Artikel 13 der Richtlinie kann auf die vorläufige Risikobewertung verzichtet werden, wenn – wie in Sachsen – für Flussgebiete vor dem 22.12.2010 bereits ein signifikantes Hochwasserrisiko festgestellt wurde. Gefahren- und Risikokarten und Managementpläne, die vor diesem Datum entstanden sind, können ebenfalls übernommen werden, sofern die Inhalte den Anforderungen der Richtlinie entsprechen.

Für die Gewässer I. Ordnung liegen die Gefahrenkarten in Sachsen zwar bereits vor, nicht jedoch für Gewässer II. Ordnung. Dort werden derzeit in Schwerpunktgebieten 24 HWSK entwickelt, welche die entsprechenden Grundlagen liefern, jedoch nicht die gesamte Gewässerkulisse abdecken. Die Risikomanagementpläne werden in Sachsen aus den bestätigten HWSK abgeleitet, wobei zum gegenwärtigen Zeitpunkt an der Schwarzen Elster ein Musterplan erarbeitet wird (Müller 2009).

Ansätze zur Ausgestaltung der Hochwasserrisikomanagementpläne an Gewässern II. Ordnung finden sich auch in den unterschiedlichen dezentralen Maßnahmen, die im vorliegenden Bericht behandelt werden. Dies gilt insbesondere für die Bereiche technischer Hochwasserschutz und flächenhafter Rückhalt als Teilaspekte eines umfassenden Risikomanagements.

3.3 Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Ohře (Eger)

Bohumír Janský & Jindřich Břečka

Nach den katastrophalen Überschwemmungen 1997 in Mähren, Schlesien und Ostböhmen und 1998 erneut in Ostböhmen, wo es zu Verlusten an Menschenleben und zu großen Schäden an Besitztümern des Staates sowie von juristischen und physischen Personen gekommen ist, hat die Regierung der Tschechischen Republik ein Konzept zur Hochwasserprävention entwickelt. Die Hochwasserschutzstrategie für das Gebiet der Tschechischen Republik wurde von der Staatsregierung durch Beschluss Nr. 382 vom 19.4.2000 angenommen. Zu den wichtigsten Grundsätzen dieser Strategie gehört unter anderem die Verpflichtung, die Vermögenswerte aller Betroffenen zu schützen.

Auf dem vom Staatsbetrieb Povodí Ohře verwalteten Gebiet kam es im Zeitraum von 1997 bis August 2002 weder zu markanten Hochwasserereignissen, noch zu größeren Hochwasserschäden. Hochwasser mit Abflüssen größer HQ_{100} traten im Einzugsgebiet des Jílovský potok (linker Zufluss Elbe bei Děčín) auf, wo im Verlauf von 100 Jahren sieben Ereignisse mit Abflusswerten über dem statistischen HQ_{100} zu verzeichnen waren. Nach dem Hochwasser im Jahr 1987 wurde anhand einer Studie Schutzmaßnahmen für den Jílovský potok und sein Einzugsgebiet erarbeitet und mit einem Kostenvolumen von 300 Millionen CZK umgesetzt.

In der Vergangenheit hat sich der Betrieb Povodí Ohře auch mit der Hochwasserprävention im Zusammenhang mit der Braunkohleförderung in den Tagebauen von Podkrušnohoří befasst, wo im Rahmen der Beräumung der Vorfelder eine Reihe von Bauwerken für deren Schutz realisiert wurden, die auf die Kapazität bis HQ_{200} ausgelegt sind.

Nach dem Hochwasser im Jahre 1997 entwickelte die Geschäftsführung der damaligen Aktiengesellschaft Povodí Ohře ein Hochwassserschutzkonzept, welches sich aus organisatorischen, technischen, legislativen und ökonomischen Maßnahmen zusammensetzt:

- Die organisatorischen Maßnahmen beinhalteten die Zusammenarbeit, Ausbildung und Schulung der Mitglieder von Hochwasserkommissionen und die Gewährleistung einer dauerhaften Tätigkeit in der Abteilung, die für den Betrieb des Überwachungsnetzes zuständig ist, durch Povodí Ohře.

- Technische Maßnahmen werden auch in der Gegenwart im Rahmen des Investitionsaufbaus und des Reparaturplans konzipiert. Ein Überwachungsnetz in der Abteilung Wasserwirtschaftsdispatching wurde erneut und wieter entwickelt, d.h. es wurde ein Bearbeitungssystem – Dispatching 2000 geschaffen. Im Einklang mit dem Wassergesetz werden die Abflussverhältnisse an allen verwalteten Stauseen geregelt (gesteuert).

Darüber hinaus wurden die komplexen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Einzugsgebiet des Jílovský potok sowie Umbauten am Wasserspeicher Skalka (Steigerung der Kapazität der Hochwasserentlastungsanlage auf HQ_{10000}) sowie verschiedene Regulierungsmaßnahmen an Fließgewässern mit dem Ziel einer Verbesserung des Hochwasserschutzes vorgenommen.

Im August 2002 kam es im Einzugsgebiet der Ohře zu einer Hochwassersituation, welche durch ergiebige und durch orographische Effekte verstärkte Niederschläge ausgelöst wurde. Dabei traten kurzzeitig sehr intensive Niederschläge auf, welche einen schnellen Anstieg der Wasserspiegel an den Ober- und Mittelläufen der kleinen Gewässer bewirkten. Die täglichen Niederschlagssummen, die vom 12. – 13. August 2002 an ausgewählten Stationen des Messnetzes von Povodí Ohře im Mittel- und Osterzgebirge (Krušné hory) registriert wurden, erreichten Werte über 230 mm, stellenweise (bei Cínovec) bis zu 400 mm in 24 Stunden.

Die Scheitelabflüsse der linksseitigen Ohřezuflüsse aus dem Erzgebirge erreichten dadurch Werte größer als HQ_{100}. An Gewässern im Zuständigkeitsbereich des Staatsbetriebs Povodí Ohře traten dabei Schäden in Höhe von 340 Millionen CZK auf.

Nach dem Ereignis wurden Programme zur Hochwasserprävention und zur Beseitigung der Hochwasserschäden initiiert und für die meisten der gefährdeten Gebiete Hochwasserschutzmaßnahmen entwickelt. Die breiteste Anwendung im Bereich der technischen Maßnahmen fand dabei die Erhöhung der Durchflusskapazität der Gerinne, insbesondere innerhalb der Gemeinden. Die Umsetzung der Konzepte wird jedoch oftmals durch die örtlichen Gegebenheiten, durch technische Möglichkeiten oder durch ökonomische Aspekte eingeschränkt. In einigen Fällen wurde eine Erhöhung des Schutzes durch Kombination einer Flussregulierung mit Hochwasserrückhaltebecken erreicht. Sämtliche Baumaßnahmen sind dabei so konzipiert, dass in den technischen Entwürfen die Forderungen des Umweltschutzes berücksichtigt werden.

Die bedeutendste Maßnahme des Programms „Hochwasserprävention“ war die Instandsetzung der Hochwasserentlastung der Stauanlage Nechranice – eine Maßnahme, die Bestandteil des Projektes „Verbesserung ökologischer und hydrologischer Bedingungen an den Flüssen Ohře und Labe“ ist, welches in das Programm CBC PHARE 2000 der Europäischen Union aufgenommen wurde. Im Einklang mit dem weltweiten Trend der Sicherheitserhöhung von Stauseen bei Hochwasserereignissen wurde Mitte der 1990er Jahren die Kapazität der Hochwasserentlastung der kritischen Anlagen des Wasserwirtschaftssystems der Talsperren Skalka - Jesenice - Nechranice neu bewertet. Zur Verbesserung der Abflussverhältnisse am Fluss Ohře und folglich auch an der Elbe wurde eine grundsätzliche strategische Entscheidung getroffen, die technische Instandhaltung der Stauanlagen sicherzustellen, welche in einem bedeutenden Maß die den Hochwasserschutz unterhalb der Anlagen verbessert. Diese bestand in der Dimensionierung des Sicherheitsüberfalls für eine sichere Überführung des Scheitelabflusses bei HQ_{10000} ähnlich wie bei der Stauanlage Skalka.

Im Anschluss daran folgte das Programm „Hochwasserprävention II“, welches durch den Beschluss der Regierung der Tschechischen Republik vom 15.11. 2006 genehmigt wurde. Das Programm läuft bis Ende des Jahres 2013, wobei der Gesamtumfang der Finanzmittel 10,5 Milliarden CZK beträgt. Für das durch den Staatsbetrieb Povodí Ohře verwaltete Gebiet wurde eine Obergrenze von 655 Millionen CZK festgesetzt.

Im Rahmen des Programms werden aktuell fünf bauliche Maßnahmen und 29 Veranstaltungen mit Bildungscharakter umgesetzt. Als eine prioritäre Maßnahme kann das Projekt „Stauanlage Janov – Gewährung der Stabilität und Sicherheit des Dammbauwerks“ bezeichnet werden, dessen Kosten 40 Millionen CZK übersteigt.

Durch das europäische Parlament und den Rat der Europäischen Union wurde am 23. Oktober 2007 die „Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken“ (EU-HWRM-RL) erlassen, welche im Rahmen der vorbereiteten Novellierung des Wassergesetzes in der tschechische Gesetzgebung umgesetzt wurde.

Am 23. Mai 2007 hat die Regierung der Tschechischen Republik durch Beschluss Nr. 562 den „Plan für die Haupteinzugsgebiete der Tschechischen Republik“ gebilligt. Dieser Plan beinhaltet einen Pflicht- und einen Richt-Teil, wobei der Pflichtteil durch die Verordnung der Regierung Nr. 262/2007 Slg., mit Wirkung vom 23.10.2007 bekannt gegeben wurde. Bestandteil des Pflichtteils sind in erster Linie Ziele und Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser und weiteren Schadwirkungen des Gewässers. Bis zum 31. August 2007 wurden in der Zuständigkeit des Umweltministeriums die „Konzeptionen von naturnahen Hochwasserschutzmaßnahmen in ausgewählten Vorranggebieten“ erarbeitet, jedoch ohne Anwendung von Risikoanalysen und Kosten-Nutzen-Kalkulationen.

Dementsprechend ist der Hochwasserschutz eine komplexe Aufgabe, deren Lösung die Mitwirkung aller beteiligten Akteure erfordert. Bestandteile der Entwürfe von Hochwasserschutzkonzepten sind Risikoanalysen sowie Nutzen-Kosten-Analysen, wobei in die Pläne für die einzelnen Einzugsgebiete lediglich Maßnahmen mit nachweisbarer Reduktion des Hochwasserrisikos aufgenommen werden. Die auf diese Weise entwickelten und positiv beurteilten Maßnahmen müssen in die Gebietspläne übernommen und im Anschluss mit Unterstützung der einzelnen Förderprogramme umgesetzt werden. Der Staatsbetrieb Povodí Ohře wird darüber hinaus die Ausweisung der Überschwemmungsgebiete einschließlich der Aktivzonen fortsetzen, um die Anforderungen der EU-HWRM-RL zu erfüllen.

Im Bezug auf den dezentralen Hochwasserschutz beinhaltet die tschechische Gesetzgebung folgende relevante Regeln (übernommen aus dem Plan der Haupteinzugsgebiete, 2007):

- Beim Entwurf von präventiven Hochwasserschutzmaßnahmen ist eine geeignete Kombination von technischen Maßnahmen, welche die Durchflüsse der Hochwasserwellen beeinflussen, und Maßnahmen, welche den natürlichen Wasserrückhalt im betroffenen Gebiet erhöhen, zu berücksichtigen.

- Es sind Bewirtschaftungsarten in der Land- und Forstwirtschaft zu verwenden, die nicht zu einer Verschlechterung der Rückhaltefähigkeit der Böden oder zu einer negativen Beeinflussung des Wasserhaushaltes führen. Dazu sind entsprechende ökonomische Instrumente vorzubereiten und einzuführen.

- In den Überschwemmungsgebieten sind Aktivitäten zu beschränken, welche die Abflussverhältnisse beeinträchtigen und die Hochwasserrisiken erhöhen.

- Es sind Entwürfe mit Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes auf Grundlage von Qualitätsunterlagen und einer Optimierung der Varianten unter Berücksichtigung von Risiko- und Kosten-Nutzen-Analysen zu entwickeln.

- Die verfügbare finanzielle Förderung aus den relevanten Programmen der Tschechischen Republik sowie Fördermöglichkeiten der Europäischen Union zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutz in gefährdeten Gebieten sind zu nutzen.

- Der technische Zustand der Stauanlagen und deren Betrieb ist im Hinblick auf den Hochwasserschutz zu verbessern.

- Die Öffentlichkeitsarbeit zu allen Aspekten des Hochwasserschutzes ist zu verbessern und zu erweitern.

- Um den Hochwasserschutz zu verbessern, ist die Einbindung von Fachinstitutionen rele-

vanter Sachgebiete und die internationale Zusammenarbeit zu unterstützen, sowohl im Rahmen europäischer Zusammenarbeit als auch für einen effektiven Wissenstransfer.

- Die Hochwasserschutzpläne sind im Rahmen von internationalen Einzugsgebieten zu koordinieren.

4. Das Untersuchungsgebiet

4.1 Lage und Abgrenzung

Christian Reinhardt-Imjela & Michal Jeníček

Die Untersuchungen des vorliegenden Berichts umfassen die hydrologischen Einzugsgebiete von Oberer Flöha und Oberer Chomutovka. Das Einzugsgebiet der Oberen Flöha erstreckt sich ca. 40 km südöstlich von Chemnitz bzw. 50 km südwestlich von Dresden über die Kammlagen des mittleren Erzgebirges und liegt damit im deutsch-tschechischen Grenzraum. Betrachtet wird das Gebiet zwischen dem Pegel Pockau 1 (Fluss-km 32,3) und der Talsperre Rauschenbach (Fluss-km 60,0) mit der Stadt Olbernhau im Zentrum, die den Bezugspunkt für die Untersuchungen bildet. Die Abgrenzung erfolgte auf Grundlage der langjährigen Pegelzeitreihe, die für den Pegel Pockau 1 verfügbar und neben der Modellkalibrierung auch im Hinblick auf eine belastbare Hochwasserstatistik von Bedeutung ist. Im Gegensatz dazu war der Pegel Olbernhau 2 im Stadtgebiet bis 10/2004 ausschließlich als Hochwassermeldepegel in Betrieb, während Zeitreihen erst ab November 2004 digital erfasst werden. Dezentrale Maßnahmen oberhalb der Talsperre Rauschenbach scheiden durch den im Stausee vorhandenen Rückhalteraum aus, so dass das Untersuchungsgebiet unterhalb der Talsperre beginnt.

Da sich die Analyse der Wirksamkeit potentieller dezentraler Maßnahmen auch auf die Stadt Olbernhau bezieht, wird für den oberhalb gelegenen Teil des Untersuchungsgebiets der Begriff Maßnahmengebiet verwendet (Karte 1 im Anhang), wobei der Pegel Olbernhau 2 als Bezugspunkt gilt. Von Nordosten nach Südwesten weist das Gebiet eine Längsachse von 28 km auf, während die Nordwest-Südost-Ausdehnung etwa 14 km beträgt. Die Gesamtfläche des Maßnahmengebiets liegt bei 228 km², von denen 58 % auf den Freistaat Sachsen entfallen (Landkreise Mittelsachsen und Erzgebirgskreis) und 42 % auf tschechischem Territorium liegen (Verwaltungseinheit Ústí nad Labem – Ústecký kraj).

Das Einzugsgebiet der Chomutovka erstreckt sich 6 km nordwestlich der Stadt Chomutov im Mittleren Erzgebirge und liegt vollständig auf dem Gebiet der Tschechischen Republik. Für die Modellierung im Rahmen des Projektes wurde das Gebiet oberhalb des Pegels III. Mlýn betrachtet, das eine Fläche von 44,5 km², eine West-Ost-Ausdehnung von 12 km und eine Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 7,5 km aufweist. Das Maßnahmengebiet erstreckt sich hier mit einer Fläche von 14,5 km² oberhalb der Ortschaft Tišina.

4.2 Naturräumliche Ausstattung

Jens Bölscher, Mike Ramelow, Michal Jeníček, Marketa Růžičková

4.2.1 Geologie und Geomorphologie

Erzgebirge, Vogtland, Sächsische Schweiz, Elstergebirge, Zittauer Gebirge und das Oberlausitzer Bergland stellen ca. ein Drittel der Fläche Sachsens und bilden die typischen Naturräume des Sächsischen Berglandes und Mittelgebirges (Röder & Richter 2008).

Das Erzgebirge, eine im Tertiär angehobene Bruchscholle am nördlichen Rande des Böhmischen Massivs, streicht über 80km in NE-SW Richtung und baut sich im Kern aus Metamorphiten und eingeschalteten Magmatiten auf. Die Kammlinie erreicht die höchsten Punkte mit dem Klínovec (1243 m) und dem Fichtelberg (1214 m), die sich von hier erstreckende Abdachung reicht ca. 30-40 km nach Nord-Nordwest, fällt hingegen nach Süd-Südost auf wenigen Kilometern steil um mehrere hundert Meter ab (Pultscholle). Hinsichtlich seiner Höhenzonierung kann das Erzgebirge ganz allgemein nach Kaulfuß & Kramer (2000) in die unteren Berglagen (bis 500 m), die mittleren Berglagen (500 – 750 m), die oberen Berglagen (750 – 900 m) und die daran anschließenden Kammlagen (ab 900 m) unterteilt werden.

Das Erzgebirge findet seine großräumige Begrenzung im Südosten durch die Egertal-Störung und das böhmische Becken. Nordöstlich wird es durch die Elbtalzone und dem sich anschließenden Elbsandsteingebirge und nordwestlich durch das lößbedeckte sächsische Tief- und Hügelland – der Vorerzgebirgssenke und der nachgeschalteten Erzgebirgsvorlandschwelle – abgegrenzt. Die Antiklinalstruktur des Erzgebirges

taucht in Richtung Vogtland ab, welches den fließenden südwestlichen Übergang zu den Schiefern des Thüringer Waldes bildet (vgl. Röder et al. 2008a).

Das Untersuchungsgebiet der oberen Flöha befindet sich am Übergang zwischen Mittlerem und Östlichem Erzgebirge, welcher durch die tektonisch bedingte Tiefenstörung der Flöha-Querzone markiert wird.

Typisch für das Erzgebirge - als Teil der saxothuringischen Zone am Nordrand der Böhmischen Masse und damit Teil der mitteleuropäischen Varisziden - ist die kreidezeitlich einsetzende germanotype Überprägung des variszisch konsolidierten kristallinen Grundgebirges, welches während der variszischen Orogenese zu Sätteln und Mulden gefaltet worden war. Ab dem Perm bis zum Tertiär wurden diese Strukturen abgetragen und eingeebnet. Die Einebnung zeigt eine wichtige Voraussetzung für die heutige Form des Erzgebirges auf, so war das variszische Gebirge schon am Ende des Rotliegenden weitgehend zu einer Flachlandschaft erniedrigt, die als „Permischer Rumpf“ bezeichnet wird (Semmel 1972). Eozäne Flusskiese, die sich im Erzgebirge auf Höhen zwischen 750-1000 m über Meeresspiegelniveau, geschützt durch tertiäre Basaltdecken, erhalten haben, zeugen von einem vormals flacheren Relief und der Heraushebung im Tertiär (Henningsen & Katzung 2002; Wagenbreth & Steiner 1990).

Im Zuge der Fernwirkung der alpidischen Gebirgsbildungsphase wurden durch die isostatisch bedingte Heraushebung der Alpen die „alten“ geologischen Grundstrukturen im Sinne der Sächsischen Bruchschollentektonik verändert bzw. überprägt und vorhandene Störungen reaktiviert. Die alpidische Orogenese setzte schon vor rund 120 Millionen Jahren in der Kreide ein und endete vor 30 Millionen Jahren im Tertiär. Damit war die Herausbildung des Erzgebirges als morphologische Pultscholle verbunden, welche entlang mehrerer herzynisch orientierter Störungszonen (beispielsweise Flöha-Querzone, Mittelsächsische Störung der Elbtalzone) unterbrochen und in mehreren Staffeln unterschiedlich stark gehoben wurde. Entlang einer sich von WSW nach ENE erstreckenden (erzgebirgisch-streichenden) Achse wurden die geologischen Formationen des Erzgebirges in nordwestlicher Richtung gekippt und in südöstlicher Richtung herausgehoben. Der Haupthebungsprozess des Erzgebirges zur Pultscholle fand im Jungtertiär, dem Pliozän über einen Zeitraum von etwa 30 Millionen Jahren statt (Richter 1995). Als Folge der Hebung und Schrägstellung der Erzgebirgsscholle rissen südlich des heutigen Gebirges SW - NE gerichtete Spalten auf, an denen der Eger- oder auch Ohřetalgraben einsank (Wagenbreth & Steiner 1990). Begleitet wurde dieser Prozess insbesondere im frühen Stadium von miozänem Basaltvulkanismus, welcher sich ebenfalls entlang weiterer Bruchzonen im Erzgebirge in Form von kleineren Eruptivzentren zeigt und die o.g. eozänen Flusskiese vor weiterem Abtrag schützte.

Diese nun nach NW orientierte schiefe Ebene, die erzgebirgische Pultscholle, zeichnet sich durch einen markanten Steilabfall zum Egergraben ab, welcher über 600 Höhenmeter betragen kann. Dazu steht im Kontrast die flache, nordwestlich gerichtete Abdachung, die keine so markanten Geländesprünge aufweist, jedoch in sich stark zertalt ist und dadurch kleinräumig eine sehr heterogene Reliefstruktur aufweist. Diese ist vor allem entlang des Erzgebirgskamms durch flache, zertalte Hochflächen gekennzeichnet, ändert sich zum Teil jedoch lokal sehr abrupt in Form von tief eingeschnittenen Kerbtälern mit steilen, gradartigen Flanken und sich dann anschließenden breiten, aufgeschotterten Kerbmuldentälern wie dem Flöhatal, welches entlang einer schon variszisch angelegten Störungszone, dem Flöha-Lineament, verläuft (vgl. Karten 2-4 im Anhang). Mit der Schrägstellung der Pultscholle nach dem späten Eozän war auch die generelle Ausbildung einer Wasserscheide und eines nordwärts orientierten Flussnetzes verbunden, welches sich an den präquartären Bruchstrukturen orientiert, im Quartär eingetieft und u.a. neben Muldentälern die erläuterten Kerbtäler ausgebildet hat (Henningsen & Katzung 2002). Als eine der verbreitetesten Talformen gilt das Kerbsohlental (Röder & Richter 2008). Abweichend von der Nordausrichtung der meisten Talverläufe finden sich insbesondere in der Nähe der Kammlagen quer oder stumpfwinklig, subsequent verlaufende Fließgewässer (bspw. oberes Flöhatal, Schweinitz oberhalb Deutschneudorf: Karten 1, 2 und 4 im Anhang). Röder & Richter (2008) weisen darauf hin, dass dies möglichweise ein Indiz für alte Talanlagen des Böhmischen Massivs ist.

Das prämetamorphe Ausgangsgestein des Erzgebirges besteht einerseits aus Grauwacken und Grauwackenschiefern präkambrischen Ursprungs (Pälchen &

Walter 2008). Andererseits finden sich im nordwestlichen und südwestlichen Bereich altpaläozoische Quarzsandsteine und Tonsteine, in denen u.a. ordovizische Quarzite und kambrische, basische Vulkanite eingeschaltet sind. Durch eine intensive Faltung und Metamorphisierung bildeten sich aus den präkambrischen Sedimentgesteinen Paragneise und aus den kambrischen und ordovizischen Gesteinen Glimmerschiefer und Phyllite aus. Die Paragneise lassen sich je nach Metamorphosegrad in Zweiglimmergneise und in die stärker metamorphisierten Biotitgneise unterteilen. Weiterhin haben sich durch Aufschmelzungen Anatexite gebildet, welche sich insbesondere entlang der Flöha-Störungszone finden. Paragneise und Anatexite bilden den klassischen Graugneis-Komplex des Erzgebirges. In diesen eingeschlossen befinden sich Ortho- oder Rotgneise, die sich Ende des Präkambriums aus granitischen Magmatiten gebildet haben und vor allem zusammen mit Muskovitgneisen und Granuliten in der zentralen Erzgebirgszone hervortreten (Henningsen & Katzung 2002; Pälchen & Walter 2008). Am Ende der variszischen Orogenese intrudierten saure Magmen in die anstehenden Gesteinsverbände und bildeten die Granite des Erzgebirges aus, die oberflächlich bspw. in Eibenstock und Altenberg zu Tage treten (Henningsen & Katzung 2002). Bei dem Graugneis-Komplex und den Rotgneisen handelt es sich um schichtförmige Körper, die im Kern einzelner Kuppeln erkennbar sind (Henningsen & Katzung 2002). Während im Übergang zur Vorerzgebirgssenke vor allem Phyllite und Glimmerschiefer auftreten, wird das Osterzgebirge durch Graugneise und Anatexite dominiert. Dort schalten sich um Altenberg herum karbonische Quarzporphyre und Granitporphyre ein. Der südöstliche Teil des Mittleren Erzgebirges zeichnet sich durch einen kleinräumigen Wechsel von Para- oder auch Graugneisen, Orthogneisen und Anatexiten aus. Im Übergang zum Westerzgebirge, welches vor allem durch den Eibenstockgranit dominiert wird, findet sich zwischengeschaltet eine südwestliche Verlängerung der oben genannten Phyllite und Glimmerschiefer (Henningsen & Katzung 2002).

Diese proterozoischen und altpaläozoischen Gesteine bilden als Produkt der variszischen Metamorphose und Gebirgsbildungsphase den heutigen Kern des Erzgebirges. Pälchen & Walter (2008) fassen diese Entwicklung zusammen und beschreiben den wesentlichen Aufbau des Erzgebirgskristallins bestehend aus einem Gneiskern, welcher von einer inneren Glimmerschiefer- und einer äußeren Phyllithülle überdeckt ist. Die Gneise treten dadurch vor allem im höchsten Bereich, der zentralen Erzgebirgszone zu Tage.

Die anstehenden Gesteinsformationen des Mittleren Erzgebirges und des Untersuchungsgebietes sind durch den kleinräumigen Wechsel der Gneisvarianten geprägt. Lokal haben sich noch tertiäre Basaltreste erhalten und entlang des Flöhatals tauchen die o.g. Anatexite auf. So bilden im südlichen Untersuchungsgebiet und an der Natzschung hauptsächlich klein- bis grobkörnige, biotitreiche Orthogneise eine großflächige Muldenstruktur, welche im Norden und Westen von den Zweiglimmergneisen der Natzschung-Schichten begrenzt werden (Reinhardt, 2010). Im nordöstlichen Bereich dominieren hingegen die Zweiglimmerparagneise der Křimov-Schichten. Metarhyolithoide sowie Glimmerschiefer finden sich vor allem im zentral nördlichen Bereich des Einzugsgebietes.

Im Einzugsgebiet der Chomutovka dominieren südlich der Chomutovka vor allem Quarzit- bzw. Muskovit-Biotit-Paragneise (Karte 10 im Anhang). Die Quarzitparagneise fehlen in dem sich nördlich anschließenden von West nach Ost verlaufenden Band. Während die Paragneise aus klastischen Sedimentgesteinen hervorgegangen sind, handelt es sich bei den sich noch weiter nördlich anschließenden Orthogneisen um überprägte sauer-intermediäre Magmatite, welche zum Teil als sogenannte Augengneise, deformierte porphyrische Gesteine, auftreten. Die Hoch- oder auch Kammlagen des Einzugsgebietes werden größtenteils von Torfen überdeckt.

Die anstehenden Gesteine des Mittleren Erzgebirges wurden im Tertiär intensiv chemisch verwittert und bildeten als Saprolithe das Ausgangssubstrat für die im Quartär folgenden periglazialen Umlagerungs- und Bodenbildungsprozesse.

Während die Geologie des Gebietes zumeist gut erschlossen ist, fehlt es an umfassenden Untersuchungen zur Morphogenese und Morphologie des Mittleren Erzgebirges. Diese muss sich zwangsläufig an den Pultschollencharakter des Gesamtgebietes und an die anstehenden Gesteine anlehnen, wird aber darüber hinaus über altangelegte geologische Störungszonen und die Hebungs- und Verwitterungsvorgänge im

Tertiär als auch durch die wechselklimatischen Bedingungen des Quartärs bestimmt und holozän lediglich überprägt.

Während das Erzgebirge im jüngsten Paläozoikum und fast im gesamten Mesozoikum Abtragungsgebiet war, kam es zu Beginn der Oberkreide zu kurzen marinen Transgressionen aus dem Elbtal ins Osterzgebirge sowie zur Ablagerung von terrestrischen Sedimenten (Bernhardt & Röder 2008; Henningsen & Katzung 2002). Für die Abtragungsphase, die zur flächenhaften Einebnung der variszisch konsolidierten Formationen geführt hat, sind noch an einigen Stellen im Osterzergebirge Reste mesozoischer Verwitterungshorizonte erhalten geblieben, die nach Henningsen & Katzung bis zu 40 Meter mächtig gewesen sein können und in ihrer Bildungsphase zwischen Zechstein und Unterkreide einzuordnen sind (vgl. Bernhardt & Röder 2008). In Erweiterung dessen hat zudem schon Julius Büdel für das Westerzgebirge eine ebenfalls derartig tiefreichende Verwitterung und Abtragung postuliert, die jedoch tertiären Ursprungs ist, und für den Bereich um Gottesgab und Aue untersucht wurde. Ein Ergebnis dieser Untersuchungen war die Darstellung einer viergliedrigen Rumpftreppe auf der flachen NW-Abdachung der erzgebirgischen Pultscholle. Diese Rumpftreppen werden anhand der Theorie der Rumpfflächenbildung bzw. doppelten Einebnung erklärt (Büdel 1981). Dieser Prozess ist an die klimatischen Bedingungen der Tropen gebunden und verbindet die Ausbildung einer Verwitterungsbasisschicht und einer fast ebenen Spüloberfläche.

Diese Ergebnisse bilden einen Erklärungsansatz für die ausgeprägten, jedoch nur sehr flachwellig verlaufenden Hochflächen des Erzgebirges. Für die weitere Genese, insbesondere für die periglaziale Überformung der Landoberfläche und das tiefe Einschneiden der Kerbtäler und Kerbsohlentäler ist der mehrfache Wechsel der klimatischen Bedingungen im Quartär verantwortlich.

Zwei wesentliche morphologische Strukturen prägen das Einzugsgebiet der Oberen Flöha. Die Oberläufe der Tributäre der Oberen Flöha, mit Ausnahme des Rauschenflusses, (insbesondere Schweinitz, Natzschung und Cämmerswalder Dorfbach) sind durch flachwellige Hochflächen, mit nur geringen Hangneigungen, gekennzeichnet. Charakteristische Talform ist hier das flach geneigte Sohlental. Hingegen prägen tiefe Kerbtäler mit steilen Flanken das Erscheinungsbild des Untersuchungsgebietes an den Mittel- und Unterläufen der Fließgewässer (z.B. Natzschung & Seiffener Bach, Karten 2 und 3 im Anhang).

Eine vergleichbare Unterteilung der geomorphologischen Strukturen lässt sich für die Chomutovka vornehmen. Der Oberlauf der Chomutovka entwässert entlang flach geneigter Hochflächen des Erzgebirgskamms, auf denen sich ausgedehnte Hochmoore entwickelt haben. Vergleichbar mit dem Erscheinungsbild der Mittel- und Unterläufe des Flöhaeinzugsgebietes sind auch hier tief eingeschnittenen Kerbtäler mit steilen Flanken für den Mittel- bzw. Unterlauf charakteristisch. Das Einzugsgebiet erstreckt sich auf einer Höhe zwischen 485 und 885 m NN mit einer durchschnittlichen Hangneigung von 8°.

4.2.2 Böden

Während die Geologie und die Morphologie die „hydrologische Grundformen“ für die Abflussbildung und Abflusskonzentration vorgeben, wird dieses hydrologische System extern über die klimatisch-meteorologischen Randbedingungen angetrieben. Die Böden als Verwitterungsprodukt der anstehenden Ausgangsgesteine bilden dabei den hydrologischen Zwischenspeicher und gleichzeitig in Verbindung mit den klimatischen Randbedingungen die Ausgangsbedingungen für die potentielle und aktuelle Vegetationsentwicklung und Landnutzung.

Die Böden im Einzugsgebiet der Oberen Flöha (vgl. Karte 6 im Anhang) sind Produkte des anstehende Gesteins oder aber von Schuttdecken die das anstehende Gestein überlagern. Diese Schuttdecken entstanden während des Quartärs – wie im gesamten sächsischen Gebirgsraum - unter periglazialen Bedingungen und sind aufgrund ihrer flächendeckenden Erhaltung in unterschiedlichen Varietäten ein wesentliches Merkmal der naturräumlichen Ausstattung. Unterbrochen wird ihr Auftreten durch Auensedimente, Kolluvien und Hochmoore (Röder & Richter 2008). Genauere Forschungsergebnisse liegen insbesondere für das Osterzgebirge vor (Heller & Kleber 2011). Es ist in Analogie zu anderen Untersuchungen davon auszugehen, dass durch Frostverwitterung zersetztes Material über mehrere Gefrier- und

Schmelzzyklen hinweg durch Solifluktionsprozesse hangabwärts verlagert wurde (Jaesche 1999). Dieser Prozess basiert auf zwei wesentlichen Bewegungsmechanismen, dem Frostkriechen und der Gelifluktion. Dies führte zu einer Überlagerung des anstehenden Gesteins mit Frostschuttdecken, die in der Literatur als periglaziale Lagen oder periglaziale Deckschichten beschrieben werden (vgl. Völkel et al. 2002b). Periglaziale Deckschichten bestehen in ihrer typischen Erscheinung aus mehreren sich überlagernden Schichten, die sich in ihrem Vertikalprofil durch Lagerung, Dichte, Korngrößenzusammensetzung, Skelettgehalt und Mineralzusammensetzung unterscheiden (Veit et al. 2002). So bilden periglaziale Deckschichten das Ausgangsmaterial für die mit dem Ende der Weichselkaltzeit einsetzende Bodenbildung. Auf diesen Schuttdecken haben sich je nach Lage und kleinklimatischen Verhältnissen vor allem Braunerden in verschiedenen Varietäten ausgebildet. Sie dominieren vor allem in den unteren und mittleren Berglagen. Die mit zunehmender Höhe abnehmenden Temperaturen und ansteigenden Niederschläge führen zu einer vermehrten Podsolierung der Böden. So finden sich hier vor allem podsolierte Braunerden und in den oberen Berglagen vor allem auf tschechischer Seite des Einzugsgebietes Braunerde-Podsole (Ramelow 2006). In den Tallagen dominieren vereinzelt Vegen und verschiedene Varietäten von Gleyböden. Weiterhin treten lokal immer wieder (Hang-) Pseudogleyböden auf. Diese sind durch einen wasserstauenden Horizont gekennzeichnet, der die Vertikalbewegung des Bodenwassers einschränkt und für den Interflow von Bedeutung ist. Auf einem Großteil der ackerbaulich genutzten Flächen, insbesondere auf der Rübenauer Insel im Südwesten des Einzugsgebietes (Ramelow 2006) sowie im Bereich des Schwartenberges zwischen den Gemeinden Seiffen und Neuhausen, finden sich Braunerde-Pseudogleye bzw. Pseudogley-Braunerden. Neben den mineralisch geprägten Böden lassen sich im Einzugsgebiet der Natzschung ebenso organische Moorböden in zum Teil stark degradiertem Zustand nachweisen (Lindenkreuz 2006). Besonders in den obersten Lagen, von West nach Ost zunehmend, treten vermehrt ombrogene Hochmoore auf, so bspw. zwischen Satzung und Sebastiansberg.

In Abhängigkeit von Lage und Ausprägung variiert die mittlere Gründigkeit der Böden im Untersuchungsgebiet zwischen 0,75 – 1,20 m (vgl. BK_{konz}). Für die Böden im tschechischen Teil des Einzugsgebietes der Oberen Flöha ergaben die Untersuchungen von Ramelow (2006) und Löhe (2006) vergleichbare Werte. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass in aller Regel Bodenprofile eine Tiefe von 2 Metern haben und tiefer liegende Horizonte aus technischen Gründen in der Regel nicht aufgeschlossen werden. Dies führt möglichweise zu einer Unterschätzung der Gesamtbodenmächtigkeit im Untersuchungsgebiet. Die in den Tallagen ausgebildeten Gleyböden sind jedoch nach vorliegenden Kenntnissen mit 1,30 – 2,00 m tiefgründiger als die Böden der Top- und Hanglagen (vgl. BK_{konz}), eine folge der genannten Solifluktionsprozesse und flächenhaften Hangabtrags ist.

Die Böden im Einzugsgebiet der Chomutovka sind flachgründig und weisen einen hohen Skelettanteil auf. Auch hier sind v.a. in den tieferen Lagen des Untersuchungsgebietes mit einem Flächenanteil von 17 % Braunerden in verschiedenen Varietäten ausgebildet (Karte 11 im Anhang). Mit zunehmender Höhe werden diese zunehmend von Rosterden (36,5 %) abgelöst. Insbesondere in den Randbereichen der niederschlagsreicheren und kälteren Toplagen treten dann vornehmlich Podsole in verschiedenen Varietäten auf (21 %). Auf den schwach geneigten Kammlagen des Einzugsgebietes haben sich Gleyböden bzw. ausgedehnte Hochmoorflächen mit entsprechenden Torfauflagen entwickelt, die auch auf das Einzugsgebiet der Natzschung übergreifen.

4.2.3 Klimatische Verhältnisse

Bestimmt durch die Höhe, die geographischen Lage und Erstreckung in Europa, als auch in Abhängigkeit von der Morphologie, ist das Erzgebirge aus klimatischer Sicht dem Deutschen Mittelgebirgsklima zuzuordnen und durch eine Zunahme der Kontinentalität von West nach Ost geprägt (Hendl 1995). Durch die Lage des Erzgebirges im Regenschatten vorgelagerter Mittelgebirge sind die Niederschlagssummen in allen geographischen Höhen geringer als in anderen Mittelgebirgen Deutschlands (Büttner et al. 2001). So wird das Klima vor allem bei den vorherrschenden westlichen und nordwestlichen Luftströmungen durch die Lee-Wirkung der vorgelagerten Mittelgebirge (Harz, Thüringer Wald, Fichtelgebirge) beeinflusst. Röder et al. (2008a) ordnen dem Erzgebirge eine vermittelnde Position vom atlantisch zum kontinentalen Klima zu

Tab. 4-1: Jahresmitteltemperaturen und Jahresniederschlag im Erzgebirge (nach Kaulfuß & Kramer 2000)

	Jahresmitteltemperatur	Mittlerer Jahreniederschlag
Untere Gebirgslagen bis 500 m	7,0 – 7,6 °C	720 – 850 mm
Mittlere Gebirgslagen bis 750 m	5,5 – 7,0 °C	850 – 1000 mm
Obere Gebirgslagen / Kammlagen bis 950 m	4,3 – 5,5 °C	> 1000 mm

und zeigen anhand phänologischer und klimatologischer Daten auf, dass einerseits die maximalen Niederschlagssummen zum Osterzgebirge hin abnehmen, andererseits die Sonnenscheindauer und die Länge der Vegetationsperiode in vergleichbaren Höhenlagen zunehmen. Modifiziert wird dieses Bild jedoch durch die sehr typischen, aber wechselhaften Luv- und Leeeffekte, die lokal das vorherrschende Klima überprägen können.

Ebenso wie andere Mittelgebirge zeigt auch das Erzgebirge eine Höhengliederung von Temperatur und Niederschlägen. Im Jahresmittel sinken mit zunehmender Höhenlage die Durchschnittstemperaturen um 0,6 K/100 m, die höchsten Werte werden in den untersten Lagen mit bspw. 7,7 °C in Freiberg und die niedrigsten Werte auf Kuppen wie dem Fichtelberg mit 2,9 °C ermittelt. Kaulfuß & Kramer (2000) geben für die unteren Lagen des Erzgebirges eine mittlere Temperaturspanne von 7,0-7,6 °C und Niederschlagswerte von 720-850 mm an, die in den obersten Lagen auf durchschnittliche Werte von 4,3-5,5 °C fallen bzw. auf 1000 mm/a ansteigen (vgl. Tabelle 4-1). In den Kammlagen werden im Westerzgebirge mit 1200 mm/a die höchsten Niederschlagssummen erreicht, nur noch die Luvgebiete der Kammregionen im Osterzgebirge (Seiffener Hoch- und Kammlage, Zinnwald) weisen noch annähernd hohe Summen von 1000 mm/a auf, insgesamt nehmen jedoch die Jahresniederschläge im Osterzgebirge ab. Dort wurden auch in den untersten Lagen für das langjährige Mittel der Periode 1961-1990 nur noch Werte um 700 mm/a ermittelt (Röder et al. 2008a). Zum Vergleich sind in Tabelle 4-2 die mittleren jährlichen Klimawerte von ausgewählten Stationen des Erzgebirges im West-Ost-Verlauf sowie von Chemnitz und Dresden dargestellt. Hierbei zeigt sich nochmals der Gradient in den Niederschlagssummen und der Temperatur im West-Ost- und auch im Höhenverlauf. Deutlich ist bspw. der Sprung zwischen Flöhatal und der Kammhochfläche bei Seiffen ausgeprägt. Die Sonnenscheindauer variiert im gesamten Erzgebirge um die 1400 h/a und liegt damit im Vergleich zu Dresden/Klotzsche (227 m NN) mit 1581 h/a oder Chemnitz (418 m NN) mit

Tab. 4-2: Mittlere jährliche Klimawerte für ausgesuchte Räume des Erzgebirges im West-Ost-Verlauf; zusammengestellt und verändert nach Mannsfeld & Syrbe (2008); Daten für Dresden und Chemnitz nach DWD-Zeitreihen 1961-1990)

	Niederschlag [mm/a]	Temperatur [°C]	Sonnenscheindauer [h/a]	Pot. Verdunstung (Grasfläche) [mm/a] / [%]	Gebietsabfluss [mm/a] / [%]
Westerzgebirge					
Hoch- und Kammlagen Auersberg und Aschberg	1110	5,5	1446	429 / 38,6	741 / 66,8
Mittleres Erzgebirge					
Flöhatal	847	7,3	1471	516 / 60,9	397 / 46,9
Kammhochfläche bei Kühnhaide	916	6,1	1463	451 / 49,2	517 / 56,4
Osterzgebirge					
Saydaer Rücken- und Riedelland	897	6,5	1462	481 / 54,0	508 / 56,6
Hoch- und Kammlage bei Seiffen	980	5,7	1463	448 / 45,7	646 / 66,0
Hochflächen bei Glashütte	786	6,8	1416	524 / 66,6	350 / 44,5
Vergleichsgebiete					
Chemitz	700	7,9	1532	k.A.	k.A.
Dresden / Klotzsche	666	8,9	1581	k.A.	k.A.

1532 h/a um über 100 h/a niedriger. Ebenso verhält es sich mit den Jahresmitteltemperaturen im Vergleich zu Dresden mit 8,9°C bzw. Chemnitz mit 7,9°C bzw. mit den mittleren Jahresniederschlagssummen von 666 bzw. 700 mm/a (Daten: DWD).

Während die Niederschläge auf den Hochflächen von West nach Ost mit 1110 mm/a auf 786 mm/a deutlich abnehmen, zeigen die Temperaturwerte eine leichte Zunahme von 5,5 auf 6,8 °C. Die Verdunstungswerte sind bei Auersberg im Westen des Erzgebirges mit 429 mm/a mit einem Anteil von 38% am niedrigsten und zeigen bei Glashütte (Osterzgebirge) mit 524 mm/a und einem Anteil von über 66% die höchsten Werte. Die Werte für die verschiedenen Naturräume zwischen West- und Osterzgebirge zeigen hierbei sehr anschaulich die beträchtliche Spannweite und Variation von Niederschlag, Verdunstung und auch Gebietsabfluss auf und skizzieren deutlich das Spannungsfeld zwischen Messung und Modellierung.

Im Gegensatz zu Harz und Thüringer Wald ist das Erzgebirge durch ein ausgeprägtes Niederschlagsmaximum im Sommer gekennzeichnet. Dies resultiert aus der relativ großen Häufigkeit von Nordwestwinden im Sommer und den entsprechenden Staueffekten an der Nordseite des Erzgebirges und der damit einhergehenden Zunahme des sommerlichen Niederschlagsmaximums (SMUL 2005).

So führen auch nördliche Luftströmungen in den unteren Berglagen und dem Erzgebirgsvorland zu Staueffekten. Damit einhergehend können einströmende polare Luftmassen starke Temperaturgradienten von etwa 1 K/100 m Höhe verursachen. Entgegengesetzte südliche Strömungen verursachen vor allem im Winterhalbjahr Föhneffekte und starke Temperaturanomalien zwischen den sich trockenadiabatisch erwärmenden Luftmassen der Nordabdachung und dem Abfall zum Egergraben bzw. zu den bodennahen Kaltluftmassen, die über das Elbtal aus dem nordböhmischen Becken einströmen (Röder et al. 2008a).

Sowohl die Stationen Marienberg und Olbernhau, als auch Neuhausen an der oberen Flöha, zeigen das sommerliche Niederschlagsmaximum zwischen Juni und Juli auf (Abb. 4-1). Gleichzeitig zeigt sich auch, dass sich in der Regel ab Mai die Niederschlagsmengen bis zum Sommer stetig erhöhen und im Oktober ein erstes Minimum erreichen, um dann nochmals im Dezember anzusteigen. Danach erfolgt ab Februar bis März ein zweites Minimum. Der durchschnittliche Temperaturverlauf – hier dargestellt am Beispiel der Stationen Fichtelberg und Zinnwald-Georgenfeld – zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die Niederschläge, jedoch bildet sich typischerweise das Minimum in Form einer sehr deutlichen Unterschreitung der 0°C-Grenze zwischen Dezember und Februar aus. Expositions- und Lagebedingt können die Temperaturen lokal auch deutlich unter -10°C liegen. Vor allem die Hochflächen im Mittleren Erzgebirge sind stark windexponiert und mit zunehmender Höhe durch Schneeverwehungen und Raufrost gekennzeichnet. Die Kammhochfläche um Reitzenhain gehört daher zusammen mit dem Fichtelberg zu den kältesten Gebieten im Erzgebirge und weisen Jahresmitteltemperaturen von 5°C bzw. 4°C auf, während sie zum Vergleich im unteren Flöhatal bei 7-8°C liegt (Bernhardt & Röder 2008).

Modifiziert wird das klimatische Bild durch lokale Luv-Lee-Effekte, aber auch durch nordostwärts ziehende Tiefdruckgebiete, die zuvor im Mittelmeerraum erwärmt und stark aufgesättigt wurden. Diese Vb-Wetterlagen sind typisch für das Erzgebirge und führen im Frühjahr zu raschen Schneeschmelzen und gelten im Sommer durch die langen, intensiven und extremen Niederschläge als eine der Hauptursachen für die Hochwasserereignisse im Erzgebirge (Petrow et al. 2007; Röder et al. 2008a). Die orographische Situation des Erzgebirges führt dazu, dass in den Hoch- und Kammlagen die höchsten Niederschläge und die geringsten Temperaturen auftreten und damit auch die geringste Verdunstung einher geht und sich in den Hochlagen eine deutlich positive Wasserbilanz einstellt (vgl. Röder et al. 2008a). Ein damit verbundener Effekt ist der Aufbau und das Abschmelzen von zum Teil mächtigen Schneedecken, wie beispielsweise im Winter 2005/2006 im gesamten Erzgebirge beobachtet werden konnte und was im Frühjahr zu einer langanhaltenden und angespannten Hochwassersituation an der Elbe geführt hat.

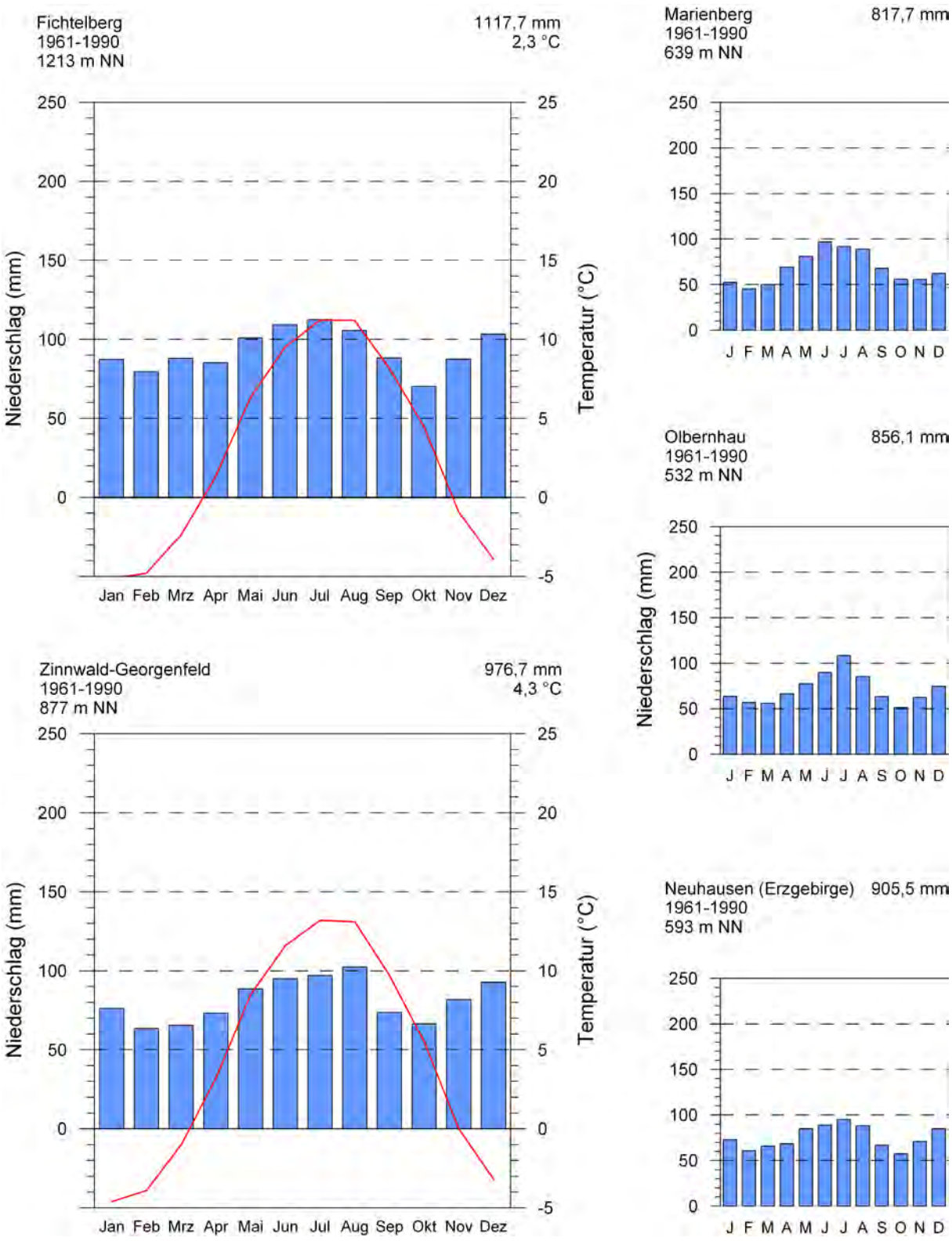


Abb. 4-1: Klimadiagramme von Fichtelberg und Zinnwald-Georgenfeld sowie mittlere monatliche Niederschläge für Marienberg, Olbernhau und Neuhausen. Aus: Reinhardt (2010), Datenquelle: DWD, Periode 1961-1990.

Für die Chomutovka ist die Leelage südlich des Hauptkamms des Erzgebirges entscheidend, da sie vergleichsweise niedrige Niederschläge im Untersuchungsgebiet bedingt. Ebenso wie für die Obere Flöha ist auch hier der orographische Anstieg der jährlichen Niederschlagssummen typisch für die Niederschlagsverteilung. Das sommerliche Niederschlagsmaximum ist dabei hauptsächlich an konvektive Ereignisse geknüpft, während für die Herbst- und Wintermonate ebenso für das Frühjahr v.a. advektive Niederschläge charakteristisch sind.

4.2.4 Hydrographie

Das Projektgebiet der Oberen Flöha beginnt mit dem Hauptvorfluter Flöha im Unterwasser der Talsperre Rauschenbach. Bis zur Ortslage Olbernhau hat die Obere Flöha einen südwestlichen Verlauf, der kurz unterhalb von Olbernhau in nordwestliche Richtung abknickt (Karten 2 und 4 im Anhang).

Mit den linksseitigen Zuflüssen Rauschenfluss (7,2 km²), Frauenbach (6,7 km²), Schweinitz (61,8 km²), Natzschung (85,0 km²) und Dörfelbach (4,0 km²) sowie den rechtsseitigen Teilgebieten Cämmerswalder Dorfbach (11,1 km²), Mortelbach (13,3 km²) und Bärenbach (4,9 km²) entwässert die Obere Flöha auf einer Lauflänge von rd. 17 km bis zum Pegel Olbernhau 2 ein Gebiet von 228 km² (*Maßnahmengebiet*). Da der genannte Pegel erst seit 2005 Durchflusswerte aufzeichnet, wurde das Untersuchungsgebiet bis zum Pegel Pockau 1 erweitert. Somit vergrößerte sich das betrachtete Einzugsgebiet der Oberen Flöha auf 315 km² (*Modellierungsgebiet*). Vom Auslass der Talsperre Rauschenbach bis zum Pegel Pockau 1 legt die Obere Flöha eine Fließlänge von 27,7 km zurück und hat ein mittleres Gefälle von 0,6 %. Der mittlere Durchfluss (MQ) beträgt 5,91 m^3/s (LfULG 2010) bei einer mittleren Abflussspende von 15 $l\ s^{-1}\ km^{-2}$. Im Jahresverlauf zeigt die Abflussganglinie der Flöha am Pegel Pockau 1 ein Abflussmaximum in den Monaten März und April. Das MQ in diesen Monaten liegt für die Pegelzeitreihe 1921 – 2005 in einer Größenordnung von rd. 9 – 11 m^3/s und resultiert aus der winterlichen Schneeschmelze (Abb. 4-2). Die Abflussvariabilität des Untersuchungsgebietes zeigt am Pegel Pockau 1 eine große Spannweite auf. Diese kann anschaulich skiziert werden anhand des Minimums des Abflusses (NNQ) vom November 1953 mit 0,120 m^3/s und dem Maximum (HHQ) vom August 2002 mit 315 m^3/s. Deutlich niedriger als das HHQ liegt mit 254 m^3/s das statistische HQ_{100} für den Pegel Pockau 1.

Die Chomutovka entwässert auf einer Lauflänge von 11,7 km eine Fläche von 44,5 km². Ihre mittlere Abflussspende (Mq) beträgt 12,79 $l\ s^{-1}\ km^{-2}$ bei einer Abflusshöhe von 403,2 mm. Am Gebietsauslass des Modellierungsgebietes Profil III. Mlýn (14,5 km²) beträgt der mittlere Durchfluss 0,558 m^3/s. Zu Beginn des hydrologischen Jahres im November werden die minimalen Durchflüsse gemessen. In extremen Jahren können einige Zuflüsse zur Chomutovka sogar völlig trockenfallen. Während der zweiten Hälfte des Winters wird ein weiteres Abflussminimum erreicht, welches aus einer kontinuierlichen Schneeakkumulation resultiert. Im Vergleich zu den anderen Untersuchungsgebieten fallen die Abflusswerte für Hochwasserereignisse an der Oberen Chomutovka geringer aus. Ursache hierfür sind die geringeren Niederschläge sowie die an den beiden Haupttributären Křímovsky potok und Kamenička in den 1950-iger Jahren bzw. zum Ende des 19. Jahrhunderts in Betrieb genommenen Talsperren, die auch eine Hochwasserschutzfunktion innehaben. Ihr Hauptzweck ist jedoch die Trinkwasserversorgung der umliegenden Gemeinden. Auf das Abflussgeschehen im Modellierungsgebiet haben die beiden Talsperren keinen Einfluss. Dieses hat eine Gesamtfläche von 14,5 km² und erstreckt sich im Oberlauf der Chomutovka bis zum Pegel am Abschlussprofil Tišina.

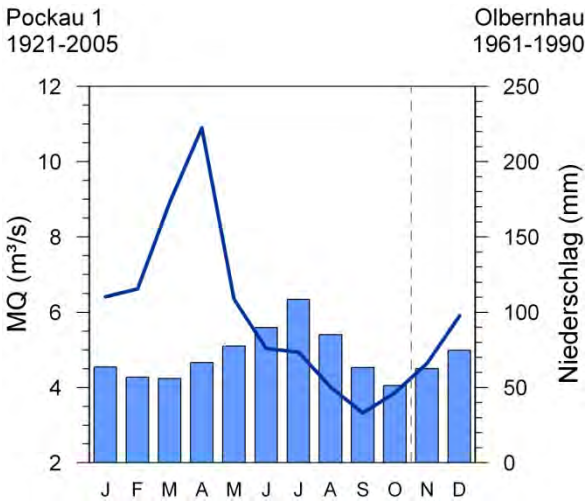


Abb. 4-2: Jahresgang des Abflusses am Pegel Pockau 1 (langjährige Monatsmittel). Aus: Reinhardt (2010).

4.2.5 Landnutzung

Die Ausbildung eines Mosaiks aus Pflanzengesellschaften ohne den Einfluss des Menschen wird als potentielle natürliche Vegetation bezeichnet (Frey & Lösch 1998). Sie gliedert sich im Untersuchungsgebiet in vier von der Höhe abhängige Klassen (Schmidt et al. 2003). Bis in Höhen von 550 m würden ausgedehnte Laubmischwälder v.a. aus Eichen (*Quercus robur, Quercus petraea*) und Buchen (*Fagus sylvatica*) vorkommen. Verschiedene Arten der Hainsimse (*Luzula spec.*) bilden hier die Krautschicht. In Höhen zwischen 550 und 750 m dominiert ein montaner bodensaurer Buchen(misch)wald mit Buchen, Fichten (*Picea abies*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Weißtannen (*Abies alba*) in der Baumschicht. Ebenso wie in den Laubmischwäldern ist hier die Hainsimse ein typischer Vertreter in der Krautschicht. Zwischen 750 und 850 m etabliert sich ein Wollreitgras-Fichten-Buchenwald. Hier sind Fichte und Buche die Hauptbaumarten, wobei die Buche auf Grund der klimatischen Verhältnisse hauptsächlich in den unteren Bestandesschichten dieser Wälder vorherrscht, während die Fichte die erste Baumschicht bildet. Typisch für die Krautschicht dieser Wälder sind Bestände von *Calamagrostis villosa* (Wolliges Reitgras). Oberhalb von 850 m gehen diese Wälder in den Wollreitgras-Fichtenwald über. Hier erreicht die Fichte hohe Deckungsgrade und die Buche verschwindet aus der Baumschicht. Neben der Fichte sind die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und verschiedene Birkenarten (*Betulus spec.*) vor allem in der Strauchschicht vertreten. Auch hier ist *Calamagrostis villosa* ein typischer Vertreter der Krautschicht (Schmidt et al. 2003).

Abbildung 4-3 und Karte 5 im Anhang veranschaulichen die tatsächliche Verteilung der einzelnen Landnutzungstypen im Einzugsgebiet der Oberen Flöha. Insgesamt unterliegen 67 % der Fläche einer forstwirtschaftlichen Nutzung. Auf 28,3 % der Flächen finden sich dabei Nadelwälder (hauptsächlich Fichtenmonokulturen), die sich vor allem auf den nördlichen bzw. nordwestlichen Teil des Gebiets konzentrieren. Insbesondere auf tschechischer Seite sind Wald-Strauch-Übergangsstadien ausgebildet, die mit 24,6 % den zweitgrößten Anteil der Landnutzung bilden. Diese v.a. durch Rauchgasschäden (SiO_2-Emission) in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwaldeten Flächen werden z.T. sukzessive mit Fichten wieder aufgeforstet. Daneben stocken auf diesen Flächen Lärchenwälder (*Larix spec.*), in den Kammlagen finden sich zudem noch kleine Birken-Ebereschen-Wäldchen. 29,7 % der Fläche unterliegen einer landwirtschaftlichen Nutzung, wobei 21,6 % (ca. drei Viertel der gesamten landwirtschaftlichen Flächen) ackerbaulich bewirtschaftet werden. Dabei konzentriert sich diese Nutzungsform v.a. im nordöstlichen Teil des Einzugsgebietes um die Gemeinden Seiffen, Neuhausen und Cämmerswalde. Der übrige Teil der landwirtschaftlichen Nutzflächen entfällt auf Wiesen und Weiden (8,1 % der Gesamtfläche).

Im Einzugsgebiet der Oberen Chomutovka steht mit 62,5 % Flächenanteil die forstwirtschaftliche Nutzung im Vordergrund (Karte 9 im Anhang). Auf 14,9 % der Flächen stocken Mischwälder, die sich v.a. im zentralen und östlichen Teil befinden. Wald-Strauch-Übergangsstadien nehmen rd. 38 % der Fläche ein und verteilen sich über das gesamte Gebiet. Nadelwälder

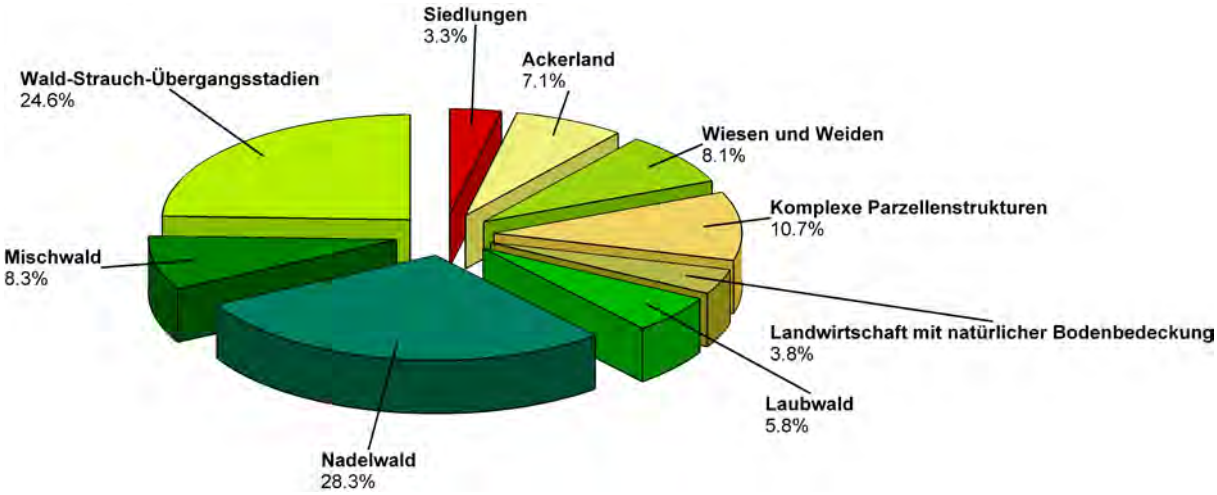


Abb. 4-3: Landnutzungsverteilung im Einzugsgebiet der Oberen Flöha (Maßnahmengebiet - bis zum Pegel Olbernhau 2).

sind nur lokal vertreten und haben mit 9,5% nur einen geringen Anteil an der forstwirtschaftlich genutzten Fläche. Entlang des Erzgebirgskamms erstrecken sich ausgedehnte Torfmoore, sie nehmen einen bemerkenswert hohen Flächenanteil von über 25% ein. Die landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet sind von nur untergeordneter Bedeutung und unterliegen vor allem einer dauerhaften Grünlandnutzung. Diese Flächen konzentrieren sich vor allem im südlichen Teil des Einzugsgebietes und weisen einen Flächenanteil von 11,6 % auf.

4.3 Kulturräumliche Ausstattung

Isolde Roch

4.3.1 Siedlungsstruktur

Wie im gesamten Erzgebirge erfolgte die Erschließung und die damit verbundene Besiedlung des Untersuchungsgebiets im 12. und 13. Jahrhundert im Rahmen der deutschen Ostsiedlung. Einer der Hauptgründe für die zügige Besiedlung des Erzgebirges und seines Vorlandes waren die Entdeckung, Erschließung und Ausbeutung der vorhandenen magmatischen Eisen-, Blei-, Kupfer- und Zinnerzlagerstätten, sowie die Existenz zahlreicher Silberadern. Das sächsische Erzgebirge zählt seit dem Mittelalter zu den klassischen Erzbergbauregionen in Europa und begründete den Reichtum Sachsens, sichtbar in den Silberstädten einschließlich der Residenzstadt Dresden (Roch 2011) und der Wirtschaftskraft mit Investitionen in die Forschung. Die Industrialisierung nach dem Bergbau sorgte für eine Siedlungsdichte im Erzgebirge, die für deutsche und europäische Mittelgebirgslagen ungewöhnlich hoch ist. Sie betrug am 31.12.1990 230 EW/km² [1] und liegt gegenwärtig durch anhaltende Schrumpfungsprozesse im Erzgebirgskreis 2008 bei 208 EW/km² (Statistisches Landesamt Sachsen).

Die deutschen Siedlungen sind Waldhufendörfer, die teilweise überdimensionierte Ortslängen erreichen. Bedingt durch die Topographie entwickelten sich die Siedlungen vorrangig in Tallagen und auf den Hochflächen. Aufgrund des Platzmangels in den Tälern sind Ortskerne nicht besonders ausgeprägt. Städtische, verstädterte und ländliche Siedlungsbereiche gehen fließend ineinander über (vgl. IÖR 1993). Die relativ starke und frühzeitige Industrialisierung der Siedlungen ist auch Ursache für die Entwicklung großer Siedlungen. Speziell im Mittleren Erzgebirge, in welches das Untersuchungsgebiet einzugliedern ist, herrschen Industriesiedlungen mit ausgeprägten Verflechtungen zur Agglomeration Chemnitz-Zwickau vor. Als Bänder aus überprägten Waldhufendörfern mit großstädtischen Kernen heben sich die Siedlungen im Erzgebirge von anderen Siedlungsformen ab. Die Industriedörfer erreichten nicht selten Größen von 3.000 Einwohnern (vgl. IÖR 1993).

Die Besonderheit der Siedlungsstruktur im Erzgebirge hat die Ausbildung von klassischen Siedlungshierarchien verhindert. Vielmehr entwickelte sich eine Siedlungsstruktur, die ihre Wirksamkeit durch Funktionsteilung erreicht. Einzugsbereiche für zentrale Orte unterhalb der Mittelzentren sind in diesem Gebiet schwer abzugrenzen, da die Bevölkerung des näheren Umlandes Versorgungen in mehreren erreichbaren Städten in Anspruch nehmen kann. Im Untersuchungsgebiet ist mit der Stadt Olbernhau ein Unterzentrum vorhanden, dessen ehemaliges Einzugs- und Verflechtungsgebiet das tschechische Untersuchungsgebiet einbezieht. Nächstgelegene Mittelzentren sind Freiberg und Marienberg (vgl. IÖR 1993), auf tschechischer Seite Litvinov und Chomutov.

4.3.2 Demographie

Wie andere periphere Gebiete ist das Zentrale Erzgebirge durch rückläufige Bevölkerungszahlen gekennzeichnet. Vor allem junge, gut ausgebildete Einwohner wandern in Ballungszentren und hinterlassen eine überalterte Bevölkerung. Diese Entwicklung lässt sich im Erzgebirge seit 50 Jahren diagnostizieren (vgl. IÖR 1993), erreichte aber mit dem Strukturbruch in Ostdeutschland seinen Höhepunkt (vgl. Abb. 4-4). Trotzdem sind die Zahlen für das Untersuchungsgebiet (ehemals Landkreise Mittleres Erzgebirge und Freiberg), die als Grenzräume gelten, nach dem Strukturbruch im Vergleich zum sächsischen Durchschnitt moderat negativ. Beispielsweise sank die Einwohnerzahl des ehemaligen Landkreises Mittleres Erzgebirge in den Jahren zwischen 1990 und 2006 von ca. 102.000 auf ca. 88.000 Einwohner. Damit liegt der

1 Freistaat Sachsen 260 EW/km2 (Statistisches Jahrbuch)

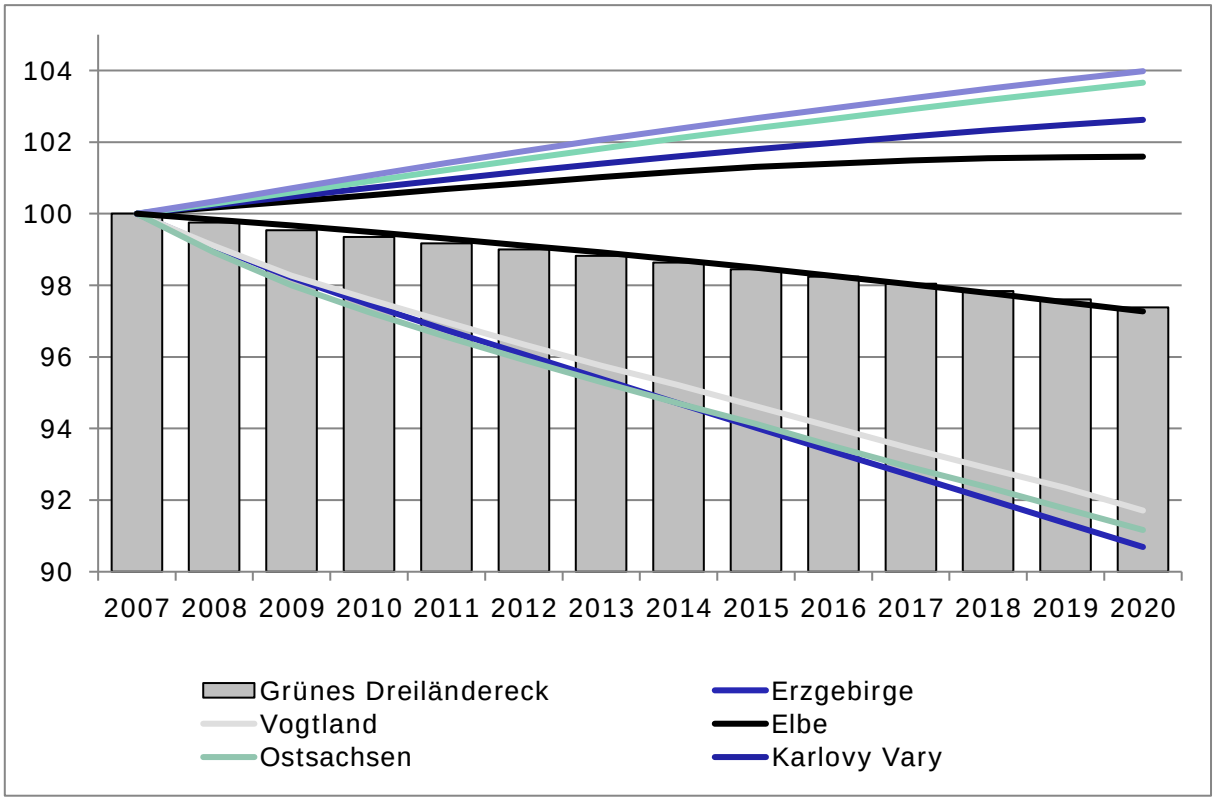


Abb. 4-4: Bevölkerungsentwicklung bis 2020 im deutsch-polnisch-tschechischen Dreiländereck. Quelle: Statistische Ämter der Länder Polen und Tschechien, Statistisches Landesamt Sachsen, Bevölkerungsvorausberechnungen, Stichtag 31.12.2005 Variante 1, Darstellung: Banse IÖR.

Bevölkerungsverlust (14 %) leicht über dem sächsischen Durchschnitt von etwa 12 % im entsprechenden Zeitraum. Auch der ehemalige Landkreis Freiberg verzeichnet einen Verlust von 12 %. Hinsichtlich des Durchschnittsalters liegen beide ehemalige Landkreise mit 45,6 Jahren im Jahr 2007 geringfügig über dem Landesdurchschnitt von 45,4 Jahren (Daten vom Statistischen Landesamt Sachsen). Mit Blick auf die Bevölkerungsprognose 2020 (Abb. 4-4) muss sich das Untersuchungsgebiet mit der Alterung der Bevölkerung auseinander setzen und die soziale Infrastruktur wie die Kommunikationsbedingungen anpassen.

Besonders stark von Bevölkerungsrückgang betroffen sind die Gemeinden an der Schweinitz. Deutschneudorf weist beispielsweise bereits im Zeitraum von 1971 bis 1991 einen Bevölkerungsverlust von über 25 % auf (vgl. IÖR 1993). Zwischen 1991 und 2006 ist ein weiterer Verlust von 22 % zu verzeichnen (Statistisches Landesamt Sachsen).

Auf böhmischer Seite sind im Vergleich zu Sachsen neben geringfügigeren Bevölkerungsverlusten lokale Bevölkerungszunahmen zu konstatieren (vgl. Banse & Jeřábek 2007 sowie Ergebnisse der Experteninterviews). Grund hierfür sind vor allem Umwandlungen von periodischen Wohnformen (Wochenend- und Ferienanwesen) in dauerhafte Wohnformen in Beziehung zu einem wirtschaftlichen Aufschwung nach dem EU-Beitritt Tschechiens 2002. Damit einhergehende gestiegene Bedürfnisse hinsichtlich sozialer und kultureller Belange könnten durch eine engere Zusammenarbeit mit sächsischen Kommunen gelöst werden. Das Durchschnittsalter ist auf böhmischer Seite ebenfalls günstiger. Während im gesamten deutschen Erzgebirge der Anteil von unter 20-Jährigen bei ca. 17 % im Jahr 2005 liegt, beträgt er im gleichen Jahr im Bezirk Usti ca. 23 % (vgl. Banse & Jeřábek 2007).

5. Potentiale für dezentrale Rückhaltemaßnahmen

5.1 Potentiale für dezentrale Maßnahmen entlang der Fließgewässer des Einzugsgebiets der Oberen Flöha

Jens Bölscher, Christian Reinhardt-Imjela, Karolin Ortelbach, Jens Hürdler

5.1.1 Natzschung

Die Natzschung mit ihrer Quelle im südwestlichen Bereich des Gebietes wird über den Steinbach im Norden, Telcsky potok im Südosten, Bily potok im Süden und den Rübenauer Bach im Westen gespeist. Vor dem Hintergrund einer sehr heterogenen Einzugsgebietsmorphologie und der damit verbundenen stark differenzierten Reliefdynamik wurden sämtliche Tributäre im Einzugsgebiet der Natzschung bis zum Pegel Rothenthal auf verfügbare dezentrale Speicher untersucht. Auf Basis der GIS-gestützten Interpretation topographischer Kartenwerke und einer sich anschließenden Feldkampagne zeigte die abschließende Analyse, dass an mindestens 19 Lokalitäten Potentiale vorhanden sind, die für die weitere Szenariorechnung berücksichtigt wurden (Tab. 5-1, Karte 12). Abbildung 5-1 zeigt einige dieser potentiellen Standorte. Darüber hinaus existieren noch eine größere Anzahl zusätzlicher Lokalitäten, die im Rahmen des Projektes jedoch nicht näher betrachtet werden konnten. Bedingt durch die heterogene Topographie und Morphologie des Gebietes verorten sich die Maßnahmen überwiegend in den Arealen mit einer niedrigeren Reliefenergie, also im südlichen Teil des Einzugsgebietes und liegen damit fast ausschließlich auf dem Staatsgebiet der Tschechischen Republik. Diese Standorte wurden geodätisch aufgenommen und Einzugsgebietsfläche, überstaute Fläche, Stauvolumen und Stauhöhe berechnet. Die Ausgangssituation der Speicher lässt sich in 3 Kategorien unterteilen, die kombiniert werden können:

a) Speicher unter Nutzung vorhandener Strukturen (wie Straßendämme, Absperrbauwerke)
b) Teiche, die aktuell genutzt werden, die jedoch in modifizierter Form zusätzliches Stauvolumen besitzen würden
c) Speicher unter Nutzung einer morphologisch günstigen Situation

Insgesamt können an 14 von 19 potentiellen Standorten schon vorhandene natürliche oder künstliche Speicherstrukturen genutzt werden (B01-B03, B05-B11, B15-18). Mit Ausnahme der Standorte B01-B03 und B17 werden alle anderen Speicher als Trockenbecken ohne Dauerstauraum im Sinne der DIN19700-12 betrachtet. Die Kapazität aller 19 Standorte umfasst ein Gesamtspeichervolumen von 526 Tm³. Das Speichervolumen orientiert sich jeweils an den örtlichen Gegebenheiten. Die Speichergrößen der Maßnahmen variieren insgesamt zwischen 10 und 65 Tm³. Der Flächenverbrauch liegt unter Einbeziehung schon vorhandener Strukturen bei 33ha. Die einzelnen Standorte benötigen im Mittel eine Fläche von 17 Tm². Die mittlere Dammlänge beträgt inkl. schon vorhandener Bauwerke 134 Meter. Die Retentionsbecken wurden für die Szenariorechnungen mit festen grundständigen Drosseln versehen, deren jeweilige Durchmesser für ein HQ100 optimiert wurden. Die Drosselkurven wurden von Jamitzky (2006) berechnet. Die Drosselöffnungen weisen je nach Stauvolumen und Abflussspitze eine Spanne von DN300 bis DN1700 auf. Die in Tabelle 5-1 angegebenen potentiellen Stauhöhen und Volumina geben das maximale Stauziel an. Bei Überschreitung der maximalen Einstauhöhe, welche zwischen 1,5 und 4,5 Metern liegt, wird in der Modellsimulation das Wasser geregelt abgeführt. Einige Anlagen verfügen über Hochwasserentlastungsanlagen, die jedoch hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit gesondert überprüft werden müssen.

Die Speicher liegen einerseits direkt oberhalb von Ortslagen wie Kalek, Načetin und Rübenau und können damit auch eine lokale Schutzfunktion übernehmen. Es existieren weiterhin auch Situationen wie am Telčský potok oder bspw. am Steinbach, wo sich die Schutzwirkung ausschließlich auf die Ortslage Rothenthal im Unterlauf der Natzschung bzw. auf die Stadt Olbernhau bezieht (vgl. Kapitel 5.1.2). Primäres Schutzziel sind die Ortschaften Rothenthal und Olbernhau, sekundäres Schutzziel die Bebauungen in den vier Ortslagen Rübenau, Einsiedel-Sensenhammer, Kalek und Načetin. Die in Tabelle 5-2 aufgelisteten Schutzziele und die Lage am Gewässer sind in Tabelle 5-1 den entsprechenden Speichern zugeordnet.

Tab. 5-1: Potentielle Standorte für kleine HRB im Einzugsgebiet der Natzschung. Rechts- und Hochwerte beziehen sich auf die Gauß-Krüger-Abbildung im 4. Meridianstreifen. Die angegebenen Schuttziele sind in Tab. 5-2 aufgeschlüsselt. *) Wasserstand über Basisfüllung

Nr.	Standort	Rechts-/ Hochwert	Gewässer	überstaute Fläche [m²]	Schutzziele	pot. Stauhöhe [m]	Stauvolumen [m³]
B01	Telčský p. Teich 1	4595982 5606285	Telčský potok	35201	1/2	1,5*	50576 Basisfüllung: 111 Tm³
B02	Telčský p. Teich 2	4599208 5606937	Telčský potok	25157	1/2	1,5*	32174 Basisfüllung: 82 Tm³
B03	Telčský p. Teich 3	4599329 5605910	Telčský potok	12868	1/2	3,0*	23500 Basisfüllung: 28 Tm³
B04	Telčský p. 1	4596447 5607920	Telčský potok	7495	1/2	4,5	14135
B05	Telčský p. 2	4598322 5606268	Telčský potok	31236	1/2	4,5	56298
B06	Steinbach 1	4591650 5610329	Großer Steinbach	7682	1/2	3,5	12462
B07	Steinbach 2	4592168 5610251	Großer Steinbach	14037	1/2	3,5	22787
B08	Rübenauer Bach 1	4591999 5607660	Rübenauer Bach	14533	1/2/3	4,5	26500
B09	Rübenauer Bach 2	4591823 5607484	Rübenauer Bach	14980	1/2/3	3,6	17608
B10	Rübenauer Bach 3	4590996 5607585	Rübenauer Bach	20243	1/2/3	3,5	22982
B11	Lužnice 1	4594897 5605123	Lužnice	5451	1/2/4/5	4,5	10721
B12	Jindřichova 1	4593330 5605477	Jindřichova	7100	1/2/4	3,1	10800
B13	Bílý p. 1	4593742 5605434	Bílý potok	27888	1/2/4	4,5	45992
B14	Bílý p. 2	4594437 5604301	Bílý potok	25447	1/2/4	4,5	65896
B15	Natzschung 1	4593738 5605955	Natzschung	16000	1/2/4	4,1	17011
B16	Natzschung 2	4592895 5605709	Natzschung	17701	1/2/4	4,2	34110
B17	Natzschung 3	4590264 5604548	Natzschung	12295	1/2/4/6	2,2	14103
B18	Natzschung 4	4590638 5604294	Natzschung	15000	1/2/4/6	3,65	24300
B19	Natzschung 5	4590296 5603833	Natzschung	16005	1/2/4/6	4,3	24462

Um für alle Schutzziele das maximale Schutzpotential für ein HQ100 (Bezugspegel Rothenthal) erreichen zu können, wird ein Maximalszenario angenommen. Darin kommen alle 19 Speicherstandorte zum Einsatz.

Die Wirkung der Speicher wird an den für die jeweiligen Ortslagen neuralgischen Punkten bestimmt und nicht zwingend direkt unterhalb der Speicher. Die Wirkungsweise der Speicher wird über die relative Auslastung und das Verhältnis zwischen Stauvolumen und Fläche wiedergegeben. Gemessen an der Summe der Teileinzugsgebietsgrößen oberhalb der verfügbaren Speicher, welche bei 54 km² liegt, beträgt das mittlere spezifische Gesamtvolumen aller 19 Maßnahmen rund 10 mm. Betrachtet man die Speicher separat, dann bewegen sich die lokalen spezifischen Gesamtvolumina zwischen 1 und max. 127 mm bei einem Median von 7 mm und einem Mittelwert von 14 mm (Standardabweichung 28 mm). Lässt man den Extremwert von 127 mm außer Acht, dann würden die Werte zwischen 1 und 19 mm rangieren und ließen sich durch einen Median von 6,7 mm und einen Mittelwert von 8 mm (Std 5,3 mm) beschreiben. Bezieht man das vorhandene Speichervolumen auf den

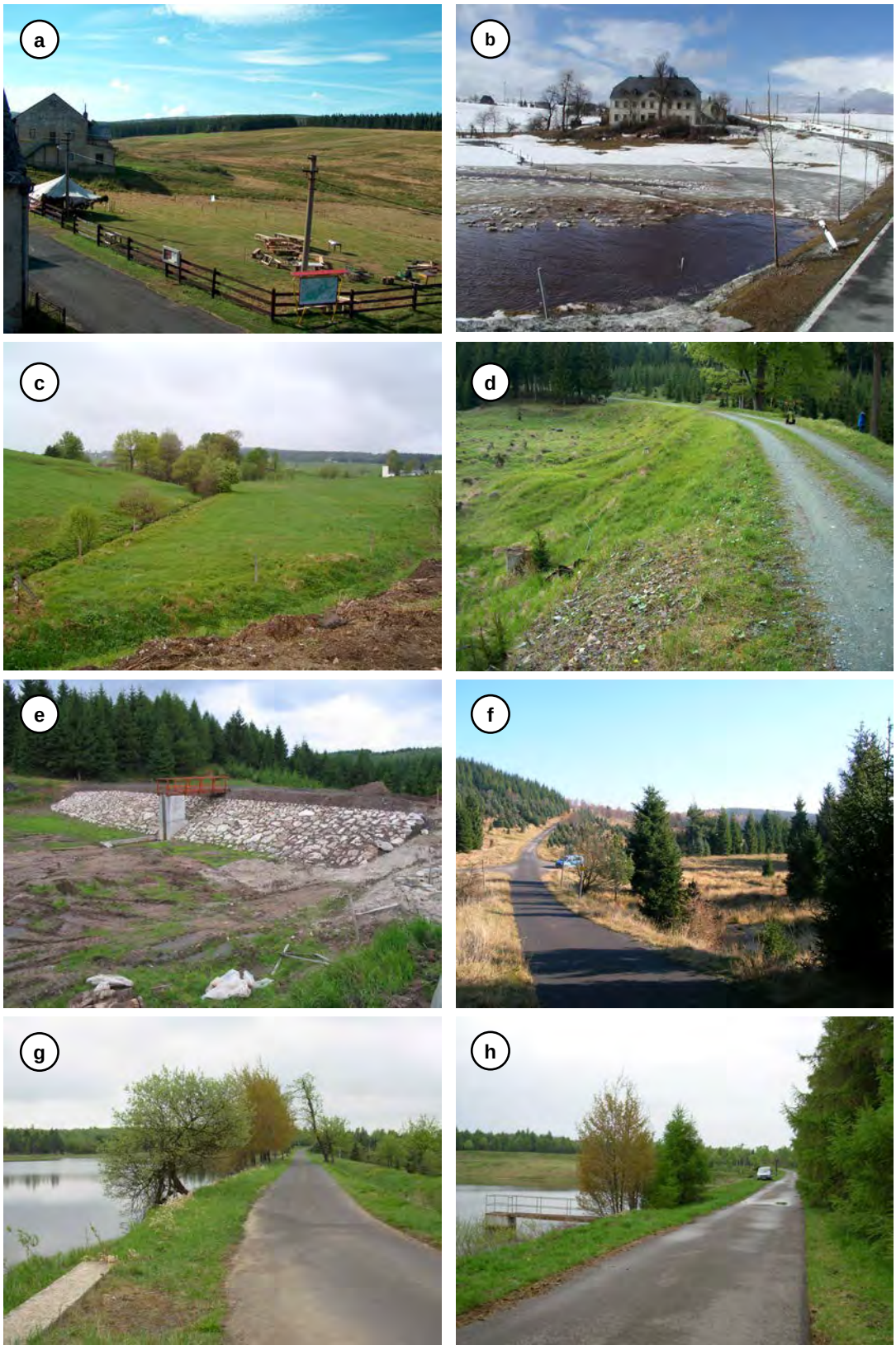


Abb. 5-1: Beispiele für potentielle Standorte dezentraler Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Natzschung: a.) Bilý potok (B13); b.) Natzschung (B15); c.) Rübenauer Bach (B08); d.) Großer Steinbach (B06); e.) Telčský potok (B03); f.) Telčský potok (B05); g.) Telčský potok (B02), h.) Telčský potok (B01). Quellen: a, b, d- f: J. Bölscher; c: M. Pfaff & B. Sendlewski; g, h: R. Schatten.

Tab 5-2: Primäre und sekundäre Schutzziele		
Name der Ortslage	**Lage am Gewässer**	**Schutzziel**
1. Olbernhau	Flöha	Primär
2. Rothenthal	Natzschung Unterlauf	Primär
3. Rübenau	Rübenauer Bach	Sekundär
4. Kalek (Natzschung-Brücke)/ Einsiedel-Sensenhammer	Natzschung Mittellauf	Sekundär
5. Kalek	Lužnice	Sekundär
6. Načetin	Natzschung Oberlauf	Sekundär

Pegel Rothenthal, so ergibt sich bei einer Einzugsgebietsfläche von 75 km² ein mittleres spezifisches Speichervolumen von 7 mm.

5.1.2 Schweinitz und Obere Flöha

5.1.2.1 Hochwasserrückhaltebecken

Für die Einzugsgebiete von Schweinitz und Oberer Flöha ist zunächst festzuhalten, dass die Standortpotentiale für kleine Hochwasserrückhaltebecken aufgrund der örtlichen Gegebenheiten deutlich geringer ausfallen, als im Einzugsgebiet der Natzschung. Die Hochflächen sind hier etwas stärker zertalt, während das Fließgewässernetz v.a. im nördlichen und zentralen Teil des Flöhagebietes weniger stark ausgeprägt ist. Infolge dessen finden sich auch deutlich weniger Standorte, die für die Errichtung von Speichern geeignet sind. Insgesamt werden im Gelände 18 mögliche Standorte identifiziert und tachymetrisch vermessen, wobei Standorte, die bereits im HWSK 22 (LTV 2004) enthalten sind, nicht berücksichtigt wurden. Tabelle 5-3 enthält eine Übersicht über die einzelnen Standorte.

Die Berechnung des Speichervolumens erfolgt in Abhängigkeit von der möglichen Stauhöhe und unter Berücksichtigung eines wasserseitigen Böschungsverhältnisses von 1:3. Lokationen mit einem Volumen von weniger als 10.000 m³, darunter „Fischteich Brettmühlenbach“, „Fischermühle 2“ sowie „Frauenbach“ werden aufgrund der zu erwartenden geringen Wirkung bereits im Vorfeld verworfen. Der Standort „Deutscheinsiedel 3“ ist als Alternativstandort für die Becken an den Schweinitz-Quellflüssen (Deutscheinsiedel 1 und 2) zu sehen, wobei das hier zur Verfügung stehende Volumen deutlich niedriger ist, als die Summe der beiden Einzellokationen. Gleiches gilt für die beiden Standorte bei Deutschkatharinenberg, bei denen die Auswahl zu Gunsten des Areals mit dem größeren Volumen ausgefallen ist.

Nach der Vorauswahl verbleiben 13 Standorte, die als geeignet eingestuft wurden und für die Modellierung berücksichtigt werden können (Karte 12; Beispielstandorte siehe Abb. 5-2). Das Gesamtvolumen dieser 13 potentiellen HRB liegt bei rund 360.400 m³, woraus sich, bezogen auf das Gesamtgebiet zwischen dem Pegel Olbernhau 2 und der Talsperre Rauschenbach, ein spezifisches Volumen von 1,6 mm ergibt.

Für die Abflussdrosselung werden fest installierte Rohrdrosseln angenommen, deren Durchmesser mit Hilfe der N-A-Modellierung festgelegt und auf das simulierte HQ100 optimiert werden. Ebenso wie an der Natzschung werden dabei die von Jamitzky (2006) für verschiedene Durchmesser und kantige bzw. gerundete Einlässe/Rechen mit entsprechenden Verlustbeiwerten berechneten Drosselkurven verwendet. Die ermittelten Durchmesser liegen zwischen DN500 und DN1800.

Die Speicheranlagen werden grundsätzlich als Trockenbecken ohne Dauerstauraum im Sinne der DIN19700-12 betrachtet. Bestehende Damm- oder vergleichbare Bauwerke finden sich an den Standorten „Fischteich Brettmühlenbach“, „Oberseiffenbach 1“ (A13) sowie „Schwimmbad Seiffen“ (A07). Offen bleibt dabei jedoch, inwiefern die Bauwerke die Anforderungen der DIN19700-12 für Hochwasserrückhaltebecken hinsichtlich Standsicherheit und Dichtigkeit erfüllen. Dies gilt insbesondere für das Absperrbauwerk am Standort „Oberseiffenbach 1“, welches dicht mit Gehölzen bestanden ist. Darüber hinaus verfügt keine der Anlagen über eine hinreichend dimensionierte Hochwasserentlastungsanlage. Im Hinblick auf Aufwand und Kosten kommt ein entsprechender Umbau in der Regel einem Neubau gleich (DWA 2006). Um einen größtmöglichen Nutzen dieser Areale zu gewährleisten, wurden daher

Tab. 5-3: Potentielle Standorte für kleine HRB in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha. Kursiv gedruckte Areale wurden nicht für die Modellierung berücksichtigt. Rechts- und Hochwerte beziehen sich auf die Gauß-Krüger-Abbildung im 4. Meridianstreifen

Nr.	Standort	Rechts-/ Hochwert	Gewässer	überstaute Fläche [m²]	max. Stauhöhe [m]	Stauvolumen [m³]
A01	Cämmerswalde	4605242 5618655	Cämmerswalder Dorfbach	5057	4,1	12000
A02	Rauschenbach	4606444 5618247	Rauschenfluss	8557	4,4	16600
A03	Neuhausen	4603997 5616854	Frauenbach	8284	4,7	15800
A04	Mortelgrund	4601196 5617335	Mortelbach	10505	5	21200
A05	Heidersdorf 1	4600520 5616291	Mortelbach	15198	4,5	28800
A06	Heidersdorf 2	4600413 5615359	Mortelbach	18337	5	48900
A07	ehemaliges Schwimmbad Seiffen	4603822 5613045	Seiffener Bach	15235	5	40100
A08	Deutscheinsiedel 1	4606242 5611814	Schweinitz (linker Quellfluss)	17166	5	23800
A09	Deutscheinsiedel 2	4605942 5612161	Schweinitz (rechter Quellfluss)	29817	4,7	58100
A10	Deutschneudorf	4603869 5608561	Schweinitz	6832	5	16900
A11	Deutschkatharinenberg 1	4602457 5609124	Schweinitz	20847	5	41300
A12	Hora Svaté Kateřiny	4602624 5607934	Kateřinský potok	10838	5	20600
A13	Oberseiffenbach 1 (ehem. Teich)	4602158 5611507	Wildbach	6221	4,6	16300
	Deutscheinsiedel 3	*4605862 5611109*	*Schweinitz*	*22203*	*5*	*34500*
	Deutschkatharinenberg 2	*4602243 5609258*	*Schweinitz*	*12966*	*4,4*	*26900*
	ehem. Fischteich Brettmühlenbach	*4602561 5610810*	*Brettmühlenbach*			
	Frauenbach	*4605096 5615227*	*Frauenbach*	*4357*	*3,9*	*6200*
	Oberseiffenbach 2	*4602078 5611304*	*Wildbach*	*5968*	*3,8*	*8600*

auch nicht die realen Stauhöhen der vorhandenen Bauwerke angesetzt, sondern die anhand der örtlichen Gegebenheiten maximal möglichen. Im Bereich des stark verlandeten Teichs „Oberseiffenbach 1“ bieten sich ferner Ausbaggerungen an, um das vorhandene Stauvolumen weiter zu erhöhen. Das derzeit teilgefüllte Schwimmbad Seiffen wird für die Löschwasserentnahme genutzt, so dass bei der Verwendung als Hochwasserrückhalteraum ein Dauerstau zu berücksichtigen ist.

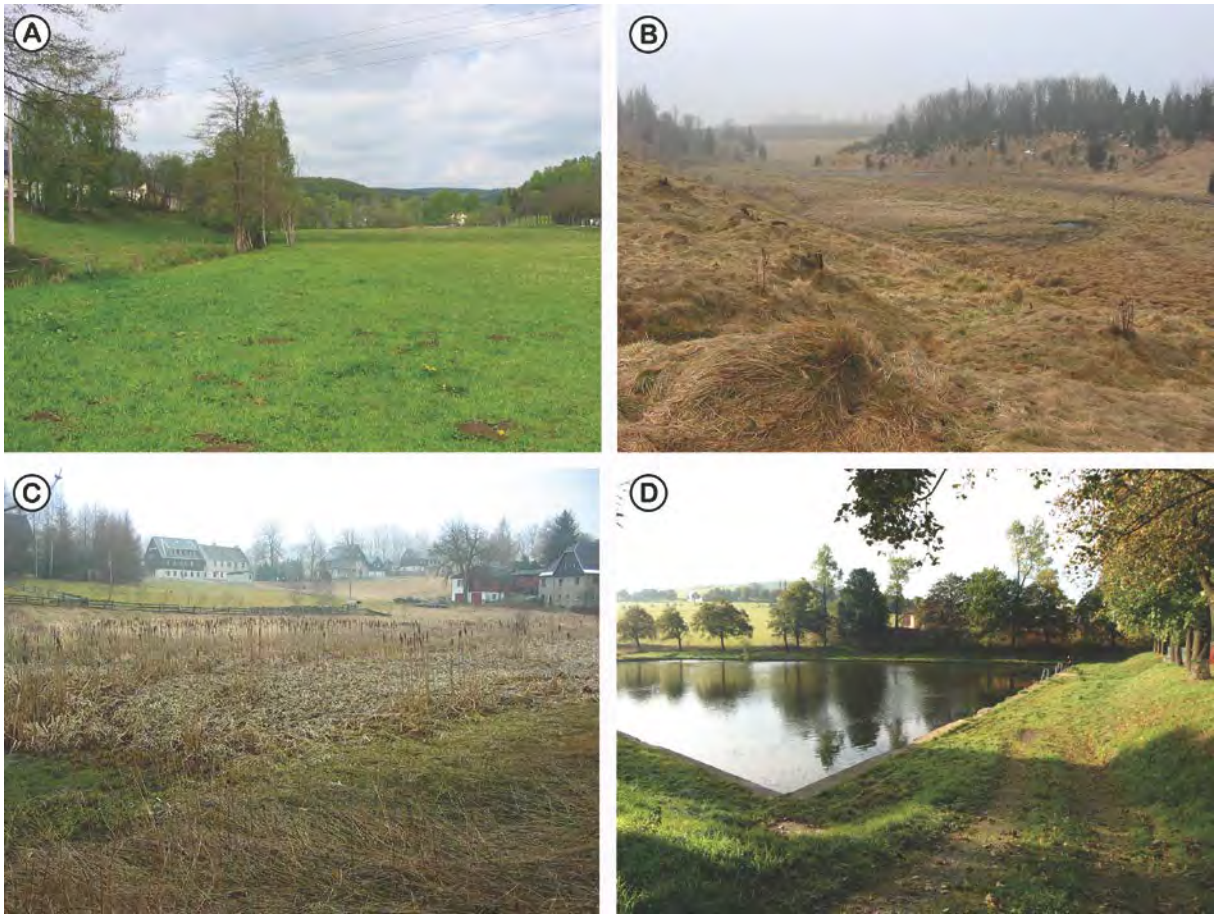


Abb. 5-2: Beispiele für potentielle Standorte dezentraler Hochwasserrückhaltebecken in den Einzugsgebieten von Schweinitz und den kleineren Flöhazuflüssen: A.) Heidersdorf 2 (A06); B.) Deutscheinsiedel 2 (A09); C.) Oberseiffenbach (A13); D.) Schwimmbad Seiffen (A07). Quelle: Reinhardt (2010).

5.1.2.2 Gewässerstrukturmaßnahmen

Die Potentiale für Gewässerrenaturierungs- bzw. -revitalisierungsmaßnahmen, darunter Wiederherstellung des gewundenen Verlaufs sowie die Anlage von Gehölzstreifen entlang der Gewässer wurden auf Basis von Gewässerstrukturgütekartierungen ermittelt, die nach den Vorgaben der LAWA (2000) vorgenommen wurden. Kartiert wurden dabei ausschließlich die Nebengewässer von Schweinitz und Flöha, darunter Cämmerswalder Dorfbach, Mortelbach, Seiffener Bach und Frauenbach (Hürdler 2009), Bärenbach (Sass 2008), Dörfelbach (Voigt 2008) sowie Brettmühlen- und Wildbach (Kossak 2008).

Während Bärenbach, Dörfelbach und Brettmühlenbach aufgrund ihrer naturnahen Gewässerstruktur kaum Möglichkeiten für Renaturierungsmaßnahmen bieten, finden sich am Cämmerswalder Dorfbach, Mortelbach, Seiffener Bach und Frauenbach in geringem Umfang begradigte Gewässerabschnitte, die für eine Wiederherstellung des gewundenen Verlaufs in Betracht gezogen werden können. Einen Überblick über die möglichen Abschnitte gibt Karte 13 im Anhang. Für künstlich begradigte Gewässerabschnitte kann davon ausgegangen werden, dass Fließwegverlängerung um 20 % möglich und realistisch sind. Dieser Wert entspricht der Fließlängendifferenz zwischen dem natürlich gewundenen und dem durch Ausbau und Gerinneverlegung gestrecktem Lauf, wie er sich im Gelände z.B. am Unterlauf des Mortelbachs darstellt. Dazu ist jedoch anzumerken, dass sich die Potentiale für solche Maßnahmen grundsätzlich auf Gewässerabschnitte außerhalb der Siedlungen beschränken, da nur hier ausreichend Raum für die Laufverlängerung vorhanden ist. Gewässerabschnitte

innerhalb der Siedlungen scheiden aufgrund der dichten Bebauung des Gewässervorlands für Laufverlängerungen aus.

Möglichkeiten für die Anlage von Gehölzstreifen oder die Wiederbewaldung von Talsohlen finden sich in unterschiedlichem Umfang nahezu entlang aller Gewässer. Ausnahmen bilden lediglich vollständig bewaldete Täler, wie etwa am Rauschenfluss, Bärenbach oder Dörfelbach. Besondere Retentionspotentiale sind v.a. entlang der Flöha mit ihrem weiten Tal und dem niedrigen Sohlgefälle sowie am Unterlauf von Natzschung und Schweinitz vorhanden. Die Umsetzung ist jedoch v.a. davon abhängig, in welchem Umfang gewässernahe Grundstücke für diese Maßnahmen tatsächlich zur Verfügung stehen. Für die Abschätzung der grundsätzlichen Wirkung der beiden Maßnahmentypen im Modell werden daher Maximalszenarien angenommen (s.a. Kap. 6.3). Gleichzeitig gilt zu bedenken, dass solche Maßnahmen sehr lange Umsetzungszeiträume beanspruchen, so dass sich der volle Effekt nicht sofort, sondern erst im Laufe der Zeit einstellen kann.

5.2 Land- und forstwirtschaftliche Potentiale im Einzugsgebiet der Oberen Flöha

Christian Reinhardt-Imjela & Mike Ramelow

Im Bereich der Landnutzungsänderungen bietet das Rahmenkonzept des dezentralen Hochwasserschutzes unterschiedliche potentielle Maßnahmen, wobei zwischen Nutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen unterschieden werden muss. Der Begriff Nutzungsänderung wird dabei als Wechsel des Nutzungstyps verstanden, etwa die Umwandlung von landwirtschaftlich in forstwirtschaftlich genutzte Flächen. Bei der Bewirtschaftungsänderung bleibt der Hauptnutzungstyp hingegen als solcher erhalten, während sich lediglich die Technik der Flächenbearbeitung ändert. Dazu gehören beispielsweise der Wechsel von der konventionellen zur konservierenden Bodenbearbeitung in der Landwirtschaft oder ein Umbau der forstlichen Reinbestände zu standortgerechten, naturnahen Waldformen.

5.2.1 Landwirtschaft

Etwa ein Drittel der Einzugsgebietsfläche (29,7 %) oberhalb von Olbernhau wird landwirtschaftlich genutzt. Davon entfallen ca. 21,6 % auf ackerbauliche Nutzungsformen und etwa 8 % auf Dauergrünland. Potentiale bestehen dabei v.a. in der Umwandlung von Ackerflächen in Grünland. Mögliche Flächen für Nutzungsänderungen liegen in der Umgebung von Rübenau im Einzugsgebiet der Natzschung, im Nordosten um die Gemeinde Cämmerswalde sowie im Zentrum des Untersuchungsgebiets bei Seiffen. Für die exakte Lokalisierung sind einerseits die Abflussbildungsprozesse und die Fließwege des Oberflächenabflusses, andererseits auch die Schadensspotentiale im Bereich der Siedlungen, wie z.B. in Seiffen (vgl. Kap. 6.3), zu berücksichtigen.

Da konservierende Bodenbearbeitungstechniken Standorte mit speicherfähigen Böden ausreichender Mächtigkeit erfordern (Sieker et al. 2007b), erscheinen Bewirtschaftungsänderungen im Hinblick auf eine hochwassermindernde Wirkung im Untersuchungsgebiet weniger praktikabel, so dass entsprechende Modellszenarien vernachlässigt werden.

5.2.2 Forstwirtschaft

Wald- und waldähnliche Gebiete bedecken zwei Drittel der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets. Potentiale für den flächenhaften Hochwasserrückhalt ergeben sich v.a. im Bereich ehemaliger Waldschadensgebiete (vgl. Dittrich 2006 und Lomský et al. 2002) und Buschbrachen, die unter dem Oberbegriff Wald-Strauch-Übergangsstadien zusammengefasst werden können. Diese Flächen sind einerseits durch Ebereschen-Birken-Gesellschaften und Lärchenbestände gekennzeichnet, andererseits finden sich im tschechischen Teil des Einzugsgebietes Aufpflanzungen mit jungen Fichten. Der Verbreitungsschwerpunkt der Wald-Strauch-Übergangsstadien liegt in höheren Lagen in der Nähe des Erzgebirgskamms und damit in den oberen Einzugsgebieten von Natzschung und Schweinitz. Das besondere Potential besteht dabei in der Möglichkeit, diese noch in der Entwicklung befindlichen Gebiete – sofern nicht ohnehin bereits erfolgt – gezielt mit standortgerechten Bestandestypen

aufzuforsten, die besonders für den Hochwasserrückhalt geeignet sind.

Großflächige Aufforstungen von Ackerflächen oder Grünland sind hingegen durch die intensive Bewirtschaftung nur in sehr begrenztem Umfang möglich. Der für das Untersuchungsgebiet maßgebliche Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge (RPV Chemnitz-Erzgebirge 2008) enthält entsprechend der festgesetzten Planungsziele einer Erhaltung und gezielten Erweiterung der Waldbestände Vorbehaltsflächen für die Waldmehrung. Diese sind als Gebiete definiert, die „…in den Grenzen einer konkretisierenden Ausformung vollständig bewaldet werden sollen“, wobei die für das Einzugsgebiet zwischen Olbernhau und der Talsperre Rauschenbach ausgewiesene Gesamtfläche bei 1,9 km² liegt (Karte 15). Hinzu kommt eine 0,45 km² große Fläche bei Oberseiffenbach, auf der durch die Etablierung kleinerer Waldflächen eine waldreiche, halboffene Landschaft entwickelt werden soll (Typ „Wald-Feld-Wechsel“, RPV Chemnitz-Erzgebirge 2008). Darüber hinaus lässt der Regionalplan auch die Möglichkeit zur Ausweisung weiterer Aufforstungsgebiete zu, sofern die neuen Waldflächen besondere Schutzfunktionen erfüllen können. Da nahezu das gesamte Untersuchungsgebiet als Hochwasserentstehungsgebiet ausgewiesen ist, ergibt sich auch die im SächsWG festgelegte Notwendigkeit zur Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens, so dass zusätzliche Aufforstungsmaßnahmen bei Nachweis der hydrologischen Wirkung in die Planung einbezogen werden müssen.

Darüber hinaus besteht ein Ziel der Forstwirtschaft in Sachsen in einem Umbau der bestehenden Nadelbaumreinbestände zu stabilen Waldökosystemen mit standortgerechten Baumartenzusammensetzungen (LAF 1999, LFP 2005). Unabhängig von den ökologischen Aspekten des Waldumbaus finden sich in der Literatur bislang nur sehr wenig quantitative Aussagen zu dessen Beitrag zum Hochwasserrückhalt (vgl. Kap. 2.1.2). Deshalb bleibt zu prüfen, inwiefern ein potentieller Umbau der Nadelwaldbestände im Untersuchungsgebiet in Mischwälder mit Fichten und Buchen als Hauptbaumarten zur Verbesserung der Retention beitragen kann. Hinzu kommt, dass prinzipiell auch die klimatischen Bedingungen der Gebirgsstandorte als limitierender Faktor für die Umbaupotentiale zu berücksichtigen sind. Oberhalb von 850 m wird ein Baumartenwechsel nicht mehr als sinnvoll erachtet (LAF 1999). Im Einzugsgebiet des Pegels Olbernhau 2 beträgt der Gesamtanteil der Flächen, die oberhalb dieses Grenzwertes liegen (Karte 15), etwa 2,7 % und fällt damit eher gering aus. Zudem treten Nadelwaldbestände dort nur in sehr geringem Umfang auf, d.h. der Anteil der Nadelwälder oberhalb 850 m an der Gesamtfläche liegt unter 1 %.

5.3 Potentiale für dezentrale Maßnahmen im Einzugsgebiet der Oberen Chomutovka

Michal Jeníček

Das Einzugsgebiet der oberen Chomutovka liegt auf der Südabdachung des Erzgebirges. Durch das dort vorherrschende hohe Gefälle finden sich Rückhaltpotentiale hauptsächlich im Quellgebiet, welches den Charakter einer Rumpffläche aufweist (Abb. 5-3). Für das Speichersystem wurden zwei Varianten angenommen. Variante „A“ beinhaltet 3 Speicher mit einer maximalen Dammhöhe von 4 m (Sicherheits-

Tab. 5-4: Basisdaten der potentiellen Speicherstandorte im Einzugsgebiet der Chomutovka

		Volumen [10^3 m^3]	Fläche [ha]	Dammfuß [m ü. M.]	Dammkrone [m ü. M.]	Überlauf [m ü. M.]
Var. A	Chomutovka 1	24,8	1,80	825,5	829,5	829,0
	Chomutovka 2	19,2	1,27	803,5	807,5	807,0
	Chomutovka 3	6,7	0,44	754,0	758,0	757,5
Var. B	Chomutovka 1	50,0	3,36	825,5	830,5	830,0
	Chomutovka 2	34,9	1,88	803,5	808,5	808,0
	Chomutovka 3	11,7	0,56	754,0	759,0	758,5

überfall 3,5 m) und einem Gesamtvolumen von 50.700 m^3. In Variante „B“ wurde die Dammhöhe auf 5 m (Sicherheitsüberfall 4,5 Meter) erhöht, wodurch die Staukapazität auf 96.600 m^3 ansteigt.

Die Speicherstandorte wurden terrestrisch vermessen und ihre Volumina anschließend mit Hilfe der Software ArcGIS bestimmt. Die berechneten Speicherparameter sind in Tabelle 5-4 dargestellt. Mit Hilfe des Niederschlag-Abfluss-Modells wird im Anschluss daran die Wirkung der Kleinspeicher auf die Hochwasserabflüsse geprüft (Kap. 6.7). Optimierung von Anzahl, Durchmesser und Anordnung der Drosseln erfolgt für ein Niederschlagereignis mit Wiederkehrintervall von 100 Jahren. Abbildung 5-4 zeigt ein Beispiel für die mögliche Anordnung der Rohrdrosseln in einem bestehenden Sedimentrückhalt an der Chomutovka.

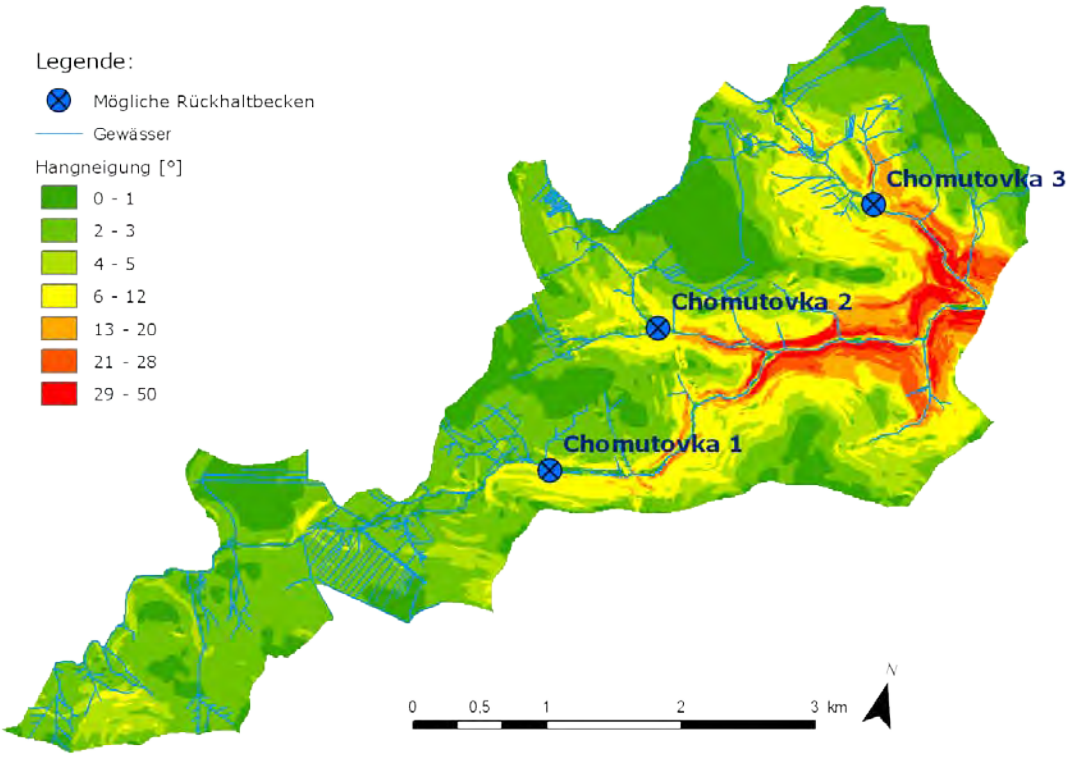


Abb. 5-3: Lage potentieller Standorte für Rückhaltebecken im Einzugsgebiet der Chomutovka.



Abb. 5-4: Anordnung von Drosseln in unterschiedlicher Höhe im Absperrbauwerk eines bereits bestehenden Sedimentspeichers an der Chomutovka.

6. Hydrologische Modellierung

6.1 Potentiell dominierende Abflussprozesse

Christian Reinhardt-Imjela & Christine Schülzke

6.1.1 Methodische Vorgehensweise

Die Abflussbildung im Einzugsgebiet der Oberen Flöha lässt sich anhand unterschiedlicher Ansätze bewerten. Die räumliche Verteilung der potentiell dominierenden Abflussprozesse wurde unabhängig von einem bestimmten Niederschlagsereignis nach Peschke et al. (1999) mit Hilfe des Expertensystems WBS-FLAB ermittelt, welches am IHI Zittau entwickelt und für die großskalige Bestimmung der Abflussprozesse in Sachsen eingesetzt wurde (vgl. Kap. 3.1). Eine Neuberechnung ist jedoch trotz der damit bereits vorhandenen Kenntnisse erforderlich, da flächenhafte Informationen zum tschechischen Teil des Untersuchungsgebiets noch fehlen, anderseits der Maßstab der verfügbaren Karten (z.B. bei Sieker et al. 2007b oder WASY & IHI 2006) keine detaillierte Auswertung für das Einzugsgebiet der Oberen Flöha gestattet.

Das WBS-FLAB ist ein GIS-gestütztes Instrument, welches eine Abschätzung der in einem Einzugsgebiet bzw. auf Teilflächen dominierenden Abflussprozesse aus allgemeinen räumlichen Gebietsinformationen (Hangneigung, Landnutzung, Böden, Gewässer) ermöglicht. Aus den einzelnen Datenebenen werden zunächst Elementarflächen bzw. Hydrotope gebildet, die anschließend einer Aggregation auf Grundlage eines inhaltlichen Regionalisierungsverfahrens unterzogen werden (Peschke et al. 1999). Dabei wird davon ausgegangen, dass Flächen mit ähnlichen Gebietseigenschaften auch ähnliche hydrologische Reaktionen zeigen, wobei die Zuweisung eines Abflussprozesses über vordefinierte Entscheidungsregeln erfolgt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Wirkung der Gebietsgrößen rein deskriptiv oder durch Parameter mit groben Wertebereichen beschrieben wird. Dadurch unterliegen die prozessrelevanten Informationen einer gewissen Unschärfe, so dass sich je nach Informationsdichte unterschiedlich fundierte Aussagen ergeben können (Peschke et al. 1999). Auch die räumliche Auflösung der Eingangsdaten, die je nach Herkunft und Bezugsmaßstab einem Generalisierungsprozess unterliegen, kann die Genauigkeit der Ergebnisse beeinflussen.

Für das Einzugsgebiet der Oberen Flöha werden Eingabedaten aus unterschiedlichen Quellen verwendet. Da es sich um ein grenzübergreifendes Gebiet handelt, liegen die Informationen auf beiden Seiten der Staatsgrenze mit unterschiedlichen räumlichen Auflösungen und abweichenden Informationsgehalt bzw. unterschiedlichen Aggregationsstufen vor. Die Berechnung basiert dabei auf den folgenden Datensätzen:

Relief: Das erforderliche Digitale Höhenmodell wurde aus ATKIS® DGM25 Daten (Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen) sowie Informationen der Digitalen gGeographischen Basisdaten der Tschechischen Republik (ZABAGED, Tschechisches Amt für Vermessung und Katasterwesen) generiert.

Landnutzung: Im Interesse einer in sich homogenen Datengrundlage wurde auf CORINE Landcover 2000 Daten (EEA Copenhagen 2005) zurückgegriffen, die zwar stärker aggregierte Vegetationsformen als die sächsische Colorinfrarot-Biotoptypen-Landnutzungskartierung beinhalten, für die Verwendung im Untersuchungsgebiet jedoch eine ausreichende Differenzierung der Nutzungstypen aufweisen.

Böden: Die digitalen Bodeninformationen entstammen der Bodenkonzeptkarte des Freistaats Sachsen 1:25.000 (BK_{konz}), der Bodenkarte der tschechischen Republik 1:50.000 sowie der Bodenkarte für das Einzugsgebiet der Natzschung von Ramelow (2006).

Gewässer: Gewässerdaten entstammen dem ATKIS® Basis-DLM (Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen) sowie analog dazu den Digitalen Wasserwirtschaftlichen Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10.000 (DIBAVOD, Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk).

Zusätzliche Informationen liefern die Abflusskomponenten, die sich aus den an Pegelganglinien kalibrierten Niederschlag-Abfluss-Modellen ableiten. Die Entwicklung der Modelle verfolgt im Rahmen der vorliegenden Studie zwar primär das Ziel, die Wirksamkeit dezentraler Maßnahmen anhand von Szenariosimulationen zu bewerten (vgl. Kap. 6.2ff), die im Rahmen der Modellierung anfallenden Ergebniszeitreihen können jedoch für eine ereignisabhängige Auswertung herangezogen werden. Die erforderliche Modellkalibrierung basiert dabei auf den gemessenen Durchflussganglinien der Bezugspegel. Geht man davon aus, dass bei einer mit hoher Güte abgebildeten Durchflussganglinie, die über das gesamte Ereignis den Verlauf der gemessenen Durchflüsse nachvollzieht, auch die Abflusskomponenten realistisch abgebildet werden, können zumindest generelle Aussagen zum ereignisspezifischen Verhältnis der Abflusskomponenten zueinander getroffen werden.

In weiteren Verlauf wird dabei exemplarisch auf die Ergebnisse Bezug genommen, die bei der Kalibrierung des Teilmodells für Obere Flöha und Schweinitz exklusive der Natzschung (Karte 7 im Anhang) gewonnen worden. Als Referenzereignisse dienen das durch die Überlagerung von Schneeschmelze und Regenfällen ausgelöste Frühjahrshochwasser 2006 (ca. HQ_{10}) sowie das starkniederschlagsbedingte Extremhochwasser 2002 (ca. HQ_{200} am Pegel Pockau 1). Die Kalibrierung basiert auf den Pegelganglinien Pockau 1 und Olbernhau 2, wobei die Abflüsse der Natzschung und die Abgabe der Talsperre Rauschenbach über entsprechende Zuflussganglinien abgebildet werden. Nähere Informationen zur Kalibrierungsstrategie finden sich in Kapitel 6.3 oder bei Reinhardt (2010).

6.1.2 Ergebnisse

Karte 8 im Anhang enthält einen Entwurf zur Darstellung der potentiell dominierenden Abflussprozesse im Einzugsgebiet der Oberen Flöha. Darüber hinaus gibt Abb. 6-1A einen Überblick über die flächenhaften Anteile der einzelnen Abflussprozesse im Einzugsgebiet zwischen Talsperre Rauschenbach und Pegel Olbernhau 2. Die Grafiken veranschaulichen, dass im Untersuchungsgebiet – wie für Mittelgebirge typisch – schnelle Abflusskomponenten mit einem Gesamtanteil von ca. 91 % potentiell dominieren. Die Abflussbildung wird von schnellen Zwischenabflüssen bestimmt (51,5 %), die v.a. in den nördlichen und zentralen Bereichen des Einzugsgebiets auftreten (Karte 8). Zum Erzgebirgskamm verschiebt sich die Dominanz zum verzögerten Zwischenabfluss, der mit einem Flächenanteil von 29,6 % den zweitstärksten Prozess bildet. Räumlich ist der verzögerte Zwischenabfluss v.a. an die weniger stark geneigten Hochflächen in den oberen Einzugsgebieten von Natzschung und Schweinitz gekoppelt, tritt untergeordnet aber auch über das Gebiet verteilt auf. Für Flächen im Einflussbereich des Grundwassers, die in Tiefenlinien liegen und die im Hinblick auf die Bodenbildung durch Gleye gekennzeichnet sind, weist WBS-FLAB Sättigungsflächenabfluss auf sich schnell sättigenden Flächen aus. Dieser Prozess ist auch im Bereich drainierte Moore im Einzugsgebiet der Natzschung und im Quellgebiet der Schweinitz sowie auf verschiedenen landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Umgebung von Rübenau festzustellen. Potentieller Sättigungsabfluss auf permanent gesättigten Flächen tritt im Bereich der intakten Moorgebiete im Quellgebiet der Natzschung (Seeheide, Keilheide) und im östlichen Teil der Moosbeerheide auf. Siedlungsgebiete sind erwartungsgemäß durch Oberflächenabflüsse gekennzeichnet, wobei die Frage, ob es sich um Abflüsse von versiegelten oder teilversiegelten Flächen handelt, durch die Annahmen bei der Parametrisierung der Eingabedaten bestimmt wird und letztlich nur von untergeordneter Bedeutung ist. Ein nennenswerter Anteil ist auch für die Tiefenversickerung zu verzeichnen, wobei es sich um kleinräumige Flächen handelt, die über das gesamte Gebiet verteilt ausnahmslos in Bereichen mit sehr geringer Hangneigung auftreten.

Ein ähnliches Bild ergibt sich, wenn das betrachtete Gebiet über Olbernhau hinaus bis zum Pegel Pockau 1 erweitert wird (Abb. 6-1B). Der Flächenanteil des schnellen Zwischenabflusses liegt dabei etwas höher, während der Anteil des verzögerten Zwischenabflusses analog dazu abnimmt. Die relativen Anteile der übrigen Abflussprozesse unterscheiden sich hingegen nur in sehr geringem Umfang.

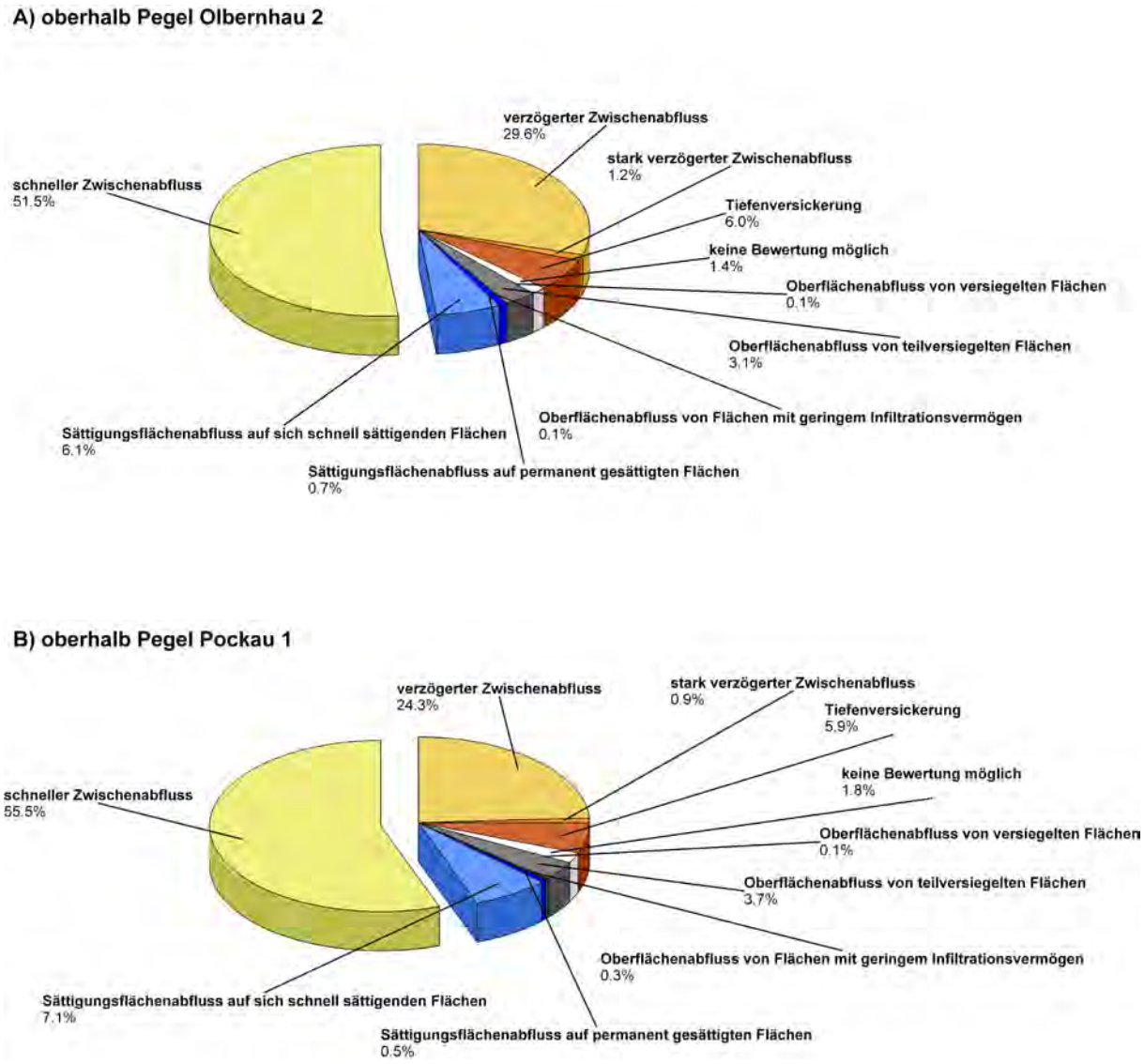


Abb. 6-1: Flächenanteile der potentiell dominierenden Abflussprozesse im Einzugsgebiet der Oberen Flöha zwischen der Talsperre Rauschenbach und dem Pegel Olbernhau 2 (A) bzw. zwischen Talsperre und dem Pegel Pockau 1 (B).

In den mit Hilfe von NASIM modellierten Abflussganglinien spiegelt sich die kumulierte räumliche Dominanz der Abflussprozesse v.a. bei kleineren Hochwasserereignissen wie dem durch Überlagerung von Schneeschmelze und Regenfällen ausgelösten Frühjahrshochwasser 2006 wider (Abb. 6-2). Der Zwischenabfluss wird zwar im N-A-Modell nicht wie im Falle von WBS-FLAB weiter differenziert, übersteigt in Bezug auf Abflussfülle und –scheitel jedoch insgesamt die übrigen Abflusskomponenten. Gleichzeitig wird jedoch deutlich, dass auch der Oberflächenabfluss – obwohl etwas niedriger – maßgeblich zum Abflussgeschehen beiträgt. Im Gegensatz dazu überwiegt bei dem durch Starkniederschläge verursachten Sommerhochwasser 2002 im Modell der Oberflächenabfluss deutlich gegenüber dem Interflow. Dieser Effekt erklärt sich durch die extremen Niederschlagsintensitäten während des Ereignisses, die zu flächenhaften Infiltrationsüberschüssen führen und damit das oberflächliche Abfließen großer Wassermengen zur Folge haben, so dass die Modellergebnisse prinzipiell als plausibel angesehen werden können.

Beim Vergleich der Ergebnisse ist zu bedenken, dass mit Hilfe von WBS-FLAB ausschließlich die potentielle Reaktion eines Einzugsgebiets bestimmt wird, wie sie sich entsprechend der Gebietseigenschaften ergibt. Die tatsächliche Reaktion während eines kon-

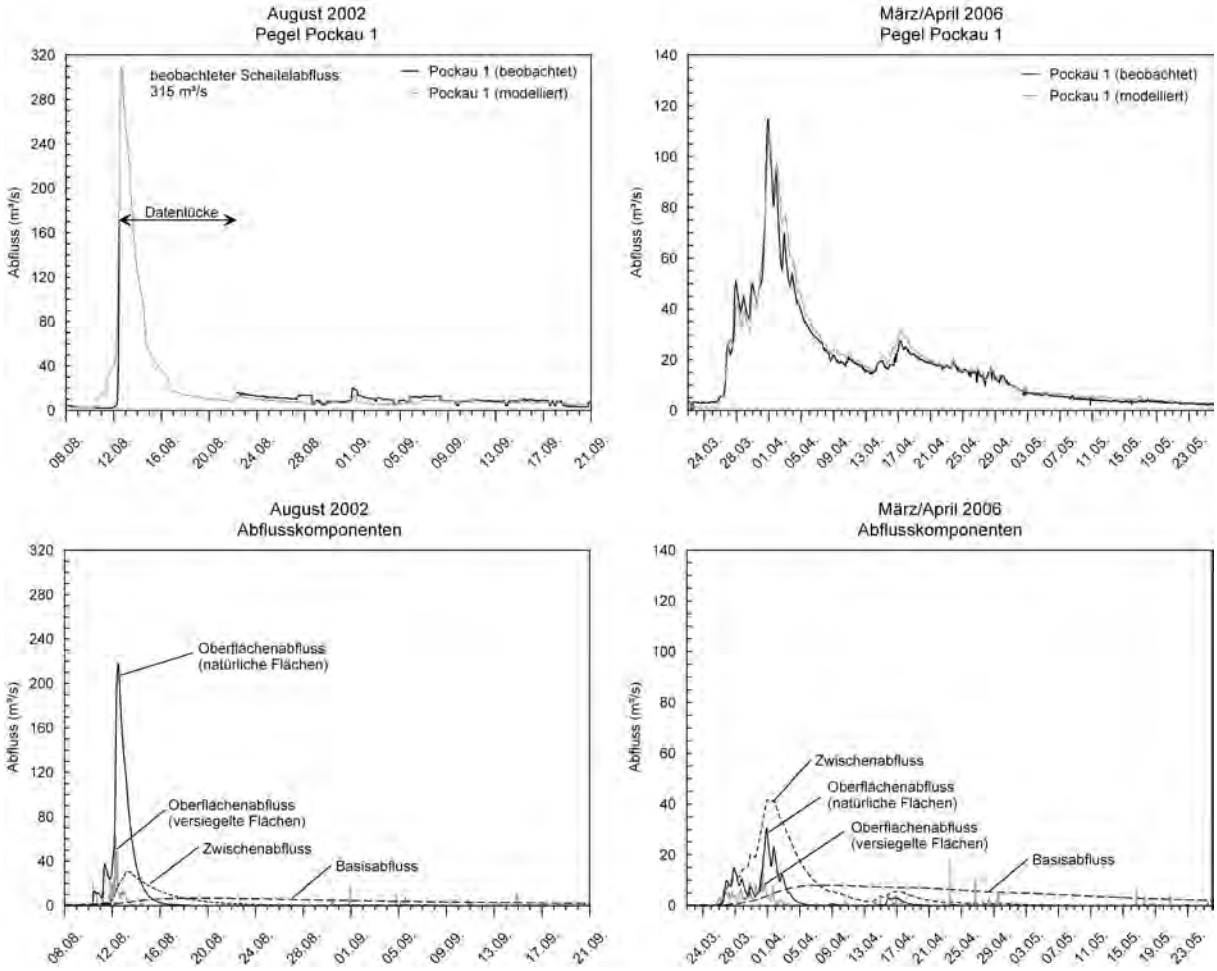


Abb. 6-2: Modellierte Abflüsse am Beispiel der Hochwasserereignisse im August 2002 (links) und März/April 2006 (rechts) sowie Ganglinien der einzelnen Abflusskomponenten. Die Ergebnisse beziehen sich auf das Modellgebiet für Schweinitz und Obere Flöha gemäß Karte 8 im Anhang. Nicht dargestellt: externe Zuflussganglinien für die Natzschung oberhalb des Pegels Rothenthal und die Abgabe der TS Rauschenbach.

kreten Ereignisses hängt zusätzlich zu den Gebietseigenschaften auch von den Anfangsbedingungen (Gebietsfeuchte) sowie der Niederschlagscharakteristik ab und kann deshalb eher mit Hilfe von Simulationsrechnungen ermittelt werden (Peschke et al. 1999), wie auch das Beispiel der modellierten Abflussanteile während des Hochwassers von 2002 veranschaulicht.

Darüber hinaus muss bedacht werden, dass die potentielle Dominanz eines bestimmten Abflussprozesses, wie etwa der Zwischenabfluss, nicht zwangsläufig bedeutet, dass die übrigen Prozesse einschließlich Oberflächenabfluss zu vernachlässigen sind. Diese Erkenntnis lässt sich nicht zuletzt durch die Simulationsergebnisse für das Hochwasser 2006 veranschaulichen, bei dem der Oberflächenabfluss zwar insgesamt niedriger ausfällt als der Zwischenabfluss, aber dennoch einen wesentlichen Anteil am Gesamtabfluss aufweist. Gleiches gilt untergeordnet auch für das Hochwasser 2002, bei dem trotz weitreichender Dominanz des Oberflächenabflusses auch signifikante Interflowanteile zu erkennen sind.

Für das Untersuchungsgebiet bedeutet dies insgesamt, dass für die Hochwasserentstehung trotz nahezu flächendeckender potentieller Dominanz des Interflows auch der Oberflächenabfluss von entscheidender Bedeutung ist, wobei das Verhältnis zwischen beiden Komponenten ereignisabhängig ist.

Der potentiell hohe Anteil des Zwischenabflusses muss dabei zwangsläufig auch bei der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Infiltrationsfördernde Maßnahmen können in diesem Zusammenhang nur dann eine signifikante Wirkung

entfalten, wenn sichergestellt ist, dass das infiltrierende Wasser im Bodenkörper gespeichert bzw. verzögert nicht durch schnelle unterirdische Prozesse unmittelbar dem Vorfluter zugeleitet wird. Dies erfordert einerseits Böden mit ausreichender Mächtigkeit, andererseits auch eine Tiefenerschließung des Bodenkörpers z.B. im Bereich Forst durch Gehölzarten mit tiefreichenden und senkrechten Wurzelsystemen.

6.2 Maßnahmen an Fließgewässern im Einzugsgebiet der Natzschung

Jens Bölscher

6.2.1 Das Modellsystem NASIM

NASIM zählt zur Gruppe der flächendetaillierten Niederschlag-Abfluss-Modelle. Während die Translationsmodelle und die kombinierten Translations-Retentionsmodelle nur den direkten Abflussanteil erfassen und für die Simulation von Einzelereignissen geeignet sind, dienen kontinuierliche Modelle der erforderlichen Simulation des gesamten Abflussspektrums über längere Zeiträume (Hydrotec 2009).

Die Beschreibung der Niederschlags- und Abflussprozesse basiert bei NASIM auf einem deterministischen, aber konzeptionellen Ansatz. Diese Grey-Box-Modelle nehmen eine Zwischenstellung zwischen Black-Box- und White-Box-Modellen ein, in der Form, dass sie sich zur Beschreibung der Transport- und Speichervorgänge auf physikalische Gesetze stützen, diese jedoch überwiegend konzeptionell beschrieben werden. Das heißt, dass die Darstellung der hydrologischen Prozesse mithilfe von semi-empirischen Formeln erfolgt. Zusätzlich können Modellparameter nicht nur aus beobachteten Daten, sondern auch im Zuge der Modellkalibrierung gewonnen werden (Hydrotec 2009).

Als Langzeit-Kontinuums-Modell ist NASIM in der Lage, den Wasserkreislauf vom Auftreffen des Niederschlags über die Aufteilung in Verdunstung und die Abflusskomponenten räumlich bis zur Referenzstelle zu bilanzieren. Die Abbildung der wesentlichen Komponenten des hydrologischen Kreislaufs im NASIM-Modellaufbau lässt sich anhand folgender Speicher- und Transportvorgänge charakterisieren (Hydrotec 2009):

Belastungsbildung: Bildung der Belastung aus Regen oder Schneeschmelze

Belastungsverteilung: Berechnung des Gebietsniederschlages

Belastungsaufteilung: Versickerung, Verdunstung und Abflussanteile

Abflusskonzentration: Transport und Verzögerung der Abflussanteile

Translation der Welle: Verformung der Abflusswelle durch Gerinne- u. Vorlandretention

6.2.2 Methodische Vorgehensweise

Das Einzugsgebiet der Natzschung wird im Rahmen des Projektes dahingehend untersucht, die Potentiale für den Hochwasserrückhalt in der fließenden Welle zu lokalisieren und deren Effekte hinsichtlich eines HQ_{100} als Bemessungshochwasser zu quantifizieren. Im Vordergrund steht die Analyse dezentraler Rückhaltemöglichkeiten für die Stadt Olbernhau. Als Vorarbeit zum Projekt wurde in einer Pilotphase mit den Modellierungsarbeiten an der Natzschung begonnen, die sich zu Beginn bis zum Pegel Rothenthal/Natzschung erstreckten und später bis zur Mündung erweitert wurden (Bölscher & Schulte 2007). Aufbauend auf den dort gesammelten Erfahrungen wird im Zuge des DINGHO-Projektes das Modellierungsgebiet auf die Obere Flöha und Schweinitz erweitert und von Reinhardt (2010) mit NASIM bearbeitet (siehe Kapitel 6.3 und 6.4) Der Pegel Rothenthal wird vor diesem Hintergrund als Schnittstelle und Datenübergabepunkt beider Modelle gewählt. Modellintern wird das Einzugsgebiet der Natzschung bis zur Mündung der Natzschung in die Flöha berechnet, um auch den dezidierten Einfluss der Maßnahmen auf die Ortslage Rothenthal quantifizieren zu können.

Zur Simulation wird das Natzschung-Einzugsgebiet bis zum Pegel Rothenthal in 61 Teileinzugsgebiete untergliedert, die insgesamt 75 km² umfassen. Zwei

weitere Teileinzugsgebiete schließen sich unterhalb bis zur Mündung in die Flöha an; das Gesamtgebiet umfasst damit 63 Teilgebiete mit einer Gesamtfläche von 85 km² (Grundlage des Systemplans). 19 potentielle Speicherbauwerke ergänzen den Systemplan um weitere Systemelemente. Die Teilgebietsgröße variiert zwischen 0,15 km² und 5,5 km² und ist u.a. abhängig von den lokalen topographisch-morphologischen Verhältnissen, der Lage der Zuflüsse und Einleitungen, Veränderungen im Längsprofil der Gerinne, Kontrollquerschnitten und der potentiellen Lage von Speichern.

Datenbasis sind die grenzübergreifenden, militärtopographischen Karten der DDR im Maßstab 1:10.000, aus denen verschiedene Derivate wie das DGM, die Teileinzugsgebietspolygone, das Gewässernetz und das Raster der Zeitflächenfunktion für das Isochronenverfahren erstellt werden. Teileinzugsgebiete, die über einen Oberlieger verfügen, werden um Transportelemente i.S.v. Gerinnen ergänzt und anhand von mittlerem Sohlgefälle, Gerinnequerschnitt und Widerstandsbeiwert parametrisiert, um die Wellentranslation berechnen zu können.

Die meteorologischen und hydrologischen Zeitreihen liegen in einer Auflösung von 15 bzw. 60 Minuten vor und umfassen den Simulationszeitraum 2002-2008. Die Bildung der Belastung aus Regen oder Schneeschmelze wird anhand der meteorologischen Eingangsdaten der Waldklimastation Olbernhau des Staatsbetriebes Sachsenforst generiert. Wasserstandsganglinien und die W-Q-Beziehungen für den Pegel Rothenthal/Natzschung als Bezugspunkt für die Modellkalibrierung werden seitens der LfULG Sachsen zur Verfügung gestellt. Simuliert wird in 15-Minuten Intervallen, um die Auffüllung des Bodenspeichers detaillierter abzubilden. Bei den Simulationen liegt der Fokus auf Starkniederschlägen und Schneeschmelzereignissen.

Die Parametrisierung des Interzeptionsspeichers wird auf Basis von vektorbasierten Landnutzungsklassen vorgenommen, wobei jeder Klasse eigene Interzeptionswerte zugewiesen werden. Die Landnutzungsklassen umfassen verschiedene forstwirtschaftliche Nutzungsarten mit einem Flächenanteil von insgesamt über 81%, wovon die Hälfte auf Wald-Strauch-Übergangsstadien entfallen. Die restlichen 19% setzen sich vor allem aus Wiesen, Weiden und einer nicht weiter differenzierten klein-parzellierten landwirtschaftlichen Nutzung zusammen. Siedlungsflächen, intensive Ackernutzung und Moore (5,4%) spielen dabei eine untergeordnete Rolle.

Die Datengrundlage für die Parametrisierung des Bodenmodells in NASIM ist im Wesentlichen eine neu erstellte, bisher nicht vorhandene grenzübergreifende und einheitlich klassifizierte Bodentypenverteilungskarte (Ramelow 2006) und eine parallel verlaufende Untersuchung bodenphysikalischer Kennwerte im Gelände und Labor zur hydrologischen Charakterisierung der aufgenommenen Böden (Löhe 2006). Hierüber kann die räumliche Verteilung von Bodentypen und deren Bodenschichtung und zugehörige Bodenarten ermitteln werden. Der Bodenkarte liegen neben den Ergebnissen der sehr detaillierten forstlichen Standorterkundung 1977/78, der landwirtschaftlichen Standortkartierung und der darauf aufbauenden digitalen Bodenkonzeptkarte, Bodenaufnahmen aus 20 beprobten Bodenaufschlüssen und weitere 19 Pürckhauer-Sondierungen zugrunde. Sie sind repräsentativ über das Einzugsgebiet verteilt und berücksichtigen die Heterogenität des Untersuchungsgebietes. Für nicht beprobte Areale werden die o.g. vorhandenen Informationen ausgewertet und für das Modell unter Zuhilfenahme analoger Bodenkarten speziell für die Auenböden überarbeitet. Die Moorböden im tschechischen Teil des Einzugsgebietes werden durch weitere Bohrungen näher differenziert (Lindenkreuz 2006).

Die Abflusskonzentration beschreibt den zeitlich verzögerten Transport des gefallenen Niederschlages (Belastung) bis zum Auslass eines Teilgebietes bzw. bis zur Einmündung in ein Gewässer. Für den Oberflächenabfluss sind die mittlere Hangneigung, die Rauheit der Bodenbedeckung, ein Schwellenwert zur Ausbildung von schneller fließendem konzentrierten Oberflächenabfluss und das Wasserspiegellagengefälle des flächenhaften Abflusses modellrelevante Parameter. Der Oberflächenabfluss wird am Auslasspunkt eines jeden Gebietes dem Gerinneabfluss oder einem geometrisch definierten Transportkörper in Form eines Kanals zugeschlagen und an das stromabwärts liegende nächste Teilgebiet als Zufluss weitergegeben. Diesem Zufluss werden die Anteile aus dem Interflow- und Basisabflussspeicher hinzugerechnet. Zur Berechnung des Weitertransports des Zuflusses im Gerinne wird das Verfahren nach Kalinin-Miljukov verwendet (Hydrotec 2009), um eine eindeutige

Beziehung zwischen Abfluss und dem zugehörigen Wasserstand für einen definierten Gerinneabschnitt zu finden. Die notwendigen Eingangsparameter wie Fließquerschnitt, Sohlgefälle und Wiederstandbeiwerte wurden zuvor im Gelände ermittelt.

Die Modellkalibrierung wird für das Einzugsgebiet der Natzschung am Pegel Rothenthal für die Jahre 2006-2008, die Modellvalidierung für die Jahre 2002-2005 durchgeführt.

Für die Berechnung des HQ_{100} am Pegel Rothenthal wirde mit Bemessungsniederschlägen der sächsischen Landestalsperrenverwaltung (LTV) gearbeitet. Die Bemessungsniederschläge wurden von der LTV in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst neu berechnet, um regional angepasste Daten für Starkniederschlagsereignisse in Sachsen (STRASA) zu erhalten. Für das Gebiet der Natzschung wird eine Dauer des Bemessungsniederschlages von 12 Stunden zugrunde gelegt, bei einer Eintrittswahrscheinlichkeit von T=100 mit einer Intensität von 160 mm. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge erfolgt nach DVWK-Regel 113 (DVWK 1990) mit 20% des Niederschlags nach 3 Stunden, 70% nach 5 Stunden und 100% nach 12 Stunden. Auf Basis des Bemessungsniederschlages wird für diesen Zeitraum von 12 Stunden die Hochwasserganglinie für ein HQ_{100} am Standort Pegel Rothenthal als Grundlage für weitere Simulationen generiert. Bei der Simulation werden zusätzlich 7 Tage Nachlaufzeit gerechnet, so dass sich ein Gesamtsimulationszeitraum von 7,5 Tagen ergibt. Der Bemessungsniederschlag im Einzugsgebiet der Natzschung muss für die Berechnungen um 24 % reduziert werden, um den Scheitelabfluss des HQ_{100} abbilden zu können. Darauf aufbauend werden die vor Ort lokalisierten, potentiellen Standorte für dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen (vgl. Kap. 5.1) in das Modell implementiert und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf das Bemessungshochwasser HQ_{100} geprüft.

Durchströmbare Hochwasserrückhaltebecken können in NASIM als Speicherelemente definiert werden, die lagetreu jeweils oberhalb eines vorhandenen Systemelementes eingefügt werden. Vor Abgrenzung der Teileinzugsgebiete müssen daher potentielle Speicherstandorte bekannt sein. Im vorliegenden Fall befinden sich alle Speicher im Hauptschluss der fließenden Welle und stauen das Wasser ab einer definierten Durchflussmenge auf. Auf Basis der Speicherhöhe und des jeweils verfügbaren Speichervolumens werden das Stauziel definiert, Speicherkurven erstellt und Überlaufziel und Überlauffunktion festgelegt. Die errechneten Drosselkurven für die Rohre der Auslassbauwerke (Jamitzky 2006) werden in Anlehnung an die Abflussspenden der Teileinzugsgebiete in die Speicherelemente integriert und für eine schadlose Retention eines HQ_{100} optimiert.

6.2.3 Ergebnisse

6.2.3.1 Modellkalibrierung

Der Simulationszeitraum beginnt 2002 und endet 2008. Der Modellkalibrierung liegt eine Pegelzeitreihe von 2006 bis 2008 und der Modellvalidierung eine Zeitreihe von 2002-2005 zu Grunde. Es wird dieser Bezugszeitraum gewählt, um sowohl für die Kalibrierung als auch für die Validierung mindestens ein größeres Schneeschmelzereignis und ein größeres Regenereignis abbilden zu können.

Die iterative Eichung und Prüfung des Modells wird u.a. anhand des Nash-Sutcliffe-Koeffizienten vorgenommen, der ein generelles Maß für die Güte des Modells darstellt (Nash & Sutcliffe 1970). Die Ergebnisse zeigen, dass im Kalibrierungszeitraum die gemessenen Durchflusswerte in 73% der Fälle durch das Modell dargestellt werden können. Ähnlich verhält es sich für den Validierungszeitraum. Hier beträgt der Nash-Sutcliffe-Koeffizient noch 0,69, d.h. 69% der gemessenen Durchflusswerte können durch das Modell erklärt werden (vgl. Tabelle 6-1). Damit liegen die simulierten Durchflusswerte des Kalibrierungs- und Validierungszeitraums in einem überdurchschnittlich hohen Gütebereich.

Tab 6-1: Nash-Sutcliffe-Koeffizienten (E) am Pegel Rothenthal/Natzschung

Ereigniszeitraum	E
Validierung 2002-2005	0,69
Kalibrierung 2006-2008	0,73

Der detaillierte Vergleich zwischen gemessener und modellierter Abflussganglinie gibt Aufschluss darüber, in welchen Zeitsegmenten gute und weniger gute Übereinstimmung herrscht (Abb. 6-3, 6-4).

Die Abbildung der Schneeschmelzen verläuft im Kalibrierungszeitraum 2006-2008 insgesamt sehr gut. Die Anfangsbedingungen für die Schneehöhe im März 2006 können auf Basis eigener Beobachtungen und Vermessungen relativ genau angegeben und im Modell abgebildet werden, wodurch das Schneeschmelzereignis sowohl im Verlauf als auch in Volumina und Hochwasserspitze recht genau erfasst wird. Auch die weitaus kleineren Ereignisse Ende 2007 und Anfang 2008 werden durch das Modell gut dargestellt. Hingegen sind die Hochwasserereignisse im Frühsommer bis Herbst 2006 und 2007 nur eingeschränkt abgebildet worden.

Insgesamt kann aber das Modell die wesentlichen Ziele erfüllen und wird in einem zweiten Schritt anhand der Eingangsdaten für den Zeitraum 2002-2005 validiert (Abb. 6-4). Hier zeigt sich ein ähnliches Bild wie im Kalibrierungszeitraum. Sowohl das kleinere Schneeschmelzereignis zu Anfang 2004 als auch die größere Flut im Februar 2005 können plausibel abgebildet werden. Im Validierungszeitraum 2002 bis 2005 werden zunächst kleinere Hochwasserereignisse zwischen Mai und Juni 2002 nicht vom Modell abgebildet, was durch die kurze Vorlaufzeit des Modells begründet ist. 2003 treten keine nennenswerten Hochwasser auf. In 2004 zeigt das Modell im Juli eine starke Abflussreaktion, die jedoch nicht gemessen wurde (konvektiver, lokal begrenzter Regen, der aber nicht abflusswirksam wurde). In 2005 zeigt sich ein gegensätzliches Bild, kleinere Hochwasserereignisse zwischen Mai und September werden vom Modell ansatzweise abgebildet, jedoch entsprechen die Hochwasserscheitel und -volumina nicht den gemessenen Werten. Sehr realitätsnah wird demgegenüber das Augusthochwasser von 2002 vom Modell simuliert, sowohl die zeitliche Abflussreaktion als auch Hochwasserscheitel und -volumen werden gut erfasst. Lediglich im Bereich des abfallenden Hochwassers ergibt sich ein ungleicher Verlauf, der auf Veränderung der W-Q-Beziehung durch Geschiebesedimentation am Pegel zurückzuführen ist.

Insgesamt zeigt sich, dass die Abweichungen zwischen modellierten und gemessenen Abflusswerten bedingt sind durch a) fehlende oder fehlerhafte Messwerte (Pegel und Niederschlagsstation), b) zeitliche und/oder räumliche Diskrepanzen in der Niederschlagsverteilung, die im Modell nicht abgebildet werden konnten und c) eine teilweise zu langsame Reaktion des Oberflächenabflusses im Modell bei kleineren Niederschlagsereignissen. Fazit der Kalibrierung und Validierung ist, dass kleinere sommerliche Hochwasserereignisse nur eingeschränkt abgebildet werden können, was durch Fehlerquellen bei der Bodenvorfeuchte, der differenzierten Infiltrations- und hydraulischen Leitfähigkeitseigenschaften der Böden, dem Gebietsniederschlag oder der Evapotranspiration begründet sein kann. Jedoch können die großen Hochwasserereignisse vom August 2002, Februar 2005 und März 2006 sowohl in Reaktion, Verlauf, Hochwasserspitze und Abflussfülle gut durch das zeitlich und räumlich hochaufgelöste Modell dargestellt werden. Das erstellte N-A-Modell wird daher als geeignete Grundlage erachtet, ein HQ_{100} und die Szenarien zum dezentralen Hochwasserrückhalt zu simulieren.

6.2.3.2 Berechnung der Wirksamkeit dezentraler Hochwasserrückhaltebecken

Die Wirksamkeit der Hochwasserrückhaltebecken für ein HQ_{100} wird im Rahmen der Modellierung für ausgewählte Ortslagen geprüft und dargestellt. Diese befinden sich sowohl entlang der Natzschung als auch an zwei Zuflüssen. Načetin liegt am Oberlauf der Natzschung, gefolgt vom Kalek (Luznice) und Einsiedel-Sensenhammer bzw. Rübenau (Rübenauer Bach) am Mittellauf. Der Pegel und die Gemeinde Rothenthal befinden sich im Unterlauf der Natzschung.

Grundsätzlich können die Abflussganglinien anhand verschiedener Parameter charakterisiert, eingeordnet und miteinander verglichen werden. Wesentliche Parameter sind die transportierte Wassermenge in Form der Abflussfülle, der zeitliche Verlauf des Transportes in Form der Abflussganglinie, die Dauer und der Scheitelabfluss des Hochwassers als auch der Bezug dieser Werte zur Einzugsgebietsgröße über die Abflussspende. Hierüber lassen sich die Ergebnisse auch mit Studien aus anderen Einzugsgebieten vergleichen und können diskutiert werden.

Die Ergebnisse umfassen a.) das Szenario 1 ohne Einsatz von Speichern und b.) das Szenario 2 unter Einsatz aller Speicher. Sie zeigen, wie die Wirkung der Hochwasserrückhaltebecken sowohl für die genann-

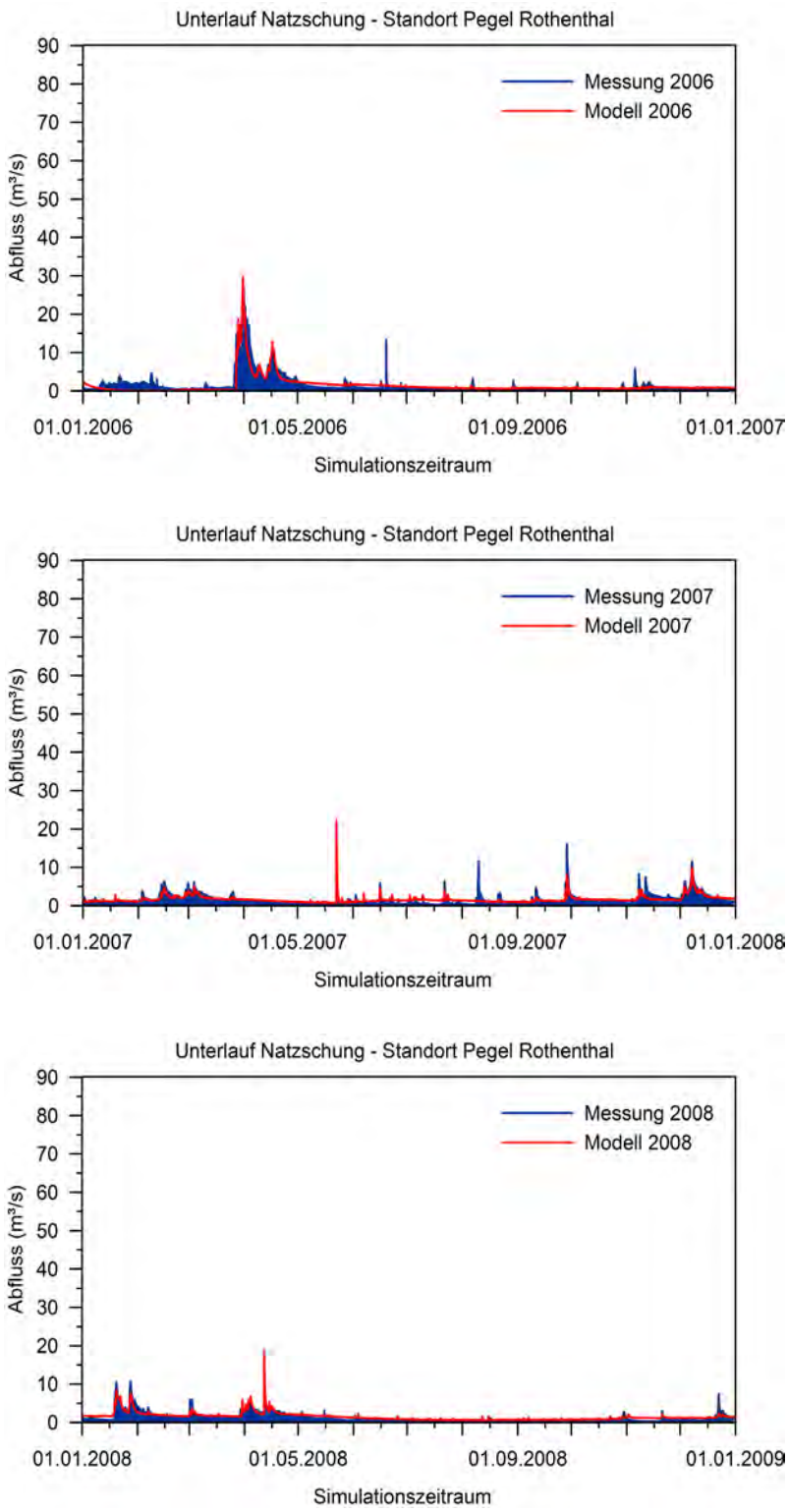


Abb. 6-3: Verlauf der gemessenen und modellierten Abflussgangline am Pegel Rothenthal/Natzschung über den Kalibrierungszeitraum 2006-2008.

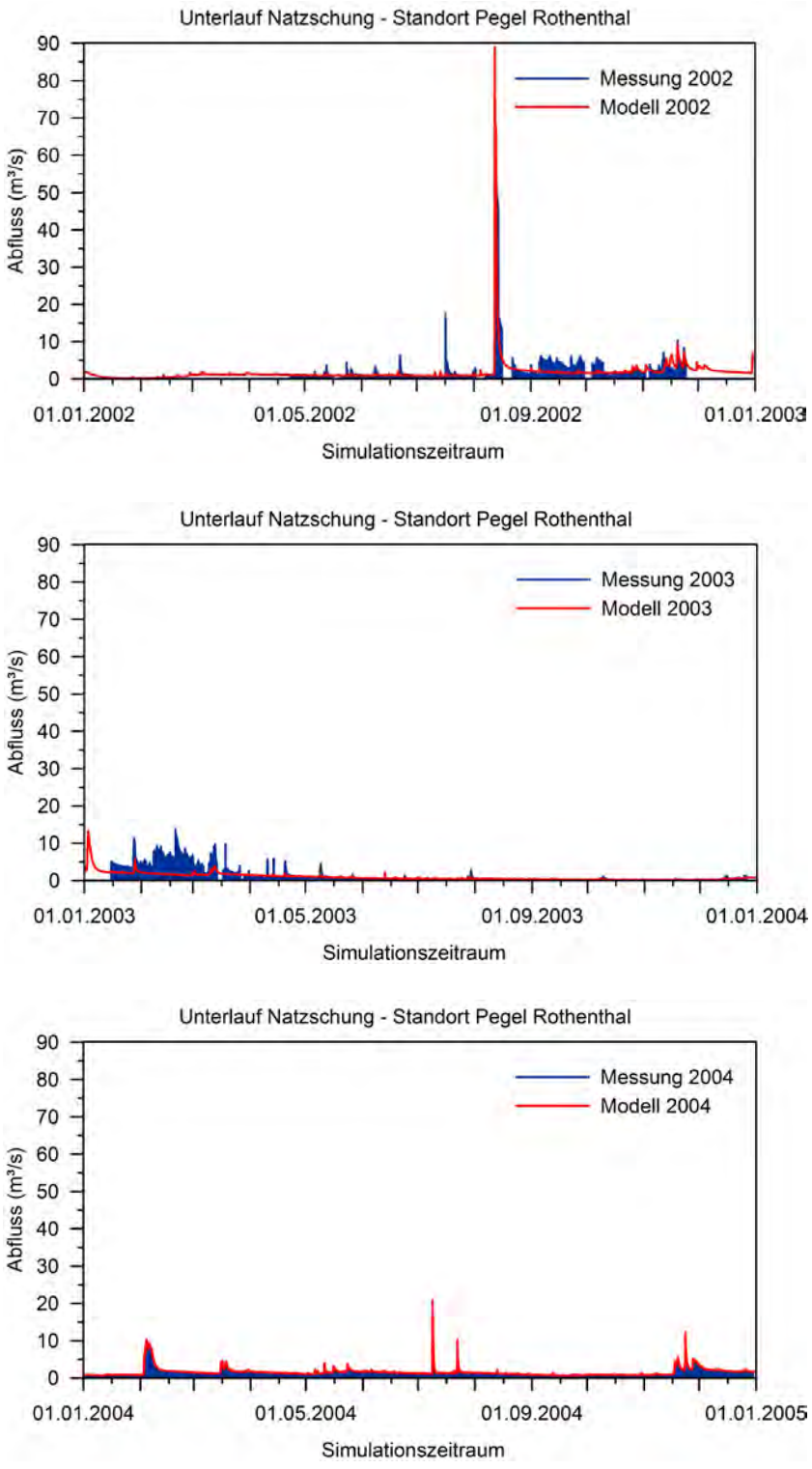


Abb. 6-4: Verlauf der gemessenen und modellierten Abflussgangline am Pegel Rothenthal/Natzschung über den Validierungszeitraum 2002-2004.

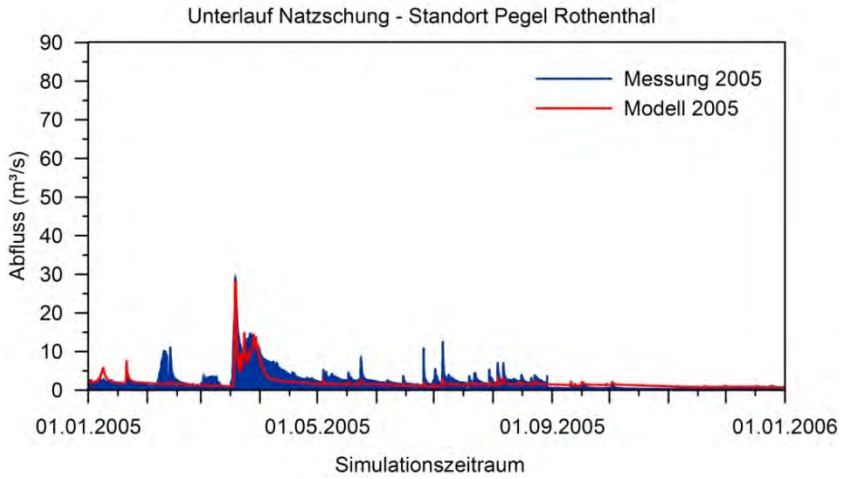


Abb. 6-4: Verlauf der gemessenen und modellierten Abflussgangline am Pegel Rothenthal/Natzschung über den Validierungszeitraum 2002-2004 (Fortsetzung).

ten Örtlichkeiten ist und welchen kumulativen Einfluss sie im Einzugsgebiet und entlang der Natzschung bis in den Unterlauf am Pegel und in der Gemeinde Rothenthal haben. Die Ergebnisse der hydrologischen Simulationen werden in Form von Abflussganglinien grafisch dargestellt. In Abbildung 6-5 werden die zwei Szenarien, der IST- und SOLL-Zustand für die Ortslagen und relevante Einzugsgebietspunkte gegenübergestellt. Die Reihenfolge der Diagramme entspricht der flussabwärtsgerichteten Lage der Bezugspunkte im Verlauf der Natzschung.

Die Tabelle 6-2 listet die in den Szenarien berücksichtigten Ortschaften, das jeweilige Gewässer und den Scheitelabfluss HQ_{100} für Szenario 1 und Szenario 2 auf. Sie zeigt die absolute und relative Abnahme des Hochwasserscheitels als auch dessen zeitliche Verzögerung. In der letzten Spalte wird jeweils die Summe der Volumina der oberhalb der Ortschaft liegenden Speicher genannt, welche durch eine Drosselung des Abflusses auf den Hochwasserscheitel mindernd wirken.

Die Fläche des Einzugsgebietes umfasst bis zum Pegel Rothenthal/Natzschung 75 km², bis zur Ortslage Rothenthal 81 km² und bis zur Mündung der Natzschung in die Flöha 85 km². Die wichtigsten Zuflüsse zur Natzschung sind die Jindřichova mit einer Fläche von 5,4 km² und einem Scheitelabfluss von 6,37 m³/s bei einem HQ_{100}, der Bilý potok mit einer Fläche von 8,4 km² und einem Abflussmaximum von 6,9 m³/s, der Rübenauer Bach (8,5 km²; 9,9 m³/s) und der Telčský potok (21,8 km²; 18,9 m³/s) (Karte 2 im Anhang). Diese Zuflüsse umfassen ein Gesamtgebiet von 44,1 km² (52% des Gesamteinzugsgebietes bis zur Mündung bzw. 59 % bis zum Pegel Rothenthal).

Das 44 km² große Einzugsgebiet der Jindřichova, des Bilý potok, des Rübenauer Baches und des Telčský potok generieren für den Simulationszeitraum von 7,5 Tagen mit $2{,}716 \cdot 10^{15}$ m³ 59 % der Abflussfülle des gesamten Einzugsgebietes und ca. 65 % der Abflussspitze am Pegel Rothenthal. Der Oberlauf der Natzschung oberhalb der Mündung von Jindřichova, Lužnice und Bilý potok umfasst weitere 11,6 km² Einzugsgebiet mit einer Abflussfülle von $0{,}551 \cdot 10^{15}$ m³, einer max. Abflussspende von 627 l s^{-1} km^{-2} und einem Hochwasserscheitel von 7,3 m³/s bei einem HQ_{100}. Zusammen umfassen die genannten Gebiete eine Fläche von 55,7 km² (66 % der Gesamtfläche bzw. 74 % des Einzugsgebietes bis zum Pegel Rothenthal). Sie tragen am Pegel Rothenthal mit ca. 77 % zur Abflussspitze des HQ_{100} bei; oberhalb der Ortslage Rothenthal beträgt der Anteil noch ca. 73 %. Die gesamte Abflussfülle dieser Teileinzugsgebiete beträgt $3{,}267 \cdot 10^{15}$ m³, was einem Anteil von 76 % der gesamten Abflussfülle am Pegel Rothenthal bzw. 71 % der Abflussfülle oberhalb der Ortslage Rothenthal entspricht. Die Lage, der hohe flächenmäßige Anteil dieser Teileinzugsgebiete und deren Abflussanteil zeigt die Bedeutung dieser Gebiete für die Hochwasserentwicklung.

Szenario 1 (Ist-Zustand)

Die Betrachtung der Abflussverhältnisse in den Ortslagen zeigt anhand der Diagramme in Abbildung 6-5, wie sich ohne das Vorhandensein von Hochwasserschutzeinrichtungen ein HQ_{100} über 7,5 Tage (12 stündiges Niederschlagsereignis plus 7 Tage Modellnachlaufzeit) entwickeln würde. Der Verlauf der simulierten Ganglinien veranschaulicht, welches Wasservolumen bereitgestellt wird, wie schnell der Abfluss ansteigt und sinkt und wie hoch die Abflussspitzen in den ausgewählten Ortslagen ausfallen.

Ortslage Načetin (Oberlauf Natzschung): Das HQ_{100} erzeugt oberhalb der Ortslage Načetin einen Hochwasserscheitel von 3,48 m³/s. Die Fläche des Einzugsgebietes umfasst bis zu diesem Bezugspunkt 6 km². Die Simulationsergebnisse zeigen für diesen Teil des Oberlaufs der Natzschung eine generierte Abflussfülle von $0{,}271 \cdot 10^{15}$ m³ und für den Hochwasserscheitel eine Abflussspende von 622 l s^{-1} km^{-2} an.

Ortslage Kalek (Zufluss Lužnice): Die Lužnice durchfließt aus Südosten kommend einen Teil der Ortslage Kalek, bevor sie in den Bilý potok mündet. Die Einzugsgebietsfläche der Lužnice umfasst bis zur Mündung 2,5 km². Der potentielle Rückhaltebereich "Lužnice 1" oberhalb der Ortslage umfasst ein kleineres Einzugsgebiet von 1,5 km² Größe. Die Abflussfülle für den Simulationszeitraum von 7,5 Tagen und die max. Abflussspende liegen am Speicherstandort bei $0{,}092 \cdot 10^{15}$ m³ bzw. 750 l s^{-1} km^{-2}. Der Hochwasserscheitel für ein HQ_{100} liegt bei 1,12 m³/s.

Ortslage Einsiedel-Sensenhammer (Mittellauf Natzschung): Nach dem Zusammenfluss von Natzschung, Bilý potok, Lužnice und Jindřichova knapp oberhalb der Natzschung-Brücke in Kalek, folgt flussabwärts die Ortslage Einsiedel-Sensenhammer. Der Hochwasserscheitel beläuft sich nach dem Zusammenfluss, aber oberhalb der Ortslage auf 22,66 m³/s. Die generierte Abflussfülle liegt an dieser Stelle für den Simulationszeitraum bei $1{,}569 \cdot 10^{15}$ m³ und die Abflussspende beträgt max. 809 l s^{-1} km^{-2}. Bedingt durch den Zusammenfluss der Bäche steigen Abflussmenge und -spitze sprunghaft an.

Ortslage Rübenau (Zufluss Rübenauer Bach): Für den Rübenauer Bach liegt unterhalb des Speichers N08 (Rübenauer Bach 1) die max. Abflussspende bei 1000 l s^{-1} km^{-2} und die Abflussfülle beläuft sich auf $0{,}336 \cdot 10^{15}$ m³. Das HQ_{100} erreicht an dieser Stelle einen Scheitel von 5,7 m³/s, welcher bis zur Mündung in die Natzschung auf 9,9 m³/s ansteigt.

Pegel Rothenthal und Ortslage Rothenthal (Unterlauf Natzschung): Nach Einmündung des Rübenauer Baches unterhalb von Einsiedel-Sensenhammer, steigt das Sohlgefälle der Natzschung sprunghaft an. Die hier beginnende Kerbtalgeometrie als auch die Abflussmengen der Natzschung lassen dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen als nicht sinnvoll erscheinen. Die folgenden Zuflüsse wie der große und kleine Steinbach linksseitig der Natzschung aber auch der Telčský potok rechtsseitig tragen wesentlich dazu bei, dass sich die Abflussfülle im Unterlauf am Bezugspegel Rothenthal mit $4{,}280 \cdot 10^{15}$ m³ nochmals stark erhöht. Die Abflussspende beträgt zum Hochwasserscheitel an dieser Stelle 848 l s^{-1} km $^{-2}$. Das HQ_{100} erreicht am Pegel Rothenthal einen Hochwasserscheitel von 64 m³/s. Während die Abflussfülle flussabwärts bis zur Ortslage Rothenthal auf $4{,}610 \cdot 10^{15}$ m³ ansteigt, fällt die Abflussspende auf 834 l s^{-1} km^{-2} ab, d.h. der Abflussbeiwert der untersten Teileinzugsgebiete nimmt ab. Der Scheitel des HQ_{100} beträgt in der Ortslage Rothenthal 67,7 m³/s und ist damit im Vergleich zum oberhalb gelegenen Pegel Rothenthal 3,7 m³/s höher.

Szenario 2 (Plan-Zustand)

Die Szenariorechnung 2 berücksichtigt 16 Hochwasserrückhaltebecken (HRB) sowie 3 Teiche, welche im Einzugsgebiet des Telčský potok liegen (vgl. Kapitel 5.1). Der potentielle Stauraum gibt das tatsächlich nutzbare Volumen der im Einzugsgebiet verfügbaren Speicher an. Der effektive Stauraum bezeichnet den tatsächlich genutzten Stauraum, der in Szenario 2 für eine schadlose Retention eines HQ_{100} benötigt wird. Die Speicherkapazität der 19 Standorte umfasst einen potentiellen Gesamtstauraum von 526 Tm³. Die Speicherauslastung liegt bei einem HQ_{100} im Schnitt bei 76% mit einer Spanne von 37-99%. Die maximale Verweilzeit des gestauten Wassers in den HRB beträgt bei Vollstau 1-2 Tage. Bei einem HQ_{100} wird ein effektiver Stauraum von 402 Tm³ benötigt.

Das Verhältnis von vorhandenem bzw. genutztem Stauraum zur Einzugsgebietsfläche kann zudem über den potentiellen und effektiven spezifischen Stauraum angegeben werden und dient für andere Einzugsgebiete als Vergleichsgröße. In Bezug auf den Pegel Rothenthal mit einer Einzugsgebietsfläche von 75 km² beträgt der potenzielle spezifische Stauraum 7 mm und der effektive spezifische Stauraum – also der tatsächlich genutzte Stauraum im Verhältnis zur Einzugsgebietsfläche – 5,3 mm. Da die Ortslage Rothenthal 81 km² Einzugsgebiet umfasst, sinken die Werte für den potentiellen spezifischen Stauraum auf 6,5 mm bzw. für den effektiven spezifischen Stauraum auf 5 mm. An der Mündung in die Flöha betragen die Werte noch 6,2 mm (potentiell) bzw. 4,7 mm (effektiv). Sowohl der potentielle als auch der effektive spezifische Stauraum sind als relativ klein einzuordnen, die Abnahme der Werte Richtung Gewässermündung fällt mit ca. 11 % relativ gering aus.

Für das erste, oben aufgeführte Szenario 1 (S1) wurden die Hochwasserspeicher außer Acht gelassen und es wurden für die Ortschaften Rothenthal (Pegel und Gemeinde), Rübenau, Einsiedel-Sensenhammer, Kalek und Načetin Abflussspitzen von 1,1 bis 67,7 m³/s simuliert. Für Szenario 2 (S2) wurden die 16 Hochwasserrückhaltebecken und die drei Teiche in das Modell integriert und deren Drosseln für eine schadlose Retention eines HQ_{100} optimiert. Die simulierten Abflussspitzen für ein retendiertes HQ_{100} liegen in einem Wertebereich zwischen 0,9 und 49,2 m³/s. Die Werte sind in Tabelle 6-2 zusammengefasst und die zugehörigen Ganglinien in Abbildung 6-5 dargestellt.

Die niedrigste Scheitelreduktion nimmt mit 23 % die Lužnice oberhalb von Kalek ein, die größte Abminderung konnte im Oberlauf der Natzschung für Načetin mit 49 % erzielt werden. Ebenso konnte für die Ortschaft Rübenau mit 45 % eine deutliche Scheitelminderung errechnet werden. Die 9 Maßnahmen oberhalb von Einsiedel-Sensenhammer zeigen in der Summe mit 34 % ebenfalls eine deutliche Wirkung. Der Hochwasserscheitel wird dort von 22,7 auf 14,9 m³/s gesenkt. Betrachtet man außerdem den Zeitpunkt des Hochwassermaximums für alle Standorte, so zeigt sich eine Verzögerung, die beispielsweise in Načetin bis zu 10 Stunden beträgt. Der Standort Kalek-Brücke/Einsiedel-Sensenhammer, welcher ebenfalls an der Natzschung liegt, weist noch eine zeitliche Verzögerung von über 5 Stunden auf. Für die Zuflüsse Rübenauer Bach und Lužnice konnten ebenfalls Werte von über 5 Stunden berechnet werden.

Würden alle oben aufgeführten Maßnahmen für den dezentralen Hochwasserschutz genutzt, würde am Pegel Rothenthal eine Scheitelreduktion von 29 % auf 45,6 m³/s erreicht. Damit geht eine Verzögerung der Abflussspitze um 45 Minuten einher. Die Simulationsergebnisse zeigen zudem, dass der Hochwasserscheitel in der Ortschaft Rothenthal von 67 auf 49 m³/s, also um 27 % reduziert werden kann. Die zeitliche Verzögerung der Abflussspitze liegt ebenfalls bei 45 Minuten. Die 526 Tm³ potentieller Stauraum werden im Mittel zu 76 % ausgelastet, d.h. zur Erreichung des Schutzzieles HQ_{100} werden effektiv 402 Tm³ Stauraum benötigt.

Tab 6-2: Vergleich der simulierten Hochwasserszenarien (HQ_{100}) für ausgewählte Orte im Einzugsgebiet

Ortschaft	Gewässer	Anzahl Speicher oberhalb	Abflussspitze ohne (S1) und mit Retention (S2) [m³/s]	Scheitel-reduktion HQ_{100} [%]	Scheitel-verzögerung HQ_{100} [hh:mm]
Načetin (CZ)	Oberlauf Natzschung	3	(S1) 3,5 (S2) 1,8	49	10:30
Kalek (CZ)	Lužnice	1	(S1) 1,1 (S2) 0,9	23	07:15
Einsiedel-Sensenhammer (D) Kalek-Brücke (CZ)	Mittellauf Natzschung (unterhalb Konfluenz Natzschung, Bilý potok, Lužnice, Jindřichova)	9	(S1) 22,7 (S2) 14,9	34	05:00
Rübenau (D)	Unterlauf Rübenauer Bach	3	(S1) 5,7 (S2) 3,1	45	05:45
Gemeinde Rothenthal (D)	Unterlauf Natzschung	19	(S1) 67,7 (S2) 49,2	27	00:45
Pegel Rothenthal (D)	Unterlauf Natzschung	19	(S1) 64,1 (S2) 45,6	29	00:45

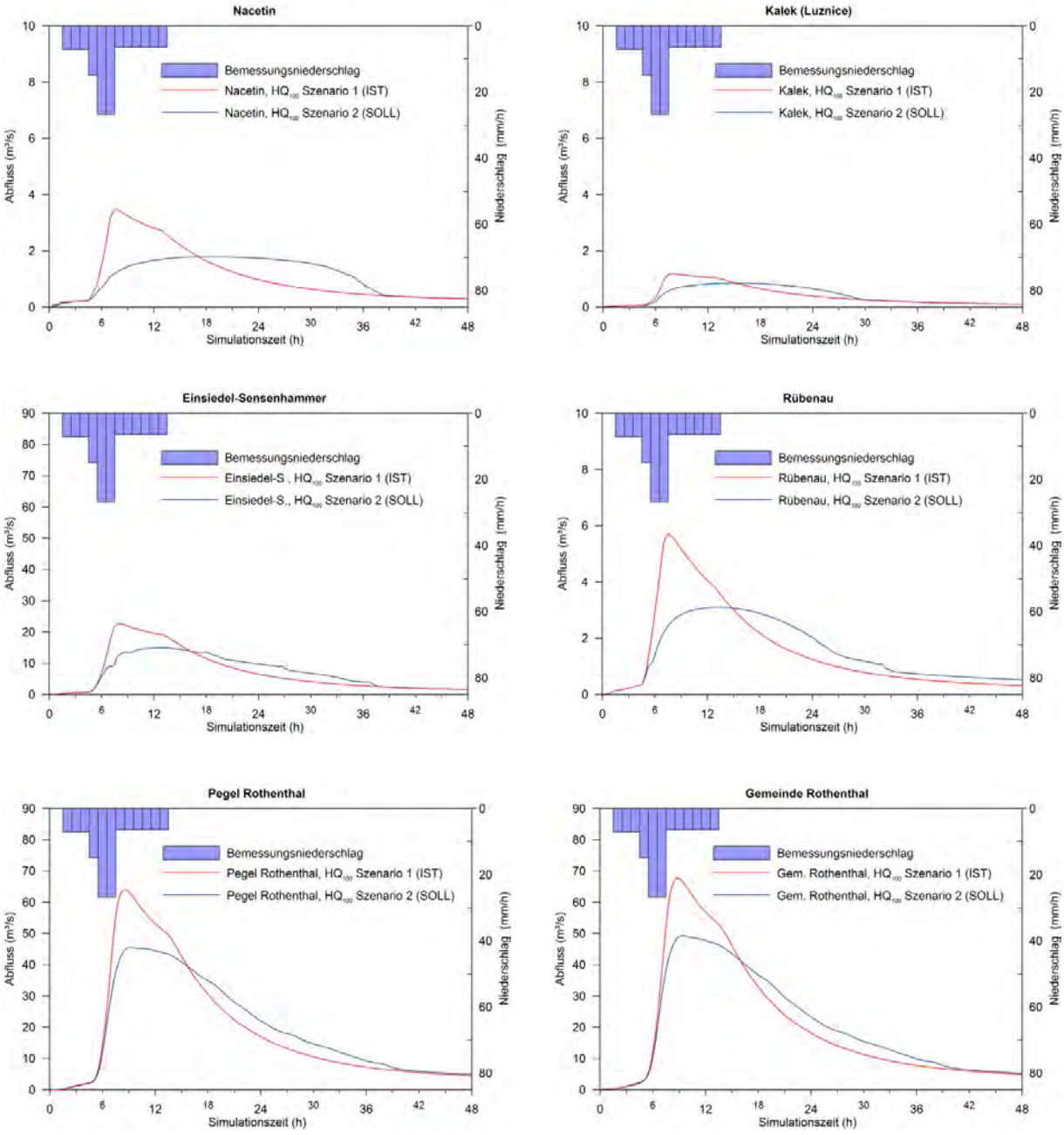


Abb. 6-5: Verlauf der Abflussganglinien für Hochwasserszenario 1 und 2 an den Bezugspunkten Načetin, Kalek, Einsiedel-Sensenhammer, Rübenau und Rothenthal (Pegel und Gemeinde).

6.2.4 Zwischenfazit

Bedingt durch die Einzugsgebietsmorphologie verfügt die Natzschung über eine schnelle Niederschlag-Abfluss-Reaktion. Dies zeigt sich anschaulich an den steilen Verläufen der gemessenen und simulierten Hochwasserganglinien. Auch die Simulationsergebnisse zeigen sprunghaft ansteigende Abflussmengen und Abflussspitzen – bedingt durch die sich verändernde Talform der Natzschung. Ein dezentraler Hochwasserschutz sollte daher schon in den oberen Teileinzugsgebieten ansetzen. Entsprechende Standorte sind grundsätzlich vorhanden und die Simulationsergebnisse zeigen, dass dortige dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen sowohl örtlich im Ober- und Mittellauf, aber auch noch im Unterlauf eine deutliche

Wirkung zeigen und der Hochwasserscheitel eines HQ_{100} deutlich verringert werden kann. Trotzdem bleibt der schnelle Anstieg des Abflusses im Unterlauf grundsätzlich erhalten. Aber selbst die erzielte, zwar nur noch kurze zeitliche Verzögerung im Unterlauf kann für den Hochwasserschutz von Bedeutung sein. An den Zuflüssen und im Mittel- und Oberlauf ist der Einfluss der Hochwasserrückhaltebecken sowohl auf den zeitlichen Verlauf der Abflussspitze als auch auf dessen Höhe hingegen noch sehr viel deutlicher ausgeprägt. Es lässt sich als Fazit festhalten, dass durch dezentrale Rückhaltemaßnahmen eine deutliche lokale und direkte Wirkung in den Ortslagen des Einzugsgebietes der Natzschung erzielt werden kann und solche Maßnahmen auch noch im Unterlauf der Natzschung eine markanten Verringerung des Hochwasserscheitels für ein HQ_{100} von bis zu 29% bewirken können.

6.3 Maßnahmen an Fließgewässern im Einzugsgebiet der Oberen Flöha

Christian Reinhardt-Imjela

6.3.1 Methodische Vorgehensweise

Die Simulation der Effekte von dezentralen Retentionsmaßnahmen an den Fließgewässern der Einzugsgebiete von Schweinitz und Oberer Flöha basiert analog zur Natzschung auf dem Modellsystem NASIM. Das Modellgebiet umfasst dabei den Bereich zwischen dem Pegel Pockau 1 und der Talsperre Rauschenbach, wobei die Natzschung nicht erneut modelliert sondern als externer Zufluss mit einer Schnittstelle am Pegel Rothenthal berücksichtigt wurde (Karte 7).

Die Modellkalibrierung wurde anhand der Pegel Pockau 1 und Olbernhau 2 auf Basis einer zweistufigen Methodik vorgenommen, bei der zunächst der hydrologische IST-Zustand für die Jahre 2002 bis einschließlich 2006 auf Basis von Tageswerten erfasst wurde. Um das Modell speziell an die Abbildung von Hochwasserabflüssen anzupassen, wurden im Anschluss ausgewählte Ereignisse mit höherer zeitlicher Auflösung (1 Stunde) erneut modelliert. Die Anfangsbedingungen, d.h. Bodenfeuchte, Inhalt von Interzeptions-, Interflow- und Oberflächenabflussspeicher sowie Anfangsschneehöhe und Wassergehalt des Schnees bei Frühjahrsereignissen wurden dabei aus dem vorgeschalteten Tageswertmodell abgeleitet. Berücksichtigt wurden die Hochwasserereignisse vom 12./13.08.2002, 19.03.2005 und 31.03.2006

Auf Basis des auf diesem Wege kalibrierten Modells erfolgte in einem zweiten Schritt die Festlegung des Referenzereignisses für die Bemessung der Hochwasserrückhaltemaßnahmen, welches sich an dem im Freistaat Sachsen geltenden Schutzziel für geschlossene Ortslagen (HQ_{100}) orientiert. Da die beiden höchsten, am Pegel Pockau beobachteten Ereignisse jeweils höher oder niedriger als der statistische HQ_{100}-Abfluss liegen, ergab sich die Notwendigkeit, die benötigte Ganglinien mit Hilfe statistischer Starkniederschlagshöhen zu simulieren, wobei zunächst die externen Zuflüsse anhand der entsprechenden Ganglinien definiert werden mussten. Während bei der Modellkalibrierung die Pegelganglinie für Rothenthal als Zufluss Verwendung fand, erfolgte bei der Simulation des Bemessungsereignisses eine erste Kopplung mit dem Modell der Natzschung unter Verwendung der für dieses Gebiet simulierten HQ_{100}-Ganglinie (vgl. Kap. 6.2) als Zuflussreihe. Die Abgabe der Talsperre Rauschenbach als zusätzlicher Modellinput wurde auf Basis der von der Landestalsperrenverwaltung Sachsen zur Verfügung gestellten prognostizierten HQ_{100}-Abgabeganglinie nachgebildet. Die eigentliche Modellbelastung basiert auf hundertjährlichen Starkniederschlagshöhen für das Untersuchungsgebiet, die von der Landestalsperrenverwaltung für die Dauerstufen 12, 24, 48 und 72 h zur Verfügung gestellt wurden (STRASA Starkniederschlagshöhen), und einer Verteilungsfunktion mit dem Niederschlagsmaximum in der ersten Ereignishälfte entsprechend DVWK-Regel 113 (DVWK 1990).

Zur Höhe der Niederschlagswerte ist anzumerken, dass statistisch ermittelte punktuelle Starkniederschlagshöhen nur für kleinere Gebiete als repräsentative Gebietsniederschläge verwendet werden können, während für größere Einzugsgebiete eine Abminderung der Werte erforderlich ist. Verworn (2008) gibt dazu, gestützt auf Untersuchungen mit KOSTRA-Starkniederschlagshöhen, einen Grenzwert für die Flächengröße von 25 km² an und kommt zu einem mittleren Abminderungsfaktor von 12 %. Die DVWK-Regel 113 (DVWK 1990) empfiehlt indes eine pauschale Abminderung um 10 % bei Gebieten

Tab. 6-3: Maßnahmenszenarien für die Einzugsgebiete von Schweinitz und Oberer Flöha	
Variante	**Maßnahmenumfang im Modell**
A_{HRB}	13 kleine bis sehr kleine Hochwasserrückhaltebecken
A_{LV}	Fließwegverlängerungen auf Basis der Gewässerstrukturgütekartierungen (+20 % Fließlänge)
A_{GRS}	Anlage von Gehölzstreifen mit einer Breite von 5 m an allen Fließgewässern (k_{st} = 10 $m^{1/3}$/s)
A_{WA}	Vollständige Aufforstung aller Talsohlen im Untersuchungsgebiet (k_{st} = 10 $m^{1/3}$/s)
$A_{WA(Flöha)}$	Aufforstung entlang der Flöha (k_{st} = 10 $m^{1/3}$/s)
A_{Kom}	Kombinationszenario aus A_{HRB} und A_{WA}

bis zu einer Größe von 200 km². Darüber hinaus sind statistische Niederschlagswerte insbesondere bei langen Wiederkehrintervallen mit hohen Unsicherheiten behaftet, wobei die verwendeten STRASA-Niederschläge bereits mit den entsprechenden Toleranzen bzw. Sicherheitszuschlägen versehen sind. Aufgrund der Unsicherheiten der Niederschlagswerte ist eine belastbare HQ_{100}-Simulation daher nur unter Einbeziehung der Pegelstatistik möglich.

In einem letzten Schritt wurden aus den in Kapitel 5.1 beschriebenen Potentialen für dezentrale Maßnahmen Rechenszenarien abgeleitet und in das Modell implementiert. Modellszenario A_{HRB} umfasst die 13 HRB-Standorte, während die Szenarien A_{LV}, A_{GRS}, und A_{WA} Gewässerstrukturmaßnahmen enthalten (Tabelle 6-3). Die HRB wurden direkt als ungesteuerte Speicherelemente mit der für jeden Standort tachymetrisch vermessenen Stauhöhe-Volumen-Beziehung in das Modell implementiert. Die Abflussdrosselung gründet sich dabei auf die von Jamitzky (2006) errechneten Drosselkurven (Abb. 6-6), wobei die optimalen Drosselgrößen für das Bemessungsereignis iterativ ermittelt wurden. Für die Implementierung der Gewässerstrukturmaßnahmen stehen in NASIM im Gegensatz zu den HRB einfache Ansätze zur Verfügung. So wurden Fließwegsverlängerungen in Form von Veränderungen von Lauflänge und Sohlgefälle im jeweiligen Teilgebiet berücksichtigt, während für die Gehölzstreifen und die Aufforstung der Talsohlen die Strickler-Beiwerte (k_{st}) der jeweiligen teilgebietsspezifischen Querprofile geändert wurden (Tabelle 6-3). Sowohl Methodik als auch die Ergebnisse können hier nur verkürzt wiedergegeben werden, ausführliche Informationen sind bei Reinhardt (2010) zu finden.

6.3.2 Ergebnisse

6.3.2.1 Modellkalibrierung und Simulation des Bemessungsereignisses

Für die einzelnen Hochwasser ergab sich insgesamt eine sehr gute, wenngleich auch je nach Ereignis unterschiedliche Abbildung durch das Modell. Scheitel und Verlauf des Hochwassers vom März 2006 konnten für die Pegel Pockau 1 und Olbernhau 2 sehr realistisch nachgebildet werden (Abb. 6-7), während im Fall des Ereignisses vom März 2005 eine Überschätzung der gemessenen Abflüsse zu beobachten ist. Die Abbildungsleistung spiegelt sich nicht zuletzt auch in den Effizienzkoeffizienten nach Nash & Sutcliffe (1970) wieder, die für das Ereignis von 2006 bei 0,92 (Olbernhau 2) bzw. 0,96 (Pockau 1) liegen. Selbst für das etwas weniger gut modellierbare Ereignis vom März 2005 liegen die Koeffizienten mit 0,66 bzw. 0,78 noch innerhalb des oberen Bereichs (Tab. 6-4). Für das dritte Ereignis – das Augusthochwasser 2002 – sind die Pegelaufzeichnungen für Pockau 1 lückenhaft, so dass sich die Abbildung des genauen Verlaufs durch das Modell in diesem Fall nur eingeschränkt beurteilen lässt. Bekannt ist lediglich der Scheitelabfluss in Höhe von 315 m³/s (Abb. 6-7), wobei der modellierte Hochwasserscheitel um weniger als 2 % von diesem Wert abweicht. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass für dieses Ereignis zumindest die Abflussspitze im Modell korrekt wiedergegeben wird.

Tab. 6-4: Nash-Sutcliffe-Koeffizienten (E) für die modellierten Einzelereignisse und die beiden Hauptpegel im Modellierungsgebiet		
Ereignis	**Pegel Pockau 1**	**Pegel Olbernhau 2**
März 2006	0,96	0,92
März 2005	0,78	0,66
August 2002	Datenlücke	Zeitreihe seit 10/2004

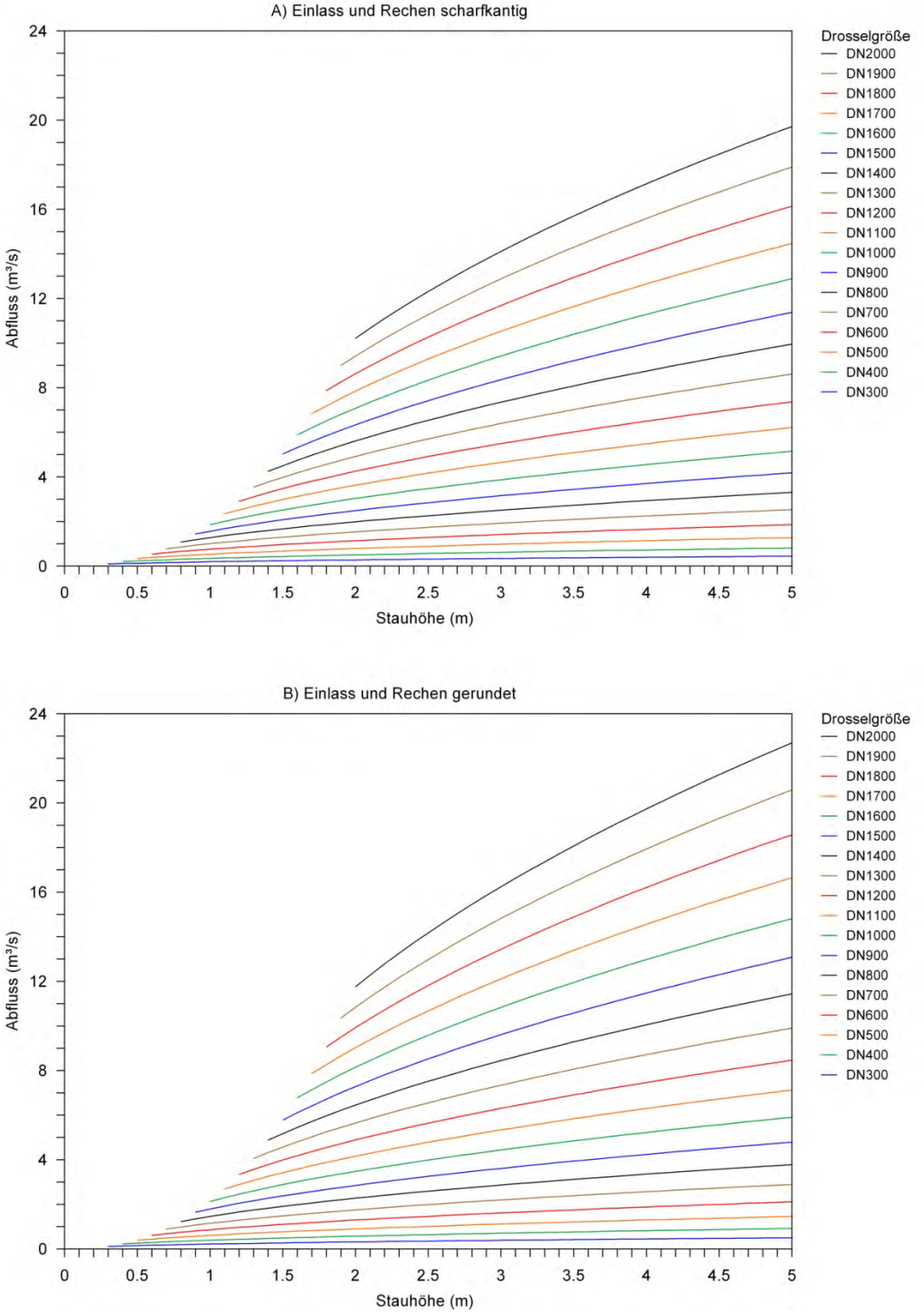


Abb. 6-6: Drosselkurven für verschiedene Nennweiten sowie scharfkantige und gerundete Einlässe/Rechen nach Berechnung von Jamitzky (2006).

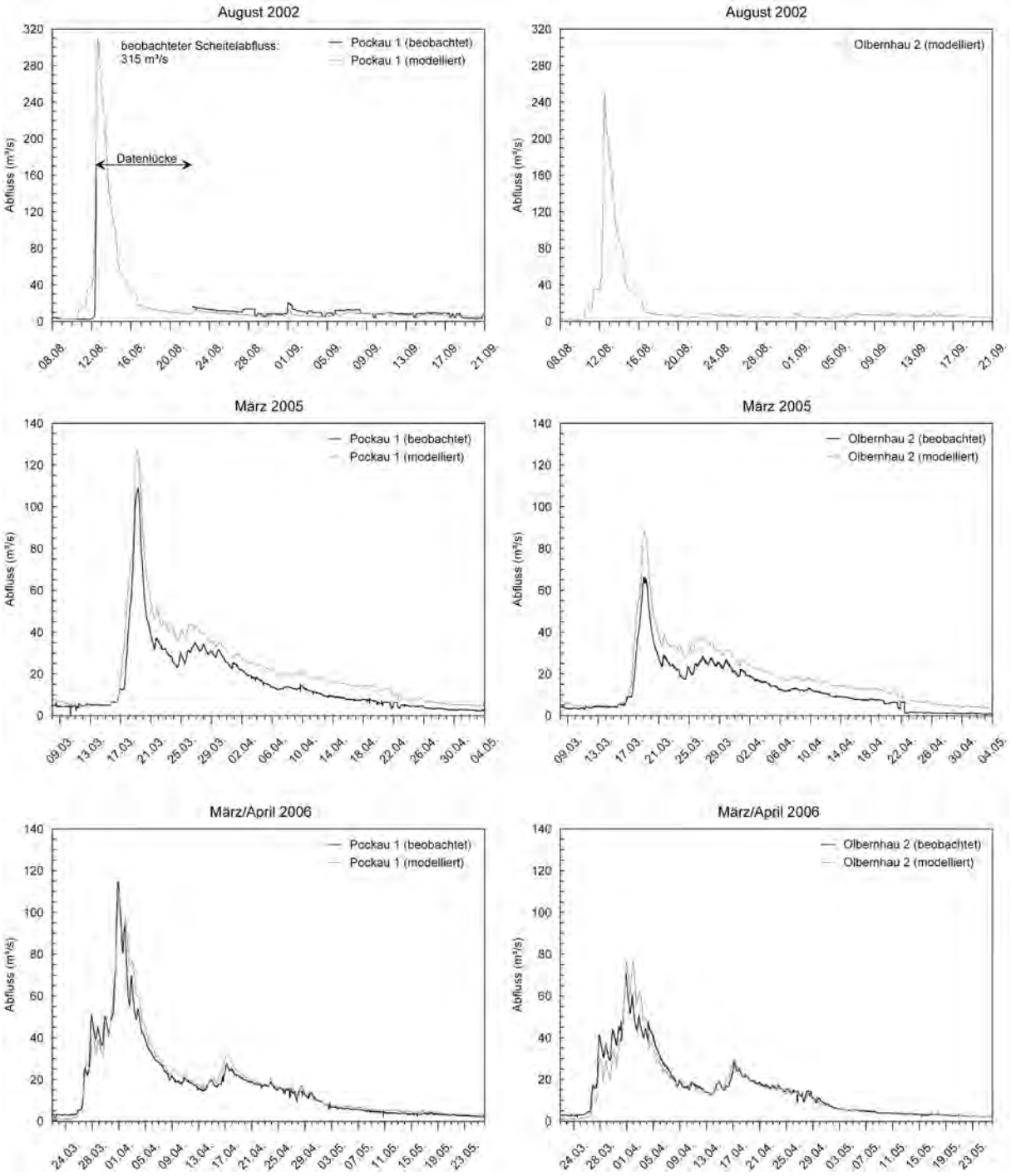


Abb. 6-7: Vergleich von modellierten Abflüssen und Pegelganglinien für die Hochwasserereignisse im Modellierungszeitraum. Pegelzeitreihen: LfULG Sachsen.

Als Bemessungsereignis wurde gemäß der im Freistaat Sachsen geltenden Schutzziele (vgl. Socher et al. 2006) für geschlossene Ortslagen das HQ_{100} festgesetzt. Unter Verwendung der Bemessungsniederschläge mit hundertjährlichem Wiederkehrintervall ergaben sich dabei im Modell unterschiedliche Hochwasserscheitel. Die höchsten Abflussspitzen sind – wie für Mittelgebirge typisch – für das 12-stündige Ereignis zu verzeichnen, welches dementsprechend als Referenzereignis ausgewählt wurde. Sämtliche Scheitel liegen dabei jedoch trotz Berücksichtigung einer pauschalen Abminderung um 10 % für die Übertragung punktueller Niederschlagswerte in die Fläche im Sinne der DVWK-Regel 113 deutlich über den Abflussscheiteln der amtlichen Pegelstatistik. Aus diesem Grund ist eine zusätzliche Minderung um 16,7 % erforderlich, um den statistischen HQ_{100}-Abfluss am Pegel Pockau 1 im Modell wiederzugeben, so dass sich eine Gesamtminderung des Niederschlags um 26,7 % ergibt, die wiederum ähnlich hoch wie an der Natzschung ausfällt. Geht man von der Tatsache aus, dass die verwendeten Werte bereits mit den erforderlichen Sicherheitszuschlägen versehen sind und damit die Obergrenze des potentiellen N_{100} der Dauerstufe 12 h bilden, liegt die Gesamtabminderung jedoch noch innerhalb der Grenzen der statistischen Unsicherheiten. Unter Berücksichtigung der Pegelstatistik kann die Abminderung deshalb als Kompensation der Unsicherheiten in der Starkniederschlagsstatistik verstanden werden, wobei diese Vorgehensweise nur dann möglich ist, wenn die Reaktion des Modells auf Starkniederschläge anhand beobachteter Ereignisse wie dem Hochwasser von 2002 geprüft wurde.

Die simulierte Abflussganglinie zeigt insgesamt einen für Mittelgebirgsregionen charakteristischen steilen Anstieg mit schmalem Scheitel und etwas flacherem Abfall (Abb. 6-8). Die Hochwasserspitzen erreichen dabei Werte von 185 m³/s am Pegel Olbernhau 2 bzw. 255 m³/s am Pegel Pockau 1. Während der Scheitel für Pockau 1 nach der Niederschlagsanpassung mit der amtlichen Pegelstatistik übereinstimmt, zeigte sich für Olbernhau 2 nach wie vor eine Abweichung von 13 %. Eine mögliche Ursache hierfür kann jedoch in der Tatsache gesehen werden, dass die kontinuierlichen Messreihen an diesem Pegel erst im November 2004 einsetzen und damit noch keine ausreichende Datengrundlage für die Hochwasserstatistik zur Verfügung stehen kann. Die vom LfULG Sachsen übermittelten statistischen Hochwasserabflüsse basieren deshalb im Fall des Pegels Olbernhau 2 auf einem Vergleich der Abflussspenden. Bei der Bewertung der Modellergebnisse gilt jedoch zu berücksichtigen, dass die Talsperre Rauschenbach den aus dem Oberen Einzugsgebiet zufließenden Teil der Hochwasserwelle vollständig zurückhält, was durch Verwendung der entsprechenden Abgabeganglinie im Modell berücksichtigt wurde. Folglich fällt der modellierte Hochwasserscheitel niedriger aus, als es ein Spendenvergleich unter Berücksichtigung der Gesamteinzugsgebietsfläche erwarten lässt.

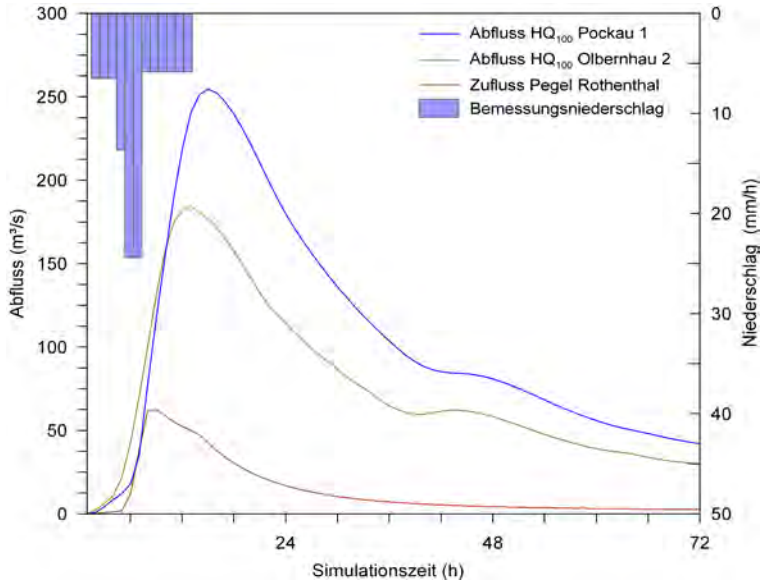


Abb. 6-8: Simulierte HQ_{100}-Ganglinien für das 12-stündige Niederschlagsereignis an den Pegeln Pockau 1 und Olbernhau 2.

6.3.2.2 Hochwasserrückhaltebecken

Im Modell fällt die Wirkung der potentiellen HRB-Standorte insgesamt sehr differenziert aus. Für Gemeinden in den oberen Einzugsgebieten sind z.T. deutliche Scheitelreduktionen zu verzeichnen. Im oberen Teil der Ortslage Seiffen liegt der Wert mit 28,3 % am höchsten (Tab. 6-5), verringert sich jedoch bis zum Ortsausgang auf 11,4 %. Unterhalb der Ortslage tritt die Hochwasserganglinie mit einer Doppelspitze in Erscheinung (Abb. 6-9), wobei der erste, sehr schmale Scheitel die Abflussbildung der Siedlungsflächen widerspiegelt, während die darauffolgende Spitze die Abflüsse der natürlichen bzw. v.a. landwirtschaftlich genutzten Flächen repräsentiert. Gleichzeitig verdreifachen sich die Scheitelabflüsse im Verlauf der Ortslage bei Verdopplung der Einzugsgebietsfläche, d.h. die Teilflächen in der unmittelbaren Umgebung des Ortes tragen überdurchschnittlich zur Abflussbildung bei. Zur weiteren Verbesserung des Hochwasserschutzes in Seiffen sind folglich neben dem berücksichtigten HRB auch flächenhafte Kleinmaßnahmen erforderlich, die sich auf die Abflussbildung und –konzentration im Bereich der Siedlungsflächen und auf den umliegenden Hängen auswirken. Dazu gehören u.a. Maßnahmen des Siedlungswassermanagements (z.B. dezentrale Regenwasserbewirtschaftung) sowie Versickerungsmulden und die Etablierung Abfluss hemmender Strukturelemente (z.B. Feldhecken, begrünte Tiefenlinien) im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Am Seiffener Bach oberhalb der Ortslage Seiffen sowie am Mortelbach werden mit 8 und 5 Stunden gleichzeitig auch die höchsten Verzögerungswerte erzielt, wobei sich die Abflussspitze im Mündungsbereich des Mortelbachs nahe der Ortslage Heidersdorf um 17,2 % reduziert. Für Deutschkatharinenberg und Deutschneudorf an der Schweinitz ergibt sich eine Minderung um rund 13 %. Lediglich am Kateřinský potok und am Frauenbach liegt die Wirkung bedingt durch das niedrige spezifische Volumen unter zehn Prozent. Die zugehörigen Ganglinien sind in Abbildung 6-9 dargestellt.

Bis nach Olbernhau verringert sich der Gesamteffekt der HRB auf 4 %, wobei zu berücksichtigen ist, dass in dieser Betrachtung zunächst noch kein Rückhalt an der Natzschung einbezogen wurde ist und somit ein beträchtlicher Teil des Gesamtabflusses unretendiert abfließt (Abb. 6-10).

Trotz optimierter Drossel sind in der Simulation für die einzelnen Standorte unterschiedliche Auslastungsgrade zu verzeichnen (Abb. 6-11). Während der Stauraum für den überwiegenden Teil der Becken zu mehr als 90 % genutzt werden konnte, ergeben sich v.a. für Standorte an der Schweinitz (Deutscheinsiedel 1, Deutschneudorf und Deutschkatharinenberg) deutliche Defizite im Füllungsgrad. Eine Verkleinerung der Drossel auf die jeweils nächste Stufe würde zwar die Auslastung verbessern, mit dem Erreichen des Hochwasserscheitels jedoch zum Überlaufen der Speicher führen. Für die praktische Umsetzung ergeben sich daraus theoretisch zwei Varianten: Einerseits besteht die Möglichkeit, die Höhe des Dammbauwerkes entsprechend der modellierten maximalen Wasserspiegellagen zu verringern und damit die anfallenden Baukosten deutlich zu reduzieren. Sinnvoller erscheint jedoch, den verbleibenden Stauraum im Hinblick auf die Modellunsicherheiten (siehe dazu Reinhardt 2010) als Reserveraum zu belassen.

Betrachtet man anstelle des Bemessungsereignisses das Augusthochwasser 2002 (in den oberen Einzugsgebieten ~HQ_{300}) lässt sich feststellen, dass die Scheitelreduktion in Olbernhau mit 1,6 % nur noch sehr gering ausfällt. Die im Vergleich zum HQ_{100} noch einmal deutlich höheren Abflüsse führen dabei an allen Standorten zum Überlaufen der Speicher.

Tab. 6-5: Scheitelreduktion für ausgewählte Ortslagen

Ortslage (Gewässer)	Anzahl Speicher	Scheitelreduktion HQ_{100} (%)	Verzögerung HQ_{100} (h)
Seiffen	1	28,3	8
Heidersdorf (Mortelbach, Mündung)	3	17,2	5
Deutschkatharinenberg (Schweinitz)	4	12,6	2
Deutschneudorf (Schweinitz)	3	13,3	1
Hora Svaté Kateřiny	1	8,6	3
Neuhausen (Frauenbach, Mündung)	1	2,7	1

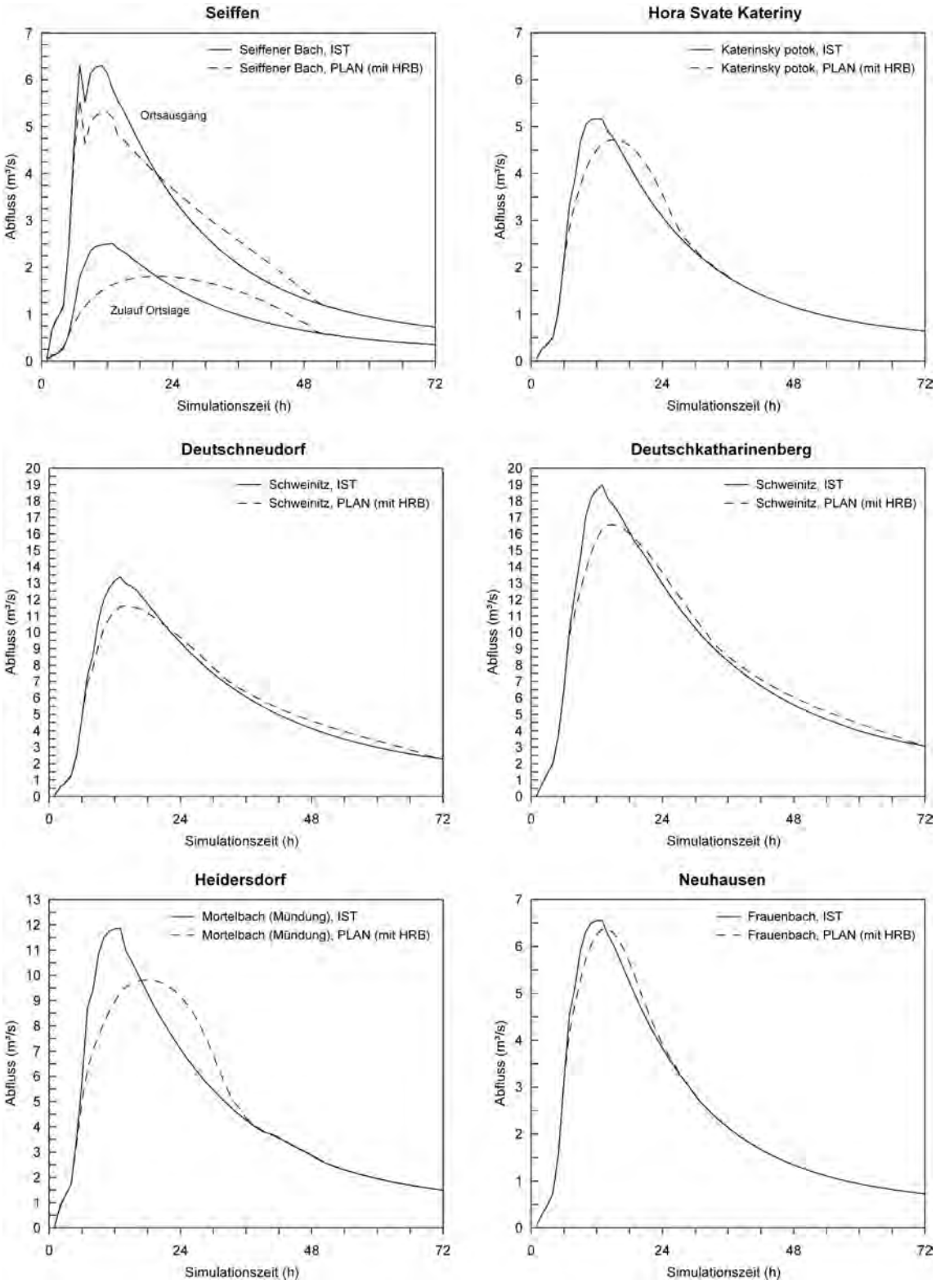


Abb. 6-9: Lokale Wirkung der Hochwasserrückhaltebecken für ausgewählte Gewässer und Ortslagen.

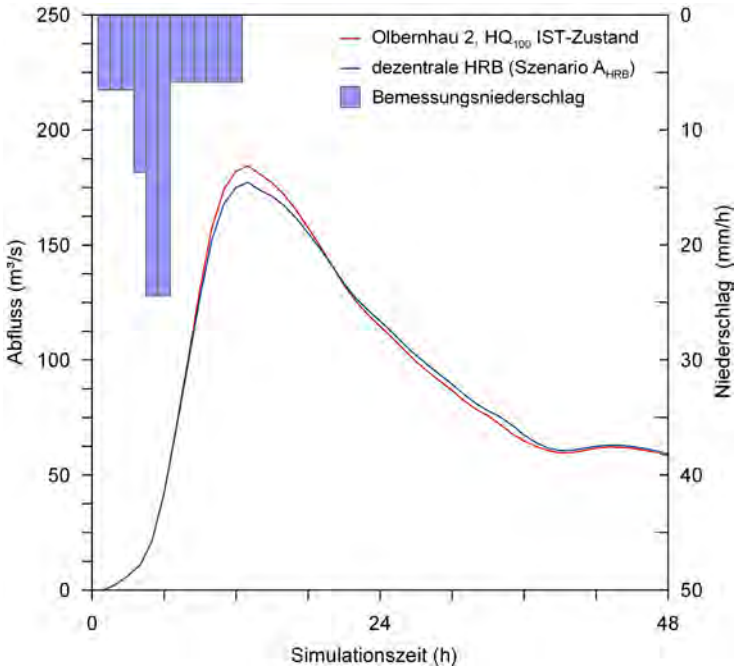


Abb. 6-10: Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den Ist-Zustand und mit den HRB in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha.

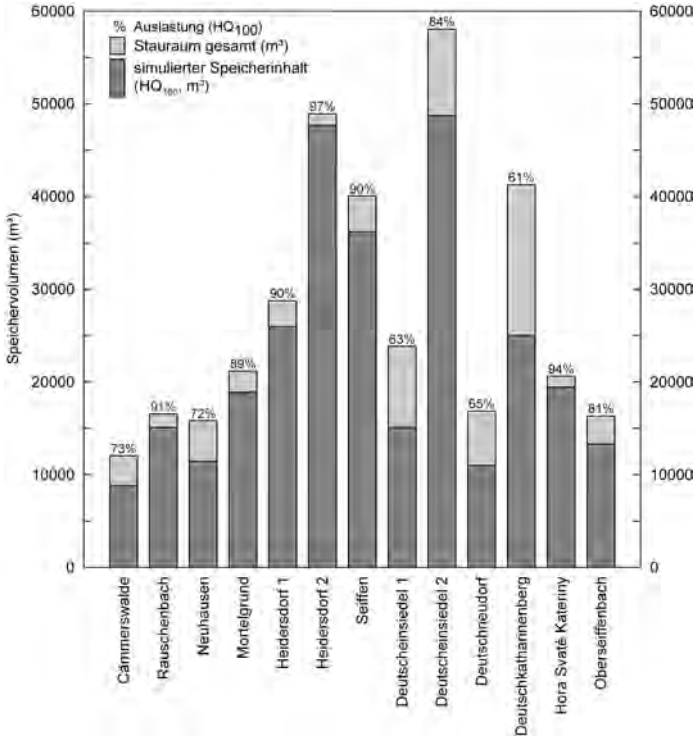


Abb. 6-11: Stauraumnutzung der HRB in der Simulation im Vergleich mit den an den einzelnen Standorten verfügbaren Rückhaltevolumina.

6.3.2.3 Gewässerstrukturmaßnahmen einschließlich Aufforstung der Talsohlen

Laufverlängerungsmaßnahmen und Gewässerrandstreifen zeigen im Modell nur geringe Effekte für den Hochwasserschutz. Die entsprechenden Ganglinien sind für Olbernhau in Abbildung 6-12 dargestellt. Fließwegsverlängerungen (Szenario A_{LV}) ergeben rechnerisch weder für Olbernhau noch für die Gemeinden in den oberen Einzugsgebieten signifikante Effekte, wobei die Ursache dafür in der begrenzten Anzahl von Gewässerabschnitten liegt, an denen derartige Maßnahmen überhaupt umgesetzt werden können. Für die Etablierung von Gehölzstreifen (Szenario A_{GRS}) an den Fließgewässern ergeben die Rechenläufe eine Scheitelreduktion von lediglich 1,4 % (Abb. 6-12). Durch die unwesentliche Wirkung in beiden Szenarien wird auf eine kombinierte Variante mit den HRB verzichtet.

Lediglich die als Maximalszenario betrachtete Aufforstung der Talsohlen (Szenario A_{WA}) führt im Modell zu einer deutlichen Verbesserung des Hochwasserrückhalts. Die Scheitelminderung für Olbernhau fällt mit 4,3 % ähnlich hoch aus, wie im Szenario A_{HRB}. Gleichzeitig wird der Scheitel im Modell um zwei Zeitschritte (2 Stunden) verzögert. Die erhöhte Oberflächenrauheit der Talsohlen als Folge der Bewaldung bewirkt dabei eine Verzögerung des Vorlandabflusses und führt somit zu einer Verbesserung des Wasserrückhaltes im Bereich der Aue.

Im Tal der Flöha ist die Retentionsleistung im Gewässervorland bedingt durch das geringere Gefälle und die breite Talsohle erwartungsgemäß höher, als in den Nebentälern, so dass Aufforstungsmaßnahmen hier besonders wirksam sind. Vergleicht man das Maximalszenario mit einer zusätzlichen Variante, die ausschließlich den Flussschlauch der Flöha in die Aufforstung einbezieht (Szenario $A_{WA(Flöha)}$, Abb. 6-12), wird deutlich, dass die dortige Retention einen wesentlichen Anteil am Gesamteffekt hat. Die Scheitelreduktion in Olbernhau erreicht allein durch Aufforstung des Flöhatals 3,5 %. Im Hinblick auf eine Priorisierung der Maßnahmen ist daher auch eine bevorzugte Aufforstung entlang der Flöha zu empfehlen. Eine Verzögerung des Hochwasserscheitels tritt indes erst durch Einbeziehung der Nebentäler (Schweinitz, Mortelbach etc.) in die Aufforstung ein (Maximalszenario), was auf eine leicht veränderte Wellenüberlagerung, d.h stärkere Entzerrung der Hochwasserwelle, zurückzuführen ist.

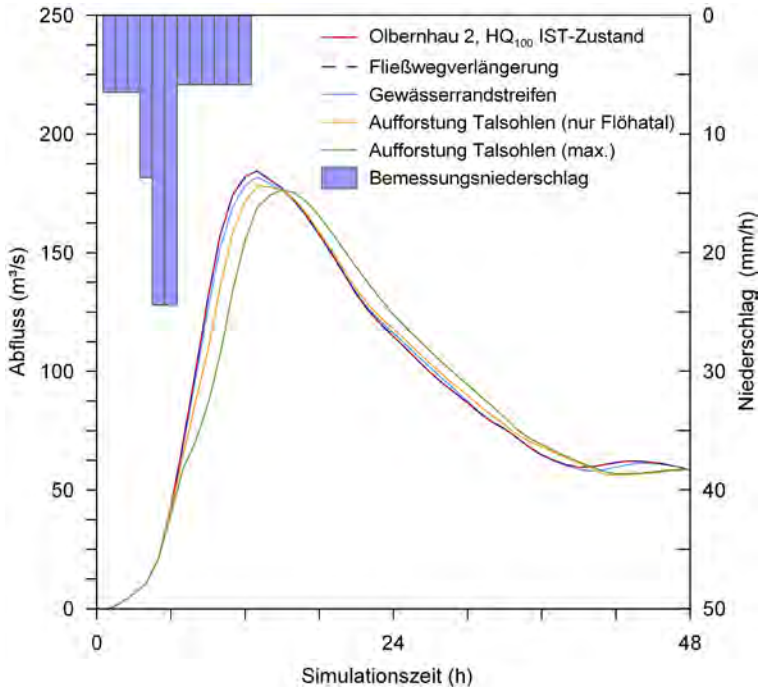


Abb. 6-12: Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den Ist-Zustand und mit Gewässerstrukturmaßnahmen in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha.

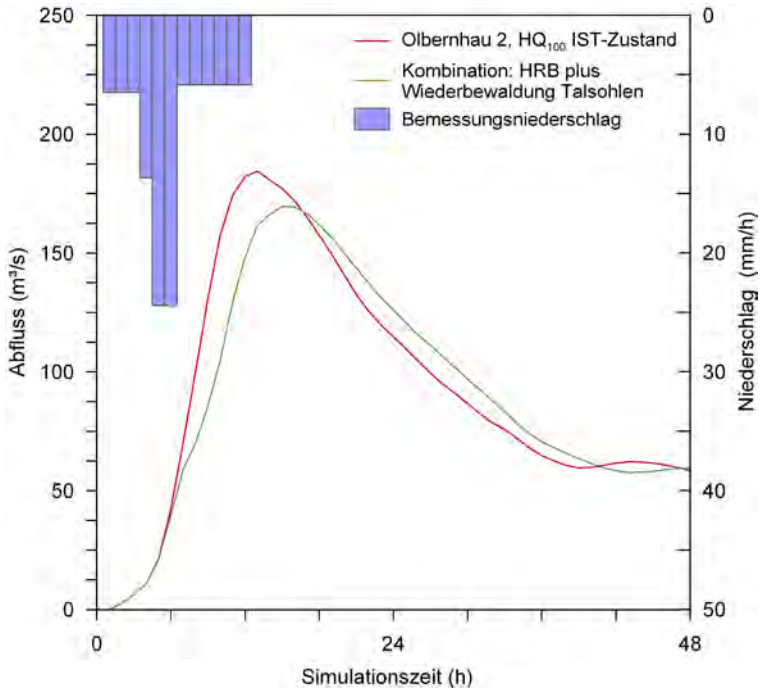


Abb. 6-13: Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den Ist-Zustand und für das Kombinationsszenario (A_{Kom}).

Bei der Beurteilung der Ergebnisse für die Szenarien A_{LV}, A_{GR} und A_{WA} gilt jedoch zu berücksichtigen, dass NASIM als N-A-Modellsystem nur vereinfachte Ansätze für die Implementierung der Maßnahmen bietet. Das Gerinne innerhalb eines Teilgebiets wird generell auf ein repräsentatives Querprofil reduziert. Hinzu kommt, dass die Rechenszenarien nur durch eine Veränderung von Fließlänge und Sohlgefälle (A_{LV}, A_{GR}) bzw. der Strickler-Werte in den Querprofilen (A_{WA}) implementiert werden können. Dementsprechend handelt es sich bei den Szenarien um eine Abschätzung der Wirkung.

Kombiniert man schließlich die beiden effektivsten Szenarios – Hochwasserrückhaltebecken (A_{HRB}) und Aufforstung der Talsohlen (A_{WA}) – miteinander, zeigt sich im Modell eine Addition der Hochwasserrückhaltewirkung (Abb. 6-13). Die Scheitelreduktion erreicht in Olbernhau 8,2 %, wobei gleichzeitig die bereits aus dem Maximalszenario „Aufforstung“ bekannte Scheitelverzögerung von 2 Stunden eintritt. Auch hierbei ist zu beachten, dass es sich um eine Rechenvariante ohne Rückhaltemaßnahmen im Einzugsgebiet der Natzschung handelt, die erst im folgenden Kapitel einbezogen werden.

6.4 Beurteilung der Gesamtwirkung der dezentralen Maßnahmen an den Fließgewässern für die Stadt Olbernhau durch Kopplung der hydrologischen Modelle

Christian Reinhardt-Imjela & Jens Bölscher

6.4.1 Methodische Vorgehensweise

Um die Gesamtwirkung der Maßnahmen für die Stadt Olbernhau zu beurteilen und einen negativen Einfluss auf Überlagerung von Teileinzugsgebietswellen auszuschließen, wurden die beiden unabhängigen Modelle für die Natzschung (TMN, Kapitel 6.2; Bölscher 2016) sowie für Schweinitz und Obere Flöha (TMSF, Kapitel 6.3; Reinhardt 2010) gekoppelt. In Bezug auf die räumliche Verteilung der Maßnahmen werden dabei unterschiedliche Raumvarianten betrachtet. Die mit dem Großbuchstaben A bezeichneten Szenarien berücksichtigen jeweils nur Maßnahmen an Schweinitz und Oberer Flöha und sind somit deckungsgleich mit den Ergebnissen in Kap. 6.3. Variante B beinhaltet wiederum nur Maßnahmen an der Natzschung, deren lokale Wirkung in Kapitel 6.2 behandelt werden, während in Variante A+B jeweils

Tab 6-6: Bezeichnung und Umfang der Maßnahmenszenarien für die Modellkopplung Natzschung mit Schweinitz/Flöha. Die Beurteilung der Wirkung bezieht sich dabei auf den Pegel Olbernhau 2

Kurzbezeichnung	Maßnahmen
Hochwasserrückhaltebecken	
A_{HRB}	13 HRB in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberen Flöha
B_{HRB}	19 HRB im Einzugsgebiet der Natzschung
$A_{HRB}+B_{HRB}$	32 HRB im Gesamtgebiet
Aufforstung der Gewässervorländer	
A_{WA}	maximale Aufforstung der Talsohlen in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Obere Flöha
B_{WA}	maximale Aufforstung der Talsohlen im Einzugsgebiet der Natzschung
$A_{WA}+B_{WA}$	maximale Aufforstung der Talsohlen im Gesamtgebiet
Kombination von HRB und Aufforstung der Vorländer	
A_{Kom}	Kombination A_{HRB} und A_{WA} (13 HRB plus Aufforstung der Talsohlen in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha)
B_{Kom}	Kombination B_{HRB} und B_{WA} (19 HRB plus Aufforstung der Talsohlen im Einzugsgebiet der Natzschung)
$A_{Kom}+B_{Kom}$	Kombinationsvariante für das Gesamtgebiet (32 HRB plus Aufforstung der Talsohlen im Gesamtgebiet)

Maßnahmen im Gesamtgebiet in die Berechnung einfließen. Die eigentliche Simulation erfolgt im TMSF, wobei die separat modellierten Ganglinien der Natzschung am Pegel Rothenthal vom TMN an das TMSF übergeben werden. Insgesamt werden für Olbernhau neun Rechenvarianten betrachtet, die in Tabelle 6-6 beschrieben sind.

6.4.2 Ergebnisse

6.4.2.1 Hochwasserrückhaltebecken

In den Simulationen zeigen sich für die Szenarien A_{HRB} und B_{HRB}, deren Abflussganglinien in Abbildung 6-14 dargestellt sind, jeweils ähnliche Scheitelreduktionen für Olbernhau von 4 % (A) bzw. 6 % (B). Die Minderung in Szenario B_{HRB} veranschaulicht dabei, dass sich die vergleichsweise hohe Scheitelreduktion an der Natzschung, die für den Pegel Rothenthal nachgewiesen wird, ohne zusätzlichen Rückhalt an der Schweinitz und den Zuflüssen zur Flöha bis zur Ortslage Olbernhau deutlich verringert. In der Differenz zwischen beiden Varianten spiegelt sich v.a. das unterschiedliche spezifische Volumen[1] der Speicher wider. Bezogen auf das Gebiet oberhalb von Olbernhau liegt der Wert in Variante A bei 1,6 mm, während in Variante B mit 2,3 mm ein etwas höheres spezifisches Rückhaltevolumen erreicht wird. Werden hingegen HRB im Gesamtgebiet berücksichtigt (Szenario $A_{HRB}+B_{HRB}$) erhöht sich das spezifische Volumen auf 3,9 mm, wodurch in Olbernhau eine Scheitelreduktion von 9,9 % erreicht werden kann.

Betrachtet man neben Olbernhau die Wirkung der Rückhaltebecken entlang der Flöha (Abb. 6-15) wird deutlich, dass sich von der Talsperre Rauschenbach flussabwärts bis zur Mündung des Mortelbachs zunächst nur ein sehr geringer Einfluss der HRB auf den Abflussscheitel der Flöha ergibt. Erst mit dem Rückhalt durch die drei Speicher am Mortelbach setzt eine überörtlich messbare Abflussminderung ein, die bis zur Mündung der Schweinitz erhalten bleibt und sich bis Olbernhau noch einmal leicht auf 4 % erhöht. Mit dem zusätzlichen Rückhalt im Einzugsgebiet der Natzschung in Szenario $A_{HRB}+B_{HRB}$ verstärkt sich die Wirkung, so dass im Modell bis Olbernhau eine Reduktion von 9,9 % erzielt wird.

Darüber hinaus lässt sich der Effekt der Rückhaltemaßnahmen auch bis zum Pegel Pockau 1 weiterverfolgen. Die Abflussminderung fällt im Szenario $A_{HRB}+B_{HRB}$ für Pockau mit etwa 18 m³/s ebenso hoch aus wie in Olbernhau. Durch den höheren Gesamtabfluss liegt die relative Scheitelreduktion jedoch mit 7 % etwas niedriger als in Olbernhau. Unabhängig von den relativen Änderungen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass durch die Speicher neben dem Schutz von Olbernhau zusätzlich auch ein Nutzen für die Ortslage Pockau erzielt werden kann.

[1] Das spezifische Volumen errechnet sich als Quotient aus Gesamtstauvolumen und Einzugsgebietsfläche und wird in mm angegeben: $sV = V_{HRB} \cdot A_{EZG}^{-1} \cdot 10^{-3}$ (KREITER 2007)

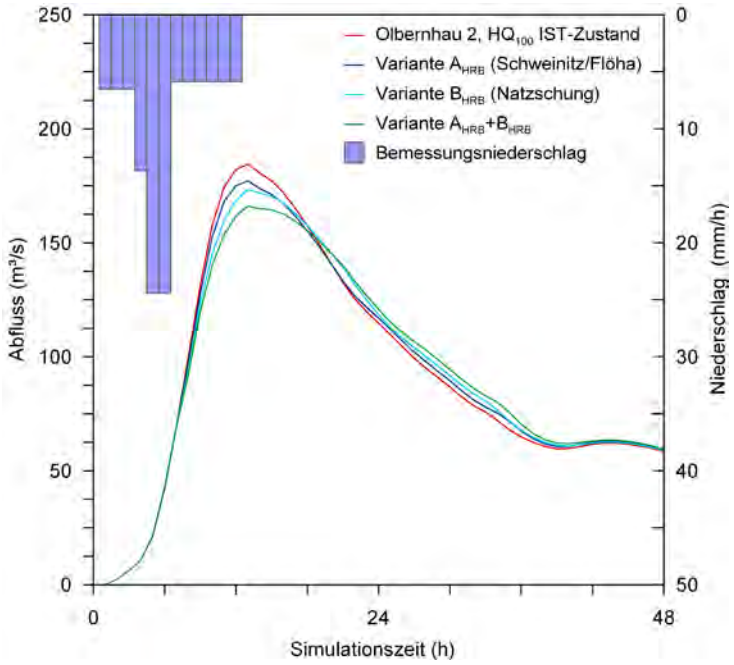


Abb. 6-14: Simulierte Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den IST-Zustand und mit HRB in den verschiedenen Rechenszenarien.

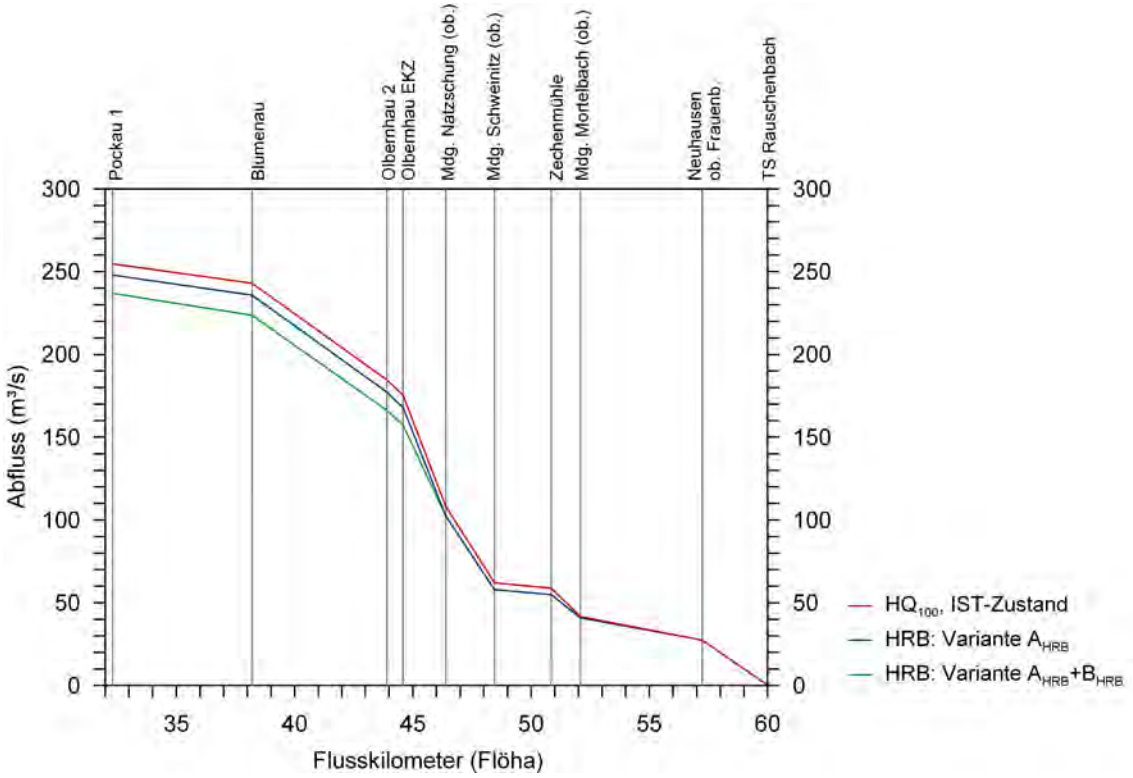


Abb. 6-15: Hydrologischer Längsschnitt der Flöha für den IST-Zustand und die Szenarien A_{HRB} und $A_{HRB}+B_{HRB}$. Der Punkt Olbernhau EKZ befindet sich am Einkaufszentrum Ecke Grünthaler Str./Zum Poppschen Gut.

6.4.2.2 Aufforstung der Talsohlen

Die Ergebnisse für die Rechenszenarien $A_{WA,}$ B_{WA} und A_{WA}+B_{WA} sind in Abbildung 6-16 dargestellt. Der deutlichste Effekt tritt in den Szenarien A_{WA} und A_{WA}+B_{WA} ein, in denen in Olbernhau Scheitelreduktionen von 4,3 (A_{WA}) bzw. 4,2 % (A_{WA}+B_{WA}) und Verzögerungswerte von jeweils 2 Stunden zu verzeichnen sind. Neben der nahezu identischen Scheitelreduktion wird auch anhand der Ganglinie deutlich, dass sich beide Szenarien in ihrer Wirkung nur geringfügig voneinander unterscheiden. Werden wiederum ausschließlich Aufforstungsmaßnahmen in den Tiefenlinien des Einzugsgebiets der Natzschung einbezogen (Szenario B_{WA}) ist festzustellen, dass sich die nachweisbare Reaktion am Pegel Rothenthal nicht in einer Scheitelreduktion in Olbernhau niederschlägt. Im Modell ergibt sich in Variante B_{WA} sogar eine geringfügige Scheitelerhöhungen von 0,5 %, die theoretisch auf eine etwas ungünstige Wellenüberlagerung zurückzuführen ist. Tatsächlich liegt der Wert jedoch im Bereich der Modellunsicherheit und kann somit kaum als signifikant angesehen werden. Insgesamt muss jedoch festgestellt werden, dass Aufforstungsmaßnahmen entlang der Täler der Natzschung und ihrer Zuflüsse über ihre deutlichen lokalen Effekte hinaus offenbar kaum eine Wirkung für Olbernhau entfalten können.

6.4.2.3 Kombination von Hochwasserrückhaltebecken und bewaldeten Talsohlen

Unter Berücksichtigung einer Kombination aus HRB und bewaldeten Talsohlen in den Einzugsgebieten von Schweinitz und Oberer Flöha (Szenario A_{Kom}) ergibt sich bezogen auf das Bemessungsereignis eine Scheitelreduktion von 8,2 % bei gleichzeitiger Verzögerung der Abflussspitze um 2 Stunden. Wird diese Kombination unter Vernachlässigung der übrigen Gebietsteile für das Einzugsgebiet der Natzschung angenommen (Szenario B_{Kom}) liegt die Scheitelminderung am Pegel Olbernhau 2 mit 6,6 % etwas niedriger, wobei eine Verzögerung mit dem gewählten Modellierungszeitschritt von einer Stunde noch nicht nachweisbar ist. Die entsprechenden Ganglinien sind in Abbildung 6-17 dargestellt.

In Szenario A_{Kom}+B_{Kom}, in dem kombinierte Maßnahmen im gesamten Untersuchungsgebiet berücksichtigt werden, erreicht die Scheitelreduktion einen Wert von 12,8 %, während sich die Verzögerung auf 3 Stunden erhöht. Im Modell reduziert sich damit der Scheitelabfluss in Olbernhau von rund 185 m³/s auf 161 m³/s. Nach der aktuell gültigen Pegelstatistik des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie für Olbernhau 2 wäre diesem Wert ein Wiederkehrintervall von weniger als 50 Jahren (HQ_{50}

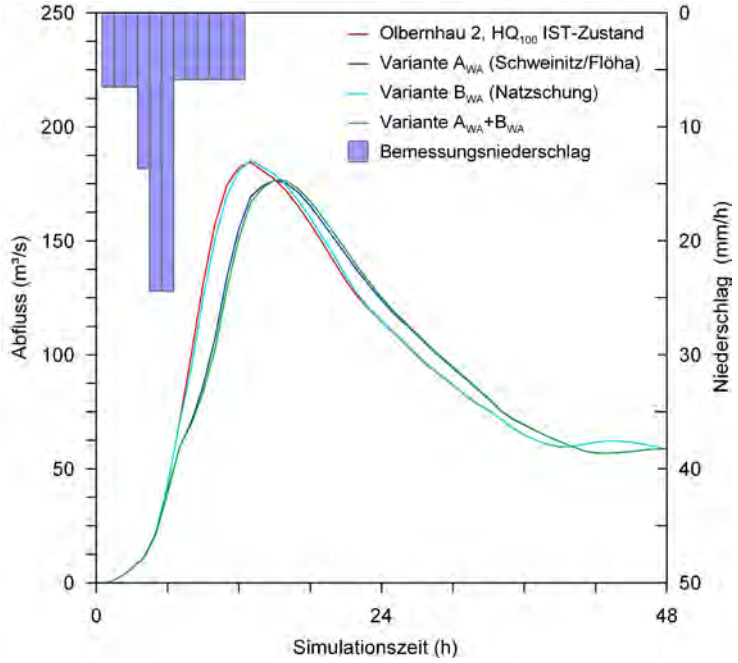


Abb. 6-16: Simulierte Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den IST-Zustand und mit aufgeforsteten Talsohlen in den verschiedenen Rechenszenarien (Maximalszenarien).

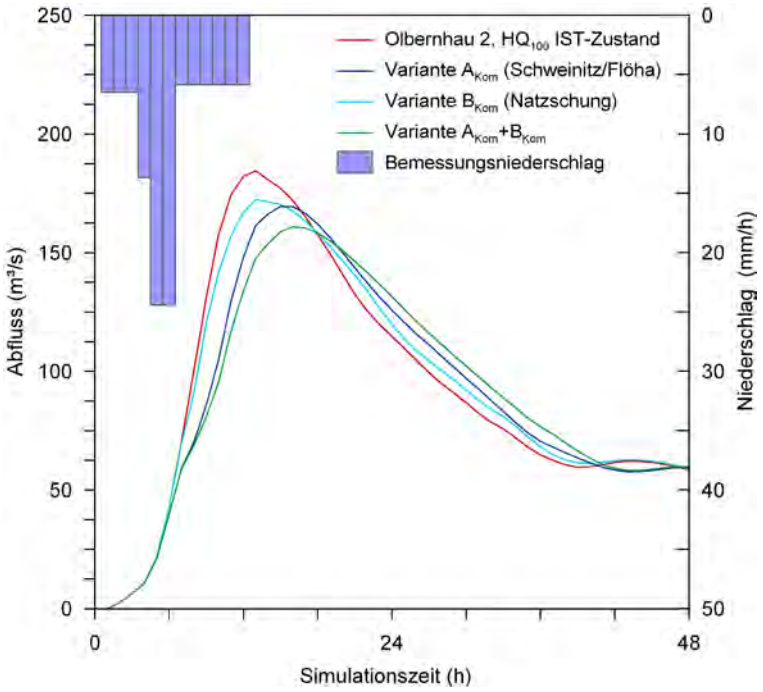


Abb. 6-17: Simulierte Ganglinien am Pegel Olbernhau 2 für den IST-Zustand und eine Kombination aus HRB und aufgeforsteten Talsohlen.

= 168 m³/s) zuzuordnen. In Kapitel 6.3 wird jedoch bereits darauf hingewiesen, dass der Spitzenabfluss für das HQ_{100} in Olbernhau in der Modellierung um 13 % niedriger ausfällt, als in der Pegelstatistik, so dass aufgrund der bestehenden Abweichung die Wiederkehrintervalle der Hochwasserscheitel in den Maßnahmenszenarien offen bleiben müssen.

Der hydrologische Effekt erstreckt sich auch im Kombinationsszenario nicht ausschließlich auf Olbernhau, sondern lässt sich entlang des gesamten untersuchten Abschnitts der Flöha verfolgen (Abb. 6-18). Bis zur Mündung des Mortelbachs liegt die erzielbare Minderung des Hochwasserscheitels noch unter 4 %. Analog zum Szenario $A_{HRB}+B_{HRB}$ erhöht sich die Rückhaltewirkung unterhalb der Einmündung auf 8,7 % (5,1 m³/s), verbleibt auf ähnlichem Niveau bis zur Mündung der Schweinitz und sinkt ab dort leicht ab. Im weiteren Verlauf erhöht sich die Wirkung als Folge einer günstigen Überlagerung mit der Welle der Natzschung bis zum Standort Olbernhau EKZ auf mehr als 12 %. Im Stadtzentrum (Pegel Olbernhau 2) ergibt sich dann der in Abbildung 6-17 dargestellte Verlauf des Hochwassers mit der Minderung um ca. 24 m³/s. Darüber hinaus lässt sich eine ähnlich hohe Abminderung auch für die weitere Fließstrecke bis zum Pegel Pockau 1 verfolgen, wo die absolute Reduktion im Modell bei etwa 28 m³/s liegt. Durch den höheren Gesamtabfluss ergibt sich mit 11,2 % eine etwas niedrigere relative Minderung des Scheitelabflusses als in Olbernhau.

6.4.3 Zusammenfassung

In den einzelnen Szenarien zeigen sich insgesamt sehr unterschiedliche Wirkungen, die in Tabelle 6-7 noch einmal zusammengefasst sind. Mit Ausnahme von Variante B_{WA} konnte in jedem Szenario ein messbarer Beitrag der dezentralen Maßnahmen zum rückhalt in Olbernhau festgestellt werden, wobei sowohl Scheitelreduktion als auch –verzögerung unterschiedlich hoch ausfallen. Die größte Wirkung (12,8 %, 3 h) kann unter Einbeziehung von Hochwasserrückhaltebecken und bewaldeten Talsohlen im Gesamtgebiet (Szenario $A_{Kom}+B_{Kom}$) erzielt werden. Als Folge der komplexen Überlagerung einzelner Teilwellen im Untersuchungsgebiet liegt die Scheitelreduktion dabei jedoch etwas niedriger als die rechnerische Addition der Wirkung von Szenario $A_{HRB}+B_{HRB}$ und $A_{WA}+B_{WA}$ ergeben würde. Die zweitgrößte Scheitelreduktion

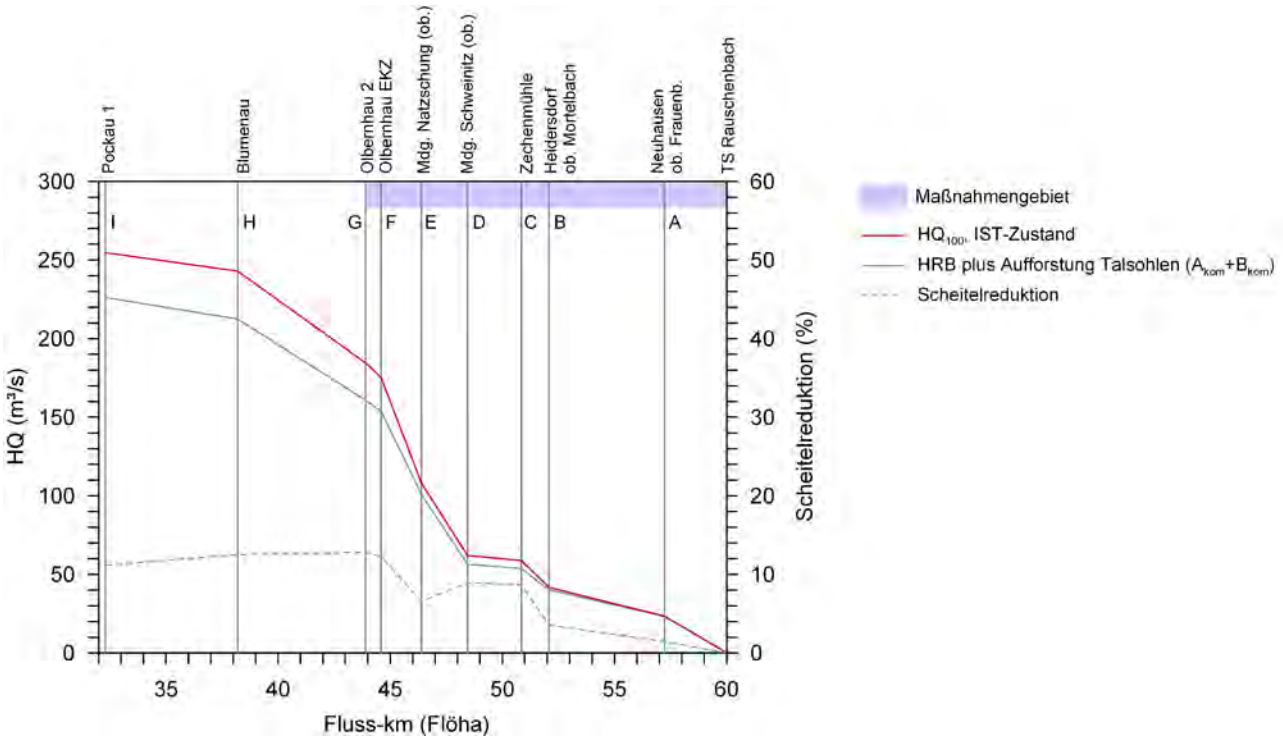


Abb. 6-18: Hydrologischer Längsschnitt der Flöha für den IST-Zustand und das Kombinationsszenario A_{kom}+B_{kom}.

ergibt sich mit 9,9 %, wenn ausschließlich dezentrale Hochwasserrückhaltebecken im Gesamtgebiet (Szenario A_{HRB}+B_{HRB}) berücksichtigt werden.

Vergleicht man die Wirkung von Maßnahmen in einzelnen Gebietsteilen miteinander, lässt sich feststellen, dass die Scheitelreduktion durch Speicher im Einzugsgebiet der Natzschung (Szenario B_{HRB}) bedingt durch das größere spezifische Volumen für Olbernhau etwas höher ausfällt, als durch die potentiellen Standorte in den Einzugsgebieten von Schweinitz und oberer Flöha (Szenario A_{HRB}). Betrachtet man hingegen die Aufforstung der Talsohlen, wird ein deutlich größerer Effekt durch Maßnahmen in den Einzugsgebieten von Schweinitz und oberer Flöha erreicht (Szenario B_{WA}), was nicht zuletzt auf die Retentionspotentiale entlang der Flöha zurückzuführen ist. Kombinierte Maßnahmen in den Einzugsge-

Tab 6-7: Vergleich von Scheitelreduktion und –verzögerung am Pegel Olbernhau 2 für die unterschiedlichen Rechenszenarien

Variante	Scheitelreduktion [%]	Scheitelverzögerung [h]
Hochwasserrückhaltebecken		
A_{HRB}	4,0	–
B_{HRB}	6,0	–
A_{HRB}+B_{HRB}	9,9	–
Aufforstung der Gewässervorländer		
A_{WA}	4,3	2
B_{WA}	-0,5	–
A_{WA}+B_{WA}	4,2	2
Kombination von HRB und Aufforstung der Vorländer		
A_{Kom}	8,2	2
B_{Kom}	6,6	–
A_{Kom}+B_{Kom}	12,8	3

bieten von Schweinitz und Oberer Flöha (Szenario A_{Kom}) zeigen wiederum insgesamt eine höhere Wirkung für Olbernhau als kombinierte Maßnahmen im Einzugsgebiet der Natzschung (B_{Kom}).

6.5 Modellierung von Nutzungsänderungen

Rabea Imjela & Christian Reinhardt-Imjela

6.5.1 Das Modellsystem WaSiM-ETH

Für die modellhafte Abbildung der Auswirkungen potentieller Landnutzungsszenarien auf den Hochwasserabfluss im Untersuchungsgebiet wird das Modellsystem WaSiM-ETH (Schulla 1997) verwendet, welches physikalisch-basierte und untergeordnet konzeptionelle Rechenverfahren nutzt. WaSiM-ETH gehört zu den Werkzeugen, die sehr häufig für die Bearbeitung entsprechender Fragestellungen eingesetzt werden (z.B. Niehoff 2002, Pöhler 2006, Rieger & Disse 2009, 2010), da es u.a. eine sehr detaillierte Parametrisierung unterschiedlicher Vegetationstypen, die Berücksichtigung von Verschlämmungserscheinungen im Bereich landwirtschaftlich genutzter Flächen sowie vertikale Makroporenflüsse ermöglicht.

Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten werden in WaSiM-ETH auf Basis diskreter Rasterzellen erfasst, anhand derer die Eingabeparameter, darunter Landnutzungstypen, Böden und Relief implementiert werden. Die eigentliche Bilanzierung basiert auf einer Reihe von unterschiedlichen Rechenverfahren, die hier zumindest grob umrissen werden sollen. Detailliertere Informationen finden sich z.B. in den Arbeiten von Schulla (1997) und Schulla & Jasper (1998, 2007), denen auch die folgenden Informationen entstammen:

Meteorologische Größen: Die räumliche Verteilung der meteorologischen Parameter (Niederschlag, Temperatur etc.) wird mit Hilfe eines höhenabhängigen Regressionsverfahrens und/oder einer inversen distanzgewichtete Interpolation (IDW) aus punkthaften Stationsdaten (Zeitreihen) abgeleitet. Für die Berechnung der potentiellen Verdunstung wird insbesondere bei zeitlich höheren Auflösungen (größer 24h) das Verfahren nach Penman-Monteith verwendet. Sowohl Temperatur- als auch Globalstrahlungswerte, die in die Berechnung einfließen, werden zuvor einer Abschattungs- sowie Expositionskorrektur unterzogen.

Interzeption: Der Rückhalt von Niederschlagswasser auf der Vegetationsoberfläche wird in WaSiM-ETH mit Hilfe eines Überlaufspeichers abgebildet, dessen Inhalt sich aus Niederschlag und Schneeschmelze, Evaporation und Überlauf ergibt. Die Kapazität dieses Speichers errechnet sich aus den Landnutzungsparametern Blattflächenindex, Vegetationsbedeckungsgrad sowie der maximalen Schichtdicke des Wassers auf der Blattoberfläche. Bei Vegetationsformen mit ausgeprägter vertikaler Schichtung (z.B. Gras-, Strauch- und Baumschicht) ergibt sich die Gesamtinterzeption aus der Summe der schichtspezifischen Interzeptionswerte.

Infiltration: Das Infiltrationsmodell basiert auf dem nichtlinearen Infiltrationsansatz von Green & Ampt (1911) unter Verwendung des Zweistufenmodells für homogene Böden nach Peschke (1977, 1987). Dabei wird davon ausgegangen, dass es sich um ungeschichtete Böden handelt, der Matrixfluss gegenüber dem Makroporenfluss dominiert und die Niederschlagsintensität über das gewählte Zeitintervall konstant ist.

Bodenmodell: Wasserflüsse innerhalb der Bodenmatrix werden in WaSiM-ETH mit Hilfe der Richards-Gleichung modelliert. Dazu wird die ungesättigte Bodenzone zunächst für jede Rasterzelle vertikal in verschiedene Schichten untergliedert, für die die Richards-Gleichung jeweils auf Grundlage eines vertikal eindimensionalen Finite-Differenzen-Verfahrens numerisch gelöst wird. Um die Abhängigkeit der hydraulischen Leitfähigkeit von der Bodenfeuchte zu berücksichtigen, wird der Parametrisierungsansatz von van Genuchten (1976) einbezogen.

Zwischen den Schichten des Bodens laufen darüber hinaus Übergabe- und Austauschprozesse ab, so dass sich ein mehrstufiges Rechenverfahren mit Infiltration, Evaporation aus dem Bodenkörper, vertikalen Flüssen, Zwischenabfluss, Infiltration aus dem und Exfiltration in das Gewässer ergibt.

Parallel zu den Prozessen, die an die Bodenmatrix gebunden sind, erfolgt die Simulation der vertikalen Makroporenflüsse, die auf dem „bypass-flow-con-

cept“ von Jansson & Karlberg (2001) beruht. Der potentielle Makroporenfluss ergibt sich dabei aus den Parametern Makroporentiefe und -kapazität sowie dem Rückgang der Makroporenkapazität mit der Tiefe, wobei die Makroporen erst dann aktiviert werden, wenn sich ein Überstau an der Bodenoberfläche ergibt, d.h. die Niederschlagsintensität die Infiltration in die Bodenmatrix übersteigt. Die tatsächliche Makroporeninfiltration wird durch den Wassergehalt der Bodenmatrix bzw. das freie Porenvolumen begrenzt, d.h. mit zunehmender Bodenfeuchte reduziert sich der Makroporenfluss. Dieser Ansatz berücksichtigt dementsprechend ausschließlich die Makroporeninfiltration, während laterale Fließprozesse entlang von hangparallelen Porensystemen vernachlässigt werden.

Abflusskonzentration und -routing: Für die Berechnung der Abflusskonzentration werden aus digitalem Höhenmodell und Fließgewässernetz Fließzeiten aus den einzelnen Rasterzellen zum Gebietsauslass abgeleitet (Zeit-Flächen-Methode), die zunächst den Translationseffekt, d.h. die zeitliche Komponente der Abflusskonzentration in einem Teileinzugsgebiet, beschreiben. Die Abbildung der Wellenverflachung durch Rückhalteeffekte an der Geländeoberfläche wird im Anschluss daran mit Hilfe von Einzellinearspeichern mit benutzerdefinierten Speicherkonstanten nachgebildet. Am jeweiligen Teilgebietsauslass wird der konzentrierte Abfluss an das Gerinne übergeben, wo er einer erneuten Verformung unterworfen ist. Gerinne- und Vorland werden dabei vereinfacht als Doppelrechteckprofile definiert, deren Dimension mit Hilfe des Analyseprogramms TANALYS ermittelt wird. Die Abbildung der Wellenverformung für Vorland und Gerinne erfolgt wiederum getrennt nach Translation und Retention in drei Teilschritten. Schritt 1 berücksichtigt zunächst die Translation unter der Annahme stationärer Bedingungen innerhalb eines Zeitschrittes. Die Fließgeschwindigkeit kann dabei als ausschließlich von Gerinnecharakteristik und Durchfluss abhängig betrachtet werden, wobei die Berechnung auf der Fließformel nach Manning-Strickler basiert. Aufbauend auf der Translationsrechung erfolgt in einem zweiten Schritt die Bestimmung der Gerinne- und Vorlandretention mit Hilfe von separaten Einzellinearspeichern. Zum Abschluss des Routingprozesses werden die Abflusswellen der einzelnen Teileinzugsgebiete an den jeweiligen Modellknoten überlagert.

6.5.2 Methodische Vorgehensweise

Im Gegensatz zu den bisherigen Arbeitsschritten umfasst die Modellierung mit WaSiM-ETH das Gesamtgebiet zwischen den Pegeln Pockau 1 bzw. Olbernhau 2 und der Talsperre Rauschenbach einschließlich der Natzschung. Das entwickelte Modell der Oberen Flöha basiert auf den Vorarbeiten von M. Ramelow (siehe dazu Schulte et al. 2009), wurde jedoch vollständig überarbeitet, neu strukturiert und parametrisiert.

Basisdaten der Modellierung sind das digitale Höhenmodell des Untersuchungsgebiets sowie digitale Landnutzungs- und Bodeninformationen (eine Übersicht über die verwendeten Datenwerke findet sich im Schriftenverzeichnis). Die Daten werden einem Resampling-Verfahren unterzogen und mit einer Rasterauflösung von 250 m implementiert, so dass eine gegenüber dem Vorgängermodell verdoppelte räumliche Auflösung und damit eine verbesserte Abbildung der räumlichen Strukturen erreicht werden kann.

Das digitale Höhenmodell bildet die Grundlage zur Ableitung von Sekundärparametern wie Teileinzugsgebiete, Hangneigung, Exposition sowie Fließzeiten zur Berechnung der Abflusskonzentration. Hydrologisch setzt sich das Modell dabei aus insgesamt 19 Teileinzugsgebieten zusammen. Im Bereich der Landnutzung ergeben sich 8 verschiedene Vegetations- bzw. Nutzungstypen, die jeweils eine unterschiedliche vertikale Differenzierung aufweisen. Die Abbildung dieser Vegetationsschichten im Modell ist Tabelle 6-8 zu entnehmen. Für die Böden verbleiben nach der Generalisierung durch das Resampling 12 Bodentypen, die mit je einem Leitprofil verknüpft sind. Jedes Leitprofil enthält Angaben zu Horizonten und Korngrößenzusammensetzung, denen wiederum die entsprechenden Van-Genuchten-Parameter zugewiesen werden.

Die Parametrisierung der Makroporeninfiltration basiert auf dem Ansatz von Rieger & Disse (2009), die zwischen den Haupttypen Acker- und Wald unterscheiden. Für die Wald-Strauch-Übergangsstadien wird vereinfachend davon ausgegangen, dass es sich um ehemalige Forstgebiete handelt, in denen die ursprüngliche Makroporenstruktur noch weitestgehend erhalten ist.

Tab. 6-8: Vertikale Differenzierung der Vegetations- bzw. Landnutzungstypen

Nutzungstyp	Vegetationsschichten
Siedlungen	–
Ackerflächen	Feldfrüchte
Wiesen und Weiden	Grasschicht (dichter Bewuchs)
Laubwald	Baumschicht mit Laubgehölzen (Buche) Grasbewuchs
Mischwald	Baumschicht mit Laub- und Nadelgehölzen (Fichte und Buche) Grasbewuchs
Nadelwald	Baumschicht mit Nadelgehölzen (Fichte) Grasbewuchs
Wald-Strauch-Übergangsstadien	Strauchschicht / Aufforstung Grasbewuchs
Torfmoore	Moorvegetation

Für die Kalibrierung des Modells, die sich an den Pegeln Pockau 1 und Olbernhau 2 orientiert, wurden die hydrologischen Jahre 2005, 2006 und 2007 ausgewählt. Die Länge des Zeitabschnittes wird dabei in erster Linie von der Datenverfügbarkeit bestimmt. Das Modellsystem WaSiM-ETH erfordert im Vergleich mit NASIM (Kap. 6.2 und 6.3) eine deutlich größere Menge von Eingabedaten, die für den Zeitraum vor 2004 nicht als vollständiger Parametersatz vorlagen. Betroffen sind davon insbesondere meteorologische bzw. klimatologische Größen wie z.B. Zeitreihen zur Globalstrahlung. Diese Einschränkung führt wiederum dazu, dass Hochwasserereignisse, die vor 2004 abgelaufen sind, wie etwa das Ereignis vom August 2002, nicht für die Modellkalibrierung berücksichtigt werden können. In den modellierbaren Zeitraum fallen daher nur zwei größere Hochwasser, die beiden Frühjahrsereignisse der Jahre 2005 und 2006.

Die Bewertung der Modellgüte basiert zunächst auf einer visuellen Begutachtung der Übereinstimmung von modellierter und gemessener Ganglinie sowie dem modellintern errechneten Bestimmtheitsmaß R^2 (vgl. Legates & McCabe 1999). Um einen Vergleich mit den parallel entwickelten Modellen für die Maßnahmen entlang der Fließgewässer zu ermöglichen, wird ergänzend dazu der Effizienzkoeffizient E nach Nash & Sutcliffe (1970) berechnet und in die Bewertung einbezogen.

Analog zu den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Modellierungen wird auch für die Simulation der Nutzungsänderungen unter Berücksichtigung der amtlichen Pegelstatistik ein HQ_{100} als Bemessungsereignis simuliert. Dazu wird das Modell entsprechend mit den 12-stündigen STRASA-Starkniederschlagshöhen mit einer Verteilungsfunktion nach DVWK-Regel 113 belastet und der Niederschlagswert basierend auf den Erfahrungen aus den vorangegangenen Modellierungen innerhalb der Unsicherheit angepasst. Die obere Randbedingung für die Flöha ist durch den Zufluss aus den Gebieten oberhalb der Talsperre Rauschenbach definiert, die aus der entsprechenden Abgabeganglinie der Talsperre für ein hundertjährliches Ereignis (Landestalsperrenverwaltung Sachsen) generiert wird.

Als Rahmenbedingung für die Simulation des Referenzereignisses werden sommerlich Zustände angenommen. Im Gegensatz zu Rückhaltemaßnahmen in der fließenden Welle (z.B. Hochwasserrückhaltebecken) muss dabei jedoch berücksichtigt werden, dass die Wirkung von Waldbeständen auf die Abflussbildung und Hochwasserentstehung nicht allein vom Ereignis selbst abhängt, sondern auch durch die Vorbedingungen und damit den mittelfristigen Wasserhaushalt vor dem Ereignis gesteuert wird. So können Waldböden im Vergleich zum Freiland beispielsweise eine niedrigere Anfangsbodenfeuchte aufweisen, die sich aus der höheren Transpirationsleistung der Bestände ergibt (Seidel 2008, DWA 2006, Mößmer 2003). Um diesen Effekt in den Nutzungsszenarien nachbilden zu können, ist bereits bei der Simulation

des Referenzereignisses eine ausreichend lange Vorlaufzeit zu berücksichtigen, so dass sich belastbare und möglichst realitätsnahe Vorbedingungen für das eigentliche Ereignis einstellen können. Im vorliegenden Fall wird dazu exemplarisch der bereits in die Kalibrierung einbezogene Zeitraum von Anfang bis Mitte 2005 verwendet, d.h. die Belastung des Modells mit den statistischen Starkniederschlagshöhen folgt direkt auf eine natürliche Vorlaufphase.

Zur Beurteilung des Einflusses der Landnutzung im Untersuchungsgebiet wurden unterschiedliche Modellszenarien entwickelt, die auf den ermittelten Potentialen beruhen (Kap. 5.2) und sich in Maximal- und Realszenarien untergliedern lassen. Eine Übersicht über alle Rechenvarianten gibt Tabelle 6-9. Die Maximalszenarien dienen in erster Linie dazu, die grundsätzliche bzw. maximale Wirkung von Veränderungen der Nutzung abzuschätzen und damit auch die Modellsensitivität zu testen. Darunter fallen die Umwandlung sämtlicher aktueller Ackerflächen in Grünland (GL_{max}), die Komplettbewaldung des Gesamtgebietes mit Ausnahme von Siedlungen und Moorflächen mit unterschiedlichen Forsttypen (Nadelwald: AF-NW_{max}; Mischwald: AF-MW_{max}) sowie der Umbau sämtlicher Nadelwaldbestände in Mischwälder (WU_{max}). Die Realszenarien berücksichtigen hingegen Maßnahmen, die in Bezug auf ihren Umfang einfacher umzusetzen sind (AF-MW_{lokal}), auf aktuellen Planungen beruhen (AF-MW_{RPL}) oder als Prognose mögliche Entwicklungen annehmen (WSÜ-NW, WSÜ-MW).

Szenario AF-MW_{lokal} betrachtet die überörtliche Wirksamkeit lokaler Aufforstungen mit Mischwäldern am Beispiel besonders abflusswirksamer Flächen in der Umgebung der Ortschaft Seiffen (vgl. dazu Kap. 6.3.2.2 bzw. Reinhardt 2010). Im Gegensatz dazu werden in Variante AF-MW_{RPL} nur diejenigen Flächen mit Mischwäldern aufgeforstet, die im Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge als Vorbehaltsflächen Waldmehrung bzw. Wald-Feld-Wechsel ausgewiesen sind (Karte 15). Die Szenarien WSÜ-NW und WSÜ-MW gehen von der Annahme aus, dass die noch vorhandenen Wald-Strauch-Übergangsstadien mittelfristig zu geschlossenen Waldbeständen entwickelt werden können, wobei aus den beiden Varianten der für den Hochwasserschutz geeignetere Waldtyp herausgearbeitet werden soll. Szenario WU_{850} basiert auf dem maximalen Waldumbauszenario $WU_{max,}$ trägt jedoch dem Umstand Rechnung, dass der Umbau von Nadelwaldbeständen auf Gebirgsstandorten oberhalb von 850 m nicht mehr als sinnvoll erachtet wird. Der Unterschied zwischen beiden Varianten fällt jedoch nur sehr gering aus (Karte 15).

Bei der Implementierung wird in erster Linie die Verteilung der Landnutzungsklassen entsprechend der Szenariovorgaben (Tab. 6-9) verändert. Die Parametrisierung basiert dabei ausschließlich auf Parametersätzen, die bereits im Ist-Zustand für die entsprechenden Vegetationstypen angesetzt werden (Tab. 6-8). In Anlehnung an Rieger & Disse (2009) werden zusätzlich dazu für jede Rasterzelle auch die Parameter im Bodenmodell einschließlich Wurzeltiefe, Makroporenkapazität- und -tiefe sowie hydraulische Leitfähigkeit an den neuen Nutzungstyp angepasst. Analog zur Hochwassersimulation im IST-Zustand orientieren sich auch die Rechenszenarien an sommerlichen Bedingungen und berücksichtigen die entsprechende

Tab. 6-9: Landnutzungsszenarien mit Kurzbezeichnung

Kurzbezeichnung	Beschreibung
GL_{max}	Umwandlung aller Ackerflächen in Grünland
WSÜ-NW	Zukunftsszenario 1: Entwicklung der Wald-Strauch-Übergangsstadien zu Nadelwäldern
WSÜ-MW	Zukunftsszenario 2: Entwicklung der Wald-Strauch-Übergangsstadien zu Mischwäldern
AF-NW_{max}	Komplettbewaldung des Untersuchungsgebiets mit Nadelwäldern
AF-MW_{max}	Komplettbewaldung des Untersuchungsgebiets mit Mischwäldern
AF-MW_{RPL}	Aufforstung mit Mischwäldern entsprechend der regionalplanerischen Vorbehaltsflächen Waldmehrung
AF-MW_{lokal}	Aufforstung der Ackerflächen in der Umgebung von Seiffen mit Mischwald
WU_{max}	Umbau sämtlicher bestehender Nadelwaldbestände in Mischwälder
WU_{850}	Umbau der Nadelwaldbestände unter 850 m NN in Mischwälder

halbjährige Vorlaufzeit zur Erfassung einer je nach vorherrschendem Nutzungstyp veränderten Bodenvorfeuchte.

6.5.3 Ergebnisse

6.5.3.1 Modellkalibrierung und Simulation des Bemessungsereignisses

Die Modellierung der hydrologischen Jahre 2005 bis 2007 als Basis der Modellkalibrierung führt zu Ergebnissen, die je nach Pegel sichtbare Unterschiede aufweisen. Für den Pegel Pockau 1 zeigt sich im qualitativen Vergleich eine gute Übereinstimmung der simulierten Abflussganglinie mit der Pegelzeitreihe (Abb. 6-19). Die beobachteten Abflussereignisse werden in ihrem Verlauf plausibel nachgebildet, wobei im Bereich der Abflussspitzen sowohl Über- als auch Unterschätzungen zu verzeichnen sind. Der Scheitel des Frühjahrshochwassers von 2005 weicht im Modell nur wenig vom beobachteten Wert ab, während das Ereignis von 2006 deutlich unterschätzt wird. Bezogen auf den Gesamtzeitraum erreichen sowohl das Bestimmtheitsmaß als auch der Nash-Sutcliffe-Koeffizient einen Wert von 0,85 (Tab. 6-10), so dass für den Pegel Pockau 1 von einer sehr guten und tragfähigen Kalibrierung ausgegangen werden kann.

Auch für den Pegel Olbernhau 2 ist festzustellen, dass die simulierte Ganglinie den Verlauf der Pegelzeitreihe nachvollzieht (Abb. 6-19), wenngleich mit deutlicheren Abweichungen als am Pegel Pockau 1. Die Abflussspitzen werden hier eher unterschätzt, was insbesondere auf die beiden größeren Ereignisse von 2005 und 2006 zutrifft. Zudem ist für die Hochwasser im Modell auch ein etwas zu niedriger Abfluss während des abfallenden Astes der Welle zu verzeichnen. Bei beiden Hochwassern handelt es sich jedoch um Ereignisse, die an die Schneeschmelze gekoppelt sind, so dass der Schluss naheliegt, dass die Abweichungen kausal an das Schneemodell gebunden und damit für die folgenden Arbeitsschritte unproblematisch sind. Gleiches gilt auch für den Zeitraum Februar bis April 2007.

Tab. 6-10: Gütemaße für den Kalibrierungszeitraum 2004 bis 2006

	Pegel Pockau 1	Pegel Olbernhau 2
E	0,85	0,61
R^2	0,85	0,76

Auffällig ist weiterhin, dass im Januar und Februar 2006 zwar in der Pegelganglinie in Olbernhau erhöhte Abflüsse auftreten, im Modell jedoch keine signifikante Reaktion zu verzeichnen ist. Hinzu kommt, dass die gemessenen Abflüsse dieses Zeitabschnittes deutlich höher ausfallen, als am Pegel Pockau 1. Neben natürlichen Ereignissen müssen deshalb auch mögliche Fehlwerte in der Pegelzeitreihe in die Bewertung einbezogen werden. Denkbar ist beispielsweise, dass sich hier ein kleineres Hochwassersignal mit Fehlwerten etwa infolge von Vereisungen überlagert. Trotz dieser Einschränkungen deuten die Gütemaße (Tab. 6-10) darauf hin, dass die Kalibrierung auch für den Pegel Olbernhau 2 noch als gut bis sehr gut einzustufen ist. Insbesondere der für Abweichungen in den Extremwerten (Hochwasserspitzen) sehr sensitive Effizienzkoeffizient E erreicht einen Wert von 0,61 und zeigt damit eine durchaus zufriedenstellende Kalibrierung an.

Wird das kalibrierte Modell mit den 12-stündigen statistischen Starkniederschlagshöhen belastet, ergibt sich der in Abbildung 6-20 dargestellte Ereignisverlauf. Um den statistischen HQ_{100} Abfluss am Pegel Pockau 1 zu erreichen, ist dabei eine Abminderung des Niederschlagswertes erforderlich, die bei 12,5 % liegt und damit niedriger ausfällt, als bei der Modellierung mit NASIM. Da es sich jedoch um zwei Softwarepakete mit sehr unterschiedlichen Ansätzen zur Prozessbeschreibung handelt, sind die Abminderungsfaktoren nicht unmittelbar vergleichbar und dürfen deshalb auch nicht als direktes Qualitätsmerkmal betrachtet werden. Vielmehr liegen derartige Unterschiede im Bereich der Modellunsicherheit und sind dementsprechend zu werten.

Entscheidender ist hingegen das Verhältnis der Abflussspitzen der beiden Bezugspegel zueinander. Mit einem simulierten Abfluss von 184 m^3/s weist der Scheitel am Pegel Olbernhau 2 einen nahezu identischen Wert auf, wie in der Simulation mit NASIM (Kap. 6.3.2.1), so dass von vergleichbaren Bedingungen in beiden Modellen ausgegangen werden kann.

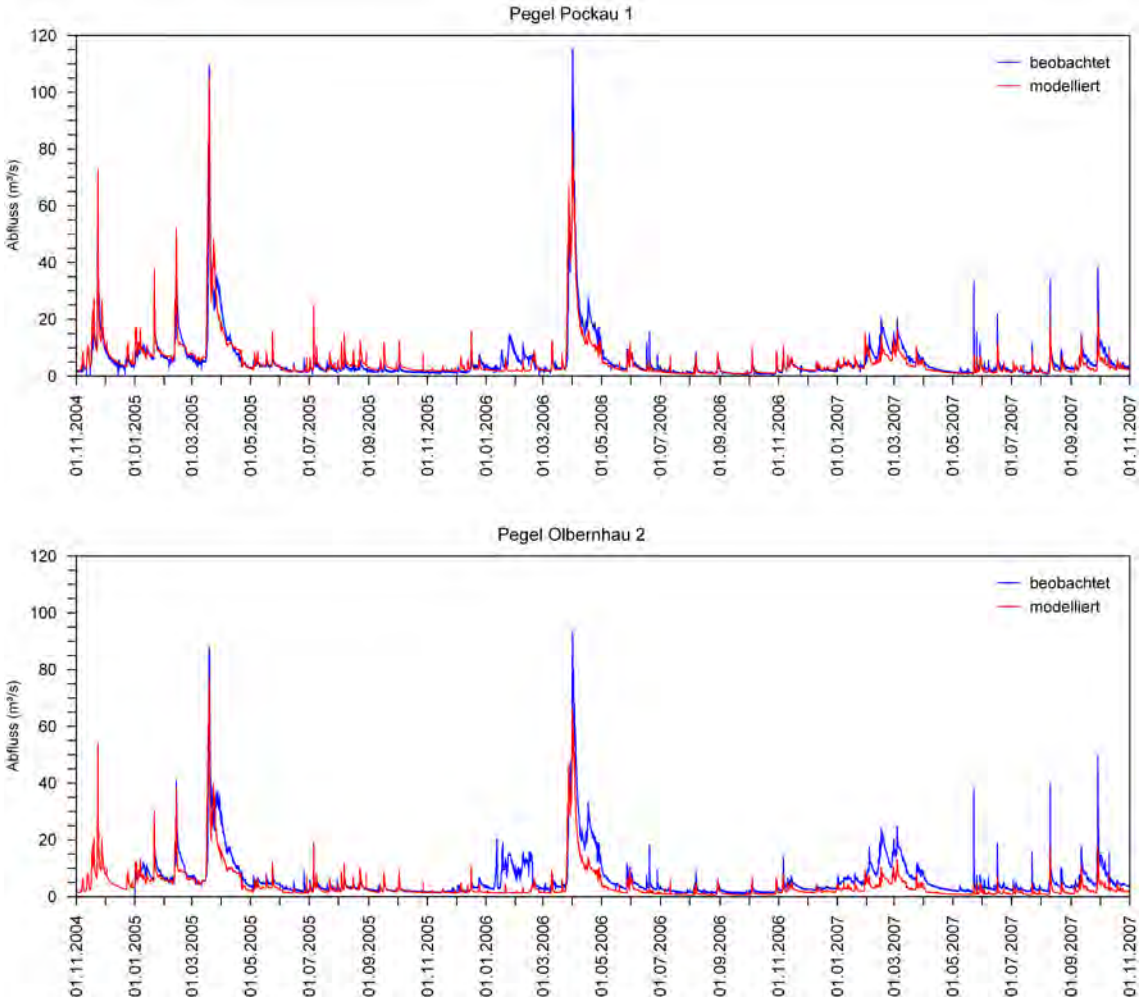


Abb. 6-19: Simulationsergebnisse für den Kalibrierungszeitraum November 2004 bis Oktober 2007, Pegel Pockau 1 und Olbernhau 2.

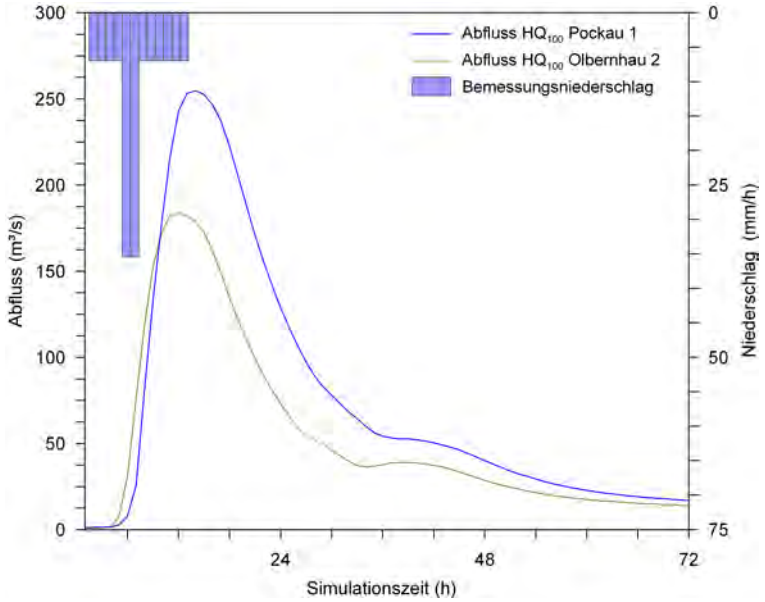


Abb. 6-20: HQ_{100}-Simulation an den Pegeln Pockau 1 und Olbernhau 2 mit WaSiM-ETH für das 12-stündige Niederschlagsereignis.

6.5.3.2 Landnutzungsszenarien

Bei der Analyse der Effekte der Landnutzungsszenarien ist zunächst festzustellen, dass die Szenarioganglinien den simulierten Ereignisverlauf im Ist-Zustand prinzipiell nachvollziehen, d.h. analog zum Ist-Zustand zeigt sich in allen Szenarien ein steiler Anstieg der Abflüsse, ein schmal ausgeprägter Scheitel sowie ein etwas weniger steil ausgeprägter abfallender Ast. Je nach Szenario sind jedoch über den gesamten Ereignisverlauf unterschiedliche hohe Abflusswerte zu verzeichnen (Abb. 6-21). Wie in anderen Maßnahmenbereichen hängt die Rückhaltewirkung dabei sehr stark von Art und Umfang der implementierten Veränderungen ab. Die höchsten Werte für die potentielle Abflussreduktion werten erwartungsgemäß in den Maximalszenarien erreicht, während die durch einen geringeren Umfang der Nutzungsänderungen gekennzeichneten Realszenarien auch deutlich geringere Effekte zeigen.

a) Komplettbewaldung des Untersuchungsgebiets

Obwohl diese Varianten für eine Umsetzung nicht relevant sind, veranschaulichen sie jedoch den prinzipiellen Einfluss der Waldsysteme im Untersuchungs-

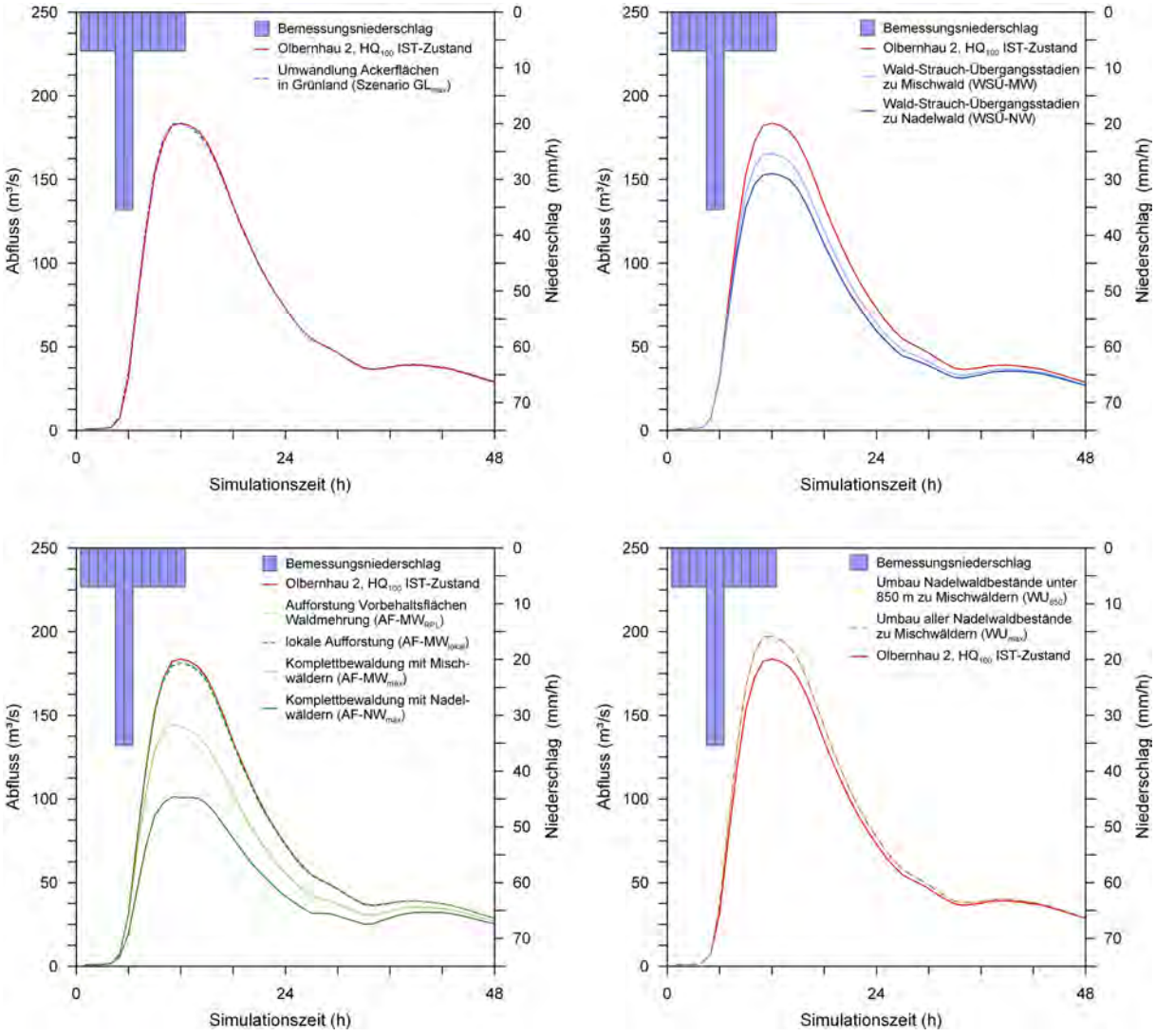


Abb. 6-21: Simulierte Hochwasserganglinien am Pegel Olbernhau 2 für die einzelnen Nutzungsszenarien im Vergleich mit dem Ist-Zustand.

gebiet auf die Hochwasserentstehung. Betrachtet man dazu zunächst die ereignisbezogenen Wasserhaushaltskomponenten (Abb. 6-22), ist unter der Annahme einer Komplettbewaldung mit Ausnahme von Siedlungen und Moorflächen in beiden Szenarien (AF-NW_{max}, AF-MW_{max}) eine deutliche Reduktion des Gesamtoberflächenabflusses festzustellen. Gleichzeitig erhöht sich die Matrixinfiltration gegenüber dem Ist-Zustand stark, während die Menge des durch Interzeption zurückgehaltenen Wassers nur geringfügig steigt. Eine leichte Erhöhung der Makroporeninfiltration ist im Modell ebenfalls zu erkennen, wobei die Veränderung weit hinter der Matrixinfiltration zurückbleibt. Die deutliche Steigerung der Infiltration ist im Modell einerseits auf die höhere hydraulische Leitfähigkeit der Waldböden zurückzuführen. In Szenario AF-NW_{max} kommt andererseits hinzu, dass die Anfangsbodenfeuchte noch einmal deutlich niedriger ausfällt (Abb. 6-23) und so die Infiltration zusätzlich begünstigt wird.

In Szenario AF-MW_{max} (Mischwald) liegt die mittlere Gebietsbodenfeuchte hingegen zur Ereignisbeginn nur geringfügig unter dem Ist-Zustand und spielt damit keine so entscheidende Rolle. Dieser Effekt wird dadurch verursacht, dass zwar Ackerflächen im Szenario aufgeforstet werden, anderseits aber auch existierende Nadelwälder in Mischwälder umgewandelt werden, die eine im Vergleich zu reinen Nadelwaldbeständen etwas höhere Vorfeuchte bedingen. Somit gleicht sich im Mittel die Vorfeuchte trotz Aufforstung nahezu aus.

Als Ergebnis der erhöhten Infiltration und der veränderten Vorfeuchte fällt der simulierte Hochwasserscheitel am Pegel Olbernhau 2 um 45,1 % (AF-NW_{max}) bzw. 22 % (AF-MW_{max}) niedriger aus als im Ist-Zustand (Abb. 6-21).

b) Entwicklung der Wald-Strauch-Übergangsstadien

Die Szenarien WSÜ-MW und WSÜ-NW sind aufgrund ihrer Entwicklungspotentiale zunächst aus praktischer Sicht interessant. Da in beiden Varianten identische Flächenanteile betrachtet werden, lassen sich darüber hinaus aber auch die Unterschiede zwi-

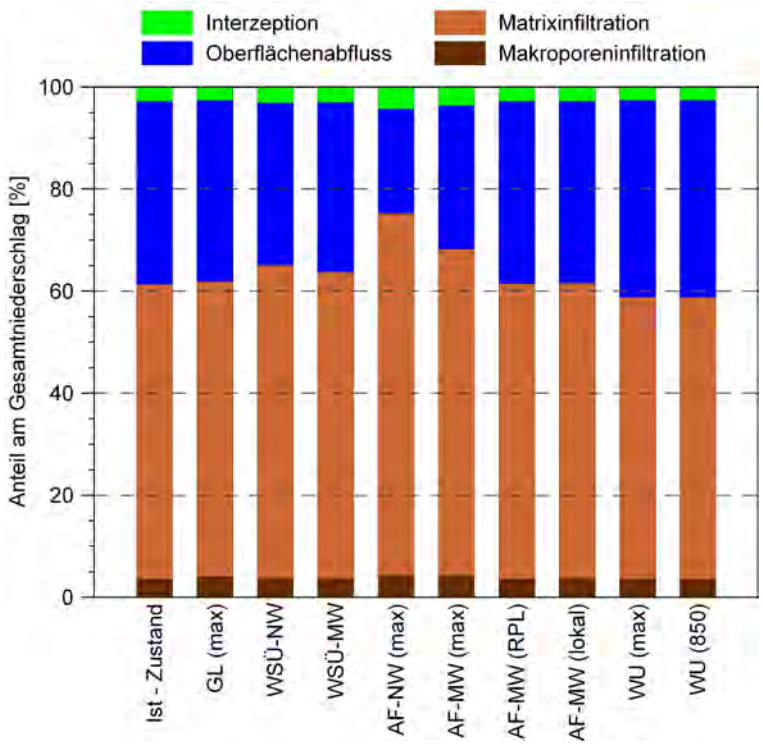


Abb. 6-22: Modellierte Veränderung der Aufteilung des Bemessungsniederschlags auf die einzelnen Wasserhaushaltskomponenten nach Nutzungsszenarien.

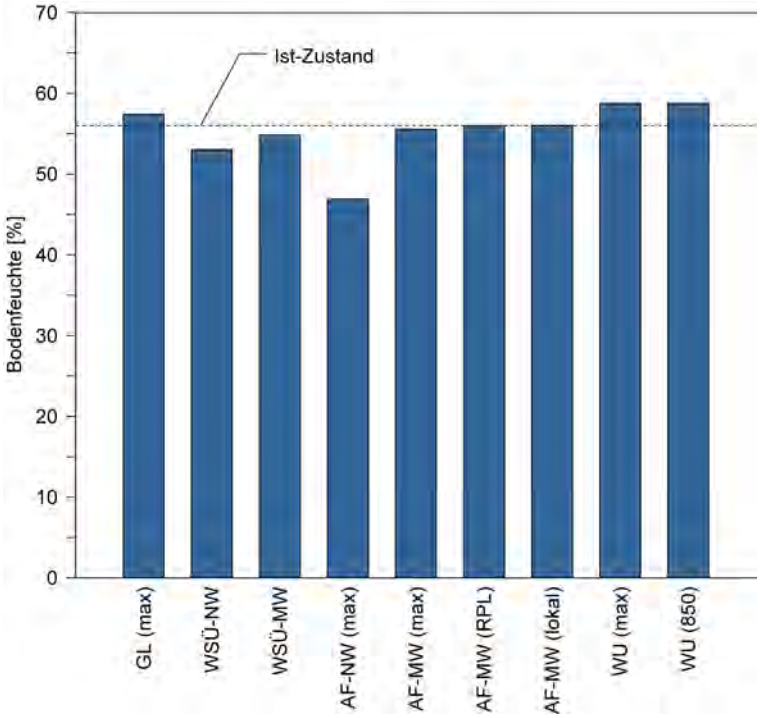


Abb. 6-23: Simulierte mittlere Gebietsbodenfeuchte in der ungesättigten Zone vor dem HQ_{100} (Anfangsbodenfeuchte) bezogen auf das Gesamtporenvolumen.

schen den beiden Waldtypen im Hinblick auf das Wasserrückhaltevermögen darstellen. In beiden Szenarien ergeben sich ähnliche Rückhaltewirkungen, wobei das Gesamtvolumen der Hochwasserwelle reduziert wird und der Hochwasserscheitel im Modell 16,4 % (WSÜ-NW) bzw. 10 % (WSÜ-MW) niedriger ausfällt als im Ist-Zustand (Abb. 6-21). Dabei ist in beiden Varianten eine verbesserte Matrixinfiltration zu verzeichnen (Abb. 6-22), die im Fall der Entwicklung zu Nadelwäldern etwas deutlicher ausgeprägt ist, als unter der Annahme von Mischwäldern. Da im Modell im Hinblick auf die hydraulische Leitfähigkeit nicht zwischen Nadel- und Mischwaldböden differenziert wird, ist dieser Unterschied im Wesentlichen auf die geringere Vorfeuchte im Bereich der Nadelwaldbestände (Abb. 6-23) zurückzuführen.

c) Aufforstungsszenarien

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Nutzungsszenarien zeigen die Varianten mit stark örtlich begrenzten Aufforstungsmaßnahmen nur geringe Unterschiede zum Ist-Zustand. Die Aufforstung der im Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge enthaltenen und über das Gebiet verteilten Vorbehaltsflächen Waldmehrung bzw. Wald-Feld-Wechsel mit Mischwäldern (Szenario $AF\text{-}MW_{RPL}$, Karte 15) bewirkt im Modell lediglich eine Scheitelminderung von 0,8 % (Abb. 6-21). Wird beispielhaft von der lokalen Aufforstung der Ackerflächen in der Umgebung von Seiffen ausgegangen (Szenario $AF\text{-}MW_{lokal}$), liegt die überörtliche Wirkung mit einer Reduktion der Hochwasserspitzen von 1,3 % in Olbernhau geringfügig höher. Parallel dazu zeigen sowohl die Wasserhaushaltskomponenten als auch die Vorfeuchte kaum Unterschiede zum Ist-Zustand. Die Ursache für den schwach ausgeprägten Einfluss in diesen Szenarien ist im Flächenanteil der Maßnahmen zu sehen. Durch den geringen Anteil der aufgeforsteten Flächen an der Gesamtfläche des Einzugsgebiets kann sich keine deutlichere Wirkung einstellen.

Ein anderes Bild ergibt sich in Szenario $AF\text{-}MW_{lokal}$ jedoch bei der Betrachtung der lokalen Wirkung, wozu das Beispiel des Seiffener Bachs herangezogen werden kann. Da die Ackerflächen um Seiffen stark zur Entstehung von Hochwasserabflüssen beitragen, zeigt die Aufforstung dieser Bereiche im Modell eine

entsprechend hohe Wirkung. An der Mündung des Seiffener Bachs liegt der prognostizierte HQ_{100}-Abfluss um 22,8 % niedriger als unter den aktuellen Bedingungen (Abb. 6-24). Auch im Szenario AF-MW_{RPL} ist noch ein geringer lokal wirksamer Retentionseffekt erkennbar. Eine signifikante örtliche Wirkung kann dementsprechend auch bei Maßnahmen erreicht werden, die überörtlich nur geringe Effekte zeigen. Auch hier ist das Verhältnis von aufgeforsteter Fläche zur Gesamtfläche des betrachteten Teileinzugsgebiets entscheidend.

d) Waldumbau

Die beiden betrachteten Waldumbauszenarien WU_{max} und WU_{850} zeigen im direkten Vergleich von Hochwasserscheiteln und Wasserhaushaltskomponenten keine wesentlichen Unterschiede. Damit entspricht dieses Ergebnis den Erwartungen, die sich aufgrund der geringen Anzahl von Waldflächen, die aktuell über 850 m NN liegen, einstellen (Karte 15). Interessant ist jedoch die Tatsache, dass der Waldumbau im Vergleich mit dem Ist-Zustand im Modell zu einer Erhöhung des Hochwasserscheitels führt (Abb. 6-21), die bei 7,5 % liegt. Auffällig ist, dass sich dabei der Anteil des Oberflächenabflusses erhöht, während die Matrixinfiltration zurückgeht (Abb. 6-22). Da auch beim Umbau der Waldbestände kein Unterschied in der hydraulischen Leitfähigkeit von Nadel- und Mischwaldböden besteht, ist dieser Effekt nur durch die höhere Vorereignisfeuchte in den umgebauten Waldbeständen bedingt (Abb. 6-23).

e) Grünland

Eine Umwandlung sämtlicher Ackerflächen in Dauergrünland führt im Modell zu keiner nennenswerten Beeinflussung der Hochwasserentstehung. Sowohl die Hochwasserganglinie als auch die Wasserhaushaltskomponenten reagieren nur in sehr geringem Maß auf die geänderte Nutzung (Abb. 6-21 und 6-22). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Ackerflächen während der Sommermonate bewachsen sind, so dass der Unterschied zwischen Acker und Grünland vergleichsweise gering ausfällt. Der Vorteil des Grünlandes ist somit eher darin zu sehen, dass die Bodenoberfläche im Gegensatz zu Ackerflächen ganzjährig von Vegetation bedeckt ist und das im Sommer ausgeprägte Wurzel- und Makroporengefüge nicht im Herbst durch Pflügen gestört wird. Eine im Vergleich zu Ackerflächen höhere Retentionsfähigkeit ist deshalb eher außerhalb der Anbau- bzw. Vegetationsperiode zu erwarten.

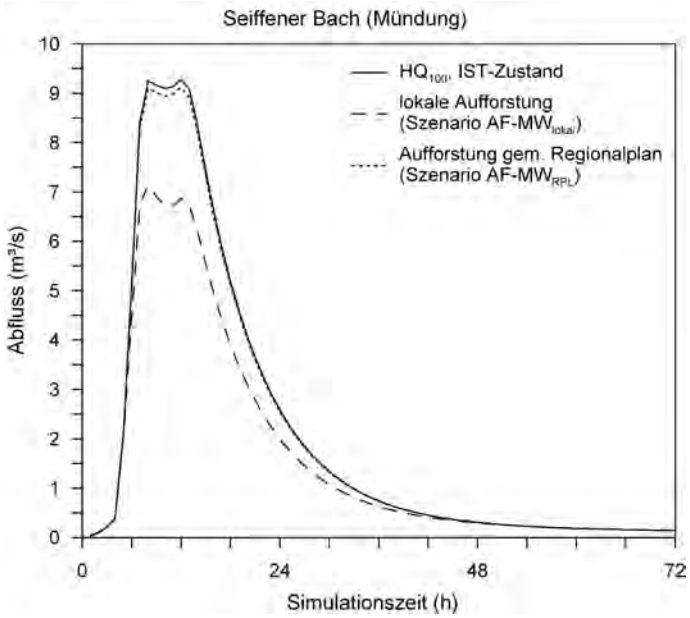


Abb. 6-24: Lokale Wirkung von Aufforstungsmaßnahmen im Szenario AF-MW_{lokal} am Beispiel des Seiffener Bachs.

Tab 6-11: Modellergebnis zur Reduktion der Hochwasserscheitel im Stadtgebiet von Olbernhau (Pegel Olbernhau 2) nach Landnutzungsszenarien. Negative Vorzeichen kennzeichnen eine Erhöhung des Hochwasserscheitels

Variante	ΔHQ [m²/s]	ΔHQ/HQ [%]
GL_{max}	0,2	0,1
WSÜ-NW	30,1	16,4
WSÜ-MW	18,3	10,0
$AF\text{-}NW_{max}$	82,8	45,1
$AF\text{-}MW_{max}$	40,4	22,0
$AF\text{-}MW_{RPL}$	1,4	0,8
$AF\text{-}MW_{lokal}$	2,4	1,3
WU_{max}	-13,7	-7,5
WU_{850}	-13,7	-7,5

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Vergleich der einzelnen Nutzungsszenarien sehr große Unterschiede in der Retentionswirkung auftreten, die im Wesentlichen mit der mehr oder weniger ausgeprägten Infiltration in Zusammenhang stehen. Tabelle 6-11 fasst die erzielbaren Scheitelreduktionen noch einmal zusammen und gibt darüber hinaus auch einen Überblick über die zugehörige absolute Minderung.

6.5.3.3 Diskussion und Schlussfolgerungen

Bevor die Landnutzungsszenarien einer abschließenden Bewertung im Hinblick auf ihr Wasserrückhaltevermögen unterzogen werden können, sind zunächst einige grundlegende methodische Aspekte zu erörtern. Hydrologische Modelle sind naturgemäß mit Unsicherheiten behaftet, die sich aus den Modellsystemen mit den zugrundeliegenden Rechenverfahren und den simplifizierenden und approximierenden Annahmen der Modellentwicklung sowie den Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Erfassung der Eingabeparameter ergeben (vgl. Merz 2006). Die realen Bedingungen werden folglich in idealisierter Form und mit mehr oder weniger starken Vereinfachungen sowie daraus resultierenden Unsicherheiten wiedergegeben. Aussagen, die anhand von Modellergebnissen getroffen werden, können dementsprechend nur unter den gesetzten Rahmenbedingungen und unter Berücksichtigung der Modellunsicherheiten gültig sein.

Bei der Prognose der hydrologischen Wirkung von Nutzungsänderungen sind neben den generellen Unsicherheiten und Vereinfachungen von N-A-Modellen und den jeweiligen Softwarepaketen insbesondere diejenigen Annahmen wichtig, die bei der Parametrisierung der Nutzungstypen bzw. Vegetation getroffen werden. Das System Vegetation ist in seiner gesamten Komplexität im Modell kaum zu erfassen, so dass die Vegetationsstruktur einer Abstrahierung in Bezug auf ihre horizontalräumliche und vertikale Variabilität unterliegen muss (vgl. Tab. 6-8). Dies schließt neben den Modellparametern im Ist-Zustand auch die Rechenszenarien ein. Hinzu kommt, dass das komplexe hydrologische Verhalten der Vegetationstypen anhand einer begrenzten Anzahl von Parametern beschrieben wird.

Neben der Abstrahierung der Vegetationsstruktur müssen auch bei der Parametrisierung der Bodenzone in Abhängigkeit vom Nutzungstyp bestimmte Annahmen getroffen werden. So wird bei dem verwendeten Ansatz, der sich an Rieger & Disse (2009) anlehnt, davon ausgegangen, dass Waldböden u.a. eine höhere hydraulische Leitfähigkeit aufweisen. Die modellierte Infiltration und damit die Retentionsleistung fällt damit zwangsläufig höher aus, als bei anderen Nutzungstypen (z.B. Ackerflächen). In Bezug auf die Makroporeneigenschaften können in WaSiM-ETH zwar Unterschiede der Nutzungstypen berücksichtigt werden, diese beschränken sich jedoch auf vertikale Wasserflüsse. Schnelle Zwischenabflüsse in hangparallelen Makroporensystemen, die insbesondere in Mittelgebirgen Anteil an der Bildung von Hochwasserabflüssen haben, können aufgrund fehlender Re-

chen- und Parametrisierungsansätze bei gleichzeitig extrem hohem Aufwand bei der Datenbeschaffung nicht berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf den Hochwasserrückhalt im Untersuchungsgebiet veranschaulichen die Ergebnisse trotz der bestehenden Modellunsicherheiten, dass der Forst unabhängig vom Bestandstyp die am besten geeignete Nutzungsform darstellt. Eine wesentliche Wirkung besteht dabei in der höheren Infiltrationsleistung der Waldböden, die im Modell durch die größere hydraulische Leitfähigkeit bestimmt wird und in den Szenarien zu einer deutlichen Reduktion der Oberflächenabflüsse und der Hochwasserscheitel führen kann. Entscheidend ist jedoch der Bodenwassergehalt in der ungesättigten Zone, der unter Wäldern niedriger ausfällt, als bei Acker- oder Grünlandnutzung. Durch diesen Effekt steht zu Beginn des Ereignisses potentiell ein größerer Teil des Bodenspeichers für die Infiltration zur Verfügung. Geht man von den Ergebnissen von Heller & Kleber (2011) aus, könnte eine geringere Vorfeuchte wiederum auch dazu führen, dass der Zwischenabfluss in den periglazialen Deckschichten, speziell über der Basislage, vermindert werden kann. Präferentielle Fließwege entlang von hangparallelen Wurzelsystemen bleiben davon jedoch unbeeinflusst. Die höhere Interzeption tritt indes gegenüber der verbesserten Infiltration in den Hintergrund.

Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass die Wirkung von Aufforstungen bei ergiebigen Niederschlägen vor dem eigentlichen Ereignis und damit verbundener höherer Vorfeuchte geringer ausfallen würde, als im Modell nachgewiesen. Grundsätzlich bestätigen die Ergebnisse damit die bereits bestehende Erkenntnis, dass die Effektivität von Maßnahmen, welche die Abflussbildung beeinflussen, nicht zuletzt auch von der Füllung des Bodenspeichers vor dem Ereignis und damit von den Vorregenbedingungen abhängt.

Bei der Bewertung der Effekte von flächenhaften Aufforstungen müssen die mittel- bis langfristigen Einwirkungen auf den Wasserhaushalt also ebenso in die Betrachtung einbezogen werden, wie die Eigenschaften des Niederschlagsereignisses. Dies ist deshalb notwendig, da im Hochwasserfall eine Überlagerung ereignisabhängiger Wasserhaushaltskomponenten (Interzeption, Makroporeninfiltration usw.) mit den durch die Vorbedingungen gesteuerten Faktoren (nutzungsabhängige Bodenvorfeuchte) eintritt. Deshalb wäre eine ereignisbezogene Bewertung, die vom Wasserhaushalt entkoppelt ist, auch nicht sinnvoll.

Hinzu kommt, dass der Wassergehalt der ungesättigten Bodenzone auch einen deutlicheren Einfluss auf die Hochwasserentstehung zu haben scheint, als die erhöhte Makroporeninfiltration in den Waldbeständen. Der Einfluss der Makroporen hängt jedoch stark von den verwendeten Werten und deren Übereinstimmung mit den realen Bedingungen ab. Insbesondere der Parameter „Rückgang der Makroporenkapazität mit der Tiefe“ ist – da im Gelände nur schwer flächendeckend zu bestimmen – mit Unsicherheiten behaftet und fließt deshalb als Eichgröße ein. Für die verbleibenden Makroporenparameter müssen Literaturwerte angesetzt werden, so dass auch hierbei mit Abweichungen von den tatsächlichen Gebietseigenschaften zu rechnen ist.

Inwiefern Nutzungsänderungen zu einer Verbesserung des Hochwasserrückhalts führen, hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab: a) vom Umfang der Maßnahmen und b) vom Bestandstyp. Die Rechenszenarien verdeutlichen, dass mit einem höheren Waldanteil auch eine größere Hochwasserschutzfunktion erreicht wird. Besondere Bedeutung kommt hierbei den Wald-Strauch-Übergangsstadien zu, die z.T. ehemalige Waldschadensgebiete repräsentieren und deren gezielte Entwicklung zu geschlossenen Waldbeständen im Modell einen deutlichen Beitrag zum Hochwasserrückhalt leistet. Geplante Waldmehrungsmaßnahmen, wie sie im Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge enthalten sind, zeigen hingegen aufgrund ihres geringen Anteils an der Gesamtfläche des untersuchten Gebietes nur wenig Wirkung. Diese Maßnahmen sind zwar als sehr sinnvoll zu erachten, um eine signifikante überörtlich wirksame Verbesserung des Hochwasserrückhalts zu erreichen, ist jedoch eine Erweiterung der Flächen erforderlich. Im Rahmen der Regionalplanung ist dies prinzipiell möglich, da solche Waldflächen besondere Schutzfunktionen erfüllen würden (Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge: RPV (2008), Abschnitt G 6.2.11). Mit zunehmendem relativen Anteil der Waldmehrung an einem (Teil-) Einzugsgebiet erhöht sich die Effektivität, d.h. im Fall von kleineren Einzugsgebieten wie dem Seiffener Bach (A_{EZG}: 10 km²) können auch regionale Aufforstungsflächen einen Beitrag zum Hochwasserschutz leisten. Aber

auch hier ist der Anteil der für Aufforstungsmaßnahmen zur Verfügung stehenden Flächen entscheidend.

Im direkten Vergleich mit Nadelwäldern erscheinen Mischwälder im Untersuchungsgebiet etwas weniger für den Wasserrückhalt geeignet zu sein. Dieses Ergebnis ist jedoch unmittelbar an die Bodenvorfeuchte und damit die Frage gebunden, wie viel Wasser der Bestand über die Evapotranspiration den Böden vor dem Ereignis entziehen kann. Dies hängt wiederum sehr stark davon ab, welche Baumartenzusammensetzung tatsächlich entwickelt wird. Hinzu kommt, dass in naturnahen Mischwäldern häufig auch eine zusätzliche Strauchschicht ausgeprägt sein kann, die eine weitere Stärkung von Evapotranspiration (Reduktion Bodenfeuchte) und der Interzeption bewirken würde. In einem solchen Fall würde das Modell die tatsächlichen Retentionseffekte von Mischwäldern leicht unterschätzen. Der modellierte Unterschied zwischen der Retentionswirkung von Nadel- und Mischwäldern sollte deshalb mit der gebotenen Vorsicht und mit Rücksicht auf die modellierte Vegetationsstruktur betrachtet werden.

Dass Waldumbaumaßnahmen im Hinblick auf den Hochwasserschutz eher zu einer Erhöhung der Hochwasserscheitel führen, ist aus modelltechnischer Sicht plausibel. Im direkten Verglich von Nadel- und Mischwäldern (z.B. Szenario WSÜ-NW vs. WSÜ-MW) fällt die Vorfeuchte bei Nadelwäldern deutlich geringer aus, als bei Mischwäldern, so dass sich der verfügbare Bodenspeicher vergrößert. Gleichzeitig reduziert sich bei Mischwäldern auch die Interzeptionskapazität, die zu Beginn des Ereignisses noch wirksam ist. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Sonnemann et al. (2008), die für die Einzugsgebiete von Trebnitz und Gottleuba (Erzgebirge) festgestellt haben, dass bei einer maximalen Bewaldung der Einzugsgebiete die Abflussscheitel unter der Annahme von Mischwäldern höher ausfallen würden. Durch die geringere Vorfeuchte sind Nadelwaldbestände aus Sicht der Abflussbildung demnach eher für den Hochwasserrückhalt geeignet. Sonnemann et al. (2008) weisen aber gleichzeitig darauf hin, dass bei einer standortgerechten Baumartenvielfalt, wie sie für Mischwälder typisch sind, stabilere Waldökosysteme entstehen und damit das Risiko für Schädlingsbefall sowie Sturmkalamitäten reduziert wird. Diese Stabilität der Wälder kann prinzipiell auch für den Hochwasserrückhalt von Bedeutung sein. Wenn jedoch kleinflächige Aufforstungen wie in Szenario Szenario AF-MW_{RPL} kaum eine überörtliche Wirkung zeigen, muss im Umkehrschluss davon ausgegangen werden, dass Kahlflächen, selbst wenn sie die gleiche Fläche erreichen würden, aus überörtlicher Sicht (Olbernhau) ebenfalls unproblematisch sind. Ein anderes Bild ergibt sich wiederum für Gemeinden in den Quellgebieten (örtlicher Maßstab), wo sich bereits kleinere Kahlflächen negativ auf die Hochwasserscheitel auswirken können.

Für die Verbesserung des flächenhaften Wasserrückhaltes im Einzugsgebiet der Oberen Flöha lassen sich auf Grundlage der Modellergebnisse die folgenden Schlussfolgerungen formulieren:

1.) Da Wälder als günstigste Nutzungsform gelten können, ist ein hoher Waldanteil von außerordentlicher Bedeutung für den Hochwasserrückhalt. Obwohl Waldflächen im untersuchten Gebiet bereits einen großen Anteil an der Gesamtfläche aufweisen, ist eine Erweiterung der Waldbestände für den Hochwasserschutz sinnvoll. Dabei muss auch über eine Waldmehrung nachgedacht werden, die deutlich über die im Regionalplan ausgewiesenen Vorbehaltsgebiete hinausgeht.

2.) Besondere Bedeutung kommt den Entwicklungs- und Aufforstungsgebieten im Bereich der Wald-Strauch-Übergangsstadien zu. Unter der Annahme voll entwickelter, geschlossener Bestände für diese Flächen zeigt sich eine deutliche Minderung der Hochwasserscheitel.

3.) Im Hinblick auf den Bestandstyp deutet sich aus hydrologischer Sicht ein Vorteil von Nadelwäldern gegenüber Mischwäldern an. Wesentlich ist hier die geringer Vorfeuchte unter den Nadelwaldbeständen, so dass im Hochwasserfall ein größeres Speichervolumen zur Verfügung steht. Bei der Interpretation sind jedoch die Unsicherheiten bei der Parametrisierung der Vegetationskörper zu berücksichtigen. Gleichzeitig sind aber auch die ökologischen Potentiale standortgerechter Mischwaldsysteme zu beachten.

6.6 Modellierung dezentraler Maßnahmen im Einzugsgebiet der oberen Chomutovka

Michal Jeníček

6.6.1 Methodische Vorgehensweise

Die Simulation des Niederschlag-Abflussverhaltens der Oberen Chomutovka, für die das konzeptionelle, flächendetaillierte Modellsystem HEC-HMS (Feldman 2000) verwendet wird, erfolgt in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird ein Modell für den IST-Zustand erstellt, geeicht und verifiziert. Im Anschluss daran werden kleine, ungesteuerte Rückhaltbecken in das Modell implementiert und ihr Einfluss auf die Hochwasserwelle untersucht. Die Untersuchungen, zu denen auch der Einfluss des Wiederkehrintervalls gehört, erfolgen auf Basis beobachteter und simulierter Hochwasserereignisse.

Für die Modellierung wird das Einzugsgebiet in acht Teileinzugsgebiete untergliedert. Sämtliche Parameter zur Beschreibung des Untersuchungsgebietes, darunter z. B. die hydrologischen Bedingungen zu Beginn der Simulation, werden auf diese Teileinzugsgebiete bezogen. Die Parametrisierung der Teileinzugsgebiete erfolgt auf Basis des SCS-Verfahrens (USACE 1994; Feldman 2000), welches das CN-Konzept für die Berechnung der Abflussvolumen verwendet. Anhand der Methodik von Novák et al. (2003) wird mit Hilfe der Software ArcGIS ein Raster mit einer Zellgröße von 50 m erstellt, in dem jede Zelle einen CN-Wert enthält. Danach werden die Mittelwerte für jedes Teileinzugsgebiet berechnet. Darüber hinaus werden folgende Methoden für die Berechnung der Modellkomponenten benutzt: Clark-Einheitsganglinienverfahren für die Direktabflussberechnung (Direct-Runoff Model), Exponential Recession Model zur Berechnung des Basisabflusses (Base Flow Model) sowie das Muskingum-Verfahren für die Berechnung der Wellentranslation (Channel Model), welches insbesondere für kleine Einzugsgebiete geeignet ist. Der Modellaufbau ist in Abbildung 6-25 dargestellt. Aus der Abbildung geht auch die Lage der Speicher hervor (Bezeichnung Reservoir 1 bis 3).

Die Kalibrierung und Verifizierung des Modells erfolgt an einem größeren Teil des Einzugsgebietes der Chomutovka. Für den Pegel Tišina im oberen Einzugsgebiet existieren bislang nur kurze Durchflussreihen (1,5 Jahre), so dass auf die Daten des Pegels III.

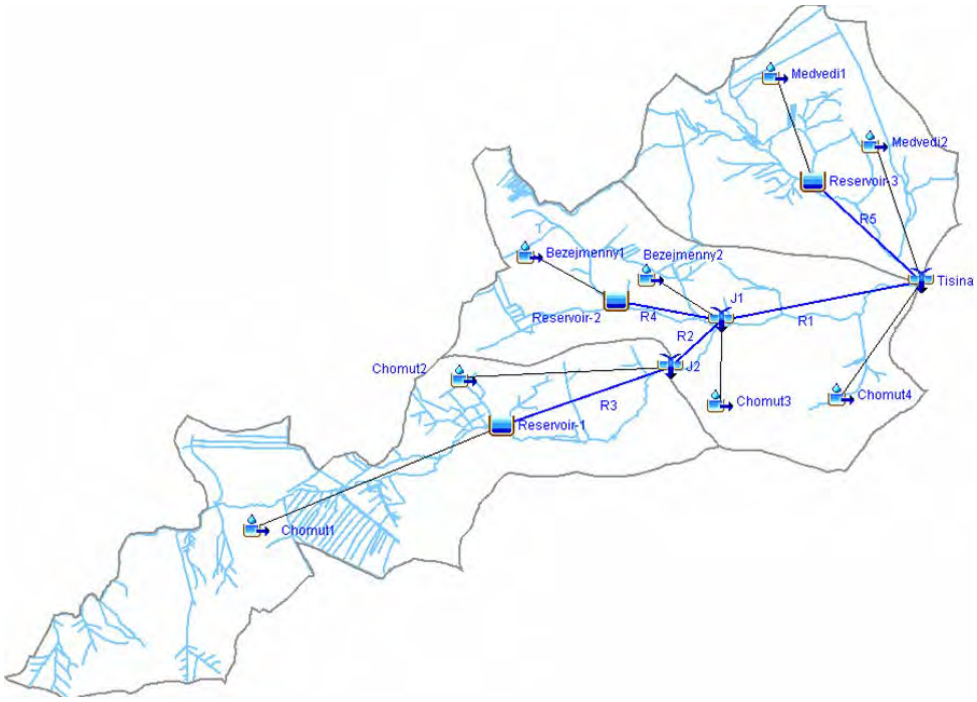


Abb. 6-25: Struktur des Einzugsgebiets der oberen Chomutovka im Modell HEC-HMS.

Mlýn (Fläche 45,5 km2) zurückgegriffen werden muss. Die Kalibrierung wird anhand des Ereignisses vom September 2007 (27. 9. 2007 – 1. 10. 2007) durchgeführt (Abb. 6-26). Für dieses Ereignis erreicht das Modell einen Nash-Sutcliffe-Koeffizienten von 0,9. Darauf aufbauend wird das Modell am Hochwasserereignis vom August 2002 (11. – 19. 8. 2002) validiert (Abb. 6-26). Der Nash-Sutcliffe-Koeffizient liegt hier lediglich bei 0,28, was durch die starke Überschätzung des Hochwasserscheitels verursacht wird. Eine zeitliche Verschiebung ist hingegen nicht zu beobachten. Die Unsicherheit, die sich bei der Verifizierung zeigt, ist die größte Schwäche des Models.

Im folgenden Schritt werden im Einzugsgebiet drei ungesteuerte Kleinspeicher in zwei Varianten simuliert. Die Volumen werden durch terrestrische Vermessung bestimmt. Bei der Bestimmung der Dammparameter wird von Voraussetzung ausgegangen, dass die Anordnung der Drosseln in verschiedenen Ebenen den größten Effekt hat, d.h. je höher der Wasserspiegel im Stauraum ist, desto größer ist der Abfluss aus dem Speicher.

Die Modellierung der Abflussreaktion für den Zustand ohne und mit Speichersystem erfolgt für vier Niederschlagsereignisse mit Wiederkehrintervallen von 10, 20, 50 und 100 Jahren und einer Dauerstufe von 24 Stunden. Niederschlagsdaten werden durch das Tschechische Hydrometeorologische Institut (CHMI) bereitgestellt. Für die statistische Einstufung des zugehörigen Hochwasserereignisses fehlen jedoch die zugehörigen Durchflussdaten. Der Zeitschritt der Berechnung wird mit 15 Minuten angesetzt. Die Evapotranspiration wird vernachlässigt, was im Falle kurzer Ereignisse eine annehmbare Vereinfachung darstellt.

6.6.2 Ergebnisse

Die Auswirkung des Speichersystems ist in Abbildung 6-27 dargestellt. In allen Diagrammen ist die deutliche Reduktion des Hochwasserscheitels zu erkennen. Variante „A“ zeigt eine geringere Wirkung im Vergleich mit Variante „B“. Ursache ist die geringere Größe der Speicher in Variante „A“ sowie die unterschiedliche Anordnung der Drosseln und Sicherheitsüberfälle. Die Simulationen zeigen, dass bereits die Anordnung der Drosseln großen Einfluss auf die Höhe des Hochwasserscheitels hat. Ausgewählte Kenndaten der simulierten Ereignisse sind in der Tabelle 6-12 dargestellt.

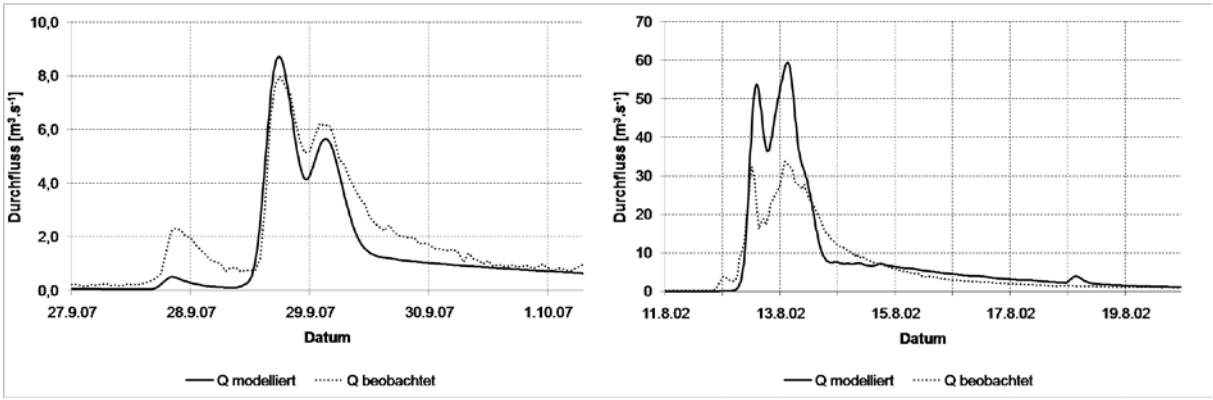


Abb. 6-26: Kalibrierung des Modells am Hochwasser im August 2005 (links) und Validierung des Models am Hochwasser im August 2002 (rechts).

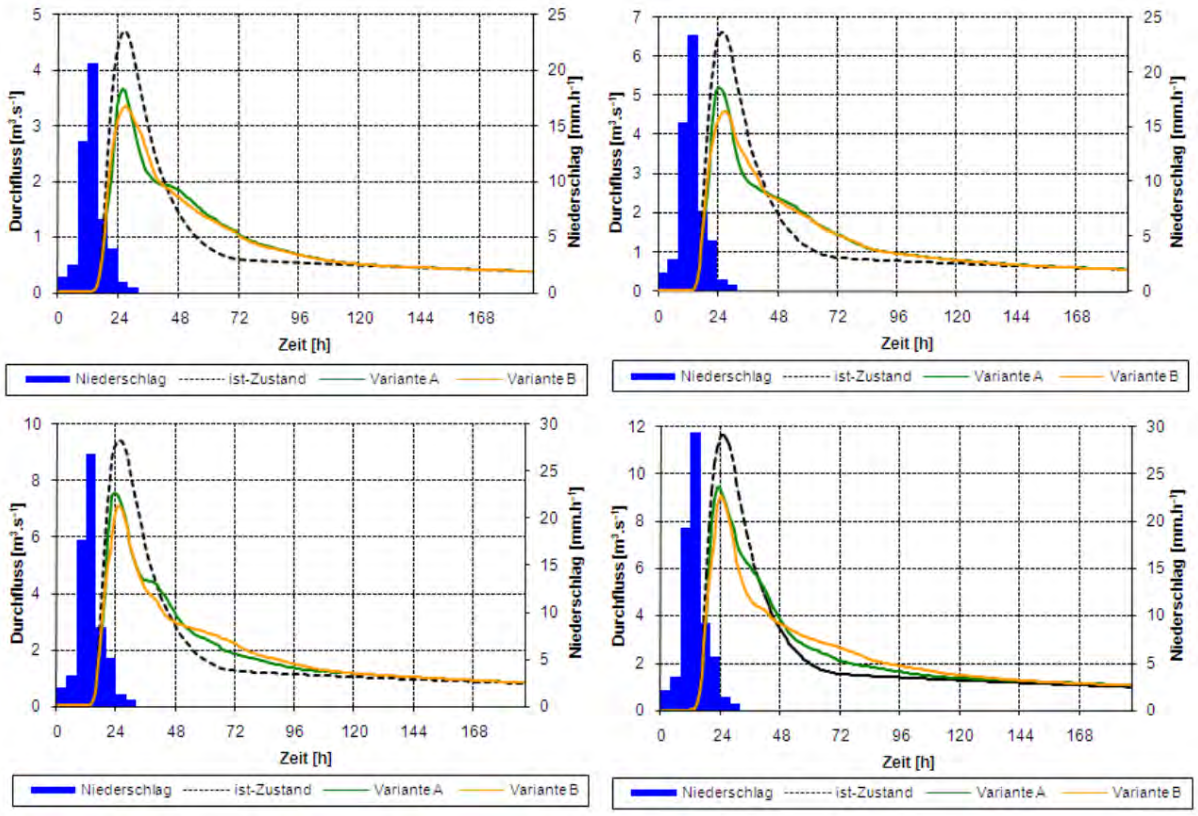


Abb. 6-27: Einfluss der dezentralen Speicher auf die Abflussprozesse bei Niederschlagsereignissen unterschiedlicher Wiederkehrintervalle: 10 a (oben links), 20 a (oben rechts), 50 a (unten links) und 100 a (unten rechts).

Tab. 6-12: Ausgewählte Parameter für die simulierten Hochwasserwellen

	N_{10}	N_{20}	N_{50}	N_{100}
Niederschlag [mm]	50,13	56,68	65,10	71,15
HQ – IST-Zustand [m³/s]	4,72	6,61	9,41	11,64
HQ – Variante A [m³/s]	3,67	5,22	7,55	9,45
HQ – Variante B [m³/s]	3,36	4,62	7,10	9,09
Reduktion – IST-Zustand / A [%]	22,31	21,14	19,75	18,85
Reduktion – IST-Zustand / B [%]	28,82	30,22	24,52	21,95

Bei den Simulationen wird auch der maximale Wasserspiegel in jedem Speicher bestimmt. Das Ziel war es dabei, die Drosseln so anzuordnen, dass bei einem 100-jährlichen Niederschlag der ganze Retentionsraum genutzt werden kann. In Abbildung 6-28 ist der maximale Wasserspiegel in jedem Becken für die simulierten Ereignisse dargestellt.

Die Verifizierung der Rückhaltekapazität sowie der Anordnung und Kapazität der Drosseln und der Sicherheitsüberfälle erfolgt für das größte gemessene Hochwasser anhand des Gesamtniederschlages und des Hochwasserscheitels und -volumens beim Hochwasser vom August 2002. Die Niederschläge im Einzugsgebiet lagen in diesem Zeitraum bei 237 mm in 72 Stunden. Bei der Simulation mit dem Speichersys-

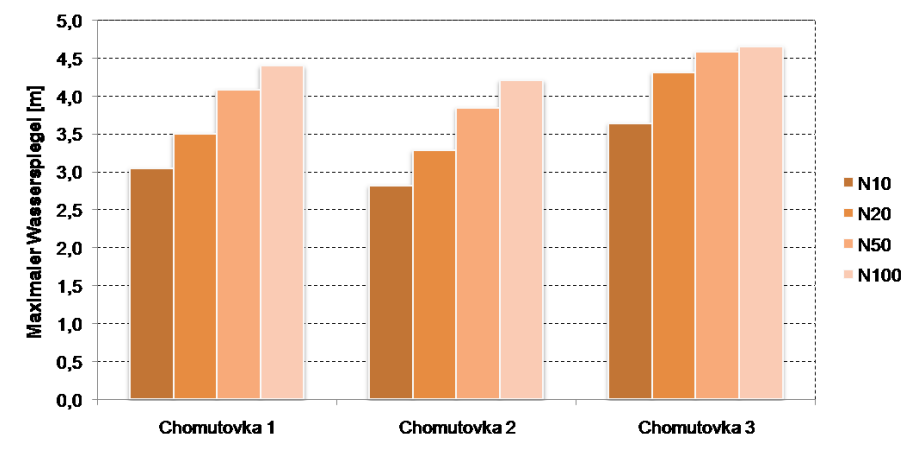


Abb. 6-28: Maximaler Wasserspiegel in den Speichern bei einer Stauhöhe von 5 m und unterschiedlichen Niederschlagsereignissen.

tem wird nur die Abnahme während der ersten Hochwasserwelle betrachtet. Dabei ergab sich eine Reduktion von aus 25,4 m^3/s auf 23,2 m^3/s (8,7 %) bei einer Verzögerung um 45 Minuten. Bei der zweiten Welle nach 12 Stunden wurde kein Einfluss beobachtet (Scheitel 24,7 m^3/s). Obwohl es dabei nicht zum Überlaufen der Speicher gekommen ist, wird deutlich, dass die Maßnahmen nur bei Hochwassern bis zu einem bestimmten Wiederkehrintervall wirksam sind.

6.6.3 Diskussion

Bei der Simulation werden Hochwasser mit unterschiedlichen Scheitelabflüssen simuliert, die sich aus dem Wiederkehrintervall der Niederschläge ergeben. Dazu ist anzumerken, dass ein 100-jährlicher Niederschlag nicht zwangsläufig auch zu einem HQ_{100} führt, obwohl vorausgesetzt werden kann, dass der Scheitel dem HQ_{100} sehr nahe kommt. Mangels entsprechender Daten für den Pegel Tišina können die simulierten Ereignisse nicht direkt einem Wiederkehrintervall zugeordnet werden.

Die größte Schwäche des Models ist die Kalibrierung. Dazu ist festzustellen, dass die Probleme v.a. durch das verwendete SCS CN-Verfahren verursacht werden. Es ist sehr schwer, ein Modell so zu kalibrieren, dass jeder Ereignistyp modelliert werden kann (verschieden Ursachen, Extremitäten, usw.). Diese Tatsache wird u. a. von Beven (2001) thematisiert. Darüber hinaus ergibt das SCS CN-Verfahren unrichtige Ergebnisse bei mehrgipfeligen Niederschlägen. Hierbei entspricht die simulierte Abflusswelle nicht der Realität, wie die Abflussganglinie in der rechten Graphik in Abbildung 6-26 zeigt. Während der Projektlaufzeit standen leider keine weiteren Daten zur Verfügung, die oben genannte These näher zu überprüfen.

Die Simulationen zeigen befriedigende Ergebnisse für 24-stündige Niederschlagsereignisse mit Wiederkehrintervallen bis 100 Jahre. Allerdings ist die Kapazität des Speichersystems für ein extremes Hochwasser wie im August 2002 nicht ausreichend.

Sehr wichtig ist auch die Eichung der Dammparameter, wie Anordnung und Kapazität der Drosseln und Sicherheitsüberfälle. Das System mit verschiedenen Drosselgrößen auf verschiedenen Höhenniveaus zeigt die besten Ergebnisse. Der Wirkung liegt in einem nichtlinearen Verlauf der Abflusskurve aus dem Speicher sowie dem besten „timing“ des Hochwasserscheitels (Zeitverzögerung, Wellenüberlagerung des Scheitels).

7. Kosten und Priorisierung der Maßnahmen

7.1 Einführung

Das folgende Kapitel konzentriert sich auf die Vorschläge zu technischen Maßnahmen in Form der dezentralen Hochwasserrückhaltebecken und deren Kostenabschätzung sowie Priorisierung. Für die übrigen Maßnahmen wie Aufforstung von Gewässervorländern, Gewässerrenaturierung und Nutzungsänderungen ist eine solche Kostenabschätzung kaum möglich, da zahlreiche Faktoren sehr starken lokalen wie regionalen Schwankungen unterworfen sind. So können z.B. die Kosten für den Erwerb von Grundstücken für Nutzungsänderungen im Gerinnevorland aber auch in der Fläche je nach Standortbedingungen sehr stark variieren. Da im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen für die flächenhaften Maßnahmen im Gegensatz zu den Standorten für HRB keine parzellenscharfe Ausweisung vorgenommen werden kann, ist eine belastbare Kostenschätzung folglich nicht möglich.

Hinweise auf potentielle Kosten für verschiedene flächenhafte Maßnahmen finden sich im Entwurf zum DWA-Merkblatt M550 (DWA 2013): Im Fall von Gewässerrenaturierungen lassen sich keine pauschalen Abschätzungen anstellen, da diese von der Länge des renaturierten Abschnitts, dem Umfang der Maßnahme (Revitalisierung oder komplette Renaturierung) und der Größe des Gewässers abhängen und dementsprechend stark streuen. Für die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland fallen ca. 500 €/ha an. Für Aufforstungsmaßnahmen mit Edellaubbäumen sind 2.150 €/ha und zusätzlich 3.000 €/ha für die Einzäunung der Neubestände zu veranschlagen. Die Kosten variieren dabei je nach Baumart, wobei für die Setzlinge zwischen 0,40 €/St. (Fichte) und 1,50 €/St. (Pappel) anzusetzen sind. Die Kosten für die Anlage von Auwäldern liegen bei 5.000 - 10.000 €/ha.

Im Gegensatz dazu sind die Baukosten für Hochwasserrückhaltebecken deutlich präziser abzuschätzen, da die entsprechenden Standorte im vorliegenden Fall exakt bestimmt wurden. Im Folgenden werden deshalb zunächst die Kosten der potentiellen HRB bestimmt. Im Anschluss werden diese dann anhand Ihrer hydrologischen Wirksamkeit priorisiert.

7.2 Hochwasserrückhaltebecken

7.2.1 Kostenkalkulation für dezentrale Hochwasserrückhaltebecken

Frederike Balzer, Stefanie Neumann, Christian Reinhardt-Imjela

7.2.1.1 Einleitung

Im Hinblick auf die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen zum dezentralen Rückhalt in der fließenden Welle ist einer der abschließenden Arbeitsschritte die monetäre Berechnung der potentiellen Hochwasserrückhaltebecken. Im Vordergrund dieser Analyse steht die Abschätzung der Kosten, die durch den Bau der Hochwasserrückhaltebecken entstehen. Neben den sogenannten Investitionskosten, werden Betriebs- und Folgekosten berücksichtigt.

Um der Bandbreite der in Frage kommenden Baumaßnahmen gerecht zu werden, wurde ein auf MS Excel basierendes Programm entwickelt, das eine Kostenschätzung der potentiellen Hochwasserrückhaltebecken ermöglicht. Die durchgeführte Analyse beschränkt sich auf die Kostenschätzung standardisierter, dezentraler Kleinspeicher, die im Einzugsgebiet der Schweinitz, Flöha und Natzschung als potentielle Standorte untersucht, vermessen, in ihrer Wirkung simuliert und bewertet wurden (Kap. 5 und 6).

Hinsichtlich der Grundlagen zur Kostenschätzung werden eine Reihe von Einführungswerken verwendet. Vor allem die “Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnung”, welche von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser erstellt wurden (LAWA 1998), geben einen guten Überblick über die genaue Vorgehensweise bei der Durchführung von wasserwirtschaftlichen Kostenberechnungen. Die technischen Eckdaten zu Planung, Bau und Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken sind in der DIN 19700-12 festgelegt.

Mit den ökonomischen Aspekten bei dezentralen Rückhaltebecken in kleinen Einzugsgebieten befassen sich z.B. Röttcher & Tönsmann (1999), die zu dem

Schluss kommen, dass aus der Untersuchung eines einzelnen Einzugsgebietes keine allgemein gültigen Regeln für das Nutzen-Kosten-Verhältnis anderer topographisch ähnlicher Einzugsgebiete abgeleitet werden können. Röttcher (2006b) betont, dass zwar in einigen durchgeführten Projekten Angaben zur Höhe der entstandenen Kosten gegeben werden, diese aber wegen der Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten nicht oder nur eingeschränkt übertragbar sind. Die bezogenen Kosten (in €/m³ Stauvolumen) besonders von kleinen Hochwasserrückhaltebecken sind von der Topographie des Geländes stark abhängig und variieren daher deutlich. Dennoch finden sich in der Literatur sehr häufig pauschale Angaben zu den zu erwartenden Kosten, wie z.B. in DWA (2006) oder im DWA-Merkblatt M550 (DWA 2013).

Der vom Landesamt für Wasserwirtschaft Bayern veröffentlichte Aufsatz "Planungshinweise für Hochwasserschutzbauwerke" (Weiß 2005) bietet indessen eine Grundlage zur Kostenschätzung von Kleinspeichern. Basis der Berechnung sind Daten von umgesetzten Hochwasserrückhaltebecken in Bayern. Die angegebenen Kosten beziehen sich auf die unterschiedlichen Konstruktionsmöglichkeiten der Dämme und Schutzeinrichtungen und lassen eine genaue, standortspezifische Berechnung zu.

Mit Hilfe der in diesem Aufsatz angegebenen Kosten für Schutz- und Betriebseinrichtungen sowie der Kosten für Dammschüttung und Grundstücke, konnte ein Modell entwickelt werden, mit dem eine Kostenschätzung von Hochwasserrückhaltebecken über verschiedene Varianten möglich ist.

7.2.1.2 Verfahren der Kostenschätzung

Die Kostenschätzung dient der Quantifizierung zu erwartender Kosten vor der Umsetzung geplanter Projekte. Sie bietet über die Standardisierung der im Modell enthaltenden Parameter eine einfache Möglichkeit der Kostenschätzung, ohne dass konkrete Projektdaten bereits vorliegen müssen.

Das Modell in Abbildung 7-1 zeigt, dass für den Bau von Hochwasserrückhaltebecken unterschiedliche Kostenansätze ermittelt werden können. Diese resultieren einerseits aus drei verschiedenen Dammvarian-

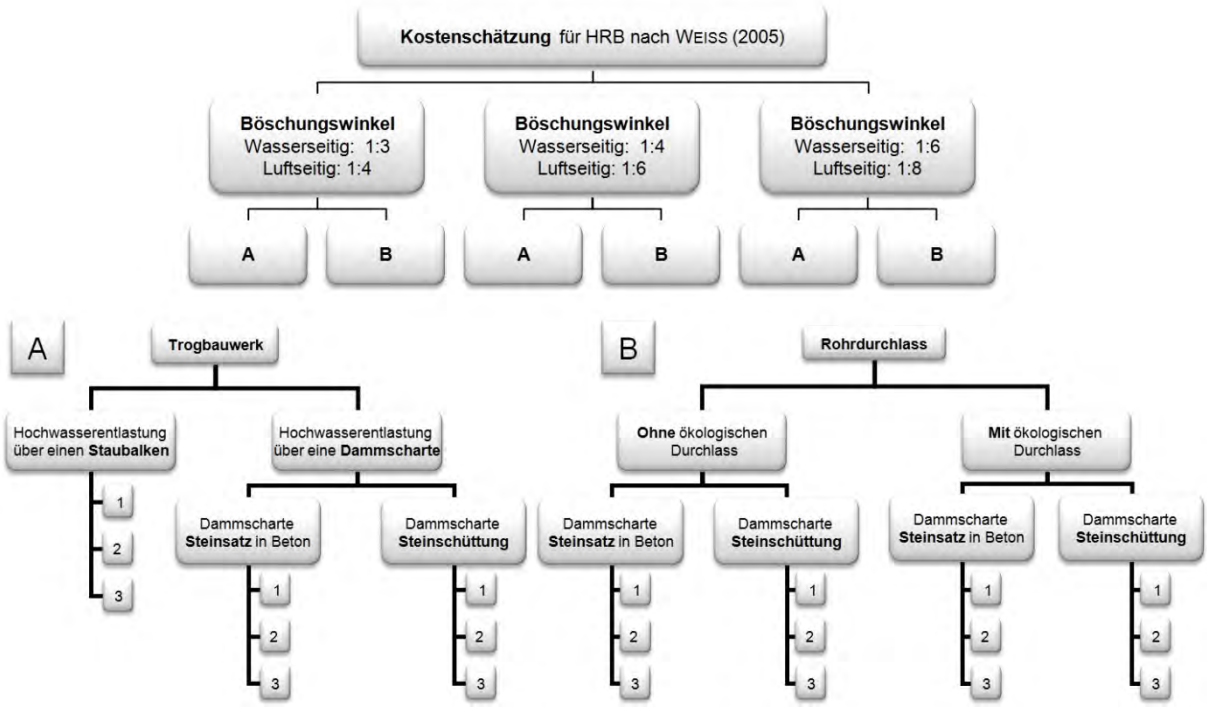


Abb. 7-1: Ablaufschema der Kostenschätzung. Die Berechnung erfolgt hinsichtlich verschiedener Varianten. Die Zahlen 1-3 stellen unterschiedliche Ansätze der Grundstückspreiskalkulation dar: 1 = Ansatz nach Weiss (2005) mit 3,00 €/m²; 2 = Ansatz nach LfU Bayern mit 1,50 €/m²; 3 = Ansatz nach LME, nach Landnutzung mit 0,25 - 0,42 €/m².

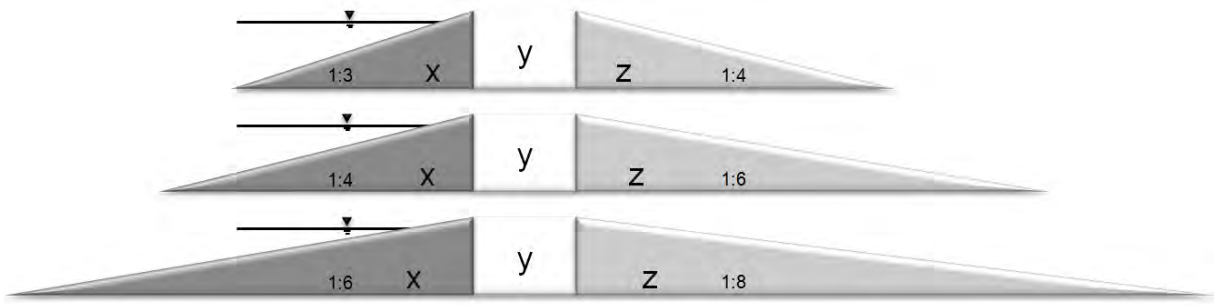


Abb. 7-2: Neigungsverhältnisse der betrachten Dammbauwerke.

ten mit unterschiedlichen Neigungsverhältnissen der Dammseiten und andererseits daraus, dass für einige Parameter, wie z.B. für die Grundstückskosten verschiedene Preise ermittelt werden. Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Konstruktionsmöglichkeiten eines Hochwasserrückhaltebeckens, z.B. hinsichtlich der Gestaltung der Betriebseinrichtung und der Hochwasserentlastung. Um verschiedene Möglichkeiten zu berücksichtigen und somit die Spannweiten der Umsetzungskosten zu erfassen, wurde das Excel basierte Modell NKCal entwickelt.

Der dem Modell zugrunde liegende Kostenansatz nach Weiss (2005) unterscheidet die Investitionskosten für Hochwasserrückhaltebecken in drei Kategorien. Sie gliedern sich in Kosten für das Dammbauwerk, für die Betriebseinrichtungen (Betriebsauslass und Hochwasserentlastung) und für den Grunderwerb. Kosten für die Stauraumgestaltung, sowie mögliche zu leistende Ausgleichsmaßnahmen werden nach Overhoff (LfU Bayern; Abteilung 6: Wasserbau, Hochwasserschutz, Gewässerschutz) mit in die Berechnung der Investitionskosten integriert. Für die Berechnung der Hochwasserrückhaltebecken in den deutschen und tschechischen Teilen des Untersuchungsgebietes ließen sich diese Werte nicht ermitteln, so dass an dieser Stelle nur darauf hingewiesen werden kann, dass zur endgültigen Investitionssumme die Kosten für die Stauraumgestaltung, sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen addiert werden müssen.

Bei der Kostenschätzung für den Bau von Hochwasserrückhaltebecken sind die Eigenschaften des Standorts entscheidend. Wichtigster Kostenfaktor ist das Dammbauwerk, dessen Höhe, Länge und Dammneigung über das Dammvolumen entscheiden.

Die Kosten für die Dammschüttung richten sich nach dem benötigten Schüttvolumen. Dabei nimmt der Kubikmeterpreis mit zunehmendem Dammvolumen ab. Das ergibt sich aus der Tatsache, dass Festkosten z.B. für die Baustelleneinrichtung, die in die Kubikmeterpreise integriert sind, bei großen Dämmen weniger ins Gewicht fallen als bei kleinen. Der Kostenrahmen liegt bei 15-50 €/m³ Schüttvolumen, für die im Untersuchungsgebiet geplanten Dämme werden 30-50 €/m³ veranschlagt. Entscheidend für die Kostenermittlung ist demnach das Dammvolumen, welches sich aus Dammhöhe und -breite zusammensetzt. Die reale Dammhöhe berechnet sich aus der geplanten Einstauhöhe, dem Abtrag des Mutterbodens bis zur Gründungssohle und dem Freibord. In der Berechnung werden drei Dammbauwerktypen berücksichtigt, entsprechend der Art eines einfachen Schüttdammes, wie aus Abbildung 7-2 hervorgeht. Die Dämme unterscheiden sich hinsichtlich der Neigungswinkel auf Wasser- und Luftseite. Die steilsten Böschungen liegen bei einer Neigung von 1:3 wasserseitig und 1:4 luftseitig, mittlere Böschungsverhältnisse zeigen 1:4 und 1:6 und der flachste Damm besitzt eine Neigung von 1:6 bzw. 1:8. Die Breite des Dammkörpers wird mit 4 m Kronenbreite konstant gehalten und ergibt sich aus den Anforderungen der DIN 19700-12.

Als zweiter Investitionskostenschwerpunkt werden verschiedene Betriebseinrichtungen berücksichtigt. Grundsätzlich kann der Durchlass eines Hochwasserrückhaltebeckens als Trogbauwerk (A) oder als Rohrdurchlass (B) gestaltet sein (Abb. 7-1). Wird der Durchlass als Trogbauwerk gestaltet, kann die Hochwasserentlastung entweder über einen Staubalken oder über eine Dammscharte erfolgen, für deren Gestaltung eine Steinschüttung oder ein Steinsatz in Beton möglich sind. Das Trogbauwerk, welches als Kompaktbauwerk kein zusätzliches Betonbauwerk

erfordert, wird mit 3.000 €/m berechnet. Die Hochwasserentlastungsanlage gehört ebenfalls zu den Betriebseinrichtungen und muss separat berechnet werden, je nach Ausstattung werden zwischen 125-200 €/m² angesetzt (Weiss 2005). Soll an Stelle eines Trogbauwerks ein Rohrdurchlass verwendet werden, wird hinsichtlich der ökologischen Durchgängigkeit differenziert. Weiss (2005) gibt für die einfache Rohrleitung Kosten von 300 € pro laufenden Meter an. Nach persönlicher Mitteilung von G. Overhoff (2007) müssen für ein ökologisch gestaltetes Rohr 450 €/m veranschlagt werden. Die Gesamtkosten errechnen sich nach der Länge des Rohres, beziehungsweise nach der Breite des Dammes. Pauschal werden einmalige Kosten in Höhe von 50.000 € für das Betonbauwerk fällig, über welches der Ein- und Auslauf in das Rohr geregelt wird.

Die dritte Kategorie bilden die Kosten für den Grunderwerb. Darunter fallen jene Flächen, welche bei Vollstau überschwemmt werden, sowie die Dammaufstandsfläche. Die Kostenrechnung der Grundstücke erfolgt dabei in drei verschiedenen Ansätzen. Der erste richtet sich nach den Angaben aus Weiss (2005) und beträgt 3 €/m² (für landwirtschaftlich genutzte Flächen). Beim zweiten Ansatz werden 1,50 €/m² für die gesamte Fläche angesetzt, welche auf der Grundlage basieren, dass lediglich die Dammaufstandsfläche käuflich erworben wird und im Fall eines Einstaus Entschädigungszahlungen geleistet werden (Overhoff, persönliche Mitteilung 2007). Der dritte Ansatz richtet sich nach den direkt für das Gebiet ermittelten Kosten, die nach Auskunft des Gutachterausschusses im Landkreis Mittleres Erzgebirge (LME, Gottschalk, pers. Mitteilung 2007) je nach Nutzung zwischen 0,15-0,42 €/m² liegen (berücksichtigt ausschließlich landwirtschaftlich genutzte Flächen).

7.2.1.3 Ergebnisse

Die modulare Gestaltung des Dammbauwerks ergibt insgesamt 63 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten (Abb. 7-1). Tabelle 7-1 enthält die mittleren Kosten aller 63 Varianten sowie die Kostenschätzung für die günstigste Variante. Diese geht von einem Damm mit einer Neigung von 1:3 (luftseitig 1:4) und einem Freibord von 1 m aus. Der Freibord wurde für die Kostenschätzung pauschal angesetzt und muss dementsprechend bei der Umsetzung der Becken standortspezifisch errechnet werden. Als Durchlass dient ein Betonrohr ohne ökologische Gestaltung der Sohle aus. Für die Hochwasserentlastung wird eine Dammscharte mit Steinsatz in Beton gewählt. Als Grundstückskosten werden die direkt für das Gebiet ermittelten Werte (Variante 3) in die Rechnung integriert. In der Berechnung inbegriffen sind darüber hinaus Kosten, die bei einer eventuellen Verlegung von Straßen entstehen, sowie die Betriebskosten. Diese gliedern sich in Kosten der Instandhaltung im ersten Jahr und in Reinvestitionskosten. Einige der geplanten Hochwasserrückhaltebecken befinden sich auf tschechischer Seite des Einzugsgebiets. Aufgrund des unterschiedlichen Preisniveaus werden für die entsprechenden Baumaßnahmen die Kosten dort um 15% gesenkt. Die errechneten Kosten werden jeweils ohne Mehrwertsteuer angegeben.

Die Ergebnisse der Kostenberechnung sind sehr unterschiedlich und werden maßgeblich von der Standortwahl des Hochwasserrückhaltebeckens beeinflusst. Das Bauwerksvolumen, das durch die Länge, Neigung und Höhe beeinflusst wird, ist für die Höhe der Baukosten hauptverantwortlich. In der günstigsten Ausführung liegen die Kosten zwischen 0,4 und 1,167 Mio. Euro. Der Einfluss der Standortwahl lässt sich anhand der potentiellen Standorte Deutscheinsiedel 2 mit einer vorgesehenen Dammlänge von 60 m und dem Standort Heidersdorf 2 (155 m Dammlänge) zeigen. Während für den Standort Deutscheinsiedel Kosten in Höhe von rund 461.000 € errechnet werden, ergeben sich für den Standort Heidersdorf 2 1,067 Mio. Euro. Die Kosten relativieren sich jedoch, wenn das verfügbare Rückhaltevolumen unter Betrachtung der Kosten pro m³ Stauraum einbezogen wird (Tab. 7-2). In der günstigsten Variante beträgt der Mittelwert aller 32 Standorte 34 €/m³. Der Standort Heidersdorf 2 liegt beispielsweise durch das hohe Stauvolumen mit 22 €/m³ trotz hoher Gesamtkosten deutlich unter dem Mittelwert. Ein besonders günstiges Verhältnis ergibt sich für den Standort Deutscheinsiedel 2 mit kurzem Damm und hohem Stauvolumen (8 €/m³). Ebenfalls günstig fallen die Standorte Telčský potok 2 (14 €/m³), Schwimmbad Seiffen (19 €/m³), Rübenauer Bach 1 (19 €/m³), oder Bílý potok 1 und 2 (14/15 €/m³) sowie Natzschung 2 (18 €/m³) aus. Bei einem ungünstigen Verhältnis von Baukosten zu Stauvolumen werden bis zu 69 €/m³ erreicht.

Tab. 7-1: Übersicht über Stammdaten und potentielle Kosten der Hochwasserrückhaltebecken (ohne Mehrwertsteuer). Dargestellt ist die kostengünstigste Variante (siehe Text) sowie der Mittelwert für die 63 berechneten Varianten. *) Teiche ohne Berechnung der Bauwerkskosten, Angabe des Wasserstands über Basisfüllung. **) potentielle Stauanlagen sind vorhanden, wobei eine Überprüfung der Eignung/Nutzbarkeit erforderlich ist. Die angegebenen Kosten beziehen sich in diesen Fällen auf einen Neubau, so dass die tatsächlichen Aufwendungen unter Voraussetzung einer Einzelfallprüfung auch niedriger ausfallen können

Nr.	Name	Stauhöhe [m]	Dammlänge [m]	Stau-volumen [T m³]	Kosten für günstigste Variante [T €]	Ø Kosten [T €]
A01	Cämmerswalde	4.1	60	12,0	621	765
A02	Rauschenbach	4.4	80	16,6	703	910
A03	Neuhausen	4.7	90	15,8	780	957
A04	Mortelgrund	5	90	21,2	897	1088
A05	Heidersdorf 1	4.5	170	28,8	1030	1303
A06	Heidersdorf 2	5	155	48,9	1061	1363
A07	Ehem. Schwimmbad Seiffen**	5	110	40,1	761	1135
A08	Deutscheinsiedel 1	5	170	23,8	976	1244
A09	Deutscheinsiedel 2	4.7	60	58,1	461	655
A10	Deutschneudorf	5	55	16,9	695	870
A11	Deutschkatharinenberg 1	5	140	41,3	884	1121
A12	Hora Svaté Kateřiny	5	130	20,6	754	1109
A13	Oberseiffenbach 1 *	4.6	80	16,3	657	887
B01	Telčský p. Teich 1*	1,5	250	50,5	k.A.	k.A.
B02	Telčský p. Teich 2*	1,5	250	32,2	k.A.	k.A.
B03	Telčský p. Teich 3*	1,5	160	23,5	k.A.	k.A.
B04	Telčský p. 1	4,5	75	14,1	641	800
B05	Telčský p. 2	4,5	150	56,3	812	1170
B06	Steinbach 1	3,5	100	12,5	582	767
B07	Steinbach 2	3,5	120	22,8	587	774
B08	Rübenauer Bach 1	4,5	20	26,5	512	660
B09	Rübenauer Bach 2	3,6	120	17,6	711	874
B10	Rübenauer Bach 3	3,5	150	23,0	847	1026
B11	Lužnice 1	4,5	150	10,7	859	1154
B12	Jindřichova 1	3,1	80	10,8	680	789
B13	Bílý p. 1	4,5	120	46,0	658	960
B14	Bílý p. 2	4,5	200	65,9	999	1268
B15	Natzschung 1	4,1	100	17	1167	1306
B16	Natzschung 2	4,2	70	34,1	607	794
B17	Natzschung 3**	2,2	100	14,1	403	499
B18	Natzschung 4	3,65	200	24,3	786	991
B19	Natzschung 5	4,3	140	24,5	672	984

Tab. 7-2: Übersicht über die errechneten Kosten in €/m³ Stauvolumen. Dargestellt ist die kostengünstigste Variante (siehe Text) im Vergleich mit dem Mittelwert für die 63 berechneten Dammvarianten

Nr.	Name	günstigste Variante [€/m³]	Ø Kosten [€/m³]
A01	Cämmerswalde	52	64
A02	Rauschenbach	43	55
A03	Neuhausen	49	61
A04	Mortelgrund	42	51
A05	Heidersdorf 1	36	45
A06	Heidersdorf 2	22	28
A07	Schwimmbad Seiffen	19	28
A08	Deutscheinsiedel 1	41	52
A09	Deutscheinsiedel 2	8	11
A10	Deutschneudorf	41	52
A11	Deutschkatharinenberg 1	21	27
A12	Hora Svaté Kateřiny	37	54
A13	Oberseiffenbach 1	40	54
B01	Telčský p. Teich 1	–	–
B02	Telčský p. Teich 2	–	–
B03	Telčský p. Teich 3	–	–
B04	Telčský p. 1	45	57
B05	Telčský p. 2	14	21
B06	Steinbach 1	47	62
B07	Steinbach 2	26	34
B08	Rübenauer Bach 1	19	25
B09	Rübenauer Bach 2	40	50
B10	Rübenauer Bach 3	37	45
B11	Lužnice 1	80	108
B12	Jindřichova 1	63	73
B13	Bílý p. 1	14	21
B14	Bílý p. 2	15	19
B15	Natzschung 1	69	77
B16	Natzschung 2	18	23
B17	Natzschung 3	29	35
B18	Natzschung 4	32	41
B19	Natzschung 5	27	40

7.2.2 Priorisierung der potentiellen HRB-Standorte

Christian Reinhardt-Imjela & Jens Bölscher

Die Bewertung der Speicherstandorte und ihre Priorisierung erfolgt ausschließlich unter hydrologischen Gesichtspunkten. Berücksichtigt wird dabei die Lage der Standorte in Bezug auf relevante Schutzgüter und ihre scheitelmindernde Wirkung im Falle des untersuchten HQ_{100}. Dazu wird zunächst die Wirkung auf lokaler Ebene herangezogen (Gemeinden an Gewässern II. Ordnung), wo z.T. eine sehr hohe Scheitelreduktion erreicht werden würde, so dass die entsprechenden Rückhaltebecken dort einen effektiven Beitrag zur Verbesserung des Hochwasserschutzes leisten könnten. Zur Bewertung erfolgt eine Zuweisung zu den Klassen hohe, mittlere und geringe Priorität. Standorte mit hoher lokaler Wirkung erhalten eine hohe Priorität. –Standorte, für die die Wirkung niedriger aber dennoch deutlich ausfällt (<25 %), erhalten eine mittlere Priorität, während Standorten mit nur geringer Wirkung entsprechend eine niedrige Priorität zugewiesen wird. Trotz der geringen lokalen Wirkung tragen diese Standorte im Verbund aller 32 Becken jedoch zur überregionalen Scheitelminderung (Bezugspunkt Olbernhau) bei, so dass sie nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Tabelle 7-3 gibt einen Überblick über die den potentiellen Standorten zugewiesene Priorität.

Zu den Rückhaltebecken mit hoher Priorität gehören die Standorte A07 (Seiffen), B08-B10 und B17-B19. In den zugehörigen Ortslagen Seiffen, Rübenau und Načetin sind im Fall eines HQ_{100} hohe Schäden zu erwarten. Durch die hohen Scheitelreduktionen leisten die Standorte dort einen effektiven Beitrag zur Verminderung der lokalen Hochwassergefährdung. Die Standorte A01-03 sowie B04-07 weisen wiederum nur sehr geringe örtliche Effekte auf und werden deshalb nur mit einer geringen Priorität versehen. Im Einzugsgebiet der Natzschung wird allen übrigen Standorten (B11-16) eine mittlere Priorität zugewiesen, da zwar eine signifikante hydrologische Wirkung ermittelt wurde, direkt unterhalb jedoch nur wenige Schadenspotentiale vorhanden sind. Diese Standorte sind deshalb im Hinblick auf ihre überörtliche Wirksamkeit (Rothenthal, Olbernhau) im Verbund aller HRB sinnvoll. In Bezug auf die Ortslage Rothenthal relativiert sich jedoch die Signifikanz der Wirkung bzw. die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen durch die bereits vorhandene Hochwasserschutzmauer, die entsprechend dem HWSK21 (Zschammer et al. 2007) bereits auf das Schutzziel HQ_{100} bemessen ist. Auch die Standorte A08-13 im Einzugsgebiet der Schweinitz entfalten hauptsächlich im Verbund eine Wirkung, während die lokalen Effekte nur in einem mittleren Bereich liegen. Für die potentiellen HRB B01-03 ist in Tabelle 7-3 keine explizite Priorität aufgeführt, da es sich um bereits bestehende Teiche handelt.

Tab. 7-3: Priorisierung der Hochwasserrückhaltebecken aufgrund ihrer lokalen hydrologischen Effektivität

Nr.	Name	Priorität
A01	Cämmerswalde	gering
A02	Rauschenbach	gering
A03	Neuhausen	gering
A04	Mortelgrund	mittel
A05	Heidersdorf 1	mittel
A06	Heidersdorf 2	mittel
A07	Schwimmbad Seiffen	hoch (1)
A08	Deutscheinsiedel 1	Mittel
A09	Deutscheinsiedel 2	Mittel
A10	Deutschneudorf	Mittel
A11	Deutschkatharinenberg 1	Mittel
A12	Hora Svaté Kateřiny	Mittel
A13	Oberseiffenbach 1	mittel
B01	Telčský p. Teich 1	–
B02	Telčský p. Teich 2	–
B03	Telčský p. Teich 3	–
B04	Telčský p. 1	gering
B05	Telčský p. 2	gering
B06	Steinbach 1	gering
B07	Steinbach 2	gering
B08	Rübenauer Bach 1	hoch (2)
B09	Rübenauer Bach 2	hoch (3)
B10	Rübenauer Bach 3	hoch (4)
B11	Lužnice 1	Mittel
B12	Jindřichova 1	Mittel
B13	Bílý p. 1	Mittel
B14	Bílý p. 2	Mittel
B15	Natzschung 1	Mittel
B16	Natzschung 2	Mittel
B17	Natzschung 3	hoch (5)
B18	Natzschung 4	hoch (6)
B19	Natzschung 5	hoch (7)

8. Management

Isolde Roch, Dirk Bölitz, Alexander Vock unter Mitarbeit von Hana Karlová und Reimund Steinhäußer

8.1 Einleitung

Im Projekt „DINGHO“ gebührte neben der Modellierung einzelner Hochwasserschutzmaßnahmen der Identifikation räumlicher Nutzungsansprüche und Zielsetzungen diesbezüglicher Akteure hohe Aufmerksamkeit. Die Durchsetzung dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen impliziert eine Integration unterschiedlicher Ansprüche an die Raumnutzung. Hochwasserschutz und Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft lassen sich nebeneinander und miteinander durchführen, ohne dass es zwingend einen Nutzungsausschluss geben muss, da das Konzept des dezentralen Hochwasserschutzes als Prämisse die Nutzung vorhandener Raumstrukturen beinhaltet. Dies kann unter der Begrifflichkeit der Vernetzungseffektivität zusammengefasst werden. Es erfordert allerdings ein abgestimmtes Vorgehen und die kontinuierliche Zusammenarbeit aller relevanten Akteure. Hinsichtlich einer solchen Perspektive wurde folgende Fragestellungen nachgegangen:

- Kann angesichts des grenzüberschreitenden Charakters der Einzugsgebiete Hochwasserschutz in einer konzentrierten und koordinierten Weise über den gesamten Flussraum bewältigt werden?

- Kann eine fachübergreifende und bilaterale Zusammenarbeit das Niveau auf dem Gebiet der Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen noch weiter verbessern?

Für die Beantwortung dieser Fragen wurden zunächst die Akteure und ihre spezifischen Betroffenheiten und Bedarfe im Handlungsfeld Hochwasserschutz identifiziert (Kap. 8.2). Auch bereits bestehende Kooperationen waren Gegenstand der Analyse (Kap. 8.4). Für eine angestrebte grenzübergreifende Zusammenarbeit wurden verschiedene Netzwerkmodelle analysiert und erste Ansätze für eine Netzwerkkonzeption vorgelegt (Kap. 9.5). Konkrete Erfahrungen zur Wirksamkeit der Netzwerkarbeit, zu erwarteten Effekten und zur Praktikabilität konnten in diesem Projekt nicht gesammelt werden. Dies könnte Gegenstand eines Nachfolgeprojekts sein.

Für einen effizienten und wirksamen Hochwasserschutz gilt insbesondere den Hochwasserentstehungsgebieten besondere Aufmerksamkeit. Hier können bereits durch eine Verringerung der Abflussgenerierung die daraus folgenden Hochwasserschäden entlang der Gewässer maßgeblich eingeschränkt werden. Seit der Überarbeitung des Sächsischen Wassergesetzes von 2004 weist dieses beispielhaft für andere Länder auf die Relevanz der Hochwasserentstehungsgebiete für den Hochwasserschutz hin: „Hochwasserentstehungsgebiete sind Gebiete, insbesondere in den Mittelgebirgs- und Hügellandschaften, in denen bei Starkniederschlägen oder bei Schneeschmelze in kurzer Zeit starke oberirdische Abflüsse eintreten können, die zu einer Hochwassergefahr in den Fließgewässern und damit zu einer erheblichen Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können...“ (SächsWG § 100b I[1]). Aus diesem Grund wird gefordert, das „Wasserversickerungs- und Wasserrückhaltevermögen zu erhalten und zu verbessern. Insbesondere sollen in Hochwasserentstehungsgebieten die Böden so weit wie möglich entsiegelt und geeignete Gebiete aufgeforstet werden“ (SächsWG § 100b II). Eine solche integrierte Herangehensweise kann nur unter Einbeziehung aller hochwasserrelevanten Akteure gewährleistet werden. Die Fachämter Wasser, Forst, Landwirtschaft sowie die einzelnen Landnutzer sind diesbezüglich als Partner zu gewinnen.

Ein wirksamer Hochwasserschutz ist ohne eine Zusammenarbeit der Kommunen im Flusseinzugsgebiet kaum zu erreichen (vgl. Siegel et al. 2004). Verkompliziert wird das Problem einer unzureichenden Kooperation der Kommunen in den oberen Lagen des Mittleren Erzgebirges durch den Verlauf der Staatsgrenze zwischen der Tschechischen Republik und der Bundesrepublik. Diese Staatsgrenze verläuft nicht

[1] Anmerkung der Herausgeber: In der Neufassung des SächsWG von 2013 finden sich die die Regelungen zu den Hochwasserentstehungsgebieten nicht mehr im §100b sondern in §76.

immer konform zur Wasserscheide auf dem Erzgebirgskamm. Im Olbernhauer Gebiet befinden sich die Oberläufe vieler Fließgewässer auf tschechischem Territorium, zu dem die sächsischen Kommunen nur durch grenzübergreifende Zusammenarbeit Zugang haben. Zum Hochwasserschutz ist aus Sicht der vom Hochwasser betroffenen Kommunen und Landnutzer eine verbindliche grenzübergreifende Zusammenarbeit notwendig.

Schwierig gestaltet sich die deutsch-tschechische Zusammenarbeit aufgrund unterschiedlicher Kompetenzen und Pflichten der lokalen und regionalen Akteure. Hinsichtlich der Zuständigkeit bei der Gewässerpflege und dem Hochwasserschutz gibt es in Sachsen und Tschechien unterschiedliche Regelungen. In Sachsen fallen die Gewässer I. Ordnung in die Unterhaltungsverantwortung des Freistaates und damit an die Landestalsperrenverwaltung. Alle Gewässer niedrigerer Ordnung befinden sich im Zuständigkeitsbereich der Kommunen. Hierbei handelt es sich vorrangig um Gräben, Bäche, Teiche usw. (vgl. SächsWG). Auf tschechischer Seite tragen die Kommunen nur Verantwortung für die „kleinen Wasserläufe“ im Bereich der Ortslage (drobný vodný toky). Im Außenbereich obliegt die Verantwortung den staatlichen Behörden im Geschäftsbereich des Landwirtschaftsministeriums der Tschechischen Republik. Für die „bedeutenden Gewässer“ ist das Regionalamt zuständig.

Insbesondere auf deutscher Seite sind viele Kommunen aus finanziellen, aber auch aus fachlichen Gründen nicht in der Lage, einen über die Gewässerpflege hinausgehenden Hochwasserschutz zu gewährleisten[2], so dass kleine Fließgewässer zunehmend nach der Herstellung des hervorragenden Sanierungszustandes infolge der Hochwasserkatastrophe von 2002 bei der Unterhaltung vernachlässigt werden, u. a. Freihaltung des Fließquerschnitts, Pflege der Uferbereiche und somit ein erhöhtes Schadenspotenzial darstellen. Eine Zusammenarbeit der Kommunen mit anderen hochwasserrelevanten Akteuren im Einzugsgebiet der Oberen Flöha kann eine wesentliche Verbesserung der Gewässerpflege und des Hochwasserschutzes bewirken.

Aufgrund der Komplexität des dezentralen und integrierten Hochwasserschutzansatzes im grenzübergreifenden Kontext (fach-, ebenen- und grenzübergreifend) ist die Organisation einer Netzwerkarbeit für die Durchsetzung eines effizienten und wirksamen Hochwasserschutzes wichtig. Aufgaben sind vor allem der Informationsaustausch und ein direkter Kontakt der Akteure untereinander zur Klärung von Sachverhalten, zur Vorbereitung und Durchführung raumbezogener, fachlicher und fachübergreifender Maßnahmen sowie zur Anbahnung diesbezüglicher effizienter Lösungen neben den o. g. praxisbezogenen Aufgaben der Gewässerpflege.

Beim Aufbau eines grenzübergreifenden Netzwerks zwischen sächsischen und böhmischen Kommunen und Behörden gilt es zu beachten, dass die Akteure ein unterschiedliches Verständnis hinsichtlich der sachlichen und funktionalen Kompetenzverteilung zwischen den Staatsebenen haben. Während in Deutschland ein föderales Ordnungsprinzip herrscht und die Kommunen entsprechend des Subsidiaritätsprinzips staatlich zu lösende Aufgaben in Selbstverantwortung ausüben, ist die Tschechische Republik als Einheitsstaat eher von einem zentralstaatlichen Ordnungsprinzip geprägt. Trotz teilweise umfangreicher Fähigkeiten der unteren Ebenen sind diese Verwaltungsorgane der Zentralregierung. Im Handlungsfeld des grenzübergreifenden Hochwasserschutzes zeigt sich dies beispielsweise an der Tatsache, dass die tschechischen Kommunen in Gesprächen stets auf die durch die Nationalregierungen beider Staaten eingesetzte Grenzgewässerkommission verweisen. Entscheidungen für oder gegen eine grenzübergreifende Netzwerkarbeit sind seitens der Kommunen in der Tschechischen Republik nicht möglich. Sie müssen zunächst der Zentralregierung vorgetragen werden.

8.2 Ermittlung relevanter Akteure

Die Ermittlung der lokalen und fachlich relevanten Akteure und Institutionen erfolgte im Rahmen einer Literaturauswertung, Internetrecherche und mittels Telefongesprächen zur Erfassung ihrer Kompetenzen,

[2] Umfragen bei Kommunen im Projektgebiet ergaben, dass die meisten Gemeinden keine oder nur unzureichende finanzielle Mittel in ihrem Haushalt für Gewässerunterhaltung und weitergehenden Hochwasserschutz einplanen können.

Motivationen und Ziele, letzteres in Form von Leitfaden gestützten Expertengesprächen vor Ort. Nachfolgend werden die wichtigsten Akteursgruppen und Institutionen vorgestellt.

8.2.1 Grenzübergreifende Akteure

8.2.1.1 Deutsch-Tschechische Grenzgewässerkommission

Neben der Kooperation in den internationalen Flussgebietskonventionen arbeitet die Bundesrepublik auf der Basis verschiedener bilateraler Grenzgewässerabkommen mit ihren Nachbarstaaten in Grenzgewässerkommissionen zusammen. Durch den Vertrag der Bundesrepublik Deutschland mit der Tschechischen Republik vom 12.12.1995 über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft an den Grenzgewässern ist eine deutsch-tschechische Grenzgewässerkommission gebildet worden, der ein weitreichendes Aufgabengebiet übertragen wurde. Die Aufgaben umfassen z.B. den Schutz und die Verbesserung der Wasserbeschaffenheit der Gewässer, die Unterhaltung und den Ausbau von Wasserläufen, den Schutz vor Hochwasser und Eisgefahr, die Nutzung der Wasserenergie, Wasserentnahmen, Wasserschutzgebiete, Maßnahmen bei außergewöhnlichen Verunreinigungen sowie den Schutz aquatischer und litoraler Biotope[3]. Zur konkreten Durchführung dieser Aufgaben an den zahlreichen Grenzgewässern hat die Kommission für den sächsisch-tschechischen und für den bayerisch-tschechischen Grenzabschnitt je einen Ständigen Ausschuss eingesetzt.

Beispielsweise wurde das im Hochwasserschutzkonzept 22 geplante Hochwasserrückhaltebecken an der Schweinitz, bei dem Teile der Dammaufstandsfläche und des Stauraums das Staatsgebiet der Tschechischen Republik betreffen (Hochwasserschutzkonzept Nr. 22; Standort M 14 Schweinitz), durch die Deutsch-Tschechische Grenzgewässerkommission abgestimmt.

[3] Bundesgesetzblatt 1997, Teil II, Seite 925 ff

8.2.2 Freistaat Sachsen

8.2.2.1 Städte- und Gemeinden

Die Städte und Gemeinden bilden die unterste Ebene des Staatsaufbaus. Auf Grundlage von Größe und Bedeutung kann zwischen kreisfreien Städten und kreisangehörigen Gemeinden unterschieden werden. Den Gemeinden ist das Recht der kommunalen Selbstverwaltung in Art. 28 GG garantiert. Dabei muss es sich bei den wahrzunehmenden Aufgaben aber um solche handeln, die einen örtlichen Bezug aufweisen. Weiterhin ist die Ausübung des Selbstverwaltungsrechts nur im Rahmen der Gesetze gewährleistet (Art. 28 Abs. 2 GG). In Artikel 84 der Verfassung des Freistaates Sachsen[4] heißt es, dass die Gemeinden und Gemeindeverbände in ihrem Gebiet die Träger der öffentlichen Aufgaben sind, soweit nicht bestimmte Aufgaben im Gesetz anderen Stellen übertragen sind.

Zu den klassischen Bereichen der gemeindlichen Selbstverwaltung gehört das Recht der Wahrnehmung örtlicher Planungsaufgaben (Kommunale Planungshoheit). Gemeindeorgane und deren Kompetenzen sind in den Gemeindeordnungen der Bundesländer festgelegt, wie z. B. die Gemeindeordnung für den Freistaat Sachsen[5] in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Mai 2006. Die Gemeindeordnungen der Bundesländer weichen aus historischen Gründen zum Teil erheblich voneinander ab. Einheitlich ist die Unterteilung in die von den Einwohnern gewählte politische Gemeindevertretung und die Kommunalverwaltung.

Die Unterhaltung der Gewässer II. Ordnung liegt im Zuständigkeitsbereich der Gemeinden. Im Projektgebiet sind dies alle Gewässer bis auf die Grenzgewässer Natzschung und Schweinitz und die Flöha, die als Gewässer I. Ordnung klassifiziert ist[6]. Eine weitere relevante Einflussnahme der Gemeinden auf die Hochwasservorsorge erfolgt bei der Gestaltung der Landnutzung im Rahmen der Aufstellung der F-Pläne.

[4] Verfassung des Freistaates Sachsen vom 27. Mai 1992 (SächsGVBl. S. 243; 5. Juni)

[5] Gemeindeordnung für den Freistaat Sachsen (SächsGemO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2003 (SächsGVBl. S. 55, ber. S. 159), zuletzt geändert am 11. Mai 2005 (SächsGVBl. S. 155)

[6] SächsWG §24 I, § 70 III

8.2.2.2 Landkreise (Erzgebirgskreis, Mittelsachsen)

Die Landkreise sind Gebietskörperschaften. Ihre Größe ergibt sich aus dem Gebiet der zugehörigen Gemeinden. Ihnen steht das Recht der Selbstverwaltung zu. Die Organisation der Landkreise ist in der Landkreisordnung des Freistaates Sachsen[7] geregelt. Die Kreise nehmen einerseits Aufgaben wahr, die das administrative und finanzielle Leistungsvermögen der kleineren Gemeinden übersteigen. Andererseits haben die Kreise staatliche Aufgaben zu erfüllen, die ihnen per Gesetz zugewiesen worden sind, so z. B. als Genehmigungsbehörde gegenüber der Bauleitplanung kreisangehöriger Gemeinden. Wichtigste Organe der Kreise sind der Kreistag als das von der Bevölkerung gewählte politische Beschlussgremium, sowie die Kreisverwaltungen, die über entsprechende Fachkompetenzen verfügen. Vorsitzender des Kreistages und Leiter der Kreisverwaltung ist der Landrat.

Durch die Neugliederung des Gebietes der Landkreise des Freistaates Sachsen zum 1. August 2008 stehen die Landkreise vor erheblichen Aufgaben hinsichtlich der Organisations- und Aufgabenverteilung[8]. Zu den neuen Kompetenzen der Landkreise zählen Umwelt und ländliche Entwicklung. Diese Aufgaben implizieren eine große Nähe zu fachkonkreten Aufgaben und Entwicklungszielen sowie die Möglichkeit fachübergreifender raumbezogener Einflussnahmen.

8.2.2.3 Regionaler Planungsverband Südsachsen

Der Regionale Planungsverband Südsachsen ist als einer der vier Planungsregionen im Freistaat Sachsen Träger der Regionalplanung im Untersuchungsraum. Er ist verantwortlich für die Aufstellung, Änderung, Fortschreibung und Verwirklichung des Regionalplans, in dem Ziele und Grundsätze der Raumordnung für die Planungsregion vorgegeben werden. Weiterhin nimmt der Regionale Planungsverband Stellung zu raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen anderer Planungsträger.

Der Regionale Planungsverband Südsachsen umfasst mit den Landkreisen Vogtlandkreis (ehemals Kreisfreie Stadt Plauen, Altkreis Vogtlandkreis), Zwickau (ehemals Kreisfreie Stadt Zwickau, Altkreise Chemnitzer Land und Zwickauer Land), Erzgebirgskreis (Altkreise Annaberg, Aue-Schwarzenberg, Mittlerer Erzgebirgskreis und Stollberg) und Mittelsachsen (Altkreise Döbeln, Freiberg und Mittweida) sowie der Kreisfreien Stadt Chemnitz eine Fläche von 6.522,82 km². Insgesamt leben dort knapp 1,6 Mio. Einwohner (Stand 31.12.2007).

Der Regionale Planungsverband erstellt zudem einen Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege zum Landschaftsrahmenplan. Dieser dient als Grundlage für die in Sachsen praktizierte „Primärintegration“ des Landschaftsrahmenplans in den Regionalplan. Insofern verfügt der Regionale Planungsverband auch über regionalisierte Umweltdaten und –bewertungen, die er zum Teil selbst erstellt. Im Regionalplan werden u. a. Vorranggebiete neben Schutzgebieten ausgewiesen (Sächs. LPlG), die sich auf die Hochwasservorsorge beziehen können.

8.2.2.4 Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland

Der Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland erstreckt sich zwischen Bad Elster (Vogtland) und Holzhau (Osterzgebirge) entlang der sächsisch-böhmischen Grenze und wird durch den Erzgebirgskreis sowie die Landkreise Mittelsachsen sowie Vogtland getragen. Die Entwicklung und Pflege des Gebietes unter Berücksichtigung der Belange von Naturschutz, Landschaftspflege und Erholungsvorsorge, Sicherung und Verbesserung der ökologischen und wirtschaftlichen Lebensbedingungen und die Wahrung der kulturellen Eigenart sind vordergründige Ziele des Zweckverbandes[9]. Die räumliche Dimension von ca. 1.495 km² und die Art der Schutzgebiete, insbesondere die Feuchtgebiete, sind für den Wasserrückhalt in der Fläche von hohem Interesse.

[7] Landkreisordnung für den Freistaat Sachsen (SächsLKrO) vom 19. Juli 1993 (SächsGVBl. S. 577), zuletzt geändert am 11. Mai 2005 (SächsGVBl. S. 155)

[8] § 6 des Sächsischen Verwaltungsneuordnungsgesetzes (SächsVwNG) vom 29. Januar 2008

[9] http://www.naturpark-erzgebirge-vogtland.de/, 29.10.2008

8.2.2.5 Landestalsperrenverwaltung

Die Landestalsperrenverwaltung (LTV) gehört zum Geschäftsbereich des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft und beschäftigt ca. 700 Mitarbeiter. Sie betreibt, bewirtschaftet und verwaltet die landeseigenen Stauanlagen zur Bereitstellung von Rohwasser für die Trink- und Brauchwasserversorgung, zum Hochwasserschutz und zur Niedrigwasseraufhöhung. Sie ist verantwortlich für die Unterhaltung und den Ausbau der Gewässer I. Ordnung und der Grenzgewässer. Als erster Staatsbetrieb des Freistaates wurde die Landestalsperrenverwaltung 1992 gegründet. Sie bewirtschaftet heute u.a. 115 Talsperren und Speicher mit einem Gesamtstauraum von ca. 523 Mio. m^3, ca. 3.000 km Fließgewässer I. Ordnung und Grenzgewässer mit Wehren und anderen Wasserbauten sowie ca. 650 km Hochwasserschutzdeiche. Die den Fließgewässern I. Ordnung zugehörigen landeseigenen Liegenschaften werden ebenfalls durch die LTV und ihre Flussmeistereien bewirtschaftet.

Für die Fließgewässer I. Ordnung und die Grenzgewässer im Untersuchungsgebiet ist der Betrieb Freiberger Mulde/Zschopau mit Sitz in Lengefeld verantwortlich. Für eine engere Zusammenarbeit mit den Kommunen zum Zwecke einer verbesserten Hochwasservorsorge im gesamten Einzugsgebiet der oberen Flöha, die die Aktivitäten der LTV sinnvoll ergänzt, ist der Betrieb aufgeschlossen.

8.2.2.6 Forstwirtschaft

Die Organisation der Forstverwaltung ist zweistufig aufgebaut. An oberster Stelle steht das Fachministerium (oberste Forstbehörde). Dem folgt der Staatsbetrieb Sachsenforst (Forstbehörde). Innerhalb des Staatsbetriebes Sachsenforst arbeiten 15 Forstbezirke mit ihren Forstrevieren als lokale Ansprechpartner zum Thema forstwirtschaftliche Landnutzung. Die Körperschaften haben weiterhin die Möglichkeit, ein körperschaftliches Forstamt zu errichten. In diesem Fall erfüllt das körperschaftliche Forstamt Aufgaben der Forstbehörde in den Wäldern, die im Eigentum der Körperschaft stehen. Die körperschaftlichen Forstämter unterstehen der Fachaufsicht der Forstbehörde. Im Untersuchungsgebiet stellt die Forstwirtschaft die bedeutendste Landnutzungsform dar. Die Maximierung des Wasserrückhaltes in den Forsten wird angestrebt ebenso wie eine gute partnerschaftliche Zusammenarbeit mit der Forstbehörde.

8.2.2.7 Landwirtschaft

Das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) als oberste Landesbehörde wird in seiner Tätigkeit von nachgeordneten Behörden unterstützt. Die Sächsische Landesanstalt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) ist wissenschaftliche Fachbehörde des SMUL. Seine Mitarbeiter erarbeiten Prognosen, Strategien und Konzepte für Problemstellungen und wirken bei der Erarbeitung von Rechtsvorschriften mit. Das Regierungspräsidium Chemnitz hat die Aufgabe einer klassischen Bündelungsbehörde zwischen SMUL auf der einen Seite und den Staatlichen Ämtern für Landwirtschaft auf der anderen Seite zu erfüllen. Den Staatlichen Ämtern für Landwirtschaft obliegt die regionale Förderung der sächsischen Landwirtschaft. Ferner stehen sie als Ansprechpartner vor Ort zur Verfügung.

Insbesondere zur Steigerung des Retentionspotenzials landwirtschaftlich genutzter Flächen wurden seitens des LfULG umfangreiche Untersuchungen durchgeführt[10]. Daneben nimmt das LfULG Aufgaben im Bereich des Hochwassernachrichtendienstes als Landeshochwasserzentrum wahr und gibt der Bevölkerung Auskünfte über den Zustand der Umwelt. Das LfULG verfügt über Daten zu sämtlichen Schutzgütern der Umwelt für den Freistaat Sachsen. Eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zur Hochwasservorsorge wird angestrebt.

8.2.2.8 Ländliche Entwicklung

Die Staatlichen Ämter für Ländliche Entwicklung verstehen sich als Anwälte für die Belange ihres Einzugsgebietes und seiner Bewohner. Ländliche Wirtschafts- und Siedlungsstrukturen und die dörfliche Lebens- und Wohnqualität sollen nachhaltig gestärkt

[10] http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/8120.htm, 20.11.2008

und weiterentwickelt werden, um die Funktionsfähigkeit ländlicher Regionen zu sichern. Strategien und Instrumente der Landentwicklung verfolgen das Ziel, die Attraktivität der ländlichen Räume als Lebens- und Wirtschaftsraum mit eigenständiger Bedeutung sowie als Natur-, Kultur- und Erholungsraum zu erhöhen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich für die Ländliche Entwicklung in Sachsen Aufgaben in den Schwerpunkten Dorfentwicklung, Ländliche Neuordnung, Organisation von Wettbewerben einerseits und Landespflege sowie wasserbauwirtschaftliche und kulturbautechnische Maßnahmen andererseits:

- Durchführung von Verfahren zur Feststellung und Neuordnung der Eigentumsverhältnisse nach dem Landwirtschaftsanpassungsgesetz (LwAnpG), Ländlichen Neuordnung (einschließlich Unternehmensverfahren) nach dem Flurbereinigungsgesetz (FlurbG), Vorhaben der Baulandumlegung nach dem Baugesetzbuch;
- Förderung von wasserwirtschaftlichen und kulturbautechnischen Maßnahmen (ländlicher Wegebau, Anlage von Schutzpflanzungen), Maßnahmen zur ökologischen Landschaftsgestaltung, Maßnahmen der Dorfentwicklung durch Umsetzung der entsprechenden Förderprogramme, Agrarstrukturelle Entwicklungsplanungen und deren fachliche Begleitung, LEADER+, Interreg IIIA;
- Mitwirkung als Träger öffentlicher Belange sowie
- Organisation von Wettbewerben wie z.B. „Unser Dorf soll schöner werden - unser Dorf hat Zukunft“ oder „Ländliches Bauen“ etc.

Speziell die Aufgabenbereiche der ersten beiden Stichpunkte sind für die Hochwasservorsorge relevant. Die Einbindung in ein Akteursnetzwerk, neuerdings unter dem Dach der Landkreise, erscheint anstrebenswert.

8.2.2.9 Euroregion Erzgebirge e. V.

Die Euroregion Erzgebirge e.V. versteht sich als freiwillige Interessengemeinschaft der Gebietskörperschaften der Grenzkreise, die eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit auf allen Gebieten fördert und entwickelt. Des Weiteren soll eine umfassende friedliche und nachbarschaftliche Zusammenarbeit mit den nordböhmischen Gebietskörperschaften und allen weiteren Interessierten gepflegt werden. Der Verein wurde im Juni 1992 gegründet. Im Februar 1993 erfolgte die Unterzeichnung des Vertrages zwischen der Euroregion Erzgebirge und der Euroregion Krušnohoří zur Zusammenarbeit und gegenseitigen Hilfe. Schwerpunkte sind:

- Ökologische Erneuerung der Erzgebirgsregion;
- Erarbeitung raum- und regionalplanerischer Konzepte;
- Verbesserung des grenzüberschreitenden Verkehrs;
- Entfaltung des wirtschaftlichen Potenzials;
- Förderung von Kultur, Sport, Bildung und Tourismus sowie
- gemeinsame Arbeit auf dem Gebiet des Brand- und Katastrophenschutzes sowie dem Rettungswesen und im sozialen Bereich.

Es bestehen Arbeitsgruppen u. a. in den hochwasserrelevanten Bereichen Umwelt/Regionalplanung, Landwirtschaft, Tourismus, Verkehr sowie Brand-, Katastrophenschutz und Rettungswesen (Tab. 8-1). Die Euroregion gilt als relevantes Bindeglied zwischen kompetenten Akteuren und Nachbarländern. Dies hat sich für die Anbahnung informeller Kontakte und gemeinsamer Projekte bereits bewährt. Die Euroregion wurde für die Ziele des dezentralen Hochwasserschutzes sensibilisiert.

Auf sächsischer Seite ergeben die Recherchen insgesamt eine Vielzahl von Akteuren im Untersuchungsgebiet, die im Sinne des dezentralen und integrierten Hochwasserschutzes entsprechend ihrer Betroffenheiten, aber auch Kompetenzen zu berücksichtigen sind (Tab. 8-2)

8.2.3 Tschechische Republik

Die Ermittlung der lokalen Akteure und fachlich relevanter Akteure und Institutionen im tschechischen

Untersuchungsgebiet erfolgte überwiegend im Rahmen einer Recherche im Internet (Tabelle 8-3). Vergleichbar mit dem Vorgehen in Sachsen wurden Interessenslagen, Kompetenzen und Motivationen für den vorbeugenden Hochwasserschutz im Rahmen der Leitfaden gestützten Expertengespräche vor Ort ermittelt. Nachfolgend werden einzelne Akteursgruppen und Institutionen vorgestellt.

8.2.3.1 Gemeinden

Die Gemeinden werden entsprechend der Gemeindeordnung regiert. Nach der Verfassung der Tschechischen Republik sind sie Körperschaften des öffentlichen Rechts mit eigenem Vermögen und eigenem Einkommen ausgestattet und arbeiten auf der Grundlage eigener Haushalte. Die Gemeinden verfügen über eigene Budgets und Einnahmen und arbeiten mit diesen unabhängig im Rahmen der gesetzlich festgelegten Bestimmungen. An der Spitze der gemeindlichen Selbstverwaltung steht die Gemeindevertretung (Zastupitelstvo Obce). Weitere Organe sind der Gemeindevorsteher (Starosta), der Gemeinderat (Rada Obce), das Gemeindeamt (Obecní uřad) und besondere Gemeindeorgane (Zvláštní Orgány Obce). Auf der Ebene der Gemeinden wird zudem nach Gemeinden, Städten und Städten mit Satzungsrecht unterschieden, für die jeweils spezifische gesetzliche Bestimmungen gelten.

Aufgabe der Gemeinden ist die Aufstellung eines Gebietsplans (uzemní plan obce) zur Steuerung der städtebaulichen Entwicklung des Gemeindegebietes. Allerdings müssen die Gemeinden für die Aufstellung der Gebietspläne nach dem neuen Baugesetz bestimmte Anforderungen erfüllen. Ist dies nicht der Fall, übernimmt die übergeordnete Gemeinde höherer Stufe diese Aufgabe.

Die Gemeinde (Stufe I) führt neben den Selbstverwaltungsaufgaben allgemein auch staatlich übertragene Aufgaben im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen aus. Es lassen sich drei Typen von Gemeinden unterscheiden, denen in unterschiedlichem Maße staatliche Aufgaben übertragen werden. Neben den „einfachen“ Gemeinden (Obce) gibt es Gemeinden „zweiter Stufe“ mit übertragenem Gemeindeamt und Gemeinden dritter Stufe mit erweiterten Zuständigkeiten.

Die Gemeinden mit übertragenem Gemeindeamt (Stufe II) führen staatliche Verwaltungsaufgaben in einem breiteren Ausmaß aus und übernehmen bestimmte Kompetenzen der alten Kreisämter. Das Gesetz Nr. 314/2002 bestimmt 388 Gemeinden mit übertragenem Gemeindeamt (einschließlich der Gemeinden mit erweiterten Zuständigkeiten) (Stand 2002).

Die Gemeinden mit erweiterten Zuständigkeiten (Stufe III) – im Projektgebiet Teplice, Litvínov, Chomutov und Kadan – übernehmen darüber hinaus weitere staatliche Verwaltungsaufgaben und Aufgaben der alten Kreisämter. Das Gesetz Nr. 314/2002 bestimmt 206 Gemeinden mit erweitertem Kompetenzbereich (Stand 2002). In diesen Gemeinden III. Stufe ist das Bauaufsichtsamt angesiedelt. Darüber hinaus übernehmen sie Aufgaben als Wasserbehörde und als Mitglied der Hochwasserkommission der Region.

Die Gemeinden mit erweiterten Zuständigkeiten (Stufe III) und mit übertragenem Gemeindeamt sind zugleich Sitz von Bauämtern. In besonderen Fällen können auch Gemeinden der Stufe I Sitz eines Bauamtes sein.

8.2.3.2 Region Ústí (Ústecký kraj)

Die Region (kraj) ist Körperschaft des öffentlichen Rechts mit eigenem Vermögen und eigenem Einkommen. Sie arbeitet auf der Grundlage eines eigenen Haushalts nach den gesetzlich festgelegten Bedingungen (MMR/UUR 2002, S. 35). Grundlage für die territoriale Selbstverwaltung der Region (Kraj) ist das Gesetz Nr. 129/2000 über die Regionen. Die Regionalversammlung (Zastupitelstvo Kraje) wählt aus dem Kreise seiner Mitglieder den Landrat (Hejtman) als Vorsitzenden und den Regionalrat (Rada Kraje) als ausführendes Organ, der vom Regionalamt (Krajský Uřad) unterstützt wird. Um zu verhindern, dass von den Regionen Aufgaben des Staates oder der Gemeinden wahrgenommen werden, sind die Selbstverwaltungsaufgaben der Regionen gesetzlich genau festgelegt.

Die Region (Kraj) führt ebenfalls ihre gesetzlich übertragenen staatlichen Aufgaben aus. Dazu gehört auch die Aufstellung der Grundsätze der Raumentwicklung (§ 7 Abs. 1 Baugesetz Nr. 183/2006)11. Sie nimmt in Ausübung staatlicher Aufgaben im Rahmen der Bauordnung zudem die Funktion als höhere Aufsichtsbehörde gegenüber den Gemeinden wahr.

Das Regionalamt ist die zuständige UVP-Behörde bei Projekten nach Anhang 1 Spalte B des Gesetzes Nr. 100/2001 über die Prüfung von Umweltauswirkungen sowie zuständige SUP-Behörde bei Plänen und Programmen der Gemeinden (§22 Gesetz Nr. 100/2001)[12]. Dies gilt allerdings nur, soweit ausschließlich das Gebiet der entsprechenden Region betroffen ist. Andernfalls ist das Ministerium als SUP-Behörde bei der Aufstellung von regionalen Plänen und Programmen zuständig (Gesetz Nr. 100/2001).

Wichtige Gestaltungsinstrumente der Region sind das Programm der Regionalentwicklung auf der Grundlage des Gesetzes Nr. 248/2000 über die Unterstützung der Regionalentwicklung[13] und die Grundsätze der Raumentwicklung für das Gebiet der Region auf der Grundlage des neuen Baugesetzes Nr. 183/2006. Für das Programm der Regionalentwicklung ist in der Regel das Wirtschaftsressort einer Region zuständig. Die übertragene staatliche Aufgabe der Erstellung der verbindlichen Grundsätze der Raumentwicklung obliegt dagegen dem Ressort für Raumplanung und Bauordnung. Beim Regionalamt ist die Regionale Hochwasserkommission des Ústecký kraj (Povodnova komise UK) unter dem Vorsitz des Hejtmans angesiedelt. Diese erscheint eher auf den Katastrophenschutz ausgerichtet zu sein – die Raumordnung ist nicht beteiligt.

Hochwasserkommission der Region Ústí (Povodňová komise Ústeckého kraje)

Stand 30.1.2006

- Krajský úřad Ústeckého kraje, hejtman Ústeckého kraje, Velká Hradební 48, 400 01 Ústí n/L
  Ing. Jiří ŠULC
- předseda byt
- Povodí Ohře, státní podnik Chomutov, generální ředitel, Bezručova 4219, 430 03 CHOMUTOV
  Ing. Jiří Nedoma
  1. Místopředseda byt
- Povodí Labe s.p. ředitel závodu Dolní Labe
  Ing. Jinřich Zídek
  2. Místopředseda byt:
- Krajský úřad Ústeckého kraje, ředitelka úřadu, Velká Hradební 48, 400 01 Ústí n/L
  Mgr. Lydie Šťastná
  3. Místopředseda byt:
- Krajský úřad Ústeckého kraje, ved.odboru ŽP a zemědělství, Velká Hradební 48, 400 01 Ústí n/L
  Ing. arch. Jan ZADRAŽIL
  tajemník komise byt:
- Krajský úřad ÚK, pov. říz. odboru kanceláře hejtmana, Velká Hradební 48, 400 01 Ústí n/L
  Ing. Michaela Tobiášová
  člen komise byt:
- Krajský úřad ÚK, ved. odd. ŽP odboru životního prostředí a zeměd. Velká Hradební 48, 400 01 Ústí n/L
  RNDr. Tomáš Burian
  člen komise byt: Zdravotnická záchranná služba ÚK, Sociální péče 799/7A, 400 11 Ústí nad Labem
  MUDr. Luboš Kučera člen komise byt:
- Oper. středisko: PČR 974 421 101 Policie ČR Ústí n/L, ved. odboru Pořádková a železniční policie, Horova č. 13, 401 79 Úsní n/L 2, pošt. schr. č. 179
  plk. Rudolf VÝBORNÝ
  člen komise byt: HZS Ústeckého kraje, ředitel HZS ÚK, Horova 1340/10, 400 01 Ústí nad Labem
  plk. Ing. Jaroslav Novotný
  člen komise byt:
- Krajské vojenské velitelství Ústí nad Labem, ředitel Štefanikova 2, 400 00 ÚSTÍ NAD LABEM
  plk. Ing. Zbyněk KRYSTIN
  člen komise byt:
- Krajská hygienická stanice Ústeckého kraje Ústí nad labem, Moskevská 15, P.O.Box 78, 400 01 Ústí nad Labem
  Ing. Olga Zbuzková
  členka komise byt:

[11] Gesetz Nr. 183/2006GBl., vom 14. März 2006 über die Raumplanung und Bauordnung *(Zákon č.183/2006 Sb., ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu)*

[12] Gesetz Nr. 100/2001 GBl., über die Prüfung von Umweltauswirkungen und über die Änderung einiger benachbarter Gesetze (Gestz über die Prüfung von Umweltauswirkungen), in der Fassung der Änderungen des Gesetzes Nr. 93/2004 GBl. *(Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění zákona č. 93/2004 Sb.)*

[13] Gesetz Nr. 248/2000 GBl., über die Unterstützung der Regionalentwicklung *(Zákon ze dne 29. června 2000 o podpoře regionálního rozvoje)*

Für den integrierten und grenzübergreifenden Hochwasserschutz relevante Abteilungen des Regionalamtes sind:

- Abteilung Raumplanung und Bauordnung (Odbor územního plánování a stavebního řádu);
- Abteilung Umwelt und Landwirtschaft (Odbor Oddělení životního prostředí a zemědelství);
- Abteilung Verkehr und Straßenbewirtschaftung (Odbor dopravy a silničního hospodářství) sowie
- Abteilung Europäische Projekte (Odbor evropských projektů).

Die Abteilung Umwelt und Landwirtschaft verfügt über Daten zu Schutzgütern der Umwelt für die Region Ústí.

8.2.3.3 Staatlicher Wasserbetrieb Einzugsgebiet Eger (Povodí Ohře)

Der Staatliche Wasserbetrieb Povodí Ohře ist zuständig für die Unterhaltung der übergeordneten Fließgewässer im Egereinzugsgebiet. Er ist Mitglied der regionalen Hochwasserschutzkommission und beteiligt an der Erarbeitung von Hochwasserschutzplänen.

8.2.3.4 Landwirtschaftliche Verwaltung für Wasserwirtschaft – Egergebiet (Zemědělská vodohospodářská správa - Oblast povodí Ohře)

Die Landwirtschaftliche Verwaltung für Wasserwirtschaft untersteht dem Landwirtschaftsministerium der Tschechischen Republik. Sie ist zuständig für die Unterhaltung von kleinen Wasserläufen (Správci drobných vodních toků). Die Aufgaben stehen v. a. im Zusammenhang mit staatlichen Meliorationsaufgaben und der Planung, Realisierung sowie Unterhaltung von landwirtschaftlichen Entwässerungsanlagen. Die Landwirtschaftliche Verwaltung für Wasserwirtschaft führt das Monitoring zu kleinen Wasserläufen durch und ist beteiligt am Monitoring Boden-Wasser-Landschaft für verabschiedete Programme und Projekte des Landwirtschaftsministeriums, einschließlich der Bewertung des Zustands der Ökosysteme in den Mulden der kleinen Wasserläufe und ihrer Einzugszonen, Monitoring und Bewertung des Ökologischen Verbundsystems.

8.2.3.5 Ministerium für Landwirtschaft (Ministerstvo zemědělství)

Das Ministerium für Landwirtschaft ist Oberbehörde gegenüber den Landwirtschaftlichen Verwaltungen für Wasserwirtschaft. Das Landwirtschaftsministerium weist Flussgebietseinheiten aus und ist nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) neben dem Umweltministerium zuständig für die Information und Anhörung der Öffentlichkeit. Es ist zuständig insbesondere für die Umsetzung der Maßnahmenprogramme nach der WRRL.

8.2.3.6 Umweltministerium der Tschechischen Republik (Ministerstvo životního prostředí)

Das Umweltministerium ist Oberbehörde gegenüber den Staatlichen Wasserbetrieben und dem Staatsforst. Zudem ist sie bei umweltbezogenen, Staatsgrenzen überschreitenden Umweltverträglichkeitsprüfungs-(UVP)/Strategischen Umweltprüfungs-(SUP)-Verfahren die zuständige Behörde. Das Umweltministerium ist zuständige SUP-Behörde (Rechts- und Fachaufsicht) gegenüber den Konzeptionen, Plänen und Programmen der Regionalämter.

Das Umweltministerium erfüllt die Aufgaben eines Landeshochwasserzentrums, es erarbeitet Aktionspläne für den Hochwasserschutz und erstellt Leitfäden, methodische Hinweise bzw. verfügt Erlasse zu Hochwasserschutzmaßnahmen.

Das Umweltministerium ist nach der WRRL neben dem Landwirtschaftsministerium zuständig für die Information und Anhörung der Öffentlichkeit sowie für die Erstellung der Maßnahmenprogramme.

8.3 Unterschiedliche Bedarfe aufgrund unterschiedlicher Betroffenheiten

Zur Ermittlung der Bedarfe an Informationen, Absprachen und Entscheidungen über laufende und vorgesehene Maßnahmen wurden leitfadengestützte Gespräche mit wichtigen Akteuren und Multiplikatoren auf lokaler und regionaler Ebene durchgeführt (s. o.). Gegenstand der Gespräche waren:

- allgemeine Fragen zum jeweiligen Verantwortungsbereich,
- Fragen zu den spezifischen Hochwasserschadenspotenzialen und Einflussmöglichkeiten im Zusammenhang mit Hochwasserschutzmaßnahmen sowie
- Fragen zu den bestehenden und denkbaren Formen der interkommunalen bzw. regionalen Zusammenarbeit im Hochwasserschutz.

Die Gespräche wurden protokolliert und die wichtigsten Ergebnisse für die weitere Projektarbeit aufbereitet und tabellarisch dargestellt. Daraus lassen sich zusammenfassend Ziele, Maßnahmen und Entwicklungsperspektiven im Untersuchungsgebiet nachvollziehen.

Aus den Gesprächen mit den Gemeinden gingen unterschiedliche (subjektive) Betroffenheiten und Interessenslagen hervor (Abb. 8-1). Grundsätzlich wird die Hochwassergefährdung von den tschechischen Gemeinden in ihren Einzugsgebieten als verhältnismäßig gering eingeschätzt. Auch einige deutsche Kommunen sind aufgrund ihrer Lage weniger vom Hochwasser betroffen (z. B. die Stadt Sayda). Dagegen ist die Ortslage Olbernhau aufgrund der Zuflüsse und seiner städtebaulichen Entwicklung (Verfüllung alter Grabensysteme) besonders stark durch Hochwasser gefährdet.

Die unterschiedliche Betroffenheit durch Hochwasserschäden bei den Kommunen im Erzgebirge führt demzufolge zu einer sehr heterogenen Sensibilität für den vorbeugenden Hochwasserschutz. Während einige Kommunen, wie die Städte Olbernhau, Seiffen, Neuhausen, Rechenberg-Bienmühle ein hohes bzw. mittleres bis geringes Hochwasserschadenspotenzial

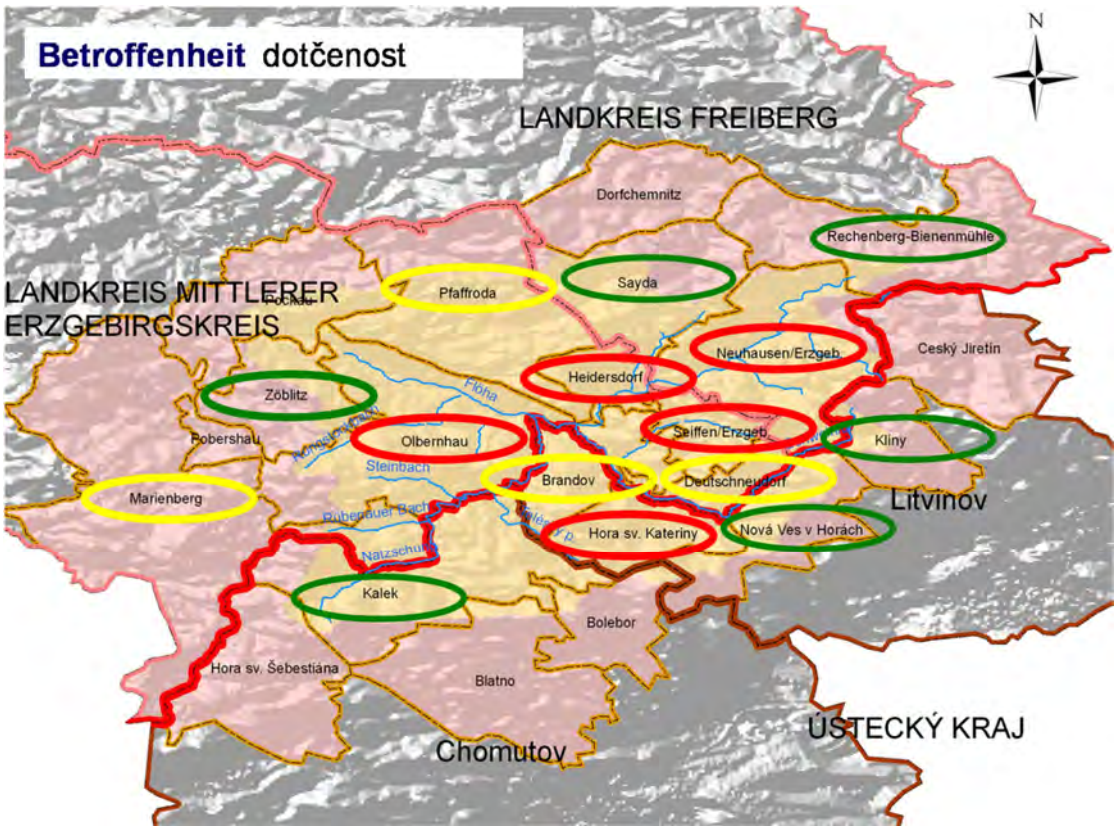


Abb. 8-1: Betroffenheiten der Kommunen durch Hochwasserschäden (rot = hoch, gelb = mittel, grün = gering).

aufweisen, müssen benachbarte, ebenfalls an Fließgewässern liegende Kommunen aufgrund einer günstigeren Lage der Bebauung Hochwasser weniger fürchten. Für Unterlieger wie Olbernhau sind Extremabflüsse mit katastrophalen Folgen verbunden, da zur Zeit durch die Stadt maximal ein Hochwasser der Flöha mit einem HQ_{20} schadensfrei abgeführt werden kann. Die Unterschiede bei den kommunalen Schäden im Mittleren Erzgebirge reichen von Überflutungen des gesamten Ortskernes bis hin zu Erosionserscheinungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, Schäden an Straßen, Brücken und Wasserläufen.

Entsprechend der unterschiedlichen Zuständigkeiten und Betroffenheiten wurden bislang auch in unterschiedlichem Grad Maßnahmen bzw. Aktivitäten von den Gemeinden durchgeführt bzw. geplant (siehe Tabelle 8-4). Auch andere Akteure und Institutionen beschäftigen sich mit Fragen des Hochwasserschutzes, wie zum Beispiel der Zweckverband Naturpark Westerzgebirge-Vogtland (siehe Tabelle 8-5). Allerdings ist der Großteil der Maßnahmen ohne Abstimmungen mit anderen Akteuren des Einzugsgebietes geplant worden, sodass sich wenige Synergiewirkungen der einzelnen Maßnahmen erhoffen lassen. Für einen effektiven Hochwasserschutz im Maßnahmengebiet ist es erforderlich, Einzelaktivitäten in ein Gesamtkonzept zusammenzuführen.

8.4 Bestehende Kooperationen

Im Untersuchungsraum gibt es bereits einen interkommunalen bzw. grenzüberschreitenden Austausch von Informationen und gemeinsame Aktivitäten (siehe Tabelle 8-6). Zur Erfüllung von verschiedenen Pflichtaufgaben wurden von den Gemeinden Zweckverbände gegründet (z. B. zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung). Darüber hinaus bestehen viele informelle Kooperationen (z. B. im Rahmen der Integrierten Ländlichen Entwicklungskonzepte; Verwaltungszusammenarbeit, Mikroregionen). Allerdings sind diese Aktivitäten an den Zugehörigkeiten zu den Landkreisen orientiert. Sie decken sich nicht mit dem Untersuchungsgebiet (vgl. Karte 16 und 17 im Anhang). Aus den bestehenden Kooperationen können Erfahrungen und Akteure auch für den dezentralen Hochwasserschutz gewonnen werden.

8.5 Entwurf einer Netzwerkstruktur

Das Konzept des dezentralen, integrierten und grenzübergreifenden Hochwasserschutzes erfordert einen engen Informationsaustausch und verbindliche Abstimmungen von Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen den verschiedenen Akteuren wie Kommunen, Fachämtern und Landnutzern mit ihren unterschiedlichen Bedarfen und Kompetenzen. Für diese Handlungsbedarfe erscheint der Aufbau einer adäquaten Netzwerkstruktur angemessen und zielführend. Die zu entwerfende Netzwerkstruktur soll fachbezogene Zuständigkeiten berücksichtigen, Koordinationsaufgaben kennzeichnen und die vorgesehene technische und persönliche Kommunikation regeln.

Seitens der Akteure steht man einer koordinierten Arbeit innerhalb eines Netzwerkes aufgeschlossen gegenüber, da man die Notwendigkeit zur verbindlichen Zusammenarbeit im Handlungsfeld Hochwasserschutz erkannt hat. Die Voraussetzungen für eine intensivere Zusammenarbeit zwischen den Verwaltungsebenen der verschiedenen Gebietskörperschaften sind entsprechend den Verlautbarungen der Akteure zumindest auf deutscher Seite als positiv einzuschätzen. So bestand bis zur Landkreisreform 2008 zwischen den Landkreisen Mittleres Erzgebirge und Freiberg eine gute Zusammenarbeit der die Hochwasservorsorge betreffenden Verwaltungsreferate, die auch unter den neuen Verwaltungsbedingungen fortgeführt werden soll. Grundlage hierfür sind positive Erfahrungen aus der Zeit des Katastrophenschutzmanagements infolge der Hochwasserereignisse im August 2002. Generell besteht Konsens, dass ein wie auch immer gearteter Gemeindeverband eine Möglichkeit darstellt, eine übergreifende Hochwasservorsorge zu erreichen. Aufgrund der grenzübergreifenden Lage des Einzugsgebietes der Oberen Flöha besteht aber die Herausforderung, diesen Verband grenzübergreifend zu entwickeln.

Insofern kam der Vorschlag eines Gemeindevertreters auf der 2. Projektwerkstatt am 07 .November 2007 im Horský Hotel Lesná (Gemeinde Boleboř), unterstützt von anderen Gemeinden, nicht überraschend, die Schaffung eines deutsch-tschechischen Zweckverbandes zur Realisierung der Hochwasserschutzmaßnahmen zu prüfen. Dieser Vorschlag wurde grundsätzlich von allen Teilnehmern der Projektwerkstatt begrüßt. Als Alternativen für die Trägerschaft werden einer-

seits die Kommunen als Betroffene mit ihren Zuständigkeiten für die Flächennutzungsplanung und die Fachbehörde mit ihren Kompetenzen und Kontakten zu den Landesressorts, hinterfragt andererseits die Art und Weise der Kooperation. Aus den Erörterungen wurden Netzwerkmodelle abgeleitet.

Die unterschiedliche Betroffenheit durch Hochwasserschäden bei den Kommunen im Erzgebirge führt zu einer sehr heterogenen Sensibilität für den vorbeugenden Hochwasserschutz (s. o.). In Sayda und insbesondere auf tschechischer Seite besteht ein vergleichsweise geringer Problemdruck. Die vorgesehenen Hochwasserschutzmaßnahmen, die auf tschechischer Seite lokalisiert werden, nützen vor allem der deutschen Seite. Aus diesem Grund wird aus Tschechien die stärkere Initiative der deutschen Kommunen erwartet, insbesondere auch hinsichtlich der Finanzierung von Maßnahmen. Die Bereitschaft zur Mitwirkung gilt aber uneingeschränkt. Die Herausforderung besteht darin, Lastenausgleiche zwischen Unter- und Oberlieger der Fließgewässer zu organisieren. Handlungsfelder mit konträren Betroffenheiten sind in diesem Zusammenhang zu erschließen, sodass Win-Win-Situationen generiert werden können. Als mögliche weitere Handlungsfelder wurden Bildung, Kultur und Gesundheit ermittelt, bei denen, insbesondere bei den Oberliegern in Tschechien, ein höherer Handlungsbedarf besteht. Hierdurch könnten beiderseits der Grenze mittelfristig Synergieeffekte durch Netzwerkarbeit erzeugt werden. Nur durch Lastenausgleiche bzw. Einbeziehung anderer Handlungsfelder erscheint die Kooperationsbereitschaft bei den Kommunen im gesamten grenzübergreifenden Hochwassereinzugsgebiet dauerhaft herstellbar. Generell schwierig erscheint die Tatsache, dass seitens der Kommunen für die Gewässerunterhaltung kaum finanzielle Mittel im Gemeindehaushalt vorgesehen sind. Damit stellt sich ein Ausgleich von Mitteln für die Unterhaltung der Gewässer und Investitionen in Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen den Kommunen als problematisch dar. Es ist aber zu vermuten, dass durch eine verstärkte Sensibilisierung der Akteure im Rahmen einer Netzwerkarbeit in Zukunft der Hochwasservorsorge im kommunalen Haushalt größere Beachtung geschenkt wird.

Grundsätzlich erschweren auch die unterschiedlichen Kompetenzen die Funktionsfähigkeit eines kommunal getragenen Organisationsmodells. Während die deutschen Gemeinden für die Gewässer II. Ordnung auf ihrem gesamten Gemeindegebiet zuständig sind, besitzen die tschechischen Gemeinden nur im Bereich der Ortslage die Zuständigkeit. Im Außenbereich obliegt die Verantwortung für die kleinen Wasserläufe den staatlichen Behörden im Geschäftsbereich des Landwirtschaftsministeriums der Tschechischen Republik. Auch besteht die allgemeine Erkenntnis, dass die Kommunen aufgrund fehlender finanzieller und fachlicher Kompetenzen momentan keine umfangreiche Hochwasservorsorge leisten können. Daher ist eine Einbeziehung bestimmter übergeordneter Fachbehörden (hochwasserrelevante Behörden des Landkreises, Landestalsperrenverwaltung, Povodí Ohře) wegen ihrer Kompetenzen für einen wirksamen Hochwasserschutz nützlich. Eine besondere Eignung für die Koordinations- und Managementaufgaben sind bei den neuen sächsischen Landkreisen zu erkennen durch die Bündelung relevanter Kompetenzen und die Professionalität im Umgang mit Partnern. Bezogen auf die Betroffenheit von Hochwasserereignissen und die Erfahrungen mit der Betreibung von Zweckverbänden ist die Stadt Olbernhau als Trägerin eines grenzüberschreitenden Netzwerkes prädestiniert.

Im grenzübergreifenden Einzugsgebiet der Flöha erschweren neben den unterschiedlichen Betroffenheiten und Kompetenzen zwischen deutschen und tschechischen Akteuren Sprachbarrieren zusätzlich die Zusammenarbeit beim Hochwasserschutz. Die meisten offiziellen grenzüberschreitenden Abstimmungstreffen erfordern Transaktionskosten in Form von Übersetzungs- und Dolmetscherleistungen. Gerade wenn es darum geht, verbindliche Absprachen zu treffen, muss gewährleistet sein, dass sich die einzelnen Vertreter in ihrer Landessprache ausdrücken können. Ansonsten wird es bereits schwierig, die Akteure zur Teilnahme an einer entsprechenden Veranstaltung zu gewinnen. In der Euroregion Erzgebirge e. V. bestehen bereits grenzübergreifende Netzwerkstrukturen und Erfahrungen in der überfachlichen und fachlichen Zusammenarbeit. Diese Erfahrungen in der technischen und persönlichen Kommunikation können aufgegriffen und für den dezentralen, integrierten und grenzübergreifenden Hochwasserschutz genutzt werden. Die Rolle der Moderation des angestrebten Netzwerkes durch die Euroregion übersteigt allerdings deren Leistungsfähigkeit in organisatorischer und fachlicher Hinsicht. Bestenfalls könnte die

Euroregion das „Dach“ für die erforderlichen Aktivitäten anbieten.

Prinzipiell lassen sich formelle und informelle Organisationsformen unterscheiden. Die Zusammenarbeit informeller Weise (privatrechtlich, formlos) ist grundsätzlich zulässig, wohingegen die formell verfasste Zusammenarbeit (öffentlich-rechtlich) auf den Rahmen der vom Landesgesetzgeber vorgegebenen Möglichkeiten beschränkt ist.

Die formlose Rechtsform dient der informellen Abstimmung sowie dem Gespräch, Informations- und Meinungsaustausch und ist rechtlich unverbindlich. Häufig ist dies Ausgangspunkt für die Erörterung von Perspektiven und Chancen für eine spätere Zusammenarbeit unter einer dauerhaften rechtlichen Form. Formlose Rechtsformen eignen sich deshalb insbesondere während der Anbahnungsphase der Zusammenarbeit, können aber durchaus auch auf Dauer angelegt sein. Ob eine informelle selbsttragende Zusammenarbeit langfristig installiert werden kann, hängt einerseits vom Problemdruck und den personellen und finanziellen Ressourcen der einzelnen Mitglieder ab. Andererseits erscheint es wichtig, dass die informell getroffenen Abstimmungen eingehalten werden. Eine langfristige Zusammenarbeit im Anschluss an das DINGHO-Projekt ist sinnvoll, da es

Zweckverband:

- typische Organisationsform interkommunaler Zusammenarbeit
- zweckmäßige Organisationsform für eine Gemeinschaftsaufgabe, bei deren Erfüllung eine eigene rechts- und handlungsfähige juristische Person erforderlich ist
- Bewältigung einzelner Verwaltungsaufgaben, die die Leistungskraft der einzelnen Gemeinde übersteigen
- Insbesondere bei größerem Kapitaleinsatz oder bei der Notwendigkeit der Vorhaltung eigenen Personals, z.B. Abwasserbeseitigung, Wasserversorgung, Abfallbeseitigung
- Rechtliche Normierungen außerhalb der Landesgesetze auch im Wasserverbandsgesetz (WVG), Regelung der Ausgestaltung des Wasser- und Bodenverbands als speziellen Zweckverband für wasserwirtschaftliche Aufgaben
- Das Baugesetzbuch (BauGB) kennt daneben den Planungs(zweck)verband, auf den die Bauleitplanung seiner Mitglieder übertragen werden kann.
- Freiverband und Pflichtverband
- Mitglieder können in manchen Ländern neben Gemeinden und Gemeindeverbänden auch sonstige juristische Personen des öffentlichen Rechts (Anstalten, Stiftungen, Körperschaften) sein
- Zulässig ist teilweise auch eine Mitgliedschaft natürlicher und juristischer Personen des Privatrechts, wenn die Erfüllung der Verbandsaufgaben dadurch gefördert wird (Vgl. § 44 II SächsKomZG, siehe auch Wasserverbandsgesetz)
- Entstehungsvoraussetzungen sind im Landesrecht unterschiedlich geregelt: über öffentlich-rechtlichen Vertrag oder Verbandssatzung, in Sachsen ist Verbandssatzung erforderlich (§ 48 SächsKomZG)
- Genehmigungspflicht durch die Rechtsaufsichtsbehörde
- Freiwillige Aufgaben, Pflichtaufgaben, Aufgaben nach Weisung
- Wahl des Verbandsvorstehers und der Verbandsversammlung, Verbandsvorsteher ist der Geschäftsführer
- Zweckverband ist Körperschaft öffentlichen Rechts mit eigener Rechtspersönlichkeit, u.a. hat dies seine unbeschränkte Haftung gegenüber seinen Vertragspartnern zur Folge
- Die öffentlich-rechtliche Aufgabe selbst, nicht bloß deren Erfüllung, geht auf den Verband über, er ist somit Aufgabeninhaber und -träger
- Erlass von Satzungen im Rahmen seines Aufgabengebietes, Verwaltungsakte in seiner Behördeneigenschaft, Verband kann privatrechtliche Unternehmen gründen
- Personal- und Finanzhoheit, Finanzierung durch Umlagen der beteiligten Gemeinden sowie durch Gebühren, Beiträge und Entgelte

sich beim Hochwasserschutz um kein kleines und zeitlich befristetes Projekt handelt, sondern mit langfristigen und kapitalintensiven Investitionen zu rechnen ist (z. B. Bau und Unterhaltung von Hochwasserrückhaltebecken, Verknüpfung mit Unterhaltung der Gewässer zweiter Ordnung). Aus diesem Grund bergen unverbindliche Vereinbarungen auch ein Risiko für die Zusammenarbeit. Dafür lässt sich im Rahmen informeller Organisationen eine Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Ebenen (staatlich/kommunal; öffentlich-rechtlich/private) erreichen. Deshalb ist es grundsätzlich empfehlenswert, die Zusammenarbeit in einem informellen, breiter aufgestellten Netzwerk zu beginnen, um sich auf die Ziele und Aufgaben der Zusammenarbeit zu verständigen und Vertrauen aufzubauen. Auf dieser Grundlage könnte das Netzwerk in formelle Strukturen überführt werden.

Die formellen Rechtsformen weisen aufgrund ihrer Verbindlichkeit einen höheren Umsetzungsbezug auf. Von den öffentlich-rechtlichen Rechtsformen der Zusammenarbeit kommt im Bereich Wasser/Abwasser der Zweckverband vergleichsweise häufig zum Einsatz. Er bietet sich auch für die Aufgabe des Hochwasserschutzes, ob als Hochwasserzweckverband oder auch in seiner speziellen Form als Wasser- und Bodenverband nach dem Wasserverbandsgesetz, an. Der Zweckverband ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts, zu der sich Gemeinden oder Gemeindeverbände zusammenschließen, um Aufgaben gemeinsam zu erfüllen. Diese Rechtsform ist in Deutschland besonders häufig dort anzutreffen, wo gemeinsame Einrichtungen für die Erfüllung der Aufgaben geschaffen werden können.

Erstrebenswert ist es, möglichst auch Synergien durch die Bündelung des Hochwasserschutzes mit weiteren gewässerbezogenen Aufgaben wie der Gewässerunterhaltung oder der Wasserver- und Abwasserentsorgung zu nutzen. Relevant in jedem Fall erscheint die Einflussmöglichkeit auf die Gestaltung der Landnutzung zur Hochwasservorsorge.

8.5.1 Europäischer Verbund für territoriale Zusammenarbeit

Im grenzübergreifenden Kontext ist die Bildung eines Zweckverbandes schwierig, da die Erstellung eines Staatsvertrages die Grundlage bilden muss. Seit 2006 erleichtert die EG-Verordnung Nr. 1082/2006 zum Europäischen Verbund für Territoriale Zusammenarbeit (EVTZ) eine kontinuierliche und verbindliche grenzübergreifende Zusammenarbeit.

Ein wichtiger Aspekt für die Schaffung dieser Organisationsform war insbesondere das Fehlen eines adäquaten rechtlichen Rahmens für die Errichtung stabiler Managementstrukturen für grenzübergreifende Kooperationen. So waren Grenzregionen bisher bei grenzübergreifender interkommunaler Zusammenarbeit gegenüber der formellen Zusammenarbeit beispielsweise in Zweckverbänden im Inland benachteiligt. Ziel der EU war es hier, Kooperationen zwischen Partnern aus zwei verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten nicht zu erschweren und denen zwischen Partnern im Mitgliedsstaat gleichzustellen („Nicht-Diskriminierungsprinzip“). Dadurch soll eine Intensivierung der Zusammenarbeit lokaler und regionaler Behörden in der Grenzregion gefördert und der räumliche Zusammenhalt gestärkt werden.

Bisher existieren mit der Eurometropole Lille-Kortrijk-Tournai (Frankreich-Belgien) sowie der Euregio ISTER-Granum (Slowakei-Ungarn) zwei EVTZ. Beide Kooperationskörperschaften wurden zunächst als Organisationsformen geschaffen, die mit der Zeit verschiedene grenzübergreifende Kooperationsfelder stimulieren und unter einem Dach vereinen sollen. Aber auch eine andere Herangehensweise ist möglich. Die Beispiele der in Gründung begriffenen EVTZ in den Pyrenäen (Cerdagne Krankenhaus in Puigcerda) sowie von der luxemburgisch-französischen Grenze (Brachflächenrevitalisierung) zeigen, dass ein EVTZ auch in spezifischen grenzübergreifenden Kooperationsfeldern zum Einsatz kommen kann.

Für den Hochwasserschutz an der Oberen Flöha würde durch die Etablierung eines EVTZ eine verbindliche, aber auch flexible Koordination der o. g. Aktivitäten ermöglicht, die Modellcharakter für die grenzübergreifende Zusammenarbeit trägt. Diese Option wird gegenwärtig im Akteurskreis diskutiert und

bedarf begleitender Untersuchungen zur Herstellung der Praxisreife. Ziel ist es dabei, diesen EVTZ zu einer Plattform für eine integrative Hochwasservorsorge zu entwickeln. Insbesondere sollen die gemeinsame Gewässerpflege und Investitionsmaßnahmen hierüber organisiert werden.

Zum Beispiel ist eine modellhafte Zusammenführung der Unterhaltung für die Gewässer I. und II. Ordnung im Einzugsgebiet der Oberen Flöha zu erproben. Hierbei könnte z. B. auf die Kompetenzen der Landestalsperrenverwaltung auch für die Gewässer II. Ordnung zurückgegriffen werden. Eine spätere Erweiterung auf andere Themenfelder wie z. B. Tourismus, Gesundheitsvorsorge und Bildung ist möglich. Die Akteure stehen derartigen Optionen offen gegenüber (vgl. Expertengespräche). Die grenzübergreifende Zusammenarbeit sollte sich dabei grundsätzlich am Leitbild orientieren, bezogen auf die angepasste Landnutzung und die baulichen Maßnahmen. Die konkreten Aufgaben der Hochwasservorsorge sollten darüber hinaus in den Regionalplänen als überfachliche Aufgaben verankert werden, die für die Gemeinden und Landnutzer verbindlich sind. Allerdings besteht zu dieser Option ebenfalls noch Abstimmungsbedarf.

Alternativ zu der Etablierung eines grenzübergreifenden Gemeindeverbands ist die Entwicklung eines für alle Fach- und Gesamtplanungen verbindlichen Leitbildes. Um eine langfristige, strategische Ausrichtung zu gewährleisten, sollte dem Thema Hochwasservorsorge in allen Fach- und Gesamtplanungen, die sich auf das Einzugsgebiet der Flöha beziehen, ein besonderes Gewicht beigemessen werden. Denkbar wäre es beispielsweise, dass sich die verschiedenen Träger öffentlicher Belange im Einzugsgebiet darauf einigen, bei ihren Fach- bzw. Gesamtplanungen immer die Prüfung der Folgen für den Hochwasserschutz in den Fokus zu legen. Problematisch ist hier aber, dass keine für einen wirksamen Hochwasserschutz verbindlichen Absprachen zwischen den Akteuren, schon gar nicht grenzübergreifend erzielt werden können.

8.6 Zusammenfassung

Die Komplexität der grenzübergreifenden Zusammenarbeit wird anhand der institutionellen Asymmetrien und Aufgabenzuweisungen in Sachsen und Tschechien sichtbar. Einer insgesamt großen Aufgeschlossenheit gegenüber der Hochwasservorsorge stehen unterschiedliche Betroffenheiten und Motivationen der Akteure gegenüber, die in einem überfachlichen Netzwerk berücksichtigt werden sollten. Dabei sollte sich Netzwerkarbeit an einem gemeinsamen, konsensfähigen Entwicklungsleitbild für den grenzüberschreitenden Aktionsraum orientieren.

Im Rahmen der Grenzgewässerkommission besteht bereits eine Zusammenarbeit zwischen Sachsen und Tschechien (vgl. Abstimmung zum geplanten Rückhaltebecken an der Schweinitz). Leider werden von der Kommission nur Gewässer berücksichtigt, die in ihrem Verlauf der Grenzziehung zwischen Sachsen und Tschechien folgen. Für kleinere Fließgewässer und das Einzugsgebiet der Oberen Flöha bestehen bisher noch keine Kooperationsformen zwischen den Grenznachbarn.

Für eine grenzübergreifende Netzwerkarbeit mit dem Ziel, einen wirksameren Hochwasserschutz im Untersuchungsgebiet zu erreichen, kann auf eine breite Erfahrung an vorhandenen interkommunalen Kooperationsformen zurückgegriffen werden. Um eine verbindliche und kontinuierliche Zusammenarbeit zu erreichen, erscheint das formelle europäische Rechtsinstrument des Europäischen Verbunds für Territoriale Zusammenarbeit (EVTZ) geeignet. Der EVTZ könnte die Kommunen, Landnutzer und relevanten fachlichen Institutionen unter einer konsensfähigen programmatischen kontinuierlichen Zielsetzung zusammenführen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass durch eine fachübergreifende und bilaterale Zusammenarbeit unter Einbeziehung aller relevanten Akteure mit ihren Kompetenzen ein wirksamer Hochwasserschutz erreicht werden kann. Ein solches grenzübergreifendes Handeln kann darüber hinaus erheblich zur Sensibilisierung für die Hochwasservorsorge beitragen. Durch die angestrebte Langfristigkeit der Zusammenarbeit kann dafür gesorgt werden, dass der Hochwasserschutz im Bewusstsein der Akteure fest verankert bleibt, die Pflegearbeiten kontinuierlich geleistet und

Überraschungen im Katastrophenfall ausgeschlossen werden.

Gleichzeitig kann durch die Errichtung eines EVTZ gewährleistet werden, dass weitere grenzübergreifende Kooperationsbedarfe, die in den Expertengesprächen aufgezeigt wurden, einen angemessenen Rahmen erhalten und Problemlagen komplex erkannt und gelöst werden können.

Tabelle 8-1: Hochwasserrelevante Arbeitsgruppen der Euroregion Erzgebirge e.V.		
Arbeitsgruppe	**Mitglieder auf deutscher Seite**	**Mitglieder auf tschechischer Seite**
Umwelt/ Regionalplanung	Landratsamt Erzgebirgskreis Abteilung Umwelt, Ländliche Entwicklung und Forst	Stadtverwaltung Chomutov
	Landkreis Mittelsachsen Abteilung Umwelt, Forst und Landwirtschaft	Městský úřad (MÚ) Kadaň
	Forstbezirk Marienberg	Česká rafinérská a.s.
	Regionaler Planungsverband Chemnitz-Erzgebirge	MÚ LN
	Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen	MÚ Žatec
		vedoucí odboru ŽP United Energy
		regionální rozvoj Krajského úřadu Ústeckého kraje
		Regionální rozvoj Krajského úřadu Ústeckého kraje
		VÚHU, Ekologické centrum Most pro Krušnohoří
Landwirtschaft	Kreisbauernverband Mittleres Erzgebirge	předsedkyně představenstva,Okresní agrární komory Most
	Vertreter aus ILE – Region Silbernes Erzgebirge	SERVISO o.p.s. Třebívlice
	Zusätzlich noch eine Person aus dem Bereich ländliche Entwicklung	ředitel Zemědělské agentury pozemkový úřad Ústí n.L.
		FYTON s.r.o. Odolice
		soukromě hospodařící rolník
		soukromě hospodařící rolník
Landwirtschaft		Zemědělské zásobování v Teplicích,a.s.
		starostka obce Hrobnice
		starosta Boleboře
		předseda OAK Louny
Wirtschaftsförderung, Tourismus	Entsorgungsgesellschaft Zschopau mbH	primátorka Chomutova
	GIZeF Gründer- und Innovationszentrum Freiberg	Sdruž. prům. podnikatelů Litvínov
	IHK	ředitel ÚP Most
	Stabsstelle Wirtschaftsförderung im Landratsamt Erzgebirge	MUS-DTS Vrbenský a.s. Most
	Tourismusverband Erzgebirge e.V.	fa VVV spol. s.r.o. Most
	Tourismusgemeinschaft Silbernes Erzgebirge	Technologický park Chomutov
	EURES-Berater ARGE	VÚHU Most
	Landkreis Mittelsachsen	Magistrátní úřad statutárního města Chomutov
		Magistrát statutárního města Most

Tabelle 8-1: Hochwasserrelevante Arbeitsgruppen der Euroregion Erzgebirge e.V. (Forts.)		
Arbeitsgruppe	**Mitglieder auf deutscher Seite**	**Mitglieder auf tschechischer Seite**
Brand-, Katastrophenschutz und Rettungswesen	Landkreis Mittleres Erzgebirge	starosta Oseka
	Landkreis Mittleres Erzgebirge	odd. pro řešení mimořádných situací KÚ Ústeckého kraje
	Landkreis Mittelsachsen	vedoucí odd. krizového řízení MÚ Litvínov
	Landkreis Mittleres Erzgebirge	vedoucí odd. krizového řízení MÚ Chomutov
	Landkreis Mittelsachsen Bereich Rettungsdienst	MÚ Louny
		Horská služba Boží Dar
Verkehr	Landkreis Mittelsachsen	starosta Dubí
	Landkreis Erzgebirge	jednatel firmy BES s.r.o.
		SETADIESEL a.s.
	Regionale Planungsstelle Chemnitz	DPML
		ředitelka OHK Most
		Most
		městský úřad Louny
		odbor dopravy - Magistrát města Mostu
		KÚ ÚK

Tabelle 8-2: Lokale Akteure und relevante Institutionen im Freistaat Sachsen		
Lokale Akteure, fachlich relevante Akteure, Institutionen	**Ansprechpartner/Abteilung**	**Informationen, Kompetenzen**
Landkreis Erzgebirge	Landrat	
	Abteilung 6: Umwelt, Ländliche Entwicklung und Forst, Untere Wasserbehörde	Kreisentwicklungskonzept, Bestehende FNP im Landkreis
	Bau- und Umweltamt, Grenzüberschreitende Zusammenarbeit	
Gemeinde Deutschneudorf	Bürgermeister	Informationen zum HWS (Deutschneudorf-Neuhausen-Seiffen)
Stadt Marienberg	Oberbürgermeister	
Stadt Olbernhau	Bürgermeister	
	Bauamtsleiter	Flächennutzungsplan, Kommunale Hochwasservorsorge

Tabelle 8-2: Lokale Akteure und relevante Institutionen im Freistaat Sachsen (Forts.)		
Lokale Akteure, fachlich relevante Akteure, Institutionen	**Ansprechpartner/Abteilung**	**Informationen, Kompetenzen**
Gemeinde Pfaffroda	Bürgermeister	
Gemeinde Seiffen/ Erzgebirge	Bürgermeister	Informationen zum HWS (Deutschneudorf-Neuhausen-Seiffen)
Stadt Zöblitz	Bürgermeister	
Gemeinde Neuhausen/ Erzgebirge	Bürgermeister	Informationen zum HWS (Deutschneudorf-Neuhausen-Seiffen)
Landkreis Mittelsachsen	Landrat	Flächennutzung
	Dezernat Umwelt, Forst, Landwirtschaft Abteilung Wasser	
Gemeinde Rechenberg-Bienenmühle	Bürgermeister	
Stadt Sayda	Bürgermeister	
Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland	Zweckverband Naturpark "Erzgebirge/Vogtland" Außenstelle Pobershau Naturschutzstation	Moorprojekt, Bergwiesenprogramm (Datengrundlagen/ Kartierungen), Renaturierung von Bächen (Flussperlmuschel), Schwierigkeiten, Ansprechpartner des Naturschutzes in Tschechien zu finden. Deshalb ist ein gemeinsames Moorprojekt bereits gescheitert.
Staatsbetrieb Sachsenforst	Kompetenzzentrum Wald- und Forstwirtschaft	Forstliche Rahmenplanung Waldfunktionenkartierung HW-Gefährdung Maßnahmen zum HWS
Forstbezirk Marienberg	Forstbezirk Marienberg	Nutzung des Waldes HW-Gefährdung Maßnahmen zum HWS
Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV)	Referat Wasserbau Flussmeisterei Dörnthal	Hochwasserschutzkonzepte 22 Abgrenzung der Hochwasserschutzkonzepte, Zuständigkeitsbereiche Planungen zum Wasserbau
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)	Ressourcenschutz	Ergebnisse des DBU Projektes - HONAMU Bodenbearbeitung (Bodenportal) Hochwasserschutz in der Landwirtschaft Einfluss ackerbaulicher Nutzung auf den Bodenwasserspeicher - Hochwasserschutz Vorsorge zum Bodengefügeschutz Einsatz des Erosionssimulationsmodells Erosion 3D bei der Erosions- und Gewässerschutzplanung
Landeshochwasserzentrum Sachsen		Aktuelle Hochwasserstände und Durchflüsse, Talsperren, Informationsplattform HWS, Pegelmessnetz Festgesetzte Überschwemmungsgebiete (Erfassungsmaßstab 1 : 200 000) Überschwemmte Flächen bei hundertjährlichem Hochwasser (Intensitätskarte HQ 100, Erfassungsmaßstab 1 : 10 000) Gefahrenkarten für Ortslagen (Gefahrenkarte, Erfassungsmaßstab 1 : 5 000) Atlas der Hochwassergefährdung in Sachsen (Gefahrenhinweiskarte Sachsen, Erfassungsmaßstab 1 : 100 000) Überschwemmte Flächen Hochwasser August 2002

Tabelle 8-2: Lokale Akteure und relevante Institutionen im Freistaat Sachsen (Forts.)		
Lokale Akteure, fachlich relevante Akteure, Institutionen	**Ansprechpartner/Abteilung**	**Informationen, Kompetenzen**
	Abt. Wasser/Abfall	WBS-FLAB (schneller Hochwasserabfluss) Fördermöglichkeiten zum dezentralen HWS
		Projekt FLAPP „Grenzüberschreitender HWS“ (37 Partner, 17 Staaten)
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)	Alle Abteilungen	Umweltdaten zu den Schutzgütern a) Boden: BK_{Konz} , BK50, Erosionsgefährdung, Bodenwertzahl, Sonderstandorte b) Oberflächenwasser: Fließgewässer, Standgewässer, Überschwemmungsgebiete, Natürliche Auenbereiche, Naturnahe Fließgewässer, (Strukturgüte/SBK-Typ) c) Natur, Arten+Biotope, Landschaft: SPA, FFH, NSG, NP, LSG, FND, NLP, TWSG, §26er Biotope d) Klima/Luft: Freiflächensicherungsbedarf, Kaltluftabfluss e) Sach- und Kulturgüter: Naturlandschaftselemente (z.B. Bergwiesen etc.)
Staatliches Amt für Landwirtschaft Zwönitz	Außenstelle Marienberg	Kontakte zu Landwirten/ Agrargenossenschaften u.a. Fördervollzug, Agrarstruktur, Bodenschutz HW-Gefährdungen, Maßnahmen zum HWS Bodenabtragsmodellierung derzeit anhand des 2-D-Simulationsmodell, Erosionsgefährdungsabschätzung anhand des 3-D-Modells Bereits bestehende Aktivitäten: Projekte mit der TU Dresden (Diplomarbeiten), Erosionsschutz mithilfe 3-D-Modellen und Infiltrationsversuchen (ehem. LfL), Agrarumweltmaßnahmenprogramm als Entwurf im Rahmen von ELER, Programm Umweltgerechte Landwirtschaft bereits gelaufen.
Staatliches Amt für Ländliche Entwicklung Oberlungwitz		Ländliche Neuordnung, Agrarstrukturelle Entwicklung, Flurbereinigungsverfahren Wettbewerbe, Landespflegerische, wasserbauwirtschaftliche und kulturbautechnische Maßnahmen HW-Gefährdungen, HW-Maßnahmen
Agrargenossenschaften	Agrargenossenschaft Ansprung e. V.	Eigentümer der LW-Flächen im Einzugsgebiet der Natzschung HW-Gefährdung Maßnahmen zum HWS
	Agrargenossenschaft e. G. Dörnthal, Verwaltung Pfaffroda	HW-Gefährdung Maßnahmen zum HWS
	Agrarhof Schwartenberg GmbH	Erosionsgefahr Erfahrung mit Konservierender Bodenbearbeitung
	Agrargenossenschaft Heidersdorf e. G.	
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft		Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) Quell- und Hochwasserentstehungsgebiete, Fördermöglichkeiten zum dezentralen HWS Oberste Forstbehörde
		Landschaftsprogramm
Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE)		Aktionsplan Hochwasserschutz der IKSE Fördermöglichkeiten zum dezentralen HWS
Regionaler Planungsverband Chemnitz-Erzgebirge		Regionalplan, Regionalplanvorentwurf Fachbeitrag zum Landschaftsrahmenplan
Euroregion Erzgebirge e. V.	Euroregion Erzgebirge e.V.	Vermittlung von Kontakten zu relevanten Akteuren in Tschechien

Tabelle 8-3: Lokale Akteure und relevante Institutionen in der Tschechischen Republik

Lokale Akteure, fachlich relevante Akteure	Ansprechpartner/ Weitere Informationen	Informationen und Kompetenzen
LITVÍNOV (Gemeinde mit erweitertem Kompetenzbereich)	Povodňová komise ORP (Hochwasserkommission Ústí) Bauamt (Stavební uřad)	HW-Gefährdungen Maßnahmen zum HWS
Klíny	Pane Starosta Jiří Matoušek	
Nova Ves v Horách	Bürgermeister	
Hora Sv. Kateřiny	Bürgermeisterin	
Brandov	Bürgermeister	
CHOMUTOV (Gemeinde mit erweitertem Kompetenzbereich)	Povodňová komise ORP (Hochwasserkommission Ústí) Bauamt (Stavební uřad)	HW-Gefährdungen Maßnahmen zum HWS
Kalek	Bürgermeister	
Hora sv. Sebestiana	Bürgermeister	
Ústecký kraj, Krajský urad Regionalamt	Povodňová komise Ústeckého kraje (UK) (Hochwasserkommission des Ústecký kraj) předseda Krajský úřad Ústeckého kraje, hejtman Ústeckého kraje, Velká	HW-Gefährdungen Maßnahmen zum HWS
Ústecký kraj, Krajský uřad (Regionalamt Region Ústí)	Odbor životního prostředí a zemědělství (Abt. Umwelt und Landwirtschaft) Příslušný vodoprávní úřad (Zuständiges Wasseramt) Ústecký kraj	Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Ústeckého kraje (PRVKUK) Entwicklungsplan Wasserversorgung und Kanalisation in der Region Ústí Plan zum Koordinierungsraum (WRRL) Sonstige Umweltdaten z.B.: Karten auf Viewer im Internet (1 : 25 000): Verwaltungseinheiten, Hilfseinrichtungen, Verkehrsnetz Gewerbezonen, Schutzgebiete, Entwicklungsplan Wasserversorgung und Kanalisation, Entwicklungsplan Wasserversorgung, Entwicklungsplan Kanalisation GEOFOND – Natur, Hochwasser August 2002, Sicherheitsbeirat – OPR (Gemeinden mit erweitertem Kompetenzbereich), Krisenmanagement – 5- und 20jähriges Hochwasser
	Odbor územního plánování a stavebního řádu (Abt. Raumplanung und Bauordnung) Oddělení územního plánování (Referat Raumplanung)	Regionalplanentwurf – derzeit im Aufstellungsverfahren (Konzept mit Karten und SUP im Maßstab 1 : 50 000, wird derzeit an neues Gesetz angepasst: Maßstab des Endplans 1 : 100 000)
Ministerstvo Zemeldevstvo Ministerium für Landwirtschaft		Flussgebietseinheiten in Tschechien (WRRL) Pläne der Haupteinzugsgebiete (WRRL) Maßnahmenprogramme (WRRL) Information und Anhörung der Öffentlichkeit (WRRL)

Tabelle 8-3: Lokale Akteure und relevante Institutionen in der Tschechischen Republik (Forts.)

Lokale Akteure, fachlich relevante Akteure	Ansprechpartner/ Weitere Informationen	Informationen und Kompetenzen
Ministerstvo životního prostředí Umweltministerium der Tschechischen Republik		Povodňová ochrana, u. a. Hochwasserschutz Wassergesetz der Tschechischen Republik Methodische Hinweise/Anweisungen zur Deichsicherheit >>> http://maps.kraj-lbc.cz/mapserv/dpp/ Ústřední povodňová komise (Zentrale Hochwasserkommission) Postavení Ústřední povodňové komise, její statut a jednací řád, usnesení z posledního jednání, personální složení, Mezinárodní akční plány povodňové ochrany I(nternationaler Hochwasserschutzaktionsplan) Dokumenty zpracované experty dotčených zemí, schválené na mezinárodní úrovni a dotýkající se povodňové ochrany v České republice (Dokumente, die von Experten für betroffenen Gebiete erstellt werden, verabschiedet auf internationaler Ebene und bezüglich des HWS) Strategie ochrany před povodněmi na území ČR (Hochwasserschutzstrategie der Tschechischen Republik) Společný materiál MŽP a MZ schválený usnesením vlády č. 382 v roce 2000 (Gemeinsames Material des Umweltministeriums und des Landwirtschaftsministeriums) Odkazy Hlásná povodňová služba Aktuální stav, průtok a vývoj ve sledovaných hlásných profilech kategorie A a B, informace povodňové služby MŽP (Aktuelle Informationen zum Stand, Durchfluss und Entwicklung in den überwachten Gebieten, Hochwasserzentrum UM)
Staatlicher Wasserbetrieb Einzugsgebiet Eger (Povodí Ohře) Wasserbetriebe Egergraben		Wasserbau Mitwirkung an der Erarbeitung des HWS-Plans
Staatsforst Tschechien	Forstamt Nacetin	EZG Natzschung Forstwirtschaft im Einzugsgebiet der Natzschung
Zemědělská vodohospodářská správa - Oblast povodí Ohře (Landwirtschaftliche Verwaltung für Wasserwirtschaft)		Aufgaben als Träger kleiner Wasserläufe Správci drobných vodních toků
VULHM - Institut für Waldwirtschaft Prag (Forschungsinstitut für Forstwirtschaft und Wildtiermanagement)		
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka (VÚVH) Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T.G.M.	Direktor	

Tabelle 8-4: Berührte Gemeinden und Aktivitäten im Maßnahmengebiet	
Kommune	**Aktivitäten zum Hochwasserschutz bzw. Gewässerunterhaltung im Untersuchungsraum**
Deutschland	
Gemeinde Heidersdorf	Überlegungen, die Situation an der Mortelbachbrücke im Ortskern zu verbessern („Schleifen einziehen“)
Stadt Marienberg	Studie für ein HRB oberhalb von Rübenau; Vorplanung eines HRB am Rübenauer Dorfbach (in Zusammenarbeit mit der LTV)
Gemeinde Neuhausen	Hochwasserschutzgräben auf Landwirtschaftsflächen
Stadt Olbernhau	bereits mindestens 8 HRB in Zusammenarbeit mit der LTV realisiert; Hochwasserrückhaltebecken für den Rungstockbach und den Dörfelbach in Auftrag gegeben
Gemeinde Pfaffroda	ARCADIS-Studie: Vorkonzepte/ Bedarfsanalysen, Verhinderung (privater) Ablagerungen am Gewässer schwierig, Überlegungen zur Regulierung der Dittmannsdorfer Teiche (in Zusammenarbeit mit LTV), Flussschauen durchgeführt
Gemeinde Rechenberg-Bienemühle	Konzentration auf Schwerpunkte: Abfluss gewährleisten, Ablagerungen aus kritischen Bereichen entfernen
Stadt Seiffen	Kleinere Maßnahme an der Gewässersohle des Seiffener Baches (2007)
Tschechische Republik	
Gemeidne Hora Svatého Kateřina	Schäden an Gemeindestraßen in der Ortslage sowie Steinmauer des Wildgeheges behoben, Kaskaden im Waldbereich sowie Sanierung von Landwirtschaftsflächen nach Erdrutschen mit staatlicher Förderung
Gemeinde Nová Ves v Horách	Kommunale Hochwasserkommission in Zusammenarbeit mit der Gemeinde mit erweiterter Zuständigkeit Litvínov geplant

Tabelle 8-5: Weitere Akteure, Institutionen und relevante Aktivitäten. *) kein Leitfadengespräch.	
Akteure, Institutionen	Aktivitäten mit Relevanz zum Hochwasserschutz bzw. Gewässerunterhaltung im Untersuchungsraum?
Deutschland	
Staatliches Amt für landwirtschaftliche Entwicklung Zwönitz, Außenstelle Marienberg	Es werden keine neuen Entwässerungsanlagen mehr angelegt, zum Teil Rückbau auch von Trinkwasserfassungen, die Drainagecharakter haben können; Unterstützung bei Fragen zur Förderung von Agrarumweltmaßnahmen; keine Möglichkeit, die Betriebe mit zusätzlichem Ackergras oder Grünlandflächen zu animieren; vollständige Verbannung von Mais aus erosionsgefährdeten Lagen schwierig; Querzeilen können wie Dämme wirken, wenn sie brechen (bei Maisanbau aber eher positiv); Grünstreifen nur im ersten Drittel des Hanges effektiv
Forstbezirk Marienberg	Ausbau/Unterhaltung von Forstwegen, Regenwasserabschläge; Paneuropäische Forstzertifizierung (PFC) des Staatswaldes Sachsen (demnach u. a. Waldböden nicht flächig befahren); keine neuen Grabensysteme zur Moorentwässerung – bestehende Entwässerungsanlagen werden seit der Wende nicht mehr unterhalten und setzen sich langsam zu; Errichtung von Sperrbauwerken in den Gräben in Moorgebieten; Waldumbau
Regionaler Planungsverband Chemnitz-Westerzgebirge	Regionalplan Chemnitz-Westerzgebirge (Entwurf 2007), Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege (Entwurf 2007)
Naturpark Erzgebirge/Vogtland (Naturparkverwaltung Pobershau)	Studie zur Entwicklung des Schwartenberggebietes (2006): Erosionsschutzwirkung durch angebaute Fruchtarten, Einsatz von Hecken, Boden schonende Bearbeitung, Windhindernisse; Bergwiesenprojekt, Gewässerrenaturierung, Moorprojekt
Agrarhof Schwartenberg	Pfluglose Bodenbearbeitung, zum Teil auch mit Pflug (bei Mais wegen Pilzkrankheiten); Überlegungen zu Aufforstungen nur in bestimmten Senken, die schlecht erreichbar sind; Besonders steile Ackerflächen temporär in der Stilllegung (1 Jahr) oder als Grünland; am erosionsgefährdeten Schwartenberg Grünlandstreifen quer zum Hang; auf einigen Getreideflächen wieder Grünland mit Untersaat

Tabelle 8-5: Weitere Akteure und Institutionen, relevante Aktivitäten. *) kein Leitfadengespräch. (Forts.)	
Landestalsperrenverwaltung (LTV)*	Schadensbeseitigung nach dem Hochwasser 2002, HochwasserHochwasserschutzkonzepte (Gewässer 1. Ordnung)
Euroregion Erzgebirge*	Grenzüberschreitende Facharbeitsgruppe Umwelt
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Landeshochwasserzentrum)*	Hochwasserfrühwarnsystem: Auswertung der Wasserstände und Durchflüsse der Pegel des gewässerkundlichen Landesmessnetzes sowie der übermittelten Daten der Nachbarländer und -staaten und im Zusammenhang mit Niederschlags- bzw. Tauwettervorhersagen; Bewertung hinsichtlich einer möglichen Hochwasserentstehung, frühzeitige Information der Betroffenen
Ehemaliger Landkreis Mittleres Erzgebirge*	ARCADIS-Studie: Vorkonzepte/ Bedarfsanalysen für den Landkreis
Tschechische Republik	
Regionalamt des Ústecký kraj, Abteilung Umwelt und Landwirtschaft	Regionale Hochwasserkommission. Beschluss der Regionalen Hochwasserschutzkonzeption. Derzeit Erstellung der Regionalen Maßnahmenprogramme (Krajské programmy opatření) durch den Staatlichen Wasserbetrieb Povodí Ohre; Regionale Hochwasserstudie wurde erstellt; derzeit Aufbau eines Informations- und Meldesystem zur Hochwasserfrühwarnung: Zurzeit läuft die Phase für kleine Wasserläufe. Ziel ist, dass die Bürgermeister in den oberen Lagen rechtzeitig Bescheid wissen. 2007 wurde die erste Etappe abgeschlossen, 2008 dann die zweite Etappe. In der nächsten Phase sollten Rückhaltemaßnahmen realisiert werden. Die meisten Maßnahmen sollen in der Förderperiode 2007-2013 realisiert werden - erste Maßnahmen bereits in diesem Jahr; Derzeit Überlegungen zu eigenen Projekten auch im Bereich der kleinen Wasserläufe auf Landwirtschaftsflächen (Zuständigkeit liegt eigentlich bei der Landwirtschaftlichen Verwaltung für Wasserwirtschaft – Egereinzugsgebiet, diese hat aber kaum Mittel)
Staatlicher Betrieb des Egereinzugsgebiets (Statní podník Povodí Ohre)	Erarbeitung der regionalen Hochwasserschutzkonzeption; derzeit Erstellung des Maßnahmenkonzepts 2008-2009 für das Eger-Einzugsgebiet (Beschluss durch Regionalamt); derzeit Erarbeitung von „Pilotkonzeptionen für den natürlichen Hochwasserrückhalt“ (dezentrale Maßnahmen) Steuerung wasserwirtschaftlicher Prozesse/technische Steuerung (z. B. Talsperren) – Leit- und Meldezentrale; Hochwasser 2006: Schadensbeseitigung z. B. am Bílý potok; Gesamtbericht zum Hochwasser für das Einzugsgebiet der Eger – August 2002 (Souhrnná zpráva o povodní z ucelené povodí Ohře – Srpn 2002), Bericht über die Hochwassersituation – Frühjahr 2006 (Zpráva o povodňové situaci – jaro 2006)
Lesní správa Litvínov (Forstverwaltung Litvínov)	„Schuttdämme“ in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Wasserbetrieb Povodí Ohre; Waldumbau
Verwaltung kleiner Wasserläufe Teplice – Egereinzugsgebiet / Správa toků v Teplicích– oblast povodí Ohře	z. B. Verbauung von Gräben in den Moorgebieten
Euroregion Krušnohoří (Euroregion Erzgebirge)	Facharbeitsgruppe Umwelt

Tabelle 8-6: Grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Untersuchungsgebiet	
Kooperation	**Gebietskulisse bzw. Beteiligte innerhalb des Untersuchungsgebietes**
Deutschland	
Verwaltungszusammenarbeit	
Verwaltungsgemeinschaften	Marienberg – Pobershau
	Sayda – Dorfchemnitz
	Seiffen – Deutschneudorf – Heidersdorf
Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	
Trinkwasserzweckverband „Mittleres Erzgebirge“	Marienberg, Pobershau, Zöblitz, Pockau, Olbernhau, Pfaffroda, Heidersdorf, Seiffen, Deutschneudorf, Neuhausen
Wasserzweckverband Freiberg	u. a. Dorfchemnitz, Sayda (Ortsteil Friedebach), Rechenberg-Bienenmühle
Abwasserzweckverband Pockautal	Marienberg, Pobershau ,Zöblitz
Abwasserzweckverband Olbernhau	Deutschneudorf, Heidersdorf, Neuhausen, Olbernhau, Pfaffroda, Pockau, Sayda (ohne Ortsteil Friedebach), Seiffen
Flächennutzungsplanung	
Gemeinsamer Flächennutzungsplan der Gemeinden	Deutschneudorf, Heidersdorf, Neuhausen, Rechenberg-Bienenmühle, Sayda, Seiffen,
Integrierte Ländliche Entwicklungskonzepte	
Region Gemeinsame Zukunft Erzgebirge	Marienberg, Pobershau, Zöblitz
Region Mittleres Flöha- und Zschopautal	Deutschneudorf, Heidersdorf, Olbernhau, Pfaffroda, Pockau
Region Silbernes Erzgebirge	Dorfchemnitz, Neuhausen, Rechenberg-Bienenmühle, Sayda, Seiffen
Euroregion Erzgebirge	Landkreis Erzgebirge, Landkreis Mittelsachsen
Tschechische Republik	
Mikroregionen	
Svazek obcí v regionu Krušných hor (Gemeindeverbund in der Erzgebirgsregion)	Nová Ves v Horách, Hora Sv. Kateřiny, Klíny, Horní Jiřetín, Brandov, Mariánské Radčice, Český Jiřetín, Louka, Litvínov, Meziboří, Lom (Treffen 8-10 mal jährlich)
Mikroregion St. Sebastian	Blatno, Boleboř, Hora sv. Šebastiána, Kalek, Křimov, Místo, Výsluní (Treffen 8-10 mal jährlich)
Euroregion Krušnohoří	Städte, Gemeinden, Organisationen und Firmen der ehemaligen Kreise Most, Chomutov, Louny, Teplice und Litomerice
Grenzüberschreitend	
Vertrag über gegenseitige Hilfe zwischen den Euroregionen Erzgebirge/ Krušnohoří	Seit 1993, Gemeinsame Facharbeitsgruppen
Mikroregion Nechranicko	Die Stadt Zöblitz ist Mitglied der Mikroregion Nechranicko rund um den Stausee Nechranice zwischen Kadaň und Žatec.
Partnerschaftsvertrag Seiffen-Klíny	Überlegungen zu einer grenzübergreifende Mikroregion
Gemeinsame Internetseite „Schweinitztal – Urlaub am Erzgebirgskamm“	Deutschneudorf (Bereitstellung der Internetseiten), Brandov, Hora Sv. Kateřiny, Nová Ves v Horách.
Zusammenarbeit zwischen dem Kreisbauernverband und den tschechischen Landwirten	
Zusammenarbeit zwischen der Stadt Olbernhau und der Gemeinde Brandov	Treffen bei Bedarf und gemeinsame Veranstaltungen
Zusammenarbeit zwischen dem Ortsteil Rübenau (Marienberg) und der Gemeinde Kalek	Treffen bei Bedarf und gemeinsame Veranstaltungen
Partnerschaftsverein Litvínov	
Zusammenarbeit zwischen Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV) und Povodí Ohre	
Zusammenarbeit zwischen Forstbezirk Marienberg und Forstverwaltung Litvínov	Treffen 1-2 mal jährlich: Erfahrungsaustausch, Exkursionen

9. Fazit, Umsetzungsperspektiven und Ausblick

Achim Schulte & Christian Reinhardt-Imjela

Die vorliegenden Untersuchungen veranschaulichen, dass im Einzugsgebiet der Oberen Flöha wesentliche Potentiale für einen dezentralen Wasserrückhalt vorhanden sind. Das System des dezentralen Hochwasserrückhalts, auf dem die Untersuchungen aufbauen, umfasst grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher Maßnahmen, die in der Fachliteratur umfassend dokumentiert (vgl. DWA-Merkblatt M550, DWA 2013) und in Kapitel 2 beschrieben sind. Nicht alle der möglichen Maßnahmen sind jedoch im Mittleren Erzgebirge sinnvoll einsetzbar.

Grundsätzlich gilt dabei, dass für einen überörtlich wirksamen Hochwasserrückhalt so viele dezentrale Maßnahmen wie möglich parallel umgesetzt werden müssten. In besonderem Maße gilt dieser Grundsatz für die Hochwasserrückhaltebecken, die vielerorts lokal hohe Wirkungen entfalten, überörtlich jedoch erst im Verbund wirksam werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass ausschließlich eine vollständige Umsetzung sinnvoll ist. Entsprechend der in Kapitel 7 vorgenommenen Priorisierung bietet sich eine bevorzugte Umsetzung von HRB an, die oberhalb besonders gefährdeter Ortslagen (z.B. Rübenau, Seiffen, Načetin) lokalisiert wurden und die in hohem Maß zur Verbesserung des Hochwasserschutzes an Gewässern II. Ordnung beitragen. Denkbar ist darüber hinaus eine Erweiterung des Stauvolumens einzelner Standorte durch Erhöhung der Stauhöhe über den für die Untersuchungen angesetzten Maximalwert von fünf Metern, um eine höhere Rückhaltewirkung als die jeweils ermittelte zu erreichen. Viele der untersuchten Standorte bieten diese Möglichkeit, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Anlagen anschließend nicht mehr in die Klasse der sehr kleinen bzw. kleinen Becken im Sinne der DIN 19700-12 einzustufen sind und sich die konstruktiven Anforderungen (Standsicherheit, Hochwasserentlastungsanlage) und damit die potentiellen Kosten deutlich erhöhen würden.

In den Modellrechnungen werden vereinfacht ungesteuerte Anlagen mit Hochwasserentlastungsanlage und Drosselung über einen einfachen Grundablass angenommen, die auf ein HQ_{100} optimiert und damit explizit für den Rückhalt eines größeren Hochwasserereignisses angelegt sind. Um die dezentralen HRB auch für Ereignisse mit kürzeren Wiederkehrintervallen (z.B. HQ_{50}) einsetzen zu können und damit die Kosten-Nutzen-Verhältnisse zu optimieren, bieten sich zwei Möglichkeiten. Ausgewählte Becken, d.h. insbesondere die Standorte mit hoher Priorität und damit hoher örtlicher Schutzwirkung, können mit Steuereinrichtungen versehen werden, die eine ereignisspezifische Anpassung der Abflussdrosselung ermöglichen. Als Alternative zu gesteuerten Anlagen können die ungesteuerten HRB mit Mehrfachdrosseln ausgestattet werden, die gestufte Beckenabgaben zulassen und z.B. von Dörr & Göppert (2013) beschrieben werden oder in anderer baulicher Form an der Chomutovka in Tschechien bereits verwendet werden (Abb. 5-4). Der Stauraum wird dabei in einen unteren und oberen Bereich mit unterschiedlicher Drosselung unterteilt. Die Drosselabgabe des unteren Stauraums wird niedriger bemessen, so dass bereits bei kleineren Ereignissen (z.B. HQ_{50}) ein Einstau ermöglicht wird. Der obere Stauraum wird wiederum mit einer separaten Drosseleinrichtung ausgestattet, die auf größere Abgaben und damit auf Ereignisse mit längeren Wiederkehrintervallen (z.B. HQ_{100}) optimiert ist. Auf diese Weise können Hochwasser mit unterschiedlichen Scheitelabflüssen auch ohne ereignisabhängige Steuerung wirksam zurückgehalten werden. Unabhängig davon ist eine Ausstattung der Drosseln mit beweglichen Schiebern sinnvoll, die zwar keine ereignisabhängige Steuerung, aber bei zukünftigen Veränderungen der Rahmenbedingungen (z.B. erhöhter Rückhalt durch Nutzungsänderungen), eine nachträgliche Anpassung der Drosselung gestatten.

Neu angelegte Rückhaltebecken stellen unabhängig von ihrer Dimensionierung einen Eingriff in das Fließgewässerkontinuum dar. Um die Gewässerdurchgängigkeit dennoch erhalten zu können, ist eine naturnahe Gestaltung der Grundablässe empfehlenswert, die trotz höherer Kosten aus ökologischer Sicht notwendig ist. Hinweise zur ökologischen Gestaltung von Drosselorganen finden sich in LUBW (2007) und bei Kreiter (2007). Als Alternative dazu ist auch die Anlage von Ökostollen parallel zum Grundablass

(ATV-DVWK 2001) denkbar, deren Konstruktion jedoch deutlich aufwendiger und damit für kleine bis sehr kleine HRB weniger zweckmäßig ist.

Neben den Hochwasserrückhaltebecken ist auch eine Neubewaldung von Gewässervorländern sinnvoll. Im Hochwasserfall führt dies durch die erhöhte Oberflächenrauheit zu einer Verlangsamung des Abflusses im Ausuferungsbereich der Gewässer (Gewässervorland). Die Priorität liegt dabei auf dem Flöhatal, welches durch sein im Vergleich mit den Zuflüssen geringeres Gefälle und die größere Breite für den Vorlandrückhalt eher geeignet ist. Dennoch können auch Aufforstungen im Vorland der größeren und kleineren Fließgewässer im übrigen Einzugsgebiet zum Rückhalt beitragen. Im Gegensatz dazu leisten Renaturierungsmaßnahmen aus hydrologischer Sicht keinen nennenswerten Beitrag zum Hochwasserrückhalt. Der Grund ist, dass die größeren Gewässer wie Natzschung und Schweinitz als Grenzgewässer für eine Renaturierung nicht infrage kommen und deswegen gar nicht erst untersucht wurden. Im Bereich der kleineren Gewässer wären Renaturierungsmaßnahmen hingegen prinzipiell außerhalb der Siedlungsbereiche möglich. In vielen Bereichen zeigt sich jedoch außerhalb der Ortslagen eine gute Strukturgüte, die aus gewässerökologischer Sicht positiv zu bewerten ist, aus Sicht des Hochwasserrückhalts jedoch nur wenig Raum für Veränderungen bietet. Die Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen kann jedoch als Kompensation für den Einsatz von technischen Schutzeinrichtungen (z.B. HRB) und den damit verbundenen Eingriffen in den Landschaftshaushalt in Betracht gezogen werden.

Für den Bereich der Landnutzung ist festzuhalten, dass Wälder einen effektiven Beitrag zum Hochwasserrückhalt leisten. Trotz der vielen bereits vorhandenen Waldflächen im Einzugsgebiet ist deshalb eine Erhöhung des Waldanteils ein wesentliches Element des dezentralen Hochwasserrückhalts. Die bereits im Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge (RPV Chemnitz-Erzgebirge 2008) ausgewiesenen Vorbehaltsgebiete Waldmehrung und Wald-Feldwechsel sind ein wichtiger Meilenstein der Waldmehrungsplanung, wobei die hydrologische Wirkung aufgrund des geringen Flächenanteils vorerst noch eher gering ausfällt. Aus diesem Grund ist zu prüfen, ob und in welchem Umfang weitere Flächen für die Waldmehrung bereitgestellt werden können. Die Frage nach dem am besten geeigneten Waldtyp lässt sich hingegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht zufriedenstellend beantworten. Aus rein hydrologischer Sicht scheinen Nadelwälder aufgrund der höheren Evapotranspirationsleistung und der damit verbundenen niedrigeren Bodenfeuchte gegenüber Mischwäldern geeigneter zu sein. Mischwälder stellen hingegen stabilere Ökosysteme dar, die weitaus weniger anfällig gegenüber Schädlingsbefall oder Windwurf sind, so dass eine Langzeitstabilität der Hochwasserrückhaltewirkung eher gewährleistet ist, als mit Monokulturen. Ein Umbau vorhandener Nadelwaldbestände zu standortgerechten Mischwäldern erscheint deshalb zunächst nicht sinnvoll. Zu beachten gilt dabei jedoch, dass die Rückhaltewirkung insgesamt sehr stark von der tatsächlichen und in einem Einzugsgebiet stark variablen Vegetationsstruktur und der Baumartenzusammensetzung abhängt, so dass die Frage nach dem "optimalen" Waldtyp nur mit Einschränkungen zu beantworten ist. Offen bleiben muss beispielsweise, ob mit Mischwäldern mit ausgeprägter Strauchschicht ähnliche Rückhalteleistungen erzielt werden können, wie mit reinen Nadelwäldern ohne Strauchschicht. Zu dieser und weiteren Fragen besteht nach wie vor Forschungsbedarf.

Eine Besonderheit des Untersuchungsgebiets sind die ehemaligen Waldschadensgebiete insbesondere in den Kammlagen, die z.T. aufgeforstet wurden und stellenweise auch der natürlichen Sukzession unterliegen. Geht man davon aus, dass sich diese Gebiete im Verlauf der nächsten Jahrzehnte zu reifen und geschlossenen Waldbeständen entwickeln, ist aufgrund des Flächenanteils zukünftig mit einer sehr deutlichen Verbesserung des Hochwasserrückhalts zu rechnen. Die Entwicklung dieser Gebiete ist dementsprechend sehr positiv zu bewerten, da der Prozess bereits eingeleitet ist und aus forstwirtschaftlicher Sicht lediglich sichergestellt werden muss, dass sich die Waldbestände auch tatsächlich bestmöglich entwickeln können. Hierzu ist nicht zuletzt auch die Abstimmung zwischen dem Staatsbetrieb Sachsenforst auf deutscher Seite und der tschechischen Forstverwaltung notwendig.

Um Maßnahmen umzusetzen, muss unter Abstimmung der Interessen aller Stakeholder zunächst entschieden werden, welche Elemente in welcher Form und wo eingesetzt werden sollen. Die Koordination aller beteiligten Interessengruppen ist aufgrund ihrer

großen Anzahl und insbesondere aufgrund sehr unterschiedlicher Verwaltungsstrukturen und Zuständigkeiten in Deutschland und der Tschechischen Republik eine komplexe Aufgabe. Hinzu kommt, dass einige der vorgeschlagenen Maßnahmen auf tschechischem Gebiet liegen, deren Schutzwirkung sich jedoch hauptsächlich in Deutschland entfaltet, so dass hier zur Schaffung einer Win-Win-Situation ein Lastenausgleich organisiert werden muss. Für die Bewältigung dieser Herausforderung stehen unterschiedliche Instrumente zur Netzwerkbildung zur Verfügung, darunter die Gründung eines Zweckverbandes, die jedoch im grenzübergreifenden Kontext mit hohen rechtlichen Hürden verbunden ist. Als Alternative dazu bietet sich die Einrichtung eines Europäischen Verbunds für territoriale Zusammenarbeit (EVTZ) an, der eine verbindliche und flexible Koordination der Zusammenarbeit ermöglicht.

Die hydrologischen Untersuchungen verdeutlichen, welche Bausteine des dezentralen Hochwasserrückhalts im Einzugsgebiet der Oberen Flöha einsetzbar sind. Dazu gehören die einzelnen Hochwasserrückhaltebecken, Aufforstung der Gewässervorländer sowie Nutzungsänderungen insbesondere in Form der Waldmehrung. Die einzelnen Elemente aus dem Maßnahmenkatalog können entsprechend ihrer Priorisierung auf unterschiedliche Art und Weise miteinander kombiniert werden. Daraus würde sich ein Umsetzungsszenario ergeben, dessen Ausgestaltung von den verwaltungstechnischen und ökonomischen Rahmenbedingungen vor Ort abhängt und damit aus wissenschaftlicher Sicht nicht vorhersagbar ist und in seiner hydrologischen Wirkung nicht vorab quantifiziert werden kann. Dementsprechend ist eine wissenschaftliche Begleitung der Umsetzung sinnvoll. die eine direkte Untersuchung und Abschätzung der örtlichen und überörtlichen hydrologischen Wirkung ermöglicht, sobald festgelegt ist, welche Maßnahmen im Detail umgesetzt werden können.

10. Quellen und Schriftenverzeichnis

10.1 Literatur

AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. –5., verb. u. erw. Aufl.: 1-438. Hannover.

Assmann, A. (1999): Die Planung dezentraler, integrierter Schutzmaßnahmen. Schriftenreihe des Landesamts für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg 11: 1-124.

Assmann, A. (2006): Planung und Potenzial von Kleinspeichern. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Klee-berg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 87-98.

Assmann, A.; Gündra, H.; Schukraft, G.; Schulte, A. (1998): Konzeption und Standortauswahl bei der dezentralen, integrierten Hochwasserschutzplanung für die obere Elsenz (Kraichgau). Wasser & Boden 50/8: 15-19.

ATV-DVWK (2001): Hochwasserrückhaltebecken: Probleme und Anforderungen aus wasserwirtschaftlicher Sicht. 1-135. Hennef: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.

Baade, J. (1994): Geländeexperiment zur Verminderung des Schwebstoffaufkommens in landwirtschaftlichen Einzugsgebieten. Heidelberger Geographische Arbeiten 95: 1-215.

Baird, A. J. (1997): Field estimation of macropore functioning and surface hydraulic conductivity in a fen peat. Hydrological Processes 11: 287-95.

Banse, J. & Jeřábek, M. (2009): Sozioökonomische Entwicklungsverläufe unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung und des Arbeitsmarktes im sächsisch-böhmischen Teil des Grünen Dreiländerecks und der Euroregion Elbe/Labe. In: Roch, I. & Jeřábek, M. (Hrsg.): Grenzübergreifende ökologische Regionalentwicklung. Geoscape, Supplement 4: 37-51.

Bauer, Ch. (2006): Gewässerrenaturierung als Beitrag zum Hochwasserschutz. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 45-58.

Becker, A. & McDonnell, J. J. (1998): Topographical and ecological controls of runoff generation and lateral flows in mountain catchments. Hydrology, Water resources and Ecology in Headwaters In: Proceedings of the Headwater ’98 Conference held at Merano/Italy, April 1998. IAHS Publication 248: 199-206.

Bernhardt, A. & Röder, M. (2008): Westerzgebirge. In: Mannsfeld, K. & Syrbe, R.-U. (Hrsg.): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde 257: 1-288. Leipzig: Deutsche Akademie für Landeskunde.

Beven K. J. (2001): Rainfall-Runoff Modelling: The Primer. 1-360. Chichester: John Wiley & Sons.

Bölscher, J. & Schulte, A. (2007): Hydrological modelling of decentralised flood protection measures in transnational headwater areas of the Natzschung catchment/Mittleres Erzgebirge. In: Proceedings of the 1st Scientific Conference on Integrated catchment management for hazard mitigation, 24-26 September 2007: 29-32. Remote Sensing Department, University of Trier.

Bölscher, J. & Schulte, A. (2011): Der Einfluss der Auenvegetation auf die Strömungsdynamik bei Hochwasser am Oberrhein unter besonderer Berücksichtigung der Messmethodik. In: Schulte, A.; Reinhardt, Ch.; Dittrich, A.; Jüpner, R.; Lüderitz, V. (Hrsg.): Hochwasserdynamik und Risikomanagement – neue Ansätze für bekannte Probleme? 1-186. Shaker Verlag, Aachen.

Bronstert, A. (1999): Capabilities and limitations of detailed hillslope hydrological modelling. Hydrological Processes 13: 21-48.

Bronstert, A.; Bürger, G.; Heidenreich, M.; Katzenmaier, D.; Köhler, B. (1999): Effects of climate change influencing storm runoff generation: Basic considerations and a pilot study in Germany. Proceedings of the 2nd International RIBAMOD Workshop, Wallingford, 26 - 27 Februar 1998.

Bronstert, A.; Niehoff, D.; Bürger G. (2002): Effects of climate and land-use changes on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities. Hydrological Processes 16: 509-529.

Bronstert, A.; Niehoff, D.; Fritsch, U. (2003): Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf die Hochwasserentstehung. Petermanns Geographische Mitteilungen 147 (6/2003): 24-33.

Brosinger, F. & Rothe, A. (2003): Intakter Bergwald unverzichtbar für den Hochwasserschutz und Bay-

ern. In: Hochwasserschutz im Wald. Berichte aus der Bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 40: 1-74.

Buček, A. (1998): Analýza povodňových událostí v ekologických souvislostech. Unie pro řeku Moravu, Brno, 81 p.

Büdel, J. (1981): Klima-Geomorphologie. 2. veränd. Aufl.: 1-304. Stuttgart: Bornträger.

Burke, W. (1967): Principles of drainage with special reference to peat. Irish Forestry 24: 1-7.

Büttner, U.; Fügner, D.; Winkler, U. (2001): Das Hochwasser am 5./6. Juli 1999 im Raum Marienberg im Erzgebirge. Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 45(3): 102-111.

Büttner, U. & Walther, P. (2007): Hochwasser in Sachsen in den letzten zehn Jahren. In: Horlacher, H.-B. & Graw, K.-U. (Hrsg.): Fünf Jahre nach der Flut: Hochwasserschutzkonzepte – Planung, Berechnung, Realisierung. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 35: 13-23.

Chifflard, P.; Didszun, J.; Zepp, H. (2008): Skalenübergreifende Prozessstudien zur Abflussbildung in Gebieten mit periglazialen Deckschichten (Sauerland, Deutschland). Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 13: 27-41.

Conway, V. M. & Millar, A. (1960): The hydrology of some small peat-covered catchments in the northern Pennines. Journal of the Institute of Water Engineers 14: 415-24.

Dietze, M. (2006): Untersuchung sedimentpetrographisch-mineralogischer Eigenschaften quartärer Lagen und Modellierung ihrer Verbreitungsmuster im Tharandter Wald (Sachsen). Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden: 1-141.

Dietze, M. & Kleber, A. (2010): Characterisation and prediction of thickness and material properties of periglacial cover beds, Tharandter Wald, Germany. Geoderma 156:346-356.

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2004): DIN19700-12: Stauanlagen Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken. 14 S. Berlin: Deutsches Institut für Normung.

Dittrich, K. (2006): Neue Chancen für den Wald im Mittleren Erzgebirge: Bewältigung der Folgen extremer Immissionsschäden bei Deutscheinsiedel. Forst & Holz 61: 89-94.

Dörr, A. & Göppert, H. (2013): Nutzung kleiner Rückhaltungen für unterschiedliche Aufgaben durch den Einsatz von Mehrfachdrosseln. Wasser & Abfall 15 (7/8 2013): 20-22.

Düser, O. (2011): Nutzung und Ertüchtigung von ländlichen Wegen und kleinen Straßendämmen zum Hochwasserrückhalt. Korrespondenz Wasserwirtschaft 4/2011: 206-208.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1990): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese. Regeln zur Wasserwirtschaft 113/1989, 2., durchges. Aufl.: 1-34.

DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) (2006): DWA-Themen Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. –1-110. Hennef.

DWA (2013): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. Entwurf zum DWA-Merkblatt M550: 1-87. Hennef.

Eissmann, L. (1995): Sachsen. In: Benda, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. 171-198. Stuttgart: Bornträger.

Ernstberger, H.; Linneweber, Ch.; Schneider, B. (2008): Hochwasservorsorge in Rheinland-Pfalz: Informationspaket zum natürlichen Hochwasserrückhalt. Korrespondenz Wasserwirtschaft 1 (3/08): 134-138.

Feldmann, A.D. (Ed.) (2000): Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual. 1- 155. USACE. Davis.

Felix-Henningsen, P.; Spies, E.-D.; Zakosek, H. (1991): Genese und Stratigraphie periglazialer Deckschichten auf der Hochfläche des Ost-Hunsrück (Rheinisches Schiefergebirge). Eiszeitalter u. Gegenwart 41: 56-69.

Fohrer, N.; Haverkamp, S.; Frede, H.-G. (2005): Assessment of the effects of land use patterns on hydrologic landscape functions: development of sustainable land use concepts for low mountain range areas. –Hydrological Processes 19: 659-672.

Frey, W. & Lösch, R. (1998): Lehrbuch der Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit.–1-436. Stuttgart et al.: Gustav Fischer Verlag.

Giese, M.; Müller, C.; Schneider, R.; Schröder, D. (2007): Entwicklung und GIS-gestützte Parametrisierung eines Niederschlag-Abfluss-Modells zur Abschätzung der Auswirkung dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen auf die Abflussganglinie eines mesoskaligen Einzugsgebietes in der Eifel. In: Schüler, G.; Gellweiler, I.; Seeling, S. (Hrsg.): Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnahmen der Waldwirt-

schaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) Rheinland-Pfalz: 163-172.

Göttle, A. (2006): Was erwartet die Wasserwirtschaft von der Forstwirtschaft hinsichtlich der Hochwasservorsorge. In: Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.): Wald – Schutz vor Hochwasser? Beiträge zum Symposium am 27. April 2006. –24-28. LWF Wissen 55: 24-28.

Green, W.H. & Ampt, G.A. (1911): Studies on Soil Physics: I. The flow of air and water trough soils. Journal of Agricultural Sciences 4: 1-24.

Grottker, T. (1999): Erfassung und Bewertung regionaler Hochwasserschutzleistungen von Wäldern, dargestellt am Beispiel des Wassereinzugsgebietes der Vicht. Schriften zur Forstökonomie 19: 1-298. Frankfurt/M.: J.D. Sauerländer's Verlag.

Hatzfeld, F. (2010): Sturzfluten in urbanen Gebieten – Vorsorge ist möglich! Korrespondenz Wasserwirtschaft 3 (2/2010): 87-92.

Hegg, Ch.; Badoux, A.; Lüscher, P.; Witzig, J. (2004): Zur Schutzwirkung des Waldes gegen Hochwasser. Forum für Wissen 2004: 15-20.

Heller, K. & Kleber, A. (2011): Einfluss periglazialer Deckschichten auf die oberflächennahen Fließwege am Hang – eine experimentelle Prozessstudie im Osterzgebirge, Sachsen. In: Blöschl, G. & Merz, R. (Hrsg.): Hydrologie & Wasserwirtschaft von der Theorie zur Praxis. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 24./25. März 2011 an der Technischen Universität Wien. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 30.11: 50-56.

Henningsen, D. & Katzung, G. (2002): Einführung in die Geologie Deutschlands. 6., überarb. Aufl.: 1-214. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Hendl, M. (1995). Klima. In: Liedtke, H. & Marcinek, J. (Hrsg.): Physische Geographie Deutschlands. 2., durchgesehene Aufl.: 23-119. Gotha: Justus Perthes Verlag.

Holden, J.; Burt, T. P.; Cox, N. J. (2001): Macroporosity and infiltration in blanket peat: the implications of tension disc infiltrometer measurements. Hydrological Processes 15: 289-303.

Holden, J.; Chapman, P. J.; Labadz, J. C. (2004): Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. Progress in Physical Geography 28,1: 95-123.

Hümann, M.; Schüler, G.; Müller, Ch.; Schneider, R.; Johst, M.; Caspari, Th. (2011): Identification of runoff processes – The impact of different forest types and soil properties on runoff formation and floods. Journal of Hydrology 409: 637-649.

Hürdler, J. (2009): Struktur der Fließgewässer im Einzugsgebiet der oberen Flöha (Mittleres Erzgebirge) unter Berücksichtigung der Potentiale zum dezentralen Hochwasserschutz. Diplomarbeit am Institut für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin. 1-147.

Hydrotec (2009): Niederschlag-Abfluss-Modell NASIM - Dokumentation NASIM 3.7.0. Aachen: Hydrotec.

IKSE (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe) (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe. 1-207. Magdeburg.

IÖR (Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung) (1993): Leitlinien und Entwicklungsziele zur umweltschonenden Raumentwicklung des sächsisch-böhmischen Erzgebirges. Dresden.

Jamitzky, T. (2006): Hochwasser im Erzgebirge: Dimensionierung dezentraler Rückhaltemaßnahmen. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Amt des Lehrers: 1-112. Freie Universität Berlin.

Janský, B. (2003): Water Retention in River Basins. Acta Universitatis Carolinae Geographica 38 (2): 173-183.

Janský, B. & Kocum, J. (2007): Retenční potenciál v pramenných oblastech toků. In: Langhammer, J. (Ed.): Povodně a změny v krajině. MŽP ČR a PřF UK: 307-316. Praha.

Janský, B. & Kocum, J. (2008a): Peat bogs influence on runoff process: case study of the Vydra and Křemelná River basins in the Šumava Mountains, southwestern Czechia. Geografie Sborník ČGS 113 (4): 383-399.

Janský, B. & Kocum, J. (2008b): Retence vody v pramenných oblastech toků a na území říční nivy. In: Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K. (Eds.): Ekosystémové služby říční nivy. Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR: 101-108. Třeboň.

Jansson, P.E. & Karlberg, L. (2001): Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Department of Civil an Environmental Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Jaesche, P. (1999): Bodenfrost und Solifluktionsdynamik in einem alpinen Periglazialgebiet (Hohe

Tauern, Osttirol). Bayreuther Geowissenschaftliche Arbeiten 20: 1-136. Bayreuth: Naturwissenschaftliche Gesellschaft Bayreuth e.V.

Jordan, H. & Weder, H. J. (1995) (Hrsg.): Hydrogeologie: Grundlagen und Methoden, regionale Hydrogeologie (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen). –2., stark überarb. u. erw. Aufl.: 1-603. Stuttgart: Enke.

Kaulfuß, W. & Kramer, M. (2000): Naturlandschaften und Nutzungspotentiale Sachsen. In: Kowalke, H. (Hrsg.): Sachsen (Perthes Länderprofile): 49-88. Gotha: Justus Perthes Verlag.

Kleber, A. (1992): Periglacial slope deposits and their pedogenetic implications in Germany. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 99: 361-371.

Kleber, A. (2004): Timing of the Central European upper layer („Hauptlage“) – a synthesis deduced from analogues. –Zeitschrift für Geomorphologie 48: 491-499.

Kleber, A.; Lindemann, J.; Schellenberger, A.; Beierkuhnlein, C.; Kaupenjohann, M.; Pfeiffer, S. (1998): Slope deposits and water paths in a spring catchment, Frankenwald, Bavaria, Germany. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50: 119-126.

Knapp, R. (2000): Protipovodňová ochrana. Zátopová území řek Moravy a Bečvy. Geoinfo, 7 (6): 28-32.

Knippschild, R. (2008): Grenzüberschreitende Kooperation: Gestaltung und Management von Kooperationsprozessen in der Raumentwicklung im deutsch-polnisch-tschechischen Grenzraum. Dresden.

Kocum, J. & Janský, B. (2007a): Retention potential in river headstream areas. In: Ecohydrological Approaches to Wise Use, Restoration, Management and Conservation of Wetlands.: 8-16. Třeboň.

Kocum, J. & Janský, B. (2007b): Water retention in river headstream areas as an instrument of integrated flood protection and drought problem solving. In: Earth: Our Changing Planet. Conference Proceedings IUGG XXIV General Assembly: 887. Perugia, Italia.

Kocum, J. & Janský, B. (2008a): Dynamika hydrologického režimu v pramenných oblastech vodních toků. In: Langhammer, J. (Ed.): Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. Naturwissenschaftliche Fakultät der Karls Universität in Prag: 72-82.

Kocum, J. & Janský, B. (2008b): Possibilities of headwaters retention potential enhancement: case study upper Otava River basin. In: Brilly, M. & Šraj, M. (Eds.): XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 2.-4. June 2008. Slovenian National Committee for the IHP UNESCO, Ljubljana.

Koehler, G. (2006): Dezentraler Hochwasserschutz – Einführung und Grundlagen. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 5-17.

Kolejka, J. (2003): Geoekologické aspekty zmírňování povodňových škod. Geografie – Sborník ČGS 108 (1): 1-13.

Kornmann, M; Schmidt, W. A.; Müller, E. (2006): Umsetzung erosionsmindernder und hochwasserreduzierender Maßnahmen auf Einzugsgebietsebene am Beispiel des Stausees Baderitz. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 16/2006: 1-80.

Kossak, J. (2008): Bestimmung der Gewässerstrukturgüte und des ökologischen Zustandes mit Bezug zum dezentralen Hochwasserschutz am Beispiel des Brettmühlen- und des Wildbaches im Mittleren Erzgebirgskreis. Bachelorarbeit am FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin. 1-53.

Kovář, P.; Sklenička, P.; Křovák, F. (2002): Vliv změn užívání krajiny na její ekologickou stabilitu a vodní režim. In.: Extrémní hydrologické jevy v povodích. ČVUT a ČVVS: 99-106. Praha.

Kreiter, T. (2007): Dezentrale und naturnahe Retentionsmaßnahmen als Beitrag zum Hochwasserschutz in mesoskaligen Einzugsgebieten der Mittelgebirge. Dissertation am Fachbereich Geographie/Geowissenschaften der Universität Trier: 1-273.

Kron, W. (2009): Überschwemmungsüberraschung: Sturzfluten und Überschwemmungen fernab von Gewässern. Wasserwirtschaft 6/2009: 15-20.

Lang, T. & Tönsmann, F. (2002): Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn. Kasseler Wasserbau-Forschungsberichte und -materialien 17/2002: 1-278. Kassel: Herkules Verlag.

LAF (Sächsische Landesanstalt für Forsten) (1999): Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgs-

standorten in Sachsen. –Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 19/99: 1-66.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. –1-24.

LAWA (1998): Leitlinien Zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Berlin.

LAWA (2000): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. 1-145.

LAWA (2004): Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. 1-35. Düsseldorf: LAWA/Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Legates, D. R. & McCabe Jr., G. J. (1999): Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. Water Resources Research 35(1): 233-241.

Ley, R.; Casper, M.; Kreiter, T. (2007): Potenzial der Scheitelabminderung bei Hochwasser durch Kleinrückhaltebecken. Wasserwirtschaft 97 (6/2007): 10-15.

LFP (Landesforstpräsidium) (2005): Bestandeszieltypen – Richtlinie für den Staatswald des Freistaates Sachsen. 1-56. Graupa: LFP.

LfL (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2006a): Dezentraler Hochwasserschutz: vorbeugende Maßnahmen im ländlichen Raum. 1-32. Dresden: LfL.

LfL (2006b): Dezentraler Hochwasserschutz: Möglichkeiten der ländlichen Entwicklung zur Unterstützung eines dezentralen Hochwasserschutzes. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 11/2006: 1-111.

LfUG (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie) (2005): Hochwasser in Sachsen – Gefahrenhinweiskarten. Dresden: LfUG.

LfULG (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) (2010): Hydrologisches Handbuch: Materialen zur Wasserwirtschaft Teil 0-6. Dresden: LfULG.

Lindenkreuz, J. (2006): Charakterisierung der Moore im Einzugsgebiet der Natzschung im Hinblick auf ihren Beitrag zur Hochwassergenerierung. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-99.

Löhe, A. (2006): Die bodenphysikalische Charakterisierung von Flächen unterschiedlicher Nutzung hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Oberflächenabfluss im Einzugsgebiet der Natzschung – eine Untersuchung im Mittleren Erzgebirge. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-134.

Lomský, B.; Materna, J.; Pfanz, H. (eds.) (2002): SO_2-Pollution and forest decline in the Ore Mountains. 1-342. Jíloviště-Strnady: VÚLHM.

LTV (Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen) (2004): Hochwasserschutzkonzept Mulden und Weiße Elster im Regierungsbezirk Chemnitz: Los 8 – Flöha bis Pegel Borstendorf mit Schweinitz und Schwarzer Pockau: Endbericht. 1-197. Lengefeld.

LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2007): Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken. 1-143. Karlsruhe: LUBW.

Mannsfeld, K., & Syrbe, R.-U. (Hrsg.) (2008). Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde 257: 1-288. Leipzig: Deutsche Akademie für Landeskunde.

Marenbach, B. (2002): Der Beitrag naturnaher Retentionsmaßnahmen in den Talauen zur Hochwasserdämpfung. Berichte des Fachgebiets Wasserbau und Wasserwirtschaft an der Universität Kaiserslautern 13: 1-183.

Marenbach, B. & Koehler, G. (2003): Örtliche und überörtliche Wirkung dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen. Wasser & Boden 55 (7/8): 22-26.

Matschullat, J.; Richert, E.; Bianchin, S.; Heilmeier, H.; Seidler, Ch.; Merta, M.; Hammer, G.; Lenz, U. (2007): Endbericht Hochwasser und Naturschutz im Weißeritzkreis (HochNatur). –1-142.

McDonald, A. (1973): Some views on the effects of peat drainage. Scottish Forestry 27: 315-27.

Merz, B. (2006): Hochwasserrisiken – Grenzen und Möglichkeiten der Risikoabschätzung. 1-334. Stuttgart: Schweizerbart.

Moklyak, V. I.; Kubyshkin, G. P; Karkutsiev, G. N. (1975): The effect of drainage works on streamflow. Hydrology of marsh-ridden areas. In: Proceedings of the Minsk symposium, June 1972. IAHS Studies and Reports in Hydrology, 19: 439-46.

Mößmer, R. (2003): Vorbeugender Hochwasserschutz im Wald – Umsetzung im praktischen Forstbe-

trieb. In: Hochwasserschutz im Wald. Berichte aus der Bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 40: 55-66.

Müller, U. (2009): Fachliche Umsetzung der EU-HWRM-RL in Sachsen. In: Jüpner, R. & Müller, U. (Hrsg.): Tagungsband zur 1. Veranstaltung des Forums der EU-HWRM-RL am 26. Juni in Dresden. Berichtsreihe des Forums zur EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 1. 9-21. Aachen: Shaker Verlag.

Nacken, H. (2008): Die neue Europäische Hochwasserrichtlinie. Korrespondenz Wasserwirtschaft 1 (5/08): 248-251.

Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970): River flow forecasting through conceptual models. Part I: Discussion of principles. Journal of Hydrology 10: 282-290.

Niehoff, D. (2002): Modellierung des Einflusses der Landnutzung auf die Hochwasserentstehung in der Mesoskale. Brandenburgische Umweltberichte 11: 1-143.

Novák, M. (1955): Huminové vody ve vodách údolních nádrží. Vodní hospodářství 5 (4): 127-128.

Novák, M. (1959): Výzkum kvality vody v údolní nádrži Lipno. Vodní hospodářství 9 (9): 378-383.

Novák, P. et al. (2003): Zpracování digitálních map hydropedologických charakteristik půd České republiky (Bearbeitung der digitalen Karten der hydropedologischen Parametern der Boden in der Tschechischen Republik). Abschlussbericht des Projektes „Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“: 11 p. Praha: VÚMOP.

Onderíková, V. & Stěrbová, A. (1956): Prispevok k biologii a chemizmu Oravskej nádrže. Vodní hospodářství 6 (2): 46-51.

Ott, B. & Uhlenbrook, S. (2004): Quantifying the impact of land-use changes at the event and seasonal scale using a process-oriented catchment model. Hydrology & Earth System Science 8 (1): 62-78.

Oulehle, F. & Janský, B. (2003): Limnologie a hydrochemismus v NPR Rejvíz. In.: Jezera České republiky (Současný stav geografického výzkumu): 93-108. Naturwissenschaftliche Fakultät der Karls Universität in Prag..

Pälchen, W. & Walter, H. (Hrsg.) (2008): Geologie von Sachsen – Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. 1-537. Stuttgart: Schweizerbarth.

Peschke, G. (1977): Ein zweistufiges Modell der Infiltration von Regen in geschichtete Böden. Acta Hydrophysica: 22 (1): 39 - 48.

Peschke, G. (1987): Soil Moisture and Runoff Components from a Physically Founded Approach. Acta Hydrophysica, 31 (3/4): 191-205.

Peschke, G.; Etzenberg, C.; Müller, G.; Töpfer, J.; Zimmermann, S. (1999): Das wissensbasierte System FLAB – ein Instrument zur rechnergestützten Bestimmung von Landschaftseinheiten mit gleicher Abflussbildung. IHI-Schriften 10: 1-122. Zittau: IHI.

Petrow, T.; Merz, B.; Lindenschmidt, K. E.; Thieken, A. H. (2007): Aspects of seasonality and flood generating circulation patterns in a mountainous catchment in south-eastern Germany. Hydrology and Earth System Sciences 11(4): 1455-1468.

Plate, E. J.; Merz, B.; Eikenberg, Ch. (2001): Naturkatastrophen: Herausforderung an Wissenschaft und Gesellschaft. In: Plate, E. J. & Merz, B. (Hrsg.): Naturkatastrophen – Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. 1-45. Stuttgart: Schweizerbart.

Pöhler, H. A. (2006): Anpassung von WaSiM-ETH und die Erstellung und Berechnung von Landnutzungs- und Klimaszenarien für die Niederschlag-Abfluss-Modellierung am Beispiel des Osterzgebirges. Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, TU Bergakademie Freiberg: 1-133.

Ramelow, M. (2006): Erstellung einer digitalen Bodenkarte für das Einzugsgebiet der Natzschung im Mittleren Erzgebirge. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-130.

RPV (Regionaler Planungsverband) Chemnitz-Erzgebirge (2008): Regionalplan Chemnitz-Erzgebirge: Fortschreibung. 67 S. und 16 Karten.

Reinhardt, Ch. (2010): Dezentraler Hochwasserrückhalt im Einzugsgebiet der Oberen Flöha (Mittleres Erzgebirge) – Modellierung der Potentiale von dezentralen Maßnahmen an Fließgewässern als Elemente des vorbeugenden Hochwasserschutzes. 1-192. Shaker Verlag: Aachen.

Richter, H. (1995): Die Mittelgebirge zwischen Weißer Elster und Görlitzer Neiße. In: Liedtke, H. & Marcinek, J. (Hrsg.): Physische Geographie Deutschlands. 2., durchgesehene Aufl.: 377-378. Gotha: Justus Perthes Verlag.

Rieger, W. & Disse, M. (2008): Dezentraler Hochwasserschutz am Beispiel der Windach. Korrespondenz Wasserwirtschaft 11/2008: 623-627.

Rieger, W. & Disse, M. (2009): Prozessnahe Simulation von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen und Landnutzungsänderungen als Nachweisinstrument für den dezentralen Hochwasserschutz. In: Fohrer, N.; Schmalz, B.; Hörmann, G.; Bieger, K. (Hrsg.): Hydrologische Systeme im Wandel. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 26./27. März 2009 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 26.09: 137-142.

Rieger, W. & Disse, M. (2010): Erstellung eines Hochwasserschutzkonzepts mit integrierten dezentralen Maßnahmen auf Grundlage hydrologischer und hydrodynamischer Modellierungen. In: Meon, G. (Hrsg.): Nachhaltige Wasserwirtschaft durch Integration von Hydrologie, Hydraulik, Gewässerschutz und Ökonomie. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 25./26. März 2010 an der Technischen Universität Braunschweig. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 29.10: 101-109.

Roch, Isolde; Bölitz, Dirk; Schulte, Achim; Janský, Bohumír (2008): Modely spolupráce v rámci síte pri decentralizované integrované preshranicní ochrane pred povodnemi v hrebenových oblastech Krusných hor (DINGHO) v Sasko-Ceském prihranicí In: Urbanismus a územní rozvoj 11: 37-41

Roch, I. (2011): Entwicklungs- und Steuerungsprozesse bei der Herausbildung der Kulturlandschaft Oberes Elbtal um Dresden. In: Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL Hannover.

Röder, M.; Bernhardt, A.; Richter, H. (2008a): Erzgebirge. In: Mannsfeld, K. & Syrbe, R.-U. (Hrsg.): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde 257: 1-288. Leipzig: Deutsche Akademie für Landeskunde.

Röder, M.; Lütz, M.; Gerber, S. (2008b): Bewertung von Landnutzungsszenarien des dezentralen Hochwasserschutzes. Wasserwirtschaft 1-2/2008: 49-54.

Röder, M. & Richter, H. (2008): Sächsisches Bergland und Mittelgebirge. In: Mannsfeld, K. & Syrbe, R.-U. (Hrsg.): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde 257: 1-288. Leipzig: Deutsche Akademie für Landeskunde.

Röttcher, K. (2005): Dezentrale und zentrale Rückhalte für den Hochwasserschutz – Untersuchungen am Beispiel der Erpe. Wasser und Abfall 5: 11-15.

Röttcher, K. (2006a): Hochwasserschutzkonzepte – mit der Natur? In: Kleeberg, H.-B. & Nacken, H. (Hrsg.): Hochwasser – Vorsorge und Schutzkonzepte: Beiträge zum Seminar am 6./7. November 2008 in Stein bei Nürnberg. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 18.06: 95-112.

Röttcher, K. (2006b): Bewertung und Kosten Dezentraler Hochwasserschutzkonzepte. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 99-110.

Röttcher, K. (2011): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung – ein Beitrag zur nachhaltigen Wasserwirtschaft. Korrespondenz Wasserwirtschaft 9/2011: 492-498.

Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.) (2006): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 1-182.

Röttcher, K. & Tönsmann, F. (1999): Kosten-Nutzen-Untersuchung für Hochwasserschutzmaßnahmen am Beispiel der Losse (Nordhessen). Wasser & Boden 51 (3/99): 34–39.

Röttcher, K. & Tönsmann, F. (2001): Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserschutzes im Mittelgebirge am Beispiel der Bauna. Wasser & Boden 53/10: 29-34.

Sass, O. (2008): Untersuchungen zur Gewässerstrukturgüte des Bärenbaches im oberen Einzugsgebiet der Flöha. Bachelorarbeit am FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin. 1-67.

Schendel, F. A. (2010): Das neue Wasserhaushaltsgesetz – ein Überblick. Korrespondenz Wasserwirtschaft 3/2010: 147-151.

Schmidt, P. A.; Hempel, W.; Denner, M.; Döring, N.; Gnüchtel, A.; Walter, B.; Wendel, D. (2003): Digitale Fachdaten zur Potentiellen Natürlichen Vegetation Sachsens mit Karte 1:200.000. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.

Schmidt, P. A.; Wilhelm, E.-G.; Eisenhauer, D.-R. (Red.) (2008): Waldbehandlung, Waldmehrung und Auengestaltung unter Berücksichtigung von Hochwasservorsorge und Naturschutz im Osterzgebirge. Abschlussbericht zum DBU-Projekt Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzge-

birges. 1-176. Dresden: Sächsischer Verein für Heimatschutz.

Schmidt, W.; Zimmerling, B.; Nitzsche, O.; Zacharias, S. (2006): Möglichkeiten der Hochwasserminderung in der Landwirtschaft. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 33-44.

Schröder, H. & Fiedler, H. J. (1977a): Beitrag zur Kenntnis der periglazialen Deckschichten des östlichen Harzes, Teil 1: Gliederung, Lithologie und Verbreitung der periglazialen Deckschichten. Z. geol. Wiss. 5 (1): 51-81.

Schröder, H. & Fiedler, H. J. (1977b): Beitrag zur Kenntnis der periglazialen Deckschichten des östlichen Harzes, Teil 2: Genese, stratigraphische Deutung und Parallelisierung der periglazialen Deckschichten. Z. geol. Wiss. 5 (9): 1083-1104.

Schüler, G. (2006): Dezentraler Wasserrückhalt im Wald in Abhängigkeit des Standortpotenzials. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 131-161.

Schulla, J. (1997): Hydrologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen. Züricher Geographische Schriften 69: 1-161. Geographisches Institut der ETH Zürich.

Schulla, J. & Jasper, K. (1998): Modellbeschreibung WaSiM-ETH. Zürich.

Schulla, J. & Jasper, K. (2007): Model Description WaSiM-ETH. Zürich.

Schulte, A. (2007): Hochwasser im Erzgebirge und das Konzept des dezentralen und grenzübergreifenden Hochwasserrückhaltes – INTERREG III A Projekt "DINGHO". In: Mächtle, B.; Gebhardt, H.; Schmid, H.; Siegmund, A. (Hrsg.): Der zirkumpazifische Raum: Risiken und Sicherheiten in einer globalisierten Welt. HGG-Journal 21: 51-58. Heidelberg.

Schulte, A.; Bölscher, J.; Wenzel, R.; Roch, I.; Janský, B. (2007): INTERREG III A Projekt DINGHO: dezentraler, integrierter und grenzüberschreitender Hochwasserschutz im Mittleren Erzgebirge. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement 7/07: 25-28.

Schulte, A.; Roch, I.; Jansky, B.; Bölscher, J.; Reinhardt; Ch.; Ramelow, M.; Wenzel, R.; Vock, A. (2008a): Gravierende Hochwasserschäden erfordern gemeinsames Engagement der Kommunen im Hochwasserschutz. Kommunalwirtschaft 09/2008: 538-542.

Schulte, A.; Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Wenzel, R. (2008b): Modellierung dezentraler Hochwasserrückhaltemaßnahmen. NASIM Anwenderkonferenz 2008: 1-3.

Schulte, A.; Bölscher, J.; Reinhardt, Ch.; Ramelow, M.; Wenzel, R. 2009: Potentiale des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge – Ergebnisse der Modellierungen mit NASIM und WaSiM-ETH. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2 (3/09): 151-158.

Seidel, N. (2008): Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell. Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, TU Bergakademie Freiberg: 1-167.

Semmel, A. (1972): Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland. Grundzüge, Forschungsstand, aktuelle Fragen, erörtert an ausgewählten Landschaften. Erdkundliches Wissen Heft 30. Wiesbaden: Steiner.

Sieker, H. & Wilcke, D. (2006): Möglichkeiten der Hochwasserminderung im urbanen Bereich. In: Röttcher, K.; Koehler, G.; Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz: Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 17.06: 19-32.

Sieker, F.; Wilcke, D.; van der Ploeg, R.; Akkermann, M.; Gieska, M.; Burde, M.; Sieker, H.; Bandermann, S.; Schmidt, W. A.; Zimmerling, B. (2002): Innovativer Ansatz eines vorbeugenden Hochwasserschutzes durch dezentrale Maßnahmen im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft sowie der Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße. Abschlussbericht DBU Projekt AZ15877: 1-203.

Sieker, F.; Sieker, H.; Zimmermann, U.; Sommer, H. (2004): Vorbeugender Hochwasserschutz als Nebenwirkung dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 48 (5): 185-188.

Sieker, F.; Jasper, J.; Reich, M.; Rüter, S.; Salzmann, M; Schmidt, W. A.; Wilcke, D.; Zacharias, S.

(2007a): Hochwasserschutz an der Mulde. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 12 (Heft 35/2007): 1-289. Leipzig: LfL.

Sieker, F.; Wilcke, D.; von Haaren, Ch.; Reich, M.; Rüter, S.; Jasper, J.; Salzmann, M.; Schmidt, W. A.; Zacharias, S.; Nitzsche, O. (2007b): Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen. Abschlussbericht DBU Projekt AZ21467 HONAMU: 1-346.

SMUL (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft) (2005): Klimawandel in Sachsen – Sachstand und Ausblick. 1-111. Dresden.

SMUL (2007): Hochwasserschutz in Sachsen – Die sächsische Hochwasserschutzstrategie. 1-43. Dresden.

Socher, M.; Dornack, S.; Defér, E. (2006a): Hochwasserschutzkonzepte im Freistaat Sachsen – eine Einführung. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 50 (6/2006). 303-308.

Socher, M.; Sieber, H.-U.; Müller, G.; Wundrak, P. (2006b): Verfahren zur landesweiten Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Sachsen. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 50 (3/2006). 123-130.

Sonnemann, S.; Münch, A.; Dittrich, I.; Eisenhauer, D.-R. (2008): Einfluss des Waldanteils, der Baumartenzusammensetzung und der Bestandesstruktur sowie der Waldbewirtschaftung auf das Abflussregime von Flusseinzugsgebieten im Osterzgebirge. In: Schmidt, P. A.; Wilhelm, E.-G.; Eisenhauer, D.-R. (Red.): Waldbehandlung, Waldmehrung und Auengestaltung unter Berücksichtigung von Hochwasservorsorge und Naturschutz im Osterzgebirge – Abschlussbericht zum DBU-Projekt: Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirges. 147-159. Dresden: Sächsischer Verein für Heimatschutz.

Uhlenbrook, S. & Leibundgut, C. (2000): Development and Validation of a Process Oriented Catchment Model Based on Dominating Runoff Generation Processes. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere: 25(7-8): 653-657.

USACE (1994): Flood-Runoff Analysis. Engineering Manual No. 110-2-1417: 1-214. Washington.

van Genuchten, M.T. (1976): A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Siences Society of American Journal: 44(5): 892-898.

Veit, H.; Mailänder, R.; Vonlanthen, C. (2002). Periglaziale Deckschichten im Alpenraum. Bodenkundliche und landschaftsgeschichtliche Bedeutung. Petermanns Geographische Mitteilungen 146 (4/2002): 6-14.

Verworn, H.-R. (2008): Flächenabhängige Abminderung statistischer Regenwerte. Korrespondenz Wasserwirtschaft 1 (9/2008): 493-498.

Voigt, A. (2008): Bestimmung der Gewässerstrukturgüte des Dörfelbaches und des Sandwegsbaches vor dem Hintergrund des dezentralen Hochwasserschutzes im Mittleren Erzgebirgskreis. Bachelorarbeit am FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin. 1-61.

Völkel, J. & Leopold, M. (2001): Zur zeitlichen Einordnung der jüngsten periglazialen Aktivitätsphase im Hangrelief zentraleuropäischer Mittelgebirge. Zeitschrift für Geomorphologie 45: 273-294.

Völkel, J.; Leopold, M.; Mahr, A.; Raab, T. (2002a): Zur Bedeutung kaltzeitlicher Hangsedimente in zentraleuropäischen Mittelgebirgslandschaften und zu Fragen ihrer Terminologie. Petermanns Geographische Mitteilungen 146 (2/2002): 50-59.

Völkel, J.; Zepp, H.; Kleber, A. (2002b): Periglaziale Deckschichten in Mittelgebirgen – ein offenes Forschungsfeld. Berichte zur deutschen Landeskunde 76 (Heft 2/3): 101-114. Selbstverlag Deutsche Akademie für Landeskunde e.V.

Wagenbreth, O. & Steiner, W. (1990): Geologische Streifzüge – Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg. 4. unveränd. Aufl.: 1-204. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

WASY (Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung) & IHI (Internationales Hochschulinstitut Zittau) 2006: Entwicklung einer Methodik zur Identifizierung von Hochwasserentstehungsgebieten (Kurzbericht). 1-18. Dresden, Zittau.

Wegner, H. (1992): Dezentraler Hochwasserschutz. Wasser & Boden 44 (1/1992): 6-10.

Weiss, H. (2005): Planungshinweise für Hochwasserschutzbauwerke. DWA Landesverbandstagung 2005 in Neu Ulm, Seminar 2 -Wasserwirtschaft.

Weißbach, C. (2008): Die Gewässerstrukturgüte deutsch-tschechischer Grenzgewässer im Mittleren Erzgebirge unter besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Totholz. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Amt des Studienrats: 1-126. Freie Universität Berlin.

Wenzel, R.; Schulte, A.; Bölscher, J.; Ramelow, M.; Reinhardt, Ch. (2010): Gesichertes Totholz als Instrument des dezentralen Hochwasserrückhalts – Ergebnisse von Freilanduntersuchungen im Erzgebirge. Korrespondenz Wasserwirtschaft 11/08: 599-605.

Wilhelm, E.-G.; Wendel, D.; Schmidt, P. A. (2008): Auenrenaturierung und –gestaltung. In: Schmidt, P. A.; Wilhelm, E.-G.; Eisenhauer, D.-R. (Red.): Waldbehandlung, Waldmehrung und Auengestaltung unter Berücksichtigung von Hochwasservorsorge und Naturschutz im Osterzgebirge: Abschlussbericht zum DBU-Projekt: Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirges. 121-139. Dresden: Sächsischer Verein für Heimatschutz.

Zimmerling, B. & Schmidt, W. A. (2002): Beitrag der konservierenden Bodenbearbeitung zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7 (Heft 11): 23-51.

Zschammer, Ch.; Hunger, F.; Held, A.; Becker, P.; Schwarz, O. (2007): Umsetzung des Hochwasserschutzkonzeptes für die Natzschung. In: Horlacher, H.-B. & Graw, K.-U. (Hrsg.): Fünf Jahre nach der Flut: Hochwasserschutzkonzepte – Planung, Berechnung, Realisierung. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 35: 455-464.

10.2 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien

Europäische Union

EU (Europäische Union) 2007: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. –Amtsblatt der Europäischen Union L288: 27-34.

Bundesrepublik

Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3. Mai 2005.

WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009 (Wasserhaushaltsgesetz).

GG: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949, zuletzt geändert durch das Gesetz vom 11. Juli 2012

Tschechische Republik

Gesetz Nr. 183/2006GBl., vom 14. März 2006 über die Raumplanung und Bauordnung (Zákon č.183/2006 Sb., ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu)

Gesetz Nr. 100/2001 GBl., über die Prüfung von Umweltauswirkungen und über die Änderung einiger benachbarter Gesetze (Gesetz über die Prüfung von Umweltauswirkungen), in der Fassung der Änderungen des Gesetzes Nr. 93/2004 GBl. (Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění zákona č. 93/2004 Sb.)

Gesetz Nr. 248/2000 GBl., über die Unterstützung der Regionalentwicklung (Zákon ze dne 29. června 2000 o podpoře regionálního rozvoje)

Freistaat Sachsen

SächsWG: Sächsisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Oktober 2004, rechtsbereinigt mit Stand vom 1. Juli 2006.

SächsWG: Sächsisches Wassergesetz in der Fassung 12. Juli 2013.

Verfassung des Freistaates Sachsen vom 27. Mai 1992 (SächsGVBl. S. 243; 5. Juni)

Gemeindeordnung für den Freistaat Sachsen (Sächs GemO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2003 (SächsGVBl. S. 55, ber. S. 159), zuletzt geändert am 11. Mai 2005 (SächsGVBl. S. 155)

Landkreisordnung für den Freistaat Sachsen (SächsLKrO) vom 19. Juli 1993 (SächsGVBl. S. 577), zuletzt geändert am 11. Mai 2005 (SächsGVBl. S. 155)

Sächsisches Verwaltungsneuordnungsgesetz (Sächs VwNG) vom 29. Januar 2008

10.3 Daten

Kartenwerke

Kartenwerk	Blatt-Nr.	Herausgeber bzw. Vertrieb
Topographische Karte 1:25.000	5245 Lengefeld 5246 Sayda 5247 Rechenbg.-Bienenmühle 5345 Zöblitz 5346 Olbernhau 5347 Deutscheinsiedel–Ost 5445 Hirtstein	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen
Topographische Karte der Tschechischen Republik 1:25.000	02-313 Nová Ves v Horách 02-314 Litvínov	Tschechisches Amt für Vermessung und Katasterwesen
Geologische Karte von Sachsen 1:25.000	5245 Lengefeld (116) 5246 Sayda (117) 5247 Nassau (118) 5345 Zöblitz (129) 5346 Olbernhau-Purschenstein (130) 5347 Deutscheinsiedel–Ost 5445 Kühnhaide-Sebastiansberg (140)	Königl. Sächsisches Finanzministerium/ Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen
Geologische Karte der Tschechischen Republik 1:50.000	02-31 Litvínov	Zentrales Geologisches Institut Prag
Geologische Karte 1:100.000	Erzgebirge/Vogtland	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)/ Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen
Bodenkarte des Freistaates Sachsen 1:50.000	L5346 Olbernhau L5344 Zschopau	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Bodenkarte der Tschechischen Republik 1:50.000	02-31 Litvínov	Zentrales Geologisches Institut Prag

Digitale Geodaten

Datenwerk	Blatt/ Szene	Herausgeber	Ausgabe
Digitales Geländemodell[1] ATKIS®-DGM25	–	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen	1996-1999

Datenwerk	Blatt/ Szene	Herausgeber	Ausgabe
Digitales Geländemodell[2] ATKIS®-DGM2	–	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen	2006
Digitale geographische Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (ZABAGED) – Digitales Höhenmodell	–	Tschechisches Amt für Vermessung und Katasterwesen	
Digitales Geländemodell SRTM (3 Bogensekunden)	n050e013	USGS/Global Land Cover Facility, University of Maryland	2004
Digitales Landschaftsmodell ATKIS® -Basis-DLM[3]	–	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen	2006
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer	–	Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk	2007
Bodenkonzeptkarte des Freistaates Sachsen 1:25.000 (BK_{konz})	5245, 5246, 5247, 5345, 5346, 5347 , 5445	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)	1993-2006
CORINE Landcover Europe 2000	–	European Environment Agency, Copenhagen	2005

Copyrightvermerke:

1 Digitales Geländemodell (ATKIS®-DGM25) mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen, Erlaubnis-Nr. 4615/2006. Jede Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

2 ATKIS®-DGM2, © Landesvermessungsamt Sachsen 2008

3 Digitales Landschaftsmodell (ATKIS® -Basis-DLM) mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen, Erlaubnis-Nr. 4615/2006. Jede Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

Zeitreihen

Pegelzeitreihen

Pegel	Gewässer	Beobachtungs-beginn (W/Q)	verwendete Zeitspanne	zeitliche Auflösung	Datenquelle
Pockau 1	Flöha	1920/1920	2002-2007	15 min.	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Olbernhau 2	Flöha	1903*/2005	2005-2007	15 min.	
Rothenthal	Natzschung	1927/1927	2002-2007	15 min.	
Rauschenbach 1	Flöha	1966/1966	2002-2003 11.-16.08.2002 2004-2007	24 h 15 min. 15 min.	Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV)
Rauschenbach 2	Rauschenfluss	1966/1966	2002-2003 11.-16.08.2002 2004-2007	24 h 15 min. 15 min.	
Eisenzeche	Flöha	11/2006	2006-2007	15 min.	DINGHO Sondermessnetz
Hirschberg	Schweinitz	02/2007	2007	15 min.	
Načetin	Natzschung	05/2006	2006-2007	15 min.	
Rungstockbach	Rungstockbach	07/2007	2007	15 min.	

Meteorologische Zeitreihen

Station	Netz/ Betreiber	Zeitraum	Parameter (zeitl. Auflösung)	Höhe [m NN]
Sayda	Deutscher Wetterdienst (DWD)	2002-2006	Niederschlag (24h)*	670
Pockau-Forchheim		2002-2006	Niederschlag (24h)*	466
Nová Ves v Horách	Český hydrometeorologický ústav (Tschechisches Hydrometeorologisches Institut, ČHMÚ)	2002-2007 2005-2007	Niederschlag (24h)* Niederschlag (15min)	725
Klíny		2002-2006	Niederschlag (24h)	820
Fláje (TS)	Povodí Ohře (Staatlicher Wasserbetrieb für das Einzugsgebiet der Eger)	2002-2006 2002-2007	Niederschlag (24h) Niederschlag (10 min)	740
Waldklimastation Olbernhau	Staatsbetrieb Sachsenforst	2002-2008 2002-2008 2002-2008	Niederschlag (1h) Temperatur (1h) relative Luftfeuchte (1h)	717
Olbernhau	Dirk Christoph (private Station)	2002-2007 11.-13.08.2002 2002-2007 2002-2007	Niederschlag (24h)* Niederschlag (10min) Temperatur (24h) Schneehöhe (24h)	480
Rauschenbach (TS)	Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV)	2002-2007 2005-2007 2004-2007	Niederschlag (24h) Niederschlag (15min) Temperatur (15min)	614
Jindrichova Ves	DINGHO Sondermessnetz	03/2007- 09/2009	Niederschlag (1h) Temperatur (1h) Windgeschwindigkeit (1h) relative Luftfeuchte (1h)	759
Seiffen		11/2006- 10/2007	Niederschlag (1h) Temperatur (1h) Windgeschwindigkeit (1h) relative Luftfeuchte (1h)	712

*) Disaggregierung der täglichen Niederschlagssummen für die N-A- Modellierung auf Grundlage von Stationen mit höherer Auflösung

10.4 Dissertationen und studentische Qualifizierungsarbeiten

(in chronologischer Reihenfolge)

Dissertationen

Bölscher, J. (2016): Die Analyse des dezentralen Hochwasserrückhaltepotentials im Einzugsgebiet der Natzschung (Mittleres Erzgebirge) unter Verwendung des Niederschlag-Abfluss Modells NASIM. Dissertation am Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin, 253 S. [Quellenabgabe 2019 aktualisiert].

Reinhardt, Ch. (2010): Dezentraler Hochwasserrückhalt im Einzugsgebiet der Oberen Flöha (Mittleres Erzgebirge) – Modellierung der Potentiale von dezentralen Maßnahmen an Fließgewässern als Elemente des vorbeugenden Hochwasserschutzes. 1-192. Shaker Verlag, Aachen.

Jeníček, M. (2009): Modelování průběhu extrémních povodní v kontextu krajinných změn a integrované protipovodňové ochrany (Modelling the course of extreme floods in the context of landscape changes and integrated flood protection). PhD. Thesis, Faculty of Science, Charles University Prague: 1-128.

Diplom-, Staatsexamens- und Masterarbeiten

Weniger, A. (2011): Untersuchung der Abflusswirksamkeit forstwirtschaftlicher Dränagegräben in einem Kleinsteinzugsgebiet im mittleren Erzgebirge mit Hilfe eines konzeptionellen Niederschlag-Abfluss-Modells. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin. 1-107.

Schülzke, Ch. (2010): Lokalisierung von Hochwasserentstehungsgebieten im grenzübergreifenden Einzugsgebiet der Flöha auf Basis des Expertensystems WBS FLAB. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-65.

Imjela, R. (2010): Der Einfluss des Waldes auf den Hochwasserabfluss im Einzugsgebiet des Rauschenflusses. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-141.

Ortelbach, K. (2010): GIS-gestützte Standortwahl dezentraler Hochwasserrückhaltebecken auf Basis eines hoch aufgelösten Geländemodells (DGM2) für das Einzugsgebiet der Oberen Flöha (Mittleres Erzgebirge). Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-107.

Krüger, M. (2010): Die Untersuchung des Hochwasserrückhaltepotenzials im Einzugsgebiet des Rungstockbaches (Mittleres Erzgebirge) mit Hilfe des Niederschlag-Abfuss-Modells NASIM. Masterarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-96 S.

Seeger, S. (2009): Vorhersage der Bodentypenverbreitung im tschechischen Teileinzugsgebiet der Schweinitz/Mittleres Erzgebirge mittels multivariater Statistik. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-138.

Hürdler, J. (2009): Struktur der Fließgewässer im Einzugsgebiet der oberen Flöha (Mittleres Erzgebirge) unter Berücksichtigung der Potentiale zum dezentralen Hochwasserschutz. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-147.

Weißbach, C. (2008): Die Gewässerstrukturgüte deutsch-tschechischer Grenzgewässer im Mittleren Erzgebirge unter besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Totholz. Wissenschaftliche Hausarbeit an der FU Berlin zur ersten Staatsprüfung für das Amt des Studienrats: 1-126.

Duwe, J. (2007): Historische und aktuelle Hochwasserereignisse im mittleren Erzgebirge und deren Schadensausmaß. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-133.

Henke, K. (2007): Infiltrationspotential der Böden im Einzugsgebiet der Schweinitz (Mittleres Erzgebirge) in Abhängigkeit von der Landnutzung. Wissenschaftlich Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für das Amt des Studienrates: 1-124.

Jamitzky, T. (2006): Hochwasser im Erzgebirge – Dimensionierung dezentraler Rückhaltemaßnahmen. Wissenschaftliche Hausarbeit an der FU Berlin zur ersten Staatsprüfung für das Amt des Lehrers: 1-112.

Lindenkreuz, J. (2006): Charakterisierung der Moore im Einzugsgebiet der Natzschung im Hinblick auf ihren Beitrag zur Hochwassergenerierung. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-99.

Löhe, A. (2006): Die bodenphysikalische Charakterisierung von Flächen unterschiedlicher Nutzung hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Oberflächenabfluss im Einzugsgebiet der Natzschung – eine Un-

tersuchung im Mittleren Erzgebirge. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-134.

Ramelow, M. (2006): Erstellung einer digitalen Bodenkarte für das Einzugsgebiet der Natzschung im Mittleren Erzgebirge. Diplomarbeit FB Geowissenschaften der Freien Universität Berlin: 1-130.

Bachelorarbeiten

Suthfeld, R. (2011): Laboruntersuchungen zum Geschiebetransport des Flusses Natzschung (Erzgebirge). 47. S.

Voigt, A. (2008): Bestimmung der Gewässerstrukturgüte des Dörfelbaches und des Sandwegsbaches vor dem Hintergrund des dezentralen Hochwasserschutzes im Mittleren Erzgebirgskreis. 1-61.

Kossak, J. (2008): Bestimmung der Gewässerstrukturgüte und des ökologischen Zustandes mit Bezug zum dezentralen Hochwasserschutz am Beispiel des Brettmühlen- und des Wildbaches im Mittleren Erzgebirgskreis. 1-53.

Lipinsky, L. (2008): Charakterisierung der Forstwege im Einzugsgebiet des Telscky potok (Erzgebirge) hinsichtlich ihrer hochwasserfördernden Wirkung. 1-62.

Sass, O. (2008): Untersuchungen zur Gewässerstrukturgüte des Bärenbaches im oberen Einzugsgebiet der Flöha. 1-67.

Krüger, J. M. (2007): Kleinskalige Strömungsbedingungen am Ullersdorfer Bach (Erzgebirge) unter Einfluss von Totholz im Gerinne. 1-61.

Schumacher, F. (2007): Bestimmung des Infiltrationspotentials der Böden im Einzugsgebiet des Seiffener Baches (Mittleres Erzgebirge) in Abhängigkeit von der Landnutzung. 1-46.

10.5 Veröffentlichungen

(in chronologischer Reihenfolge)

Bölscher, J.; Schulte, A.; Reinhardt, C.; Wenzel, R. (2013): Flash flood retention in headwater areas of the Natzschung River using small retarding basins. In: Floods: From Risk to Opportunity. IAHS Publ. 357: 153-165.

Reinhardt, Ch., Bölscher, J., Schulte, A., Wenzel, R. (2011): Decentralised water retention along the river channels in a mesoscale catchment in southeastern Germany. Physics and Chemistry of the Earth 36 (7-8): 309-318.

Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Imjela, R.; Ramelow, M.; Wenzel, R.; Schulte, A. (2011): Alternatives in flood protection: The effect of decentralized measures in the Upper Floeha watershed (Southeastern Germany). In: Mambretti, S. (ed.): Flood Risk Assessment and Management: 93-103. Southhampton, Boston: WIT Press. *Updated reprint of the conference paper published in Brebbia (2009).*

Reinhardt, C.; Bölscher, J.; Imjela, R.; Schulte, A. (2011): Dezentraler Hochwasserrückhalt – Maßnahmen, Potentiale und ein Fallbeispiel aus dem Mittleren Erzgebirge. In: Schulte, A.; Reinhardt, C.; Dittrich, A.; Jüpner, R.; Lüderitz, V. (Hrsg.) (2011): Hochwasserdynamik und Risikomanagement – neue Ansätze für bekannte Probleme? Beiträge zum Gemeinsamen Kolloquium am 24.11.2011 in Berlin: : 61-76. Shaker Verlag.

Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Ramelow, M.; Wenzel, R.; Schulte, A. (2009): Alternatives in flood protection: The effect of decentralized measures in the Upper Floeha watershed (Southeastern Germany). In: Brebbia, C. A. (ed.): River Basin Management V. WIT Transactions on Ecology and the Environment 124: 93-103. Southampton, Boston: WIT Press.

Wenzel, R.; Schulte, A.; Bölscher, J.; Ramelow, M.; Reinhardt, Ch. (2010): Gesichertes Totholz als Instrument des dezentralen Hochwasserrückhalts – Ergebnisse von Freilanduntersuchungen im Erzgebirge. Korrespondenz Wasserwirtschaft 11/10: 599-605.

Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Ramelow, M.; Schulte, A. Wenzel, R. (2010): Decentralised flood protection in low mountain areas – the Upper Floeha case study. Geophysical Research Abstracts 12: EGU2010-4429, European Geoscience Union General Assembly 2010.

Ortelbach, K.; Reinhardt, Ch.; Schulte, A.; Bölscher, J. (2010): GIS-gestützte Standortausweisung potentieller dezentraler HRB auf Basis hoch aufgelöster digitaler Geländemodelle – Möglichkeiten und Grenzen. Tag der Hydrologie 2010 – Nachhaltige Wasserwirtschaft durch Integration von

Hydrologie, Hydraulik, Gewässerschutz und Ökonomie: Abstracts.

Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Ramelow, M.; Wenzel, R.; Schulte, A. (2009): Alternatives in flood protection: The effect of decentralized measures in the Upper Floeha watershed (Southeastern Germany). In: Brebbia, C. A. (ed.): River Basin Management V. WIT Transactions on Ecology and the Environment 124: 93-103. Southampton, Boston: WIT Press.

Reinhardt, Ch., Bölscher, J., Wenzel, R.; Schulte, A. (2009): Dezentraler Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oberen Flöha. Jahrestreffen des Arbeitskreises Hydrologie 2009: http://www.ak-hydrologie.de

Schulte, A.; Bölscher, J.; Reinhardt, Ch.; Ramelow, M.; Wenzel, R. (2009): Potentiale des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge – Ergebnisse der Modellierungen mit NASIM und WaSiM-ETH. Korrespondenz Wasserwirtschaft 3/09: 151-158.

Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Ramelow, M.; Wenzel, R.; Schulte, A. (2009): Minderung von Hochwasserrisiken an der Oberen Flöha (Mittleres Erzgebirge) durch dezentrale Maßnahmen. In: Fohrer, N.; Schmalz, B.; Hörmann, G.; Bieger, K. (Hrsg.): Hydrologische Systeme im Wandel – Beiträge zum Tag der Hydrologie am 26./27. März 2009 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 26.09: 149-154.

Bölscher, J. & Schulte, A. (2009): Dezentraler Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Natzschung (Mittleres Erzgebirge). In: Disse, M.; Kalk, M.; Rieger, W. (Hrsg.): Wasserrückhalt in der Fläche – Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserschutzes. Institut für Wasserwesen der Bundeswehr Universität München, Mitteilungen 100/2009: 135-140.

Schulte, A.; Roch, I.; Jansky, B.; Bölscher, J.; Reinhardt; Ch.; Ramelow, M.; Wenzel, R.; Vock, A. (2008): Gravierende Hochwasserschäden erfordern gemeinsames Engagement der Kommunen im Hochwasserschutz. Kommunalwirtschaft 09/ 2008: 538-542.

Schulte, A.; Reinhardt, Ch.; Bölscher, J.; Wenzel, R. (2008): Modellierung dezentraler Hochwasserrückhaltemaßnahmen. NASIM-Anwenderkonferenz 2008: 1-3.

Roch, I.; Bölitz, D.; Schulte, A.; Janský, B. (2008): Modely spolupráce v rámci síte pri decentralizované integrované preshranicní ochrane pred povodnemi v hrebenových oblastech Krusných hor (DINGHO) v Sasko-Ceském prihranicí In: Urbanismus a územní rozvoj 11: 37-41. *(deutscher Titel: Netzwerkmodelle für den dezentralen, integrierten und grenzüberschreitenden Hochwasserschutz in den Kammlagen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges)*

Roch, I. & Vock, A. (2008): Grenzüberschreitender Hochwasserschutz - Europäischer Verbund für territoriale Zusammenarbeit empfohlen. In: PlanerIn 5: 46-47.

Jeníček, M. (2008): Modelling the effect of small reservoirs on flood regime in the Chomutovka river basin. In: Brilly, M. and Šraj, M. (Eds.): XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management [CD-ROM]. 2.-4. June 2008, Slovenian National Committee for the IHP UNESCO, Ljubljana

Bölscher, J. & Schulte, A. (2007): Hydrological modelling of decentralised flood protection measures in transnational headwater areas of the Natzschung catchment/Mittleres Erzgebirge. In: Proceedings of the 1st Scientific Conference on Integrated catchment management for hazard mitigation, 24-26 September 2007: 29-32. Remote Sensing Department, University of Trier.

Schulte, A.; Bölscher, J.; Wenzel, R.; Roch, I.; Janský, B. (2007): INTERREG IIIA Projekt DINGHO: dezentraler, integrierter und grenzüberschreitender Hochwasserschutz im Mittleren Erzgebirge. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement 7/07: 25-28.

Schulte, A. (2007): Hochwasser im Erzgebirge und das Konzept des dezentralen und grenzübergreifenden Hochwasserrückhaltes – INTERREG III A Projekt "DINGHO". In: Mächtle, B.; Gebhardt, H.; Schmid, H.; Siegmund, A. (Hrsg.): Der zirkumpazifische Raum – Risiken und Sicherheiten in einer globalisierten Welt. HGG-Journal 21: 51-58. Heidelberg.

Jeníček, M. (2007): Effects of land cover on runoff process using SCS CN method in the upper Chomutovka catchment. In: Proceedings of the 1st Scientific Conference on Integrated catchment management for hazard mitigation, 24-26 September: 42-46.

Danksagungen

Zum erfolgreichen Abschluss des Forschungsprojektes haben zahlreiche Institutionen und Personen beigetragen, denen die Projektpartner, die Herausgeber des Bandes sowie die Autoren herzlichen danken möchten.

Ohne die finanzielle Unterstützung mit Mitteln der Europäischen Union, die im Rahmen des Interreg IIIA-Programms bereitgestellt wurden, hätten die Untersuchungen in dieser Form nicht realisiert werden können. Die Arbeiten an der Karls-Universität Prag wurden darüber hinaus durch das Forschungsprojekt "Geographical Systems and Risk Processes in Context of Global Changes and European Integration" (Projektnummer MSM 0021620831) unterstützt.

Den konsultativen Projektpartnern und ihren Vertretern gebührt Dank für die zahlreichen wertvollen Hinweise, Informationen und Daten sowie die ideelle und logistische Unterstützung bei der Durchführung des Projekts:

- Stadt Olbernhau mit dem Bürgermeister Dr. Steffen Laub, dem ehemaligen Leiter des Bauamts Rolf Morgenstern und seinem Nachfolger Stefan Proksch,
- Landkreis Mittleres Erzgebirge, heute Erzgebirgskreis (Dr. Udo Kolbe),
- Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland (Anke Haupt),
- Staatsbetrieb Sachsenforst (Dr. Dirk-Roger Eisenhauer, Dr, Henning Andreae),
- Forstbezirk Marienberg (Dr. Ingo Reinhold, Dr. Klaus Dittrich),
- Staatlicher Wasserbetrieb Einzugsgebiet Eger (Povodí Ohře)

Darüber hinaus danken wir Christian Zschammer und Ulf Winkler (Landestalsperrenverwaltung Sachsen, Betrieb Freiberger Mulde/Zschopau) sowie den Bürgermeistern und Verwaltungen der Gemeinden im Untersuchungsgebiet für Ihre Mitarbeit und Unterstützung.

Die folgenden Institutionen und Personen haben dankenswerterweise Daten für das Projekt bereitgestellt: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV), Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Tschechisches Amt für Vermessung und Katasterwesen, European Environment Agency, Copenhagen, USGS/Global Land Cover Facility, University of Maryland, Deutscher Wetterdienst (DWD), Český hydrometeorologický ústav (Tschechisches Hydrometeorologisches Institut, ČHMÚ), Povodí Ohře (Staatlicher Wasserbetrieb für das Einzugsgebiet der Eger), Staatsbetrieb Sachsenforst. Wir danken auch Herrn Dirk Christoph, der in Olbernhau eine private meteorologische Station betreibt und uns seine Daten bereitwillig überlassen hat.

Das Freilichtmuseum Seiffen und die Forstbehörde Litvinov haben freundlicherweise Flächen für die Errichtung der meteorologischen Stationen des Sondermessnetzes zur Verfügung gestellt. Die Firma Erzgebirgische Volkskunst Richard Glässer GmbH unterstütze die Errichtung einer Pegelmessstation an der Schweinitz indem sie den Zugang zur Schweinitz über das Werksgelände ermöglichte.

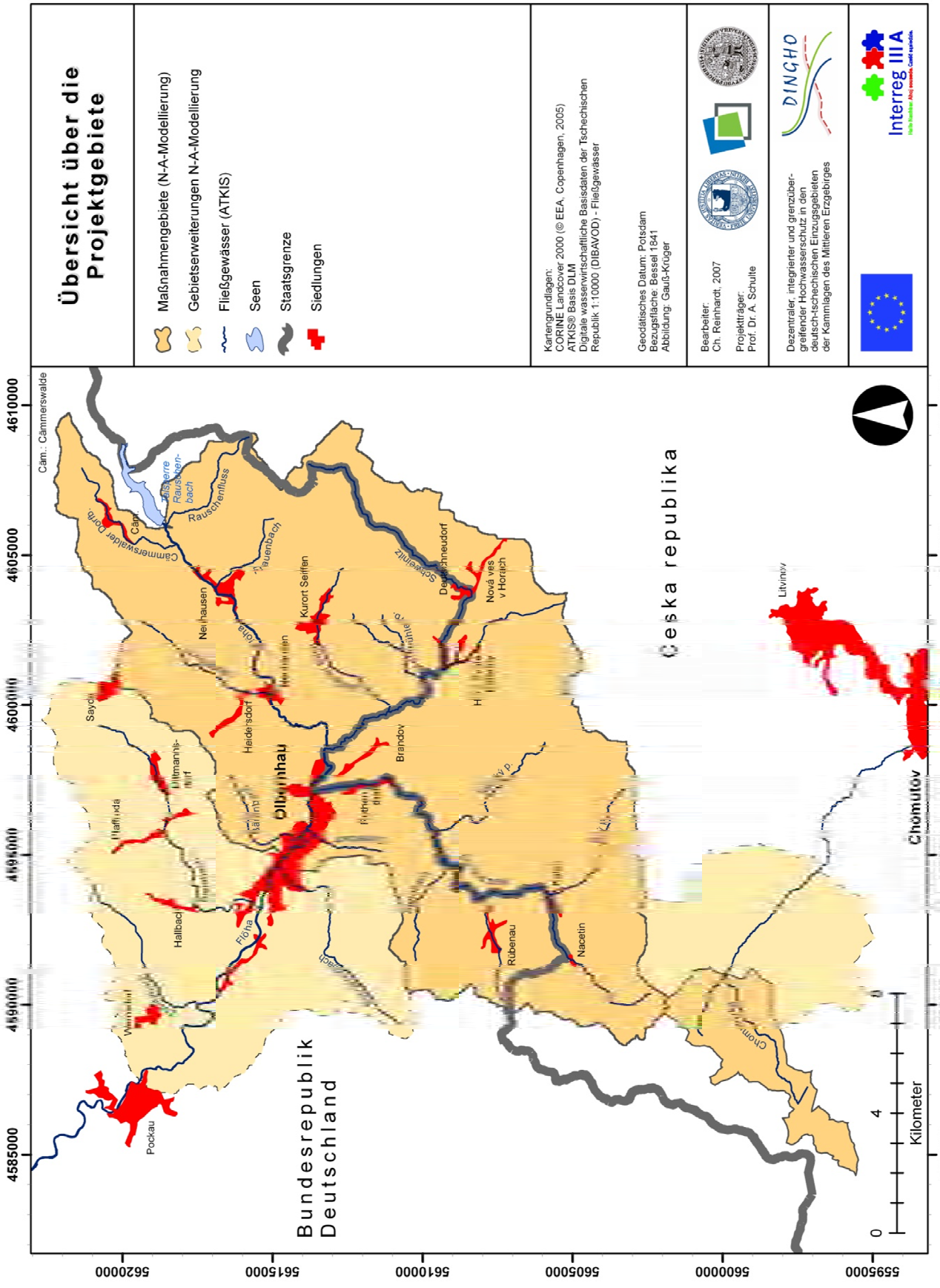
Anhang

A1. Karten

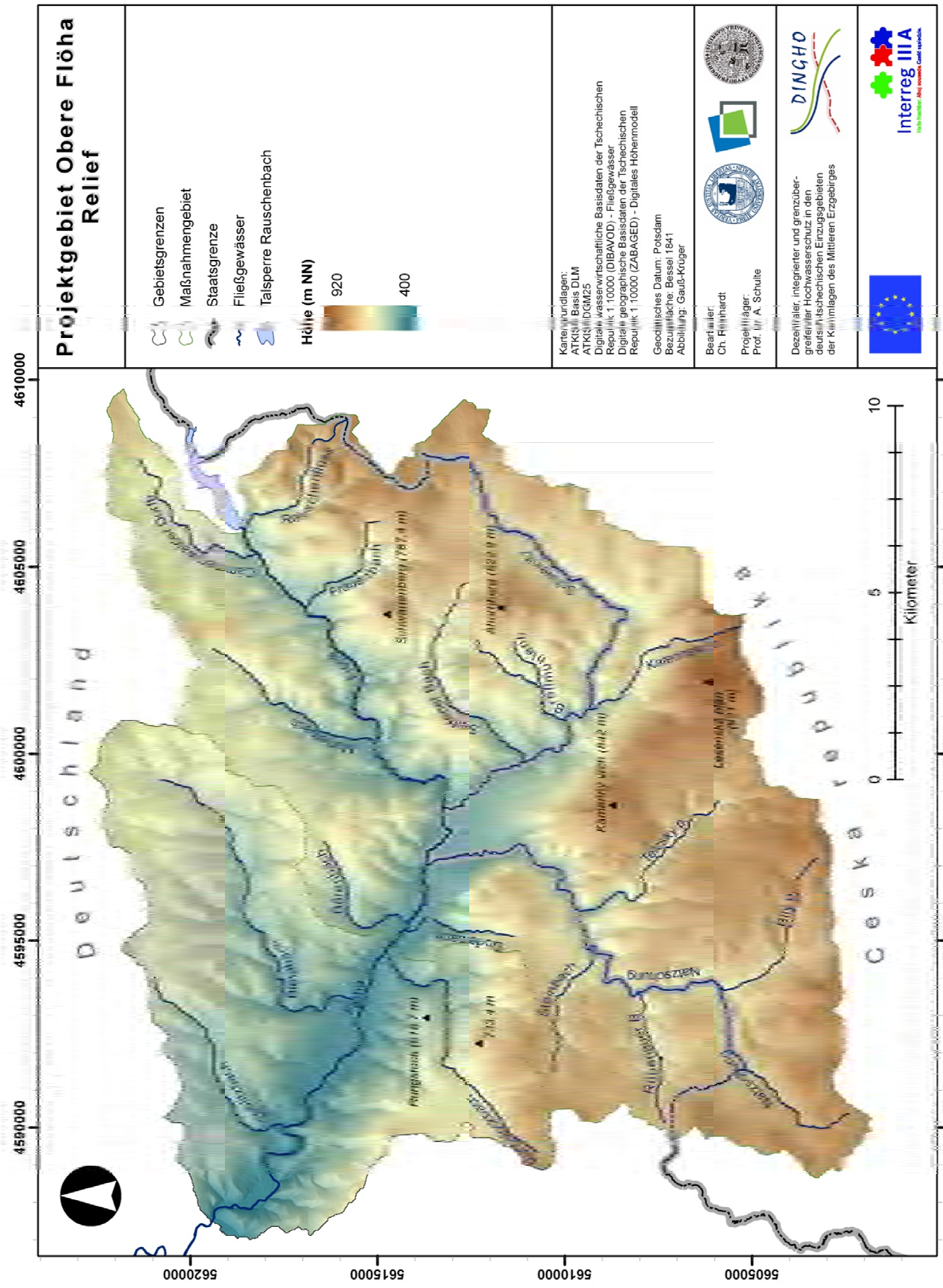
Karte 1 bis 11: Naturräumliche Ausstattung der Untersuchungsgebiete

Karte 12 bis 15: Maßnahmen des dezentralen Hochwasserschutzes

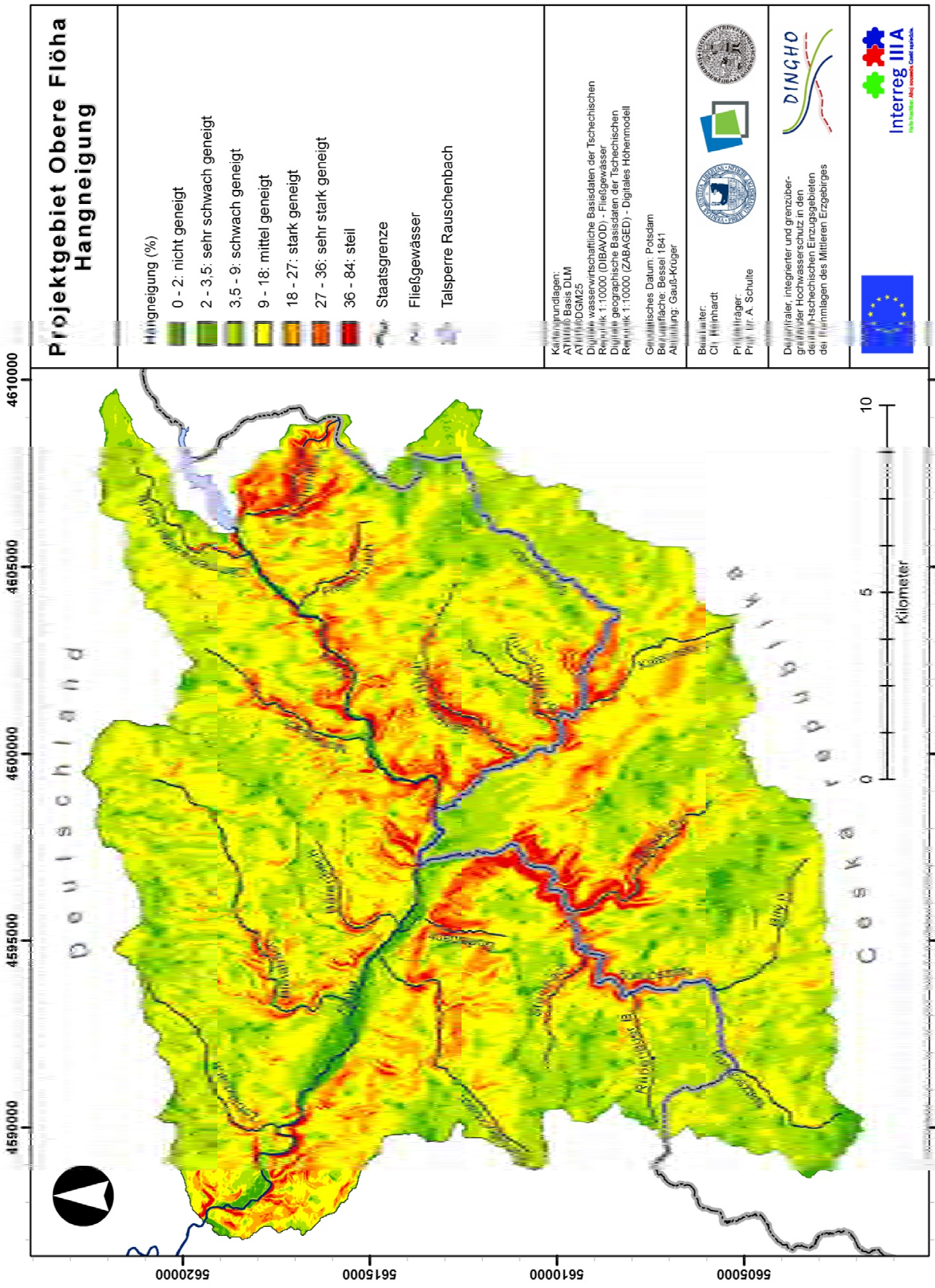
Karte 16 bis 17: Planung und Management


Übersicht über die Projektgebiete
Maßnahmengebiete (N-A-Modellierung)
Gebietserweiterungen N-A-Modellierung
Fließgewässer (ATKIS)
Seen
Staatsgrenze
Siedlungen
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt, 2007
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
DINGHO
Dezentraler, integrierter und grenzüber-greifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
Interreg IIIA
Bundesrepublik Deutschland
Ceska republika
Cam.: Cämmerswalde
Talsperre Rauschen-bach
Rauschenfluss
Cämmerswalder Bach
Neuhausen
Kurort Seiffen
Deutzschneudorf
Nová ves v Horách
Sayda
Heidersdorf
Olbernhau
Brandov
Hallbach
Flöha
Rübenau
Nacetin
Litvinov
Chomutov
Pockau
Kilometer
0
4
8
4585000
4590000
4595000
4600000
4605000
4610000
5595000
5600000
5605000
5610000
5615000
5620000

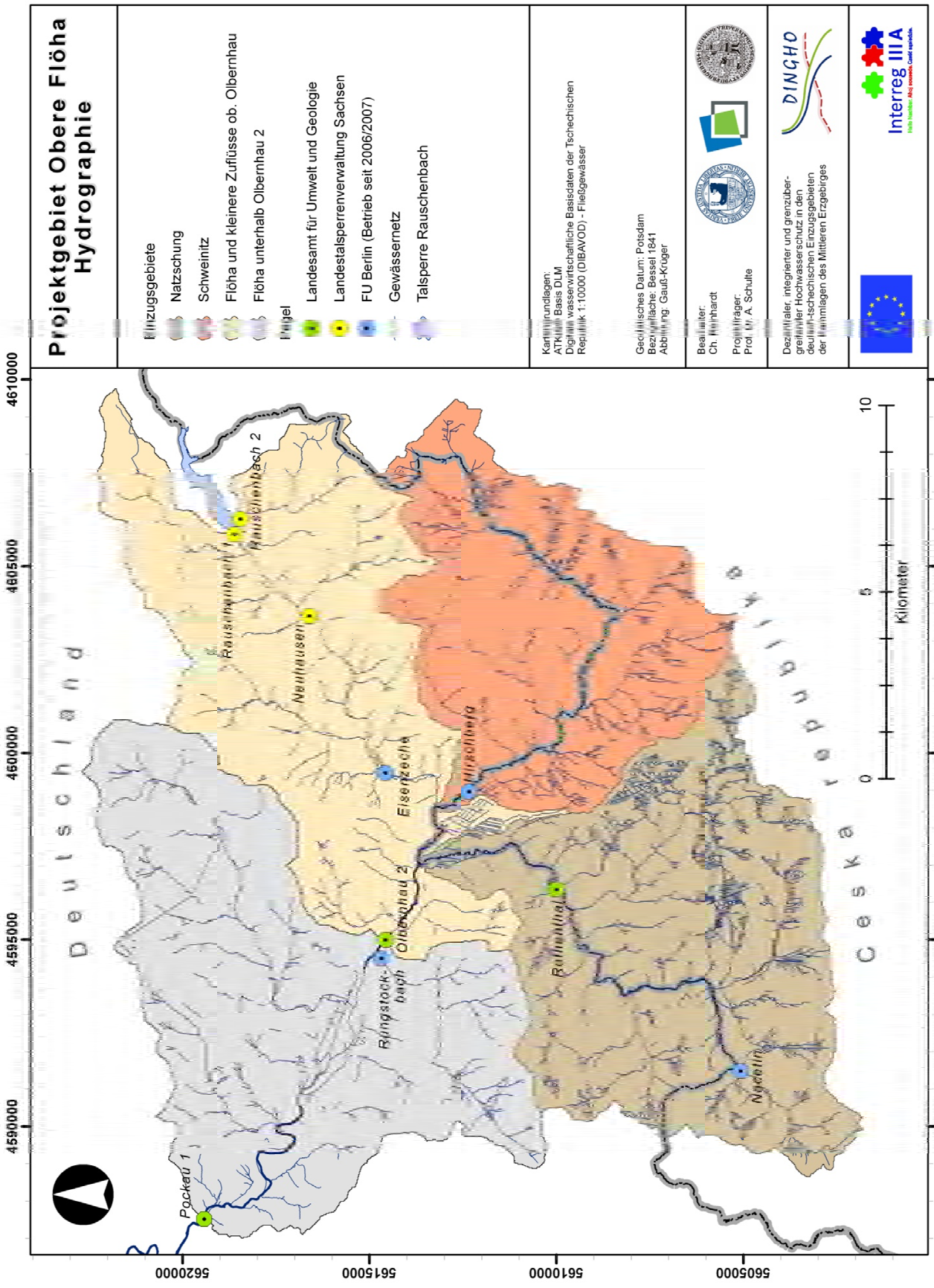
Karte 1


Projektgebiet Obere Flöha
Relief
Gebietsgrenzen
Maßnahmengebiet
Staatsgrenze
Fließgewässer
Talsperre Rauschenbach
Höhe (m NN)
920
400
Kartengrundlagen:
ATKIS® Basis DLM
ATKIS® DGM25
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Digitale geographische Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (ZABAGED) - Digitales Höhenmodell
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
DINGHO
Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kleinanlagen des Mittleren Erzgebirges
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
4610000
4605000
4600000
4595000
4590000
5620000
5615000
5610000
5605000
0
5
10
Kilometer

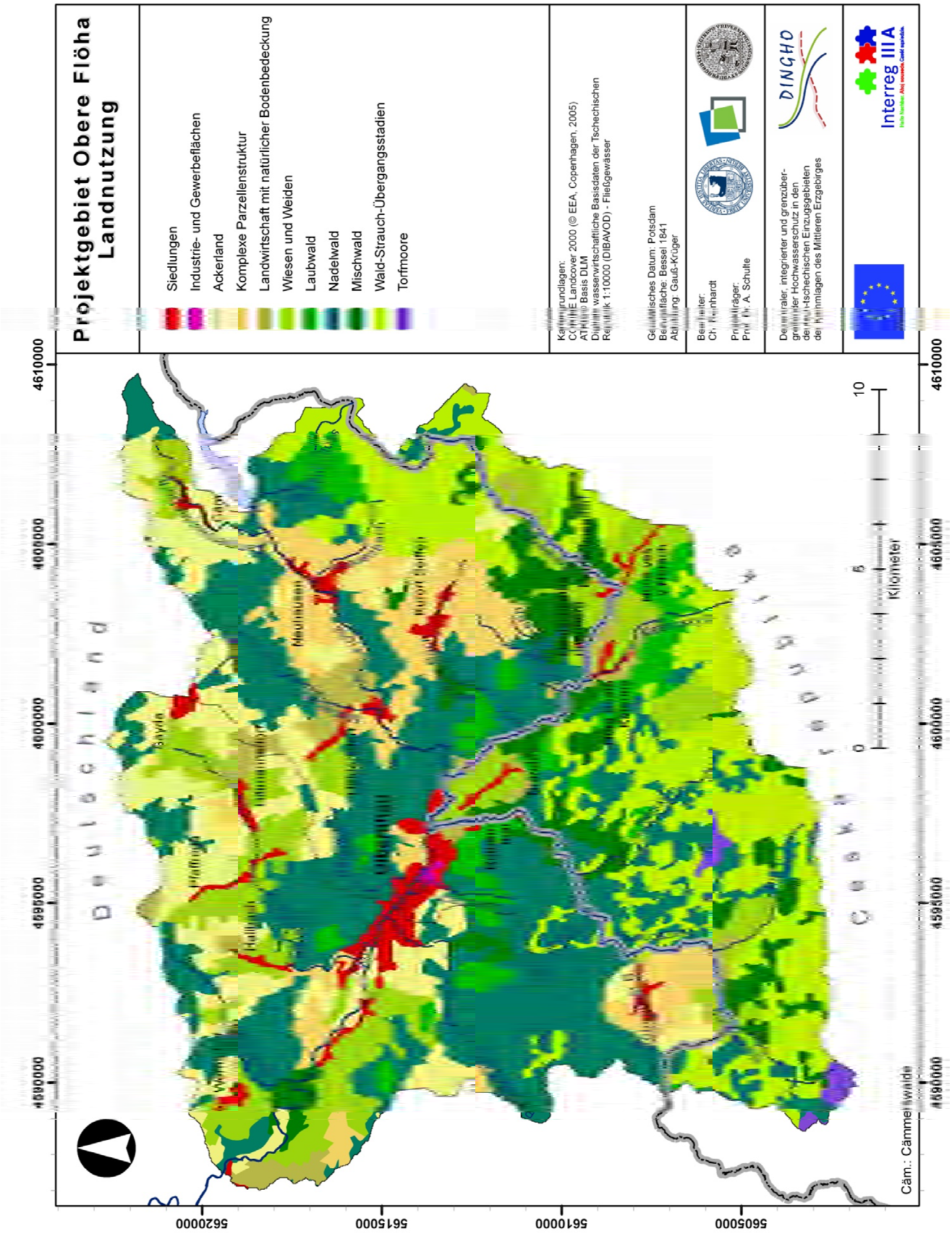
Karte 2


Projektgebiet Obere Flöha
Hangneigung
Hangneigung (%)
0 - 2: nicht geneigt
2 - 3,5: sehr schwach geneigt
3,5 - 9: schwach geneigt
9 - 18: mittel geneigt
18 - 27: stark geneigt
27 - 36: sehr stark geneigt
36 - 84: steil
Staatsgrenze
Fließgewässer
Talsperre Rauschenbach
Kartengrundlagen:
ATKIS® Basis DLM
ATKIS®DGM25
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Digitale geographische Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (ZABAGED) - Digitales Höhenmodell
Geodätisches Datum: Potsdam
Berührungsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Dipl.-Ing. Heinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
DINGHO
Deutsch-tschechisches integrierter und grenzüberschreitender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Flussanlagen des Mittleren Erzgebirges
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
4590000
4595000
4600000
4605000
4610000
5605000
5610000
5615000
5620000
0
5
10
Kilometer

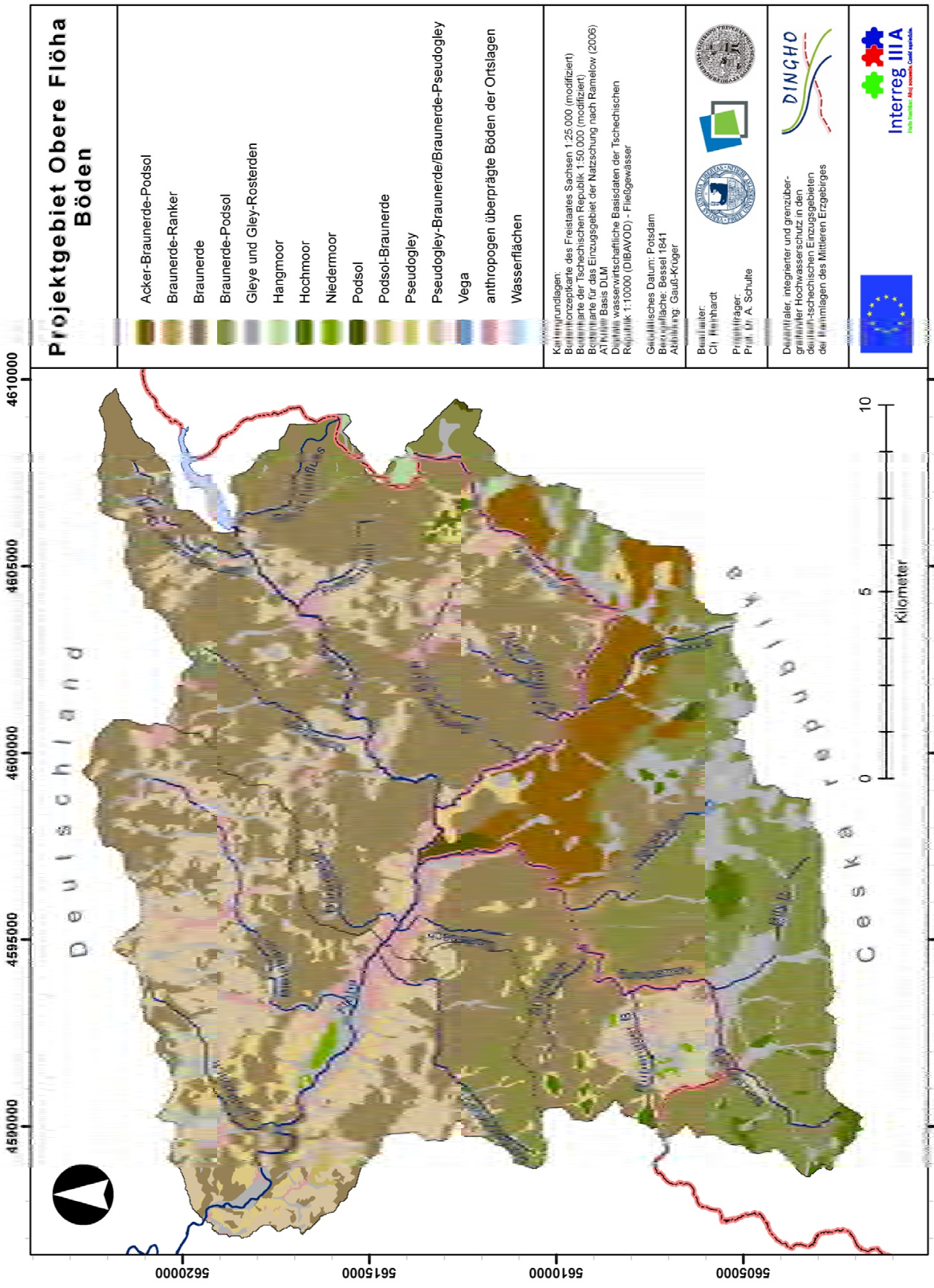
Karte 3


Projektgebiet Obere Flöha
Hydrographie
Einzugsgebiete
Natzschung
Schweinitz
Flöha und kleinere Zuflüsse ob. Olbernhau
Flöha unterhalb Olbernhau 2
Pegel
Landesamt für Umwelt und Geologie
Landestalsperrenverwaltung Sachsen
FU Berlin (Betrieb seit 2006/2007)
Gewässernetz
Talsperre Rauschenbach
Kartengrundlagen:
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Talsperren des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
Packau 1
Rauschenbach 2
Neuhausen
Eisenbach
Hirschberg
Olbernhau 2
Ringstock-bach
Reitzenhain
Nagelbach
0
5
10
Kilometer
4590000
4595000
4600000
4605000
4610000
5620000
5615000
5610000
5605000

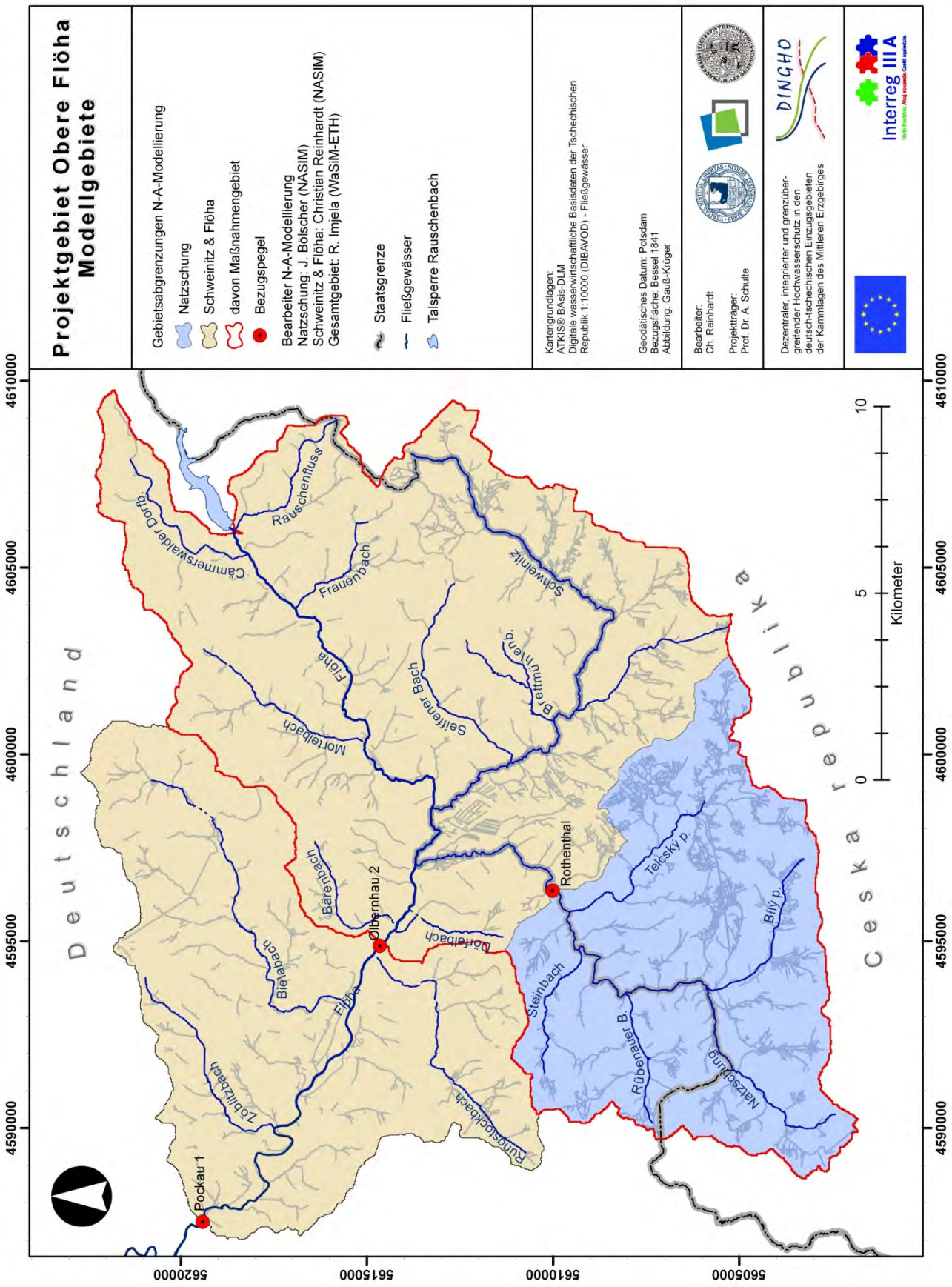
Karte 4


Projektgebiet Obere Flöha
Landnutzung
Siedlungen
Industrie- und Gewerbeflächen
Ackerland
Komplexe Parzellenstruktur
Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung
Wiesen und Weiden
Laubwald
Nadelwald
Mischwald
Wald-Strauch-Übergangsstadien
Torfmoore
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Th. A. Schulte
Deutsch-tschechischen Einzugsgebieten
Interreg IIIA
Cämm.: Cämmerswalde
Deutschland
Tschechien
Olbernhau
Reitzenhain
Neuhausen
Rübenau
Marienberg
Pockau
Flöha
Lengefeld
Kilometer
0
5
10
4610000
4605000
4600000
4595000
4590000
5605000
5610000
5615000
5620000

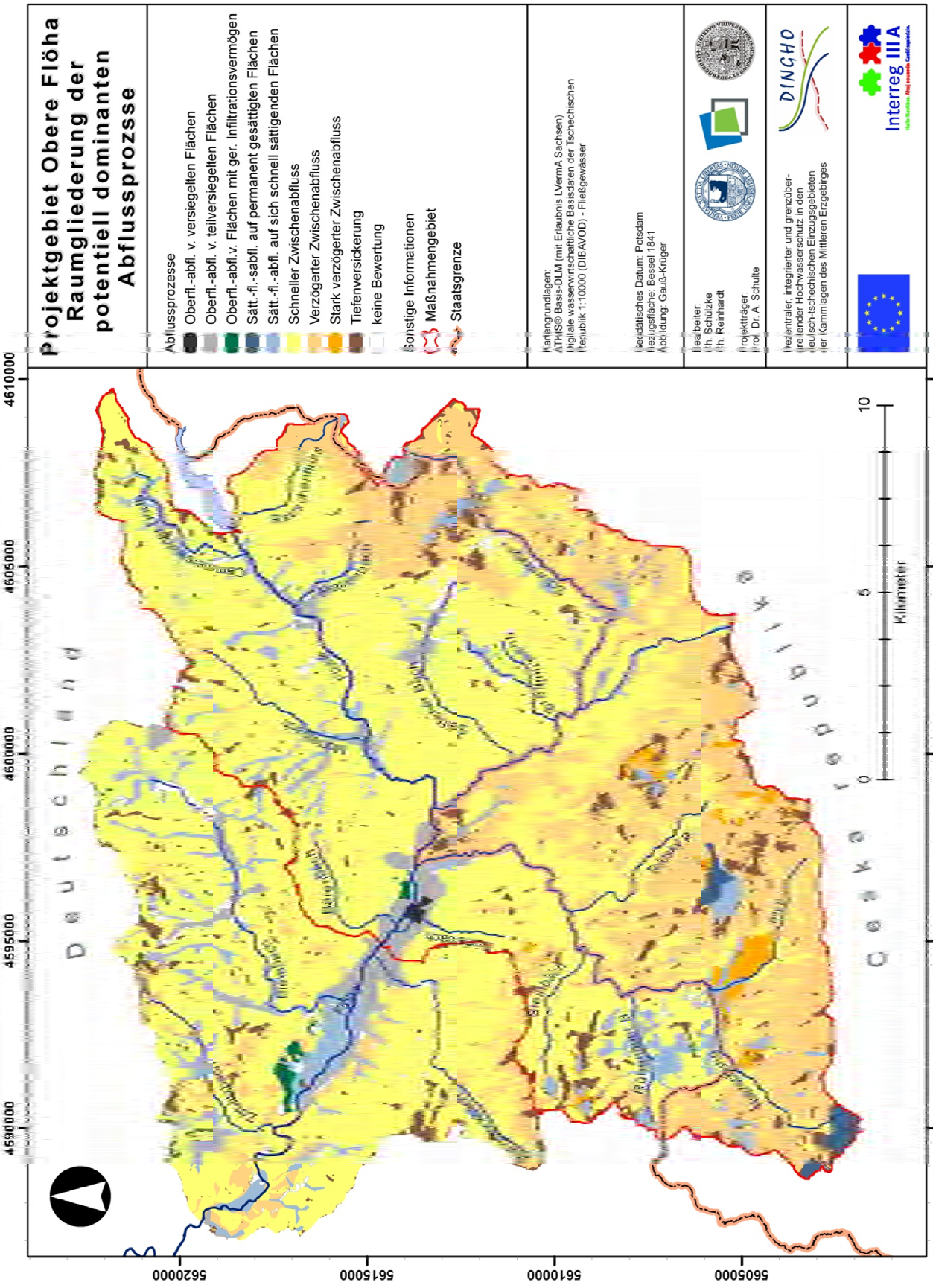
Karte 5


Projektgebiet Obere Flöha
Böden
Acker-Braunerde-Podsol
Braunerde-Ranker
Braunerde
Braunerde-Podsol
Gleye und Gley-Rosterden
Hangmoor
Hochmoor
Niedermoor
Podsol
Podsol-Braunerde
Pseudogley
Pseudogley-Braunerde/Braunerde-Pseudogley
Vega
anthropogen überprägte Böden der Ortslagen
Wasserflächen
Kartengrundlagen:
Bodenkonzeptkarte des Freistaates Sachsen 1:25.000 (modifiziert)
Bodenkarte der Tschechischen Republik 1:50.000 (modifiziert)
Bodenkarte für das Einzugsgebiet der Natzschung nach Ramelow (2006)
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
DINGHO
Deutsch-tschechischen Einzugsgebieten
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
4610000
4605000
4600000
4595000
4590000
5620000
5615000
5610000
5605000
0
5
10
Kilometer

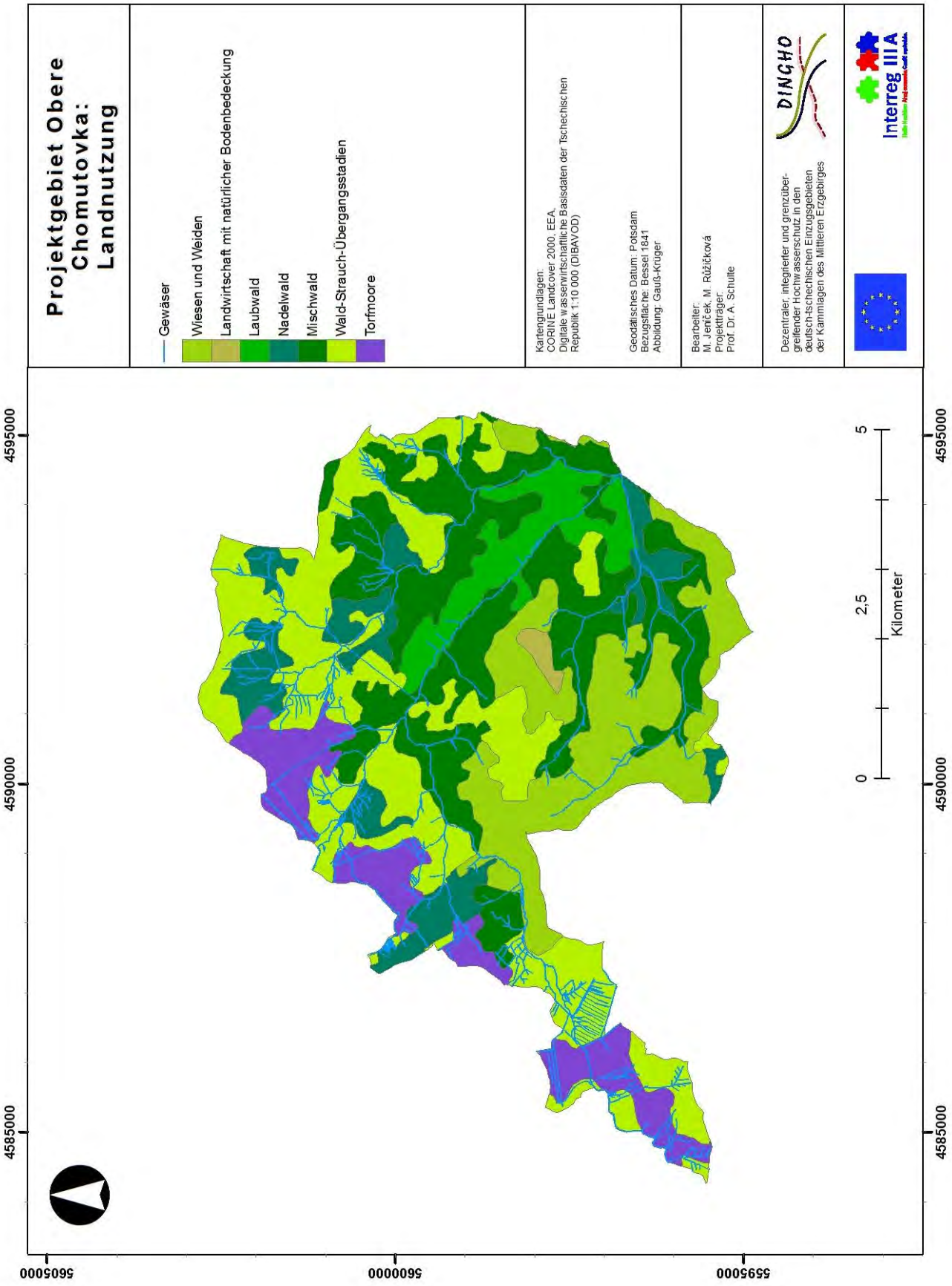
Karte 6


Projektgebiet Obere Flöha
Modellgebiete
Gebietsabgrenzungen N-A-Modellierung
Natzschung
Schweinitz & Flöha
davon Maßnahmengebiet
Bezugspegel
Bearbeiter N-A-Modellierung
Natzschung: J. Bölscher (NASIM)
Schweinitz & Flöha: Christian Reinhardt (NASIM)
Gesamtgebiet: R. Imjela (WaSiM-ETH)
Staatsgrenze
Fließgewässer
Talsperre Rauschenbach
Kartengrundlagen:
ATKIS® BAsis-DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzüber-greifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Ceska republika
Rauschenfluss
Frauenbach
Schweinitz
Flöha
Mortelbach
Seifener Bach
Breitmühlenb.
Bärenbach
Dorfelbach
Bielabach
Zoblitzbach
Rundsteinbach
Steinbach
Rübenauer B.
Natzschung
Telcsky p.
Bílý p.
Olbernhau 2
Rothenthal
Pockau 1
Kilometer
0
5
10
4610000
4605000
4600000
4595000
4590000
562000
561500
561000
560500

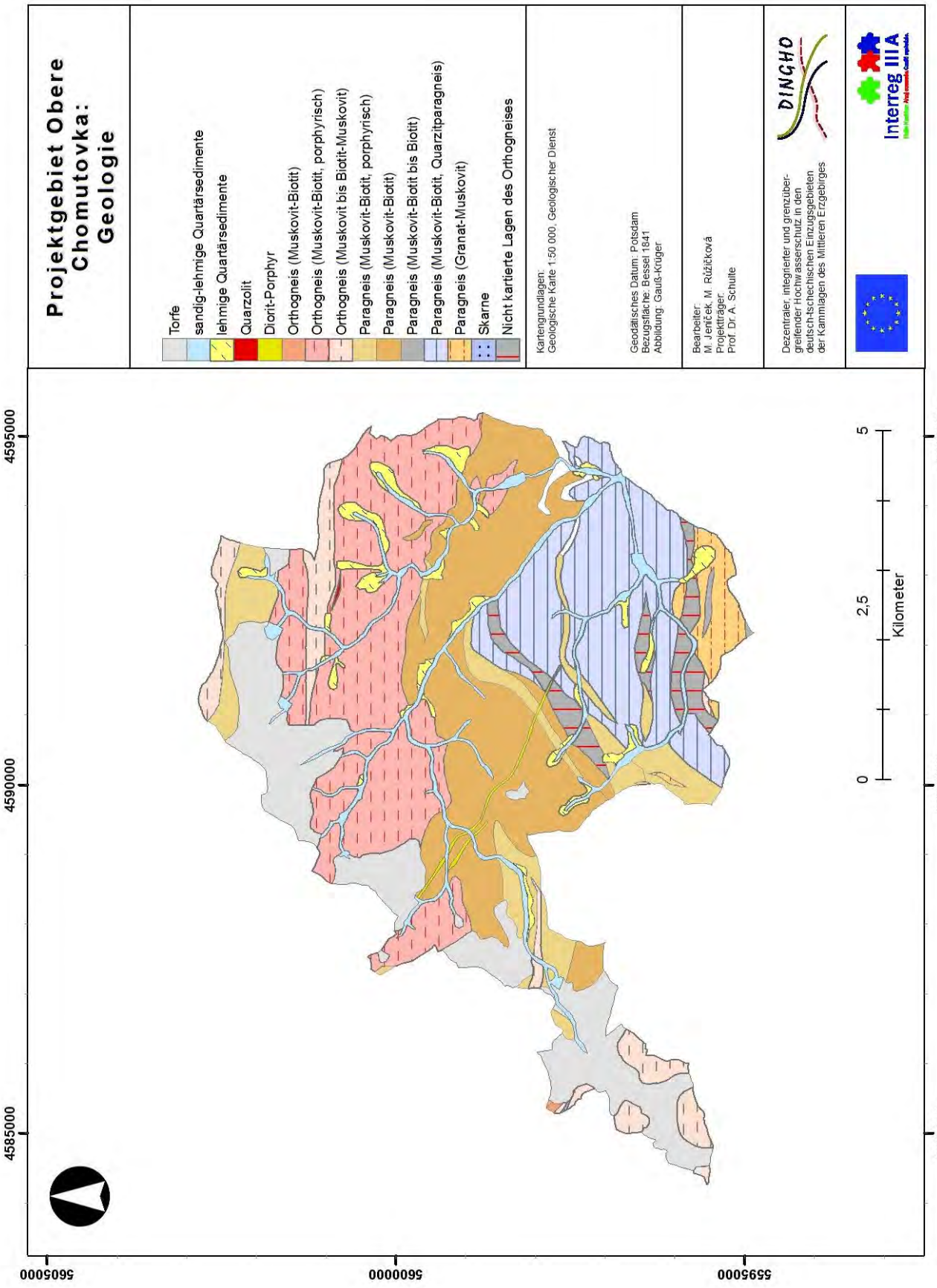
Karte 7


Projektgebiet Obere Flöha
Raumgliederung der
potentiell dominanten
Abflussprozesse
Abflussprozesse
Oberfl.-abfl. v. versiegelten Flächen
Oberfl.-abfl. v. teilversiegelten Flächen
Oberfl.-abfl.v. Flächen mit ger. Infiltrationsvermögen
Sätt.-fl.-sabfl. auf permanent gesättigten Flächen
Sätt.-fl.-abfl. auf sich schnell sättigenden Flächen
Schneller Zwischenabfluss
Verzögerter Zwischenabfluss
Stark verzögerter Zwischenabfluss
Tiefenversickerung
keine Bewertung
Sonstige Informationen
Maßnahmengebiet
Staatsgrenze
Kartengrundlagen:
ATKIS® Basis-DLM (mit Erlaubnis LVermA Sachsen)
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen
Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Fh. Schütze
Fh. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzüber-
greifender Hochwasserschutz in den
deutsch-tschechischen Einzugsgebieten
der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
4610000
4605000
4600000
4595000
4590000
562000
561500
561000
560500
0
5
10
Kilometer

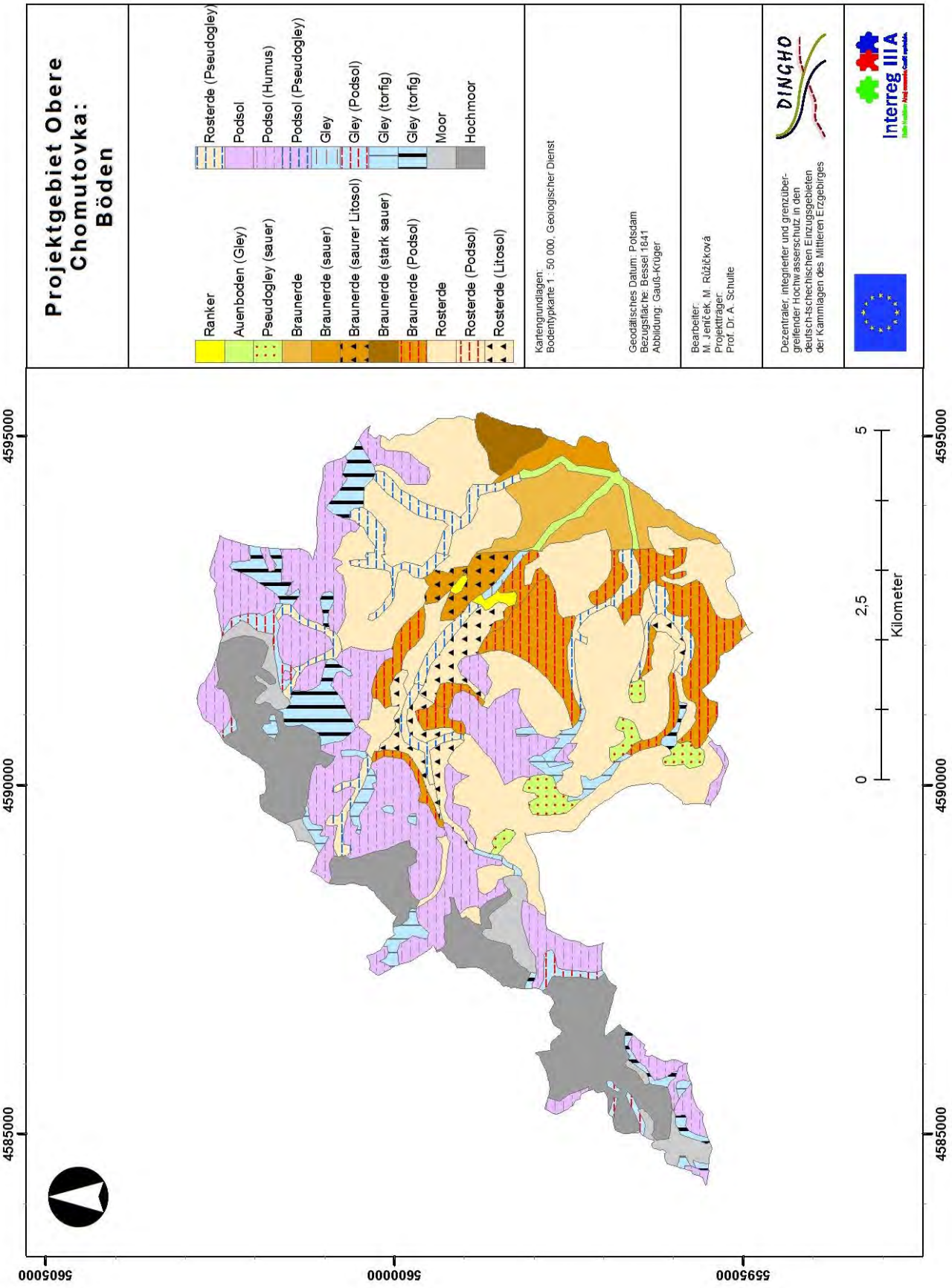
Karte 8


Projektgebiet Obere Chomutovka: Landnutzung
Gewässer
Wiesen und Weiden
Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung
Laubwald
Nadelwald
Mischwald
Wald-Strauch-Übergangsstadien
Torfmoore
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000, EEA.
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10 000 (DIBAVOD)
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
M. Jeníček, M. Růžičková
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
DINGHO
Dezentraler, integrierter und grenzüber-greifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
Interreg IIIA
4595000
4590000
4585000
560500
560000
559500
0
2,5
5
Kilometer

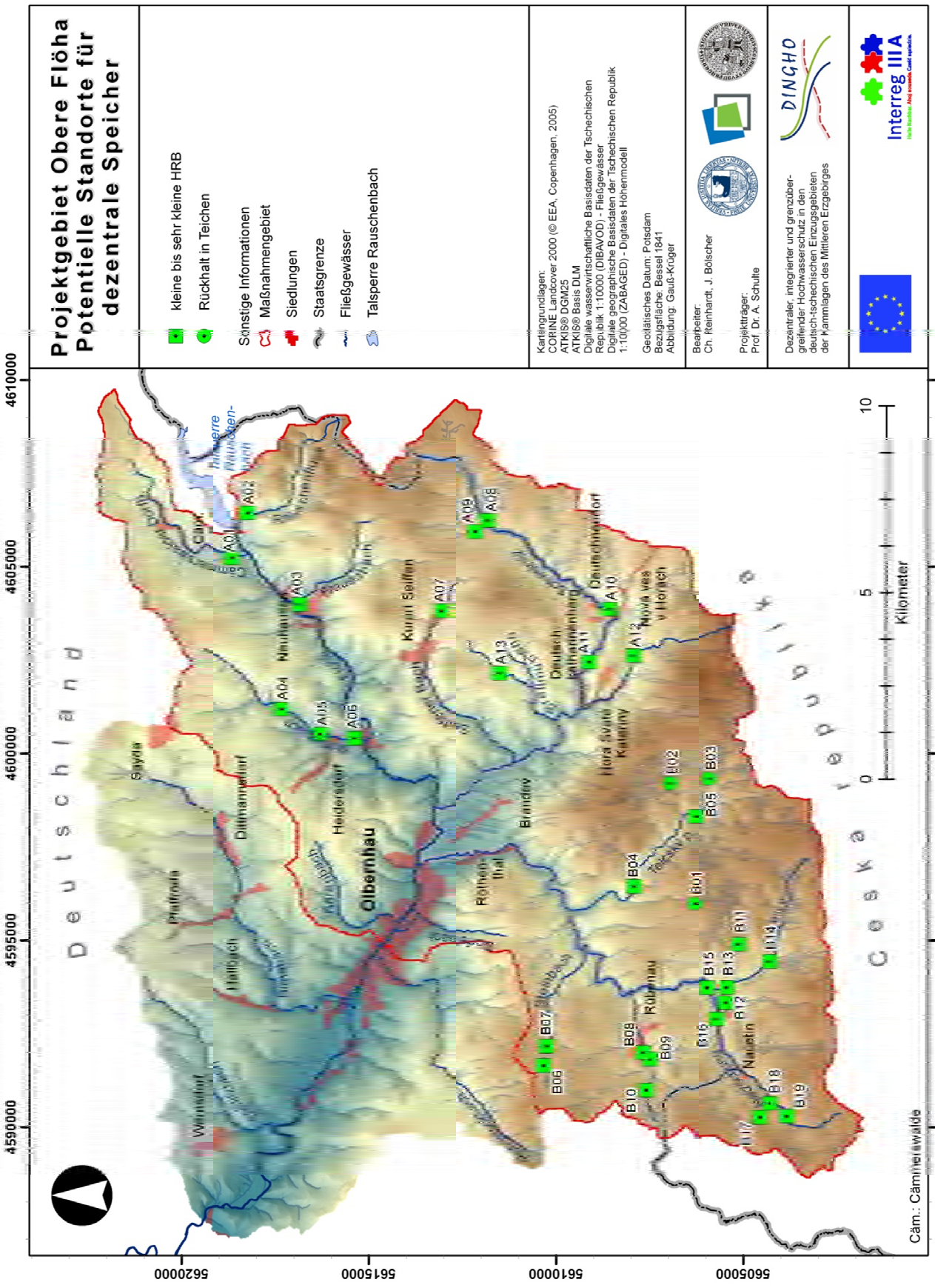
Karte 9


Projektgebiet Obere Chomutovka: Geologie
Torfe
sandig-lehmige Quartärsedimente
lehmige Quartärsedimente
Quarzolit
Diorit-Porphyr
Orthogneis (Muskovit-Biotit)
Orthogneis (Muskovit-Biotit, porphyrisch)
Orthogneis (Muskovit bis Biotit-Muskovit)
Paragneis (Muskovit-Biotit, porphyrisch)
Paragneis (Muskovit-Biotit)
Paragneis (Muskovit-Biotit bis Biotit)
Paragneis (Muskovit-Biotit, Quarzitparagneis)
Paragneis (Granat-Muskovit)
Skarne
Nicht kartierte Lagen des Orthogneises
Kartengrundlagen:
Geologische Karte 1:50 000, Geologischer Dienst
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
M. Jeníček, M. Růžičková
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
DINGHO
Dezentraler, integrierter und grenzüber-greifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
Interreg IIIA
4595000
4590000
4585000
559500
560000
560500
0
2,5
5
Kilometer

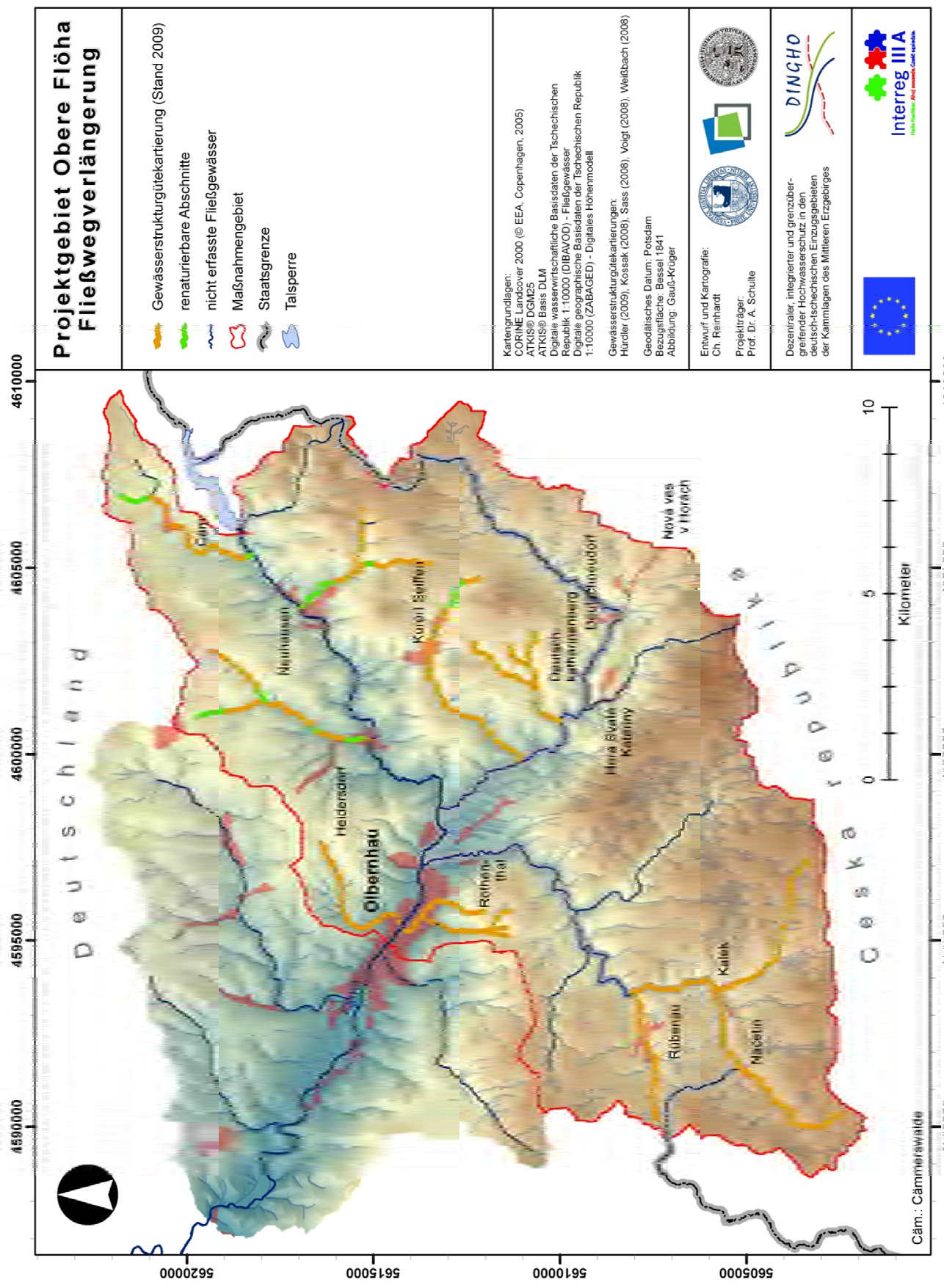
Karte 10


Projektgebiet Obere Chomutovka: Böden
Rosterde (Pseudogley)
Podsol
Podsol (Humus)
Podsol (Pseudogley)
Gley
Gley (Podsol)
Gley (torfig)
Gley (torfig)
Moor
Hochmoor
Ranker
Auenboden (Gley)
Pseudogley (sauer)
Braunerde
Braunerde (sauer)
Braunerde (saurer Litosol)
Braunerde (stark sauer)
Braunerde (Podsol)
Rosterde
Rosterde (Podsol)
Rosterde (Litosol)
Kartengrundlagen:
Bodentypkarte 1 : 50 000, Geologischer Dienst
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
M. Jeníček, M. Růžičková
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzüber-greifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
4595000
4590000
4585000
560500
560000
559500
0
2,5
5
Kilometer

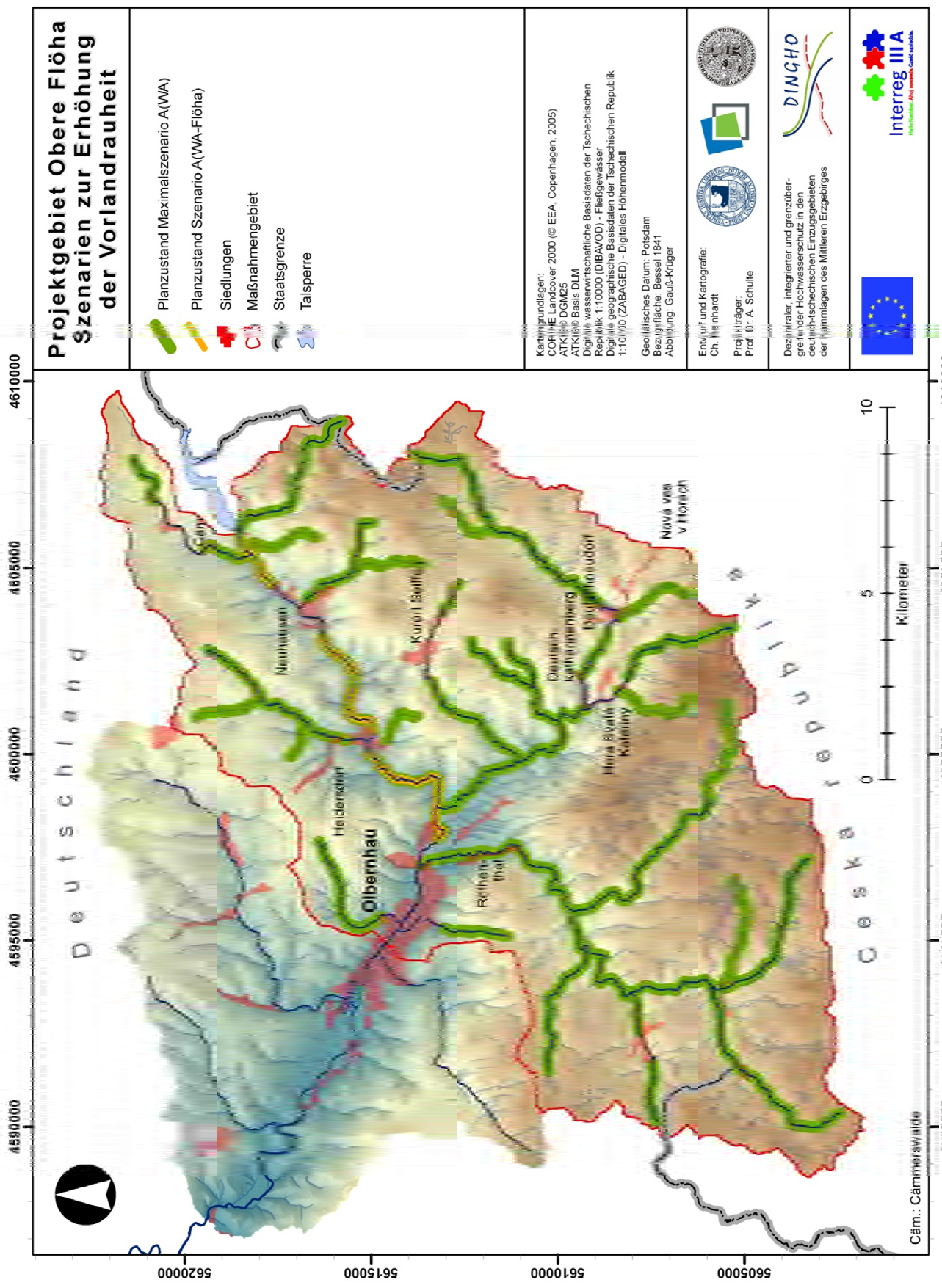
Karte 11


Projektgebiet Obere Flöha
Potentielle Standorte für dezentrale Speicher
kleine bis sehr kleine HRB
Rückhalt in Teichen
Sonstige Informationen
Maßnahmengebiet
Siedlungen
Staatsgrenze
Fließgewässer
Talsperre Rauschenbach
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® DGM25
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Digitale geographische Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (ZABAGED) - Digitales Höhenmodell
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Bearbeiter:
Ch. Reinhardt, J. Bölscher
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
Olbernhau
Kilometer
Cäm.: Cämmerswalde

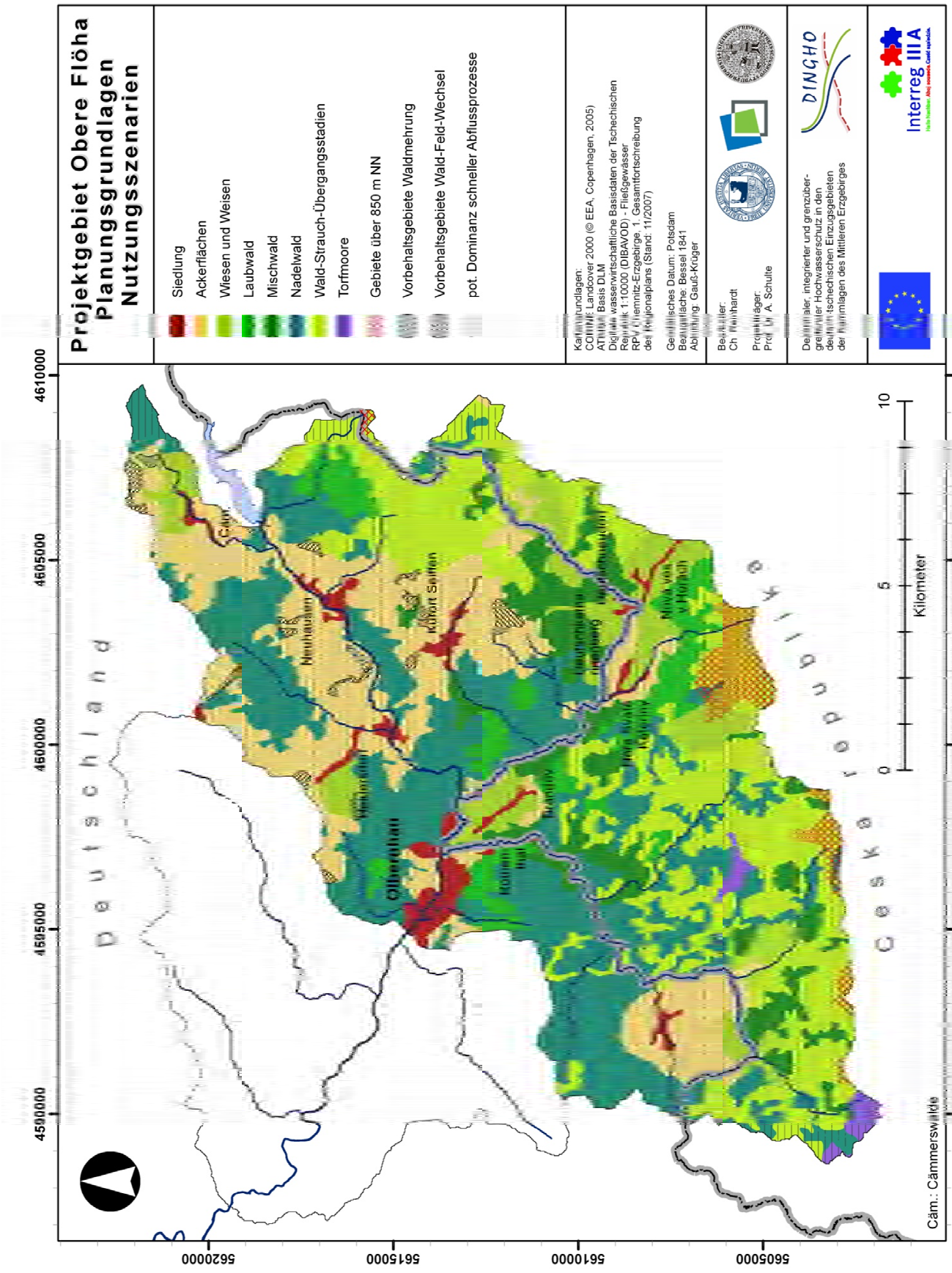
Karte 12


Projektgebiet Obere Flöha
Fließwegverlängerung
Gewässerstrukturgütekartierung (Stand 2009)
renaturierbare Abschnitte
nicht erfasste Fließgewässer
Maßnahmengebiet
Staatsgrenze
Talsperre
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® DGM25
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Digitale geographische Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (ZABAGED) - Digitales Höhenmodell
Gewässerstrukturgütekartierungen:
Hürdler (2009), Kossak (2008), Sass (2008), Voigt (2008), Weißbach (2008)
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Entwurf und Kartografie:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
Olbernhau
Neuhausen
Kurort Seiffen
Deutsch Katharinenberg
Deutscheinsiedel
Nová ves v Horách
Hora Svatého Kateřiny
Rothenthal
Kalek
Ruberšau
Macelín
Cám.: Cämmerswalde
0
5
10
Kilometer
4590000
4595000
4600000
4605000
4610000
5620000
5615000
5610000
5605000

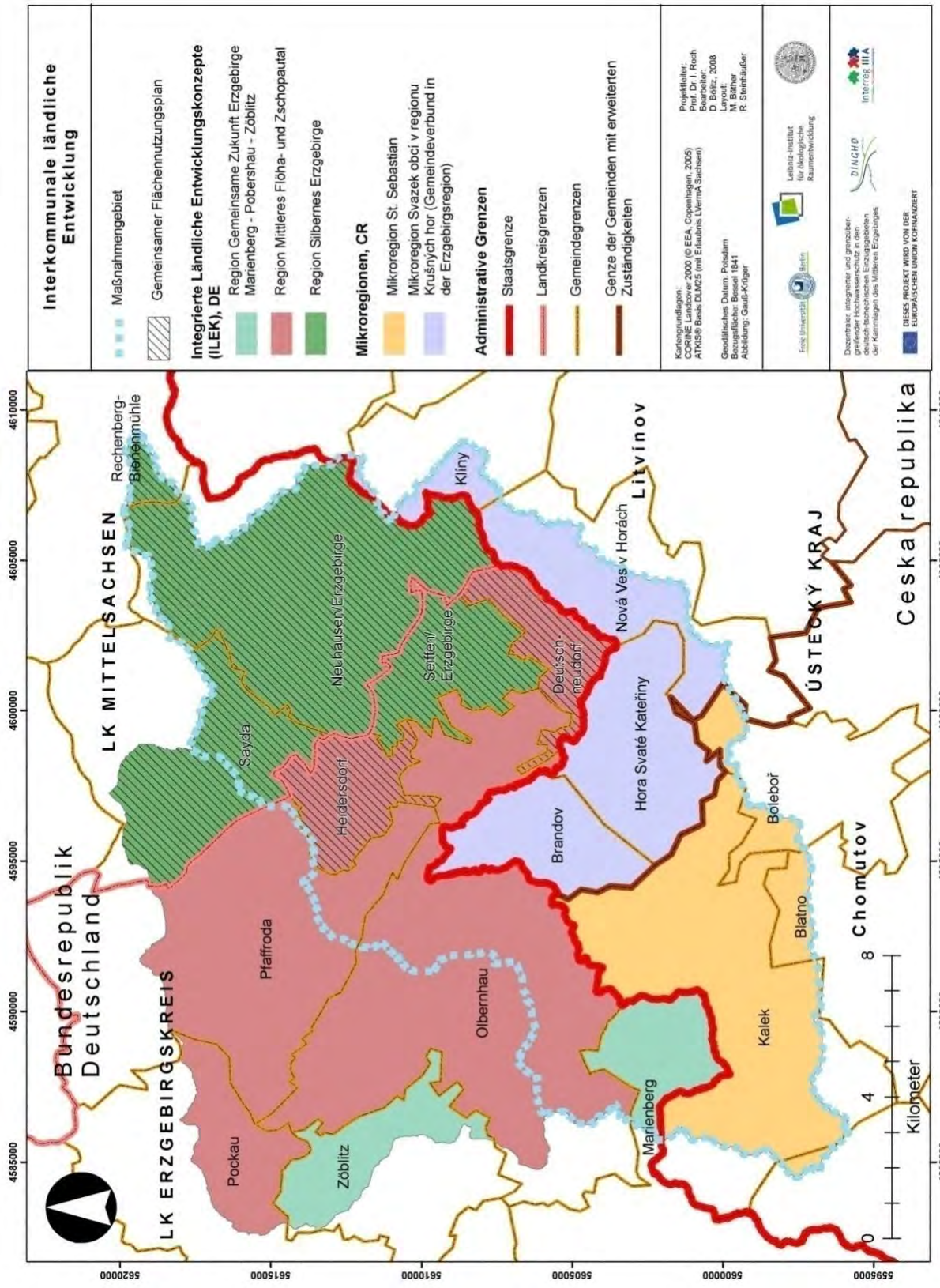
Karte 13


Projektgebiet Obere Flöha
Szenarien zur Erhöhung der Vorlandrauheit
Planzustand Maximalszenario A(WA)
Planzustand Szenario A(WA-Flöha)
Siedlungen
Maßnahmengebiet
Staatsgrenze
Talsperre
Kartengrundlagen:
COHIRE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® DGM25
ATKIS® Basis DLM
Digitale wasserwirtschaftliche Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (DIBAVOD) - Fließgewässer
Digitale geographische Basisdaten der Tschechischen Republik 1:10000 (ZABAGED) - Digitales Höhenmodell
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Entwurf und Kartografie:
Ch. Reinhardt
Projektträger:
Prof. Dr. A. Schulte
Dezentraler, integrierter und grenzübergreifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Flussläufe des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Česká republika
Olbernhau
Neuhausen
Kurort Seiffen
Deutsch Katharinenberg
Holzhau-Neudorf
Nová ves v Horách
Hora Svaté Kateřiny
Reitzenhain
Holzhau
Cämmerswalde
Cám.: Cämmerswalde
0
5
10
Kilometer
4590000
4595000
4600000
4605000
4610000
5620000
5615000
5610000
5605000

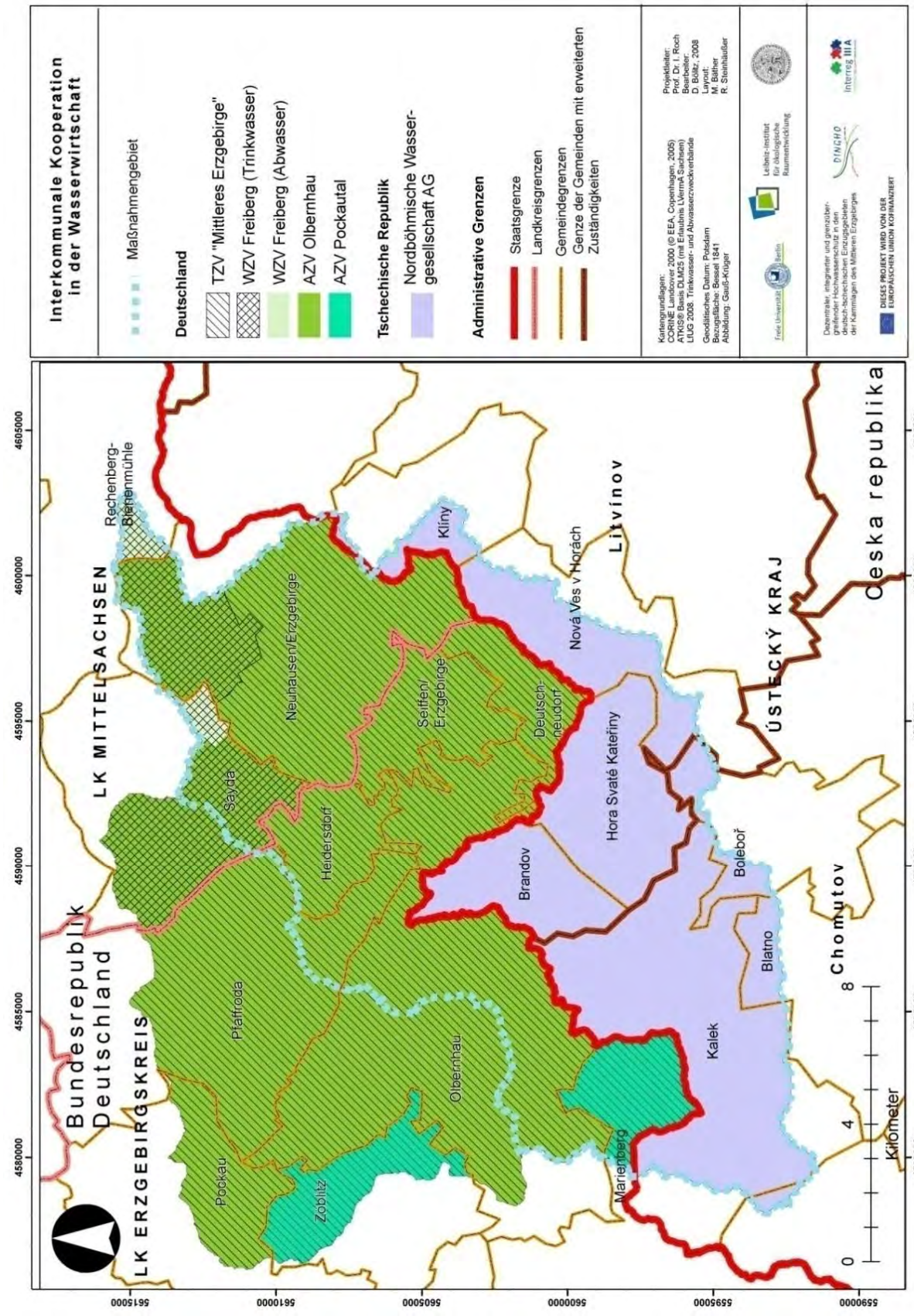
Karte 14


Projektgebiet Obere Flöha
Planungsgrundlagen
Nutzungsszenarien
Siedlung
Ackerflächen
Wiesen und Weisen
Laubwald
Mischwald
Nadelwald
Wald-Strauch-Übergangsstadien
Torfmoore
Gebiete über 850 m NN
Vorbehaltsgebiete Waldmehrung
Vorbehaltsgebiete Wald-Feld-Wechsel
pot. Dominanz schneller Abflussprozesse
DINGHO
Interreg IIIA
Deutschland
Ceska republika
Kilometer
Cäm.: Cämmerswalde
4610000
4605000
4600000
4595000
4590000
5620000
5615000
5610000
5605000

Karte 15


Interkommunale ländliche Entwicklung
Maßnahmengebiet
Gemeinsamer Flächennutzungsplan
Integrierte Ländliche Entwicklungskonzepte (ILEK), DE
Region Gemeinsame Zukunft Erzgebirge Marienberg - Pobershau - Zöblitz
Region Mittleres Flöha- und Zschopautal
Region Silbernes Erzgebirge
Mikroregionen, CR
Mikroregion St. Sebastian
Mikroregion Svazek obcí v regionu Krušných hor (Gemeindeverbund in der Erzgebirgsregion)
Administrative Grenzen
Staatsgrenze
Landkreisgrenzen
Gemeindegrenzen
Genze der Gemeinden mit erweiterten Zuständigkeiten
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® Basis DLM25 (mit Erlaubnis LVermA Sachsen)
Projektleiter:
Prof. Dr. I. Roch
Bearbeiter:
D. Böttz, 2008
Layout:
M. Bäther
R. Steinhäußer
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Freie Universität Berlin
Dezentraler, integrierter und grenzüberschreitender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DINGHO
Interreg IIIA
DIESES PROJEKT WIRD VON DER EUROPÄISCHEN UNION KOFINANZIERT
Bundesrepublik Deutschland
LK ERZGEBIRGSKREIS
LK MITTELSACHSEN
ÚSTECKÝ KRAJ
Ceska republika
Rechenberg-Bienenmühle
Kliny
Litvínov
Nová Ves v Horách
Neuhausen/Erzgebirge
Seiffen/Erzgebirge
Deutsch-neudorf
Sayda
Heidersdorf
Brandov
Hora Svaté Kateřiny
Boleboř
Pfaffroda
Olbernhau
Blatno
Chomutov
Kalek
Pockau
Zöblitz
Marienberg
0
4
8
Kilometer
4585000
4590000
4595000
4600000
4605000
4610000
562000
561500
561000
560500
560000
559500

Karte 16


Interkommunale Kooperation in der Wasserwirtschaft
Maßnahmengebiet
Deutschland
TZV "Mittleres Erzgebirge"
WZV Freiberg (Trinkwasser)
WZV Freiberg (Abwasser)
AZV Olbernhau
AZV Pockautal
Tschechische Republik
Nordböhmische Wasser-gesellschaft AG
Administrative Grenzen
Staatsgrenze
Landkreisgrenzen
Gemeindegrenzen
Genze der Gemeinden mit erweiterten Zuständigkeiten
Kartengrundlagen:
CORINE Landcover 2000 (© EEA, Copenhagen, 2005)
ATKIS® Basis DLM25 (mit Erlaubnis LVermA Sachsen)
LfUG 2008. Trinkwasser- und Abwasserzweckverbände
Geodätisches Datum: Potsdam
Bezugsfläche: Bessel 1841
Abbildung: Gauß-Krüger
Projektleiter:
Prof. Dr. F. Roch
Bearbeiter:
D. Bölitz, 2008
Layout:
M. Bäther
R. Steinhäußer
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Freie Universität Berlin
DINGHO
Interreg IIIA
Datenatlas integrierter und grenzüber-greifender Hochwasserschutz in den deutsch-tschechischen Einzugsgebieten der Kammlagen des Mittleren Erzgebirges
DIESES PROJEKT WIRD VON DER EUROPÄISCHEN UNION KOFINANZIERT
LK ERZGEBIRGSKREIS
LK MITTELSACHSEN
Bundesrepublik Deutschland
Ceska republika
ÚSTECKÝ KRAJ
Litvínov
Chomutov
Rechenberg-Bienenmühle
Kliny
Nová Ves v Horách
Neuhausen/Erzgebirge
Seiffen/ Erzgebirge
Deutsch-neudorf
Sayda
Heidersdorf
Brandov
Hora Svaté Kateřiny
Boleboř
Pfaffroda
Olbernhau
Pockau
Zöblitz
Marienberg
Kalek
Blatno
0
4
8
Kilometer
4605000
4600000
4595000
4590000
4585000
4580000
561500
561000
560500
560000
559500
559000

Karte 17

A2. Ermittelte Drosselgrößen der potentiellen Hochwasserrückhaltebecken

Nr.	Standort	Rechts-/ Hochwert	überstaute Fläche [m²]	max. Stauhöhe [m]	Stauvolumen [m³]	Drossel HQ_{100} [DN]
A01	Cämmerswalde	4605242 5618655	5057	4,1	12000	1400r
A02	Rauschenbach	4606444 5618247	8557	4,4	16600	1200r
A03	Neuhausen	4603997 5616854	8284	4,7	15800	1100r
A04	Mortelgrund	4601196 5617335	10505	5	21200	900r
A05	Heidersdorf 1	4600520 5616291	15198	4,5	28800	1200r
A06	Heidersdorf 2	4600413 5615359	18337	5	48900	1300r
A07	ehemaliges Schwimmbad Seiffen	4603822 5613045	15235	5	40100	600k
A08	Deutscheinsiedel 1	4606242 5611814	17166	5	23800	800r
A09	Deutscheinsiedel 2	4605942 5612161	29817	4,7	58100	500r
A10	Deutschneudorf	4603869 5608561	6832	5	16900	1500r
A11	Deutschkatharinenberg 1	4602457 5609124	20847	5	41300	1800r
A12	Hora Svaté Kateřiny	4602624 5607934	10838	5	20600	900r
A13	Oberseiffenbach 1 (ehem. Teich)	4602158 5611507	6221	4,6	16300	600k
B01	Telčský p. Teich 1	4595982 5606285	35201	1,5*	50576 Basisfüllung: 111 Tm³	300k
B02	Telčský p. Teich 2	4599208 5606937	25157	1,5*	32174 Basisfüllung: 82 Tm³	700k
B03	Telčský p. Teich 3	4599329 5605910	12868	3,0*	23500 Basisfüllung: 28 Tm³	1100k
B04	Telčský p. 1	4596447 5607920	7495	4,5	14135	1700k
B05	Telčský p. 2	4598322 5606268	31236	4,5	56298	1300r
B06	Steinbach 1	4591650 5610329	7682	3,5	12462	300k
B07	Steinbach 2	4592168 5610251	14037	3,5	22787	300k
B08	Rübenauer Bach 1	4591999 5607660	14533	4,5	26500	800k
B09	Rübenauer Bach 2	4591823 5607484	14980	3,6	17608	400k
B10	Rübenauer Bach 3	4590996 5607585	20243	3,5	22982	300k
B11	Lužnice 1	4594897 5605123	5451	4,5	10721	400r
B12	Jindřichova 1	4593330 5605477	7100	3,1	10800	1300k

Nr.	Standort	Rechts-/ Hochwert	überstaute Fläche [m²]	max. Stauhöhe [m]	Stauvolumen [m³]	Drossel HQ_{100} [DN]
B13	Bílý p. 1	4593742 5605434	27888	4,5	45992	900k
B14	Bílý p. 2	4594437 5604301	25447	4,5	65896	800k
B15	Natzschung 1	4593738 5605955	16000	4,1	17011	1800r
B16	Natzschung 2	4592895 5605709	17701	4,2	34110	900k
B17	Natzschung 3	4590264 5604548	12295	2,2	14103	300k
B18	Natzschung 4	4590638 5604294	15000	3,65	24300	600k
B19	Natzschung 5	4590296 5603833	16005	4,3	24462	500k
Anmerkungen: k: Drosseleinlass und Rechen kantig, r: Einlass und Rechen gerundet Die verwendeten Drosselkurven sind in Kapitel 6.3 dargestellt.						

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,
Malteserstraße 74-100, D-12249 Berlin (Preise zuzüglich Versandspesen)

Heft 1-11: vergriffen

Heft 12: OBENAUF, K. Peter (1971)
Die Enneris Gonoa, Toudoufou, Oudingueur und Nemagayesko im nordwestlichen Tibesti. Beobachtungen zu Formen und Formung in den Tälern eines ariden Gebirges. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 70 S., 6 Abb., 10 Tab., 21 Photos, 34 Querprofile, 1 Längsprofil, 9 Karten.
ISBN 3-88009-011-4 (DM 20,-)

Heft 13: MOLLE, Hans-Georg (1971)
Gliederung und Aufbau fluviatiler Terrassenakkumulation im Gebiet des Enneri Zoumri (Tibesti-Gebirge). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 53 S., 26 Photos, 28 Fig., 11 Profile, 5 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-012-2 (DM 10,-)

Heft 14: STOCK, Peter (1972)
Photogeologische und tektonische Untersuchungen am Nordrand des Tibesti-Gebirges, Zentral-Sahara, Tchad. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 73 S., 47 Abb., 4 Karten.
ISBN 3-88009-013-0 (DM 15,-)

Heft 15: BIEWALD, Dieter (1973)
Die Bestimmungen eiszeitlicher Meeresoberflächentemperaturen mit der Ansatztiefe typischer Korallenriffe. - 40 S., 16 Abb., 26 Seiten Fig. und Karten.
ISBN 3-88009-015-7 (DM 10,-)

Heft 16: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. III. Feldarbeiten 1966/67 (1972)
156 S., 133 Abb., 41 Fig., 34 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-014-9 (DM 45,-)

Heft 17: PACHUR, Hans-Joachim (1973)
Geomorphologische Untersuchungen im Raum der Serir Tibesti (Zentralsahara). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/ Tibesti. 58. S., 39 Photos, 16 Fig. und Profile, 9 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-016-5 (DM 25,-)

Heft 18: BUSCHE, Detlef (1973)
Die Entstehung von Pedimenten und ihre Überformung, untersucht an Beispielen aus dem Tibesti-Gebirge, Republique du Tchad. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 130 S., 57 Abb., 22 Fig., 1 Tab., 6 Karten.
ISBN 3-88009-017-3 (DM 40,-)

Heft 19: ROLAND, Norbert W. (1973)
Anwendung der Photointerpretation zur Lösung stratigraphischer und tektonischer Probleme im Bereich von Bardai und Aozou (Tibesti-Gebirge, Zentral-Sahara). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 48 S., 35 Abb., 10 Fig., 4 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-018-1 (DM 20,-)

Heft 20: SCHULZ, Georg (1974)
Die Atlaskartographie in Vergangenheit und Gegenwart und die darauf aufbauende Entwicklung eines neuen Erdatlas. - 59 S., 3 Abb., 8 Fig., 23 Tab., 8 Karten.
ISBN 3-88009-019-X (DM 35,-)

Heft 21: HABERLAND, Wolfram (1975)
Untersuchungen an Krusten, Wüstenlacken und Polituren auf Gesteinsoberflächen der nördlichen und mittleren Sahara (Libyen und Tchad). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 71 S., 62 Abb. 24 Fig., 10 Tab.
ISBN 3-88009-020-3 (DM 50,-)

Heft 22: GRUNERT, Jörg (1975)
Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten, am Beispiel des zentralen Tibesti-Gebirges (Rep. du Tchad). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 96 S., 3 Tab., 6 Fig., 58 Profile, 41 Abb., 2 Karten.
ISBN 3-88009-021-1 (DM 35,-)

Heft 23: ERGENZINGER, Peter Jürgen (1978)
Das Gebiet des Enneri Misky im Tibesti-Gebirge, République du Tchad - Erläuterungen zu einer geomorphologischen Karte 1 : 200 000. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 60 S., 6 Tab., 24 Fig., 24 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-022-X (DM 40,-)

Heft 24: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. IV. Feldarbeiten 1967/68, 1969/70, 1974 (1976)
24 Fig., 79 Abb., 12 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-023-8 (DM 30,-)

Heft 25: MOLLE, Hans-Georg (1979)
Untersuchungen zur Entwicklung der vorzeitlichen Morphodynamik im Tibesti-Gebirge (Zentral-Sahara) und in Tunesien. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 104 S., 22 Abb., 40 Fig., 15 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-024-6 (DM 35,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,
Malteserstraße 74-100, D-12249 Berlin (Preise zuzüglich Versandspesen)

Heft 26: BRIEM, Elmar (1977)
Beiträge zur Genese und Morphodynamik des ariden Formenschatzes unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Flächenbildung am Beispiel der Sandschwemmebenen in der östlichen Zentralsahara. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 89 S., 38 Abb., 23 Fig., 8 Tab., 155 Diagramme, 2 Karten.
ISBN 3-88009-025-4 (DM 25,-)

Heft 27: GABRIEL, Baldur (1977)
Zum ökologischen Wandel im Neolithikum der östlichen Zentralsahara. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 111 S., 9 Tab., 32 Fig., 41 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-026-2 (*vergriffen*)

Heft 28: BÖSE, Margot (1979)
Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. - 46 S., 3 Tab., 14 Abb., 25 Photos, 1 Karte.
ISBN 3-88009-027-0 (*vergriffen*)

Heft 29: GEHRENKEMPER, Johannes (1978)
Rañas und Reliefgenerationen der Montes de Toledo in Zentralspanien. - 81 S., 68 Abb., 3 Tab., 32 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-028-9 (DM 20,-)

Heft 30: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1978)
Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I. - 90 S., 38 Abb. und Beilagen, 17 Tab.
ISBN 3-88009-029-7 (*vergriffen*)

Heft 31: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1980)
Methoden und Anwendbarkeit geomorphologischer Detailkarten. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm II. - 104 S., 25 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-030-0 (DM 17,-)

Heft 32: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. V. Abschlußbericht (1982)
182 S., 63 Fig. und Abb., 84 Photos, 4 Tab., 5 Karten.
ISBN 3-88009-031-9 (DM 60,-)

Heft 33: TRETER, Uwe (1981)
Zum Wasserhaushalt schleswig-holsteinischer Seengebiete. - 168 S., 102 Abb., 57 Tab.
ISBN 3-88009-033-5 (DM 40,-)

Heft 34: GEHRENKEMPER, Kirsten (1981)
Rezenter Hangabtrag und geoökologische Faktoren in den Montes de Toledo. Zentralspanien. - 78 S., 39 Abb., 13 Tab., 24 Photos, 4 Karten.
ISBN 3-88009-032-7 (DM 20,-)

Heft 35: BARSCH, Dietrich & STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1982)
Erträge und Fortschritte der geomorphologischen Detailkartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm III. - 134 S., 23 Abb., 5 Tab., 5 Beilagen.
ISBN 3-88009-034-3 (DM 30,-)

Heft 36: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1984)
Regionale Beiträge zur Geomorphologie. Vorträge des Ferdinand von Richthofen-Symposiums, Berlin 1983. - 140 S., 67 Abb., 6 Tab.
ISBN 3-88009-035-1 (DM 35,-)

Heft 37: ZILLBACH, Käthe (1984)
Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko. Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. - 95 S., 61 Abb., 2 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-036-X (*vergriffen*)

Heft 38: WAGNER, Peter (1984)
Rezente Abtragung und geomorphologische Bedingungen im Becken von Ouarzazate (Süd-Marokko). Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. - 112 S., 63 Abb., 48 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-037-8 (*vergriffen*)

Heft 39: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1985)
Geomorphological Mapping in the Federal Republic of Germany. Contributions to the GMK priority program IV. - 89 S., 16 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-038-6 (DM 22,50)

Heft 40: MÄUSBACHER, Roland (1985)
Die Verwendbarkeit der geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25) der Bundesrepublik Deutschland für Nachbarwissenschaften und Planung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm V. - 97 S., 15 Abb., 31 Tab., 21 Karten.
ISBN 3-88009-039-4 (DM 18,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,
Malteserstraße 74-100, D-12249 Berlin (Preise zuzüglich Versandspesen)

Heft 41: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1986)
Geo- und biowissenschaftliche Forschungen der Freien Universität Berlin im Werra-Meißner-Kreis (Nordhessen). Beiträge zur Werra-Meißner-Forschung I. - 265 S., 82 Abb., 45 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-040-8 (DM 28,-)

Heft 42: BARSCH, Dietrich & LESER, Hartmut (Hrsg.) (1987)
Regionale Beispiele zur geomorphologischen Kartierung in verschiedenen Maßstäben (1 : 5 000 bis 1 : 200 000). Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VI. - 80 S., 10 Abb., 9 Beilagen.
ISBN 3-88009-041-6 (DM 35,-)

Heft 43: VAHRSON, Wilhelm-Günther (1987)
Aspekte bodenphysikalischer Untersuchungen in der libyschen Wüste. Ein Beitrag zur Frage spätpleistozäner und holozäner Grundwasserbildung. - 92 S., 12 Abb., 56 Fig., 7 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-042-4 (DM 18,-)

Heft 44: PACHUR, Hans-Joachim & RÖPER, Hans-Peter (1987)
Zur Paläolimnologie Berliner Seen. - 150 S., 42 Abb., 28 Tab.
ISBN 3-88009-043-2 *(vergriffen)*

Heft 45: BERTZEN, Günter (1987)
Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees. - 150 S., 19 Fig., 2 Tab., 38 Abb., 7 Anlagen
ISBN 3-88009-044-0 (DM 30,-)

Heft 46: FRANK, Felix (1987)
Die Auswertung großmaßstäbiger Geomorphologischer Karten (GMK 25) für den Schulunterricht. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VII. - 100 S., 29 Abb., Legende der Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25).
ISBN 3-88009-045-9 (DM 18,-)

Heft 47: LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1988)
Untersuchungen zur Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland - Neue Ergebnisse der Geomorphologischen Kartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VIII. - 225 S., 77 Abb., 12 Tab.
ISBN 3-88009-046-7 (DM 60,-)

Heft 48: MÖLLER, Klaus (1988)
Reliefentwicklung und Auslaugung in der Umgebung des Unterwerra-Sattels (Nordhessen). - 187 S., 55 Abb., 20 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-047-5 (DM 25,-)

Heft 49: SCHMIDT, Karl-Heinz (1988)
Die Reliefentwicklung des Colorado Plateaus. - 183 S., 50 Abb., 17 Photos, 20 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-048-3 (DM 60,-)

Heft 50: STÜVE, Peter (1988)
Die Schneeschmelze eines nordskandinavischen Einzugsgebietes ermittelt über die räumlich-zeitliche Variation des Strahlungs- und Energiehaushalts. - 119 S., 42 Abb., 13 Tab., 21 Karten.
ISBN 3-88009-050-1 (DM 30,-)

Heft 51: BÖSE, Margot (1989)
Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. - 114 S., 54 Abb., 17 Tab., 1 Bild.
ISBN 3-88009-051-3 *(vergriffen)*

Heft 52: WALTHER, Michael (1990)
Untersuchungsergebnisse zur jungpleistozänen Landschaftsentwicklung Schwansens (Schleswig-Holstein). - 143 S., 60 Abb., 4 Tab., 9 Fotos.
ISBN 3-88009-052-1 (DM 20,-)

Heft 53: KARRASCH, Heinz (Hrsg.) (1990)
Prozeßabläufe bei der Landschafts- und Landesentwicklung: Methoden, Ergebnisse, Anwendungen. Festschrift für Wilhelm Wöhlke zum 65. Geburtstag. - 300 S., 121 Abb., 35 Tab.
ISBN 3-88009-053-X (DM 80,-)

Heft 54: KRÖPELIN, Stefan (1993)
Zur Rekonstruktion der spätquartären Umwelt am Unteren Wadi Howar (Südöstliche Sahara/NW-Sudan).
ISBN 3-88009-055-6

Heft 55: WÜNNEMANN, Bernd (1993)
Ergebnisse zur jungpleistozänen Entwicklung der Langseerinne Südangelns in Schleswig-Holstein. - 167 S., 59 Abb., 8 Tab., 15 Bilder.
ISBN 3-88009-056-4 (DM 20,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,
Malteserstraße 74-100, D-12249 Berlin (Preise zuzüglich Versandspesen)

Heft 56: JACOBSHAGEN, Volker, MÖLLER, Klaus & JÄKEL, Dieter (Hrsg.) (1993)
Hoher Meißner und Eschweger Becken. Geowissenschaftliche und vegetationskundliche Charakteristik einer Nordhessischen Landschaft.
ISBN 3-88009-057-2 (DM 80,-)

Heft 57: HOFMANN, Jürgen (1993)
Geomorphologische Untersuchungen zur jungquartären Klimaentwicklung des Helan Shan und seines westlichen Vorlandes (Autonomes Gebiet Innere Mongolei/VR China). - 187 S., 46 Abb., 23 Tab., 85 Photos, 7 Beilagen.
ISBN 3-88009-058-0 (DM 25,-)

Heft 58: SCHULZ, Georg (1995)
Die pleistozäne Vergletscherung der Anden Perus und Boliviens abgeleitet aus Formen einer flächendeckend-integrativen Höhenlinienanalyse.
ISBN 3-88009-059-9 (DM 68,-).

Heft 59: DE JONG, Carmen (1995)
Temporal and spatial interactions between river bed roughness, geometry, bedload transport and flow hydraulics in mountain streams - examples from Squaw Creek, Montana (USA) and Lainbach/Schmiedlaine, Upper Bavaria (Germany).
229 S., 225 Abb., 7 Tab.
ISBN 3-88009-060-2 (DM 60,-).

Heft 60: ROWINSKY, Volkmar (1995)
Hydrologische und stratigraphische Studien zur Entwicklungsgeschichte von Brandenburger Kesselmooren.
155 S., 38 Abb., 28 Tab., 2 Photos, 7 Anlagen.
ISBN 3-88009-061-0 (DM 25,-).

Heft 61: SCHMIDT, Jürgen (1996)
Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. - 148 S-., 87 Abb., 34 Tab.
ISBN 3-88009-062-9 (DM 20,-).

Heft 62: SCHNABEL, Susanne (1996)
Untersuchungen zur räumlichen Variablität hydrologischer und erosiver Prozesse in einem kleinen Einzugsgebiet mit silvo – pastoraler Landnutzung (Extremadura, Spanien). – 130 S.,73 Abb., 41 Tab., 21 Photos.
ISBN 3-88009-063-7 (DM 30,-).

Heft 63: BÖSE, Margot & HOFMANN, Jürgen (1999)
Forschungsergebnisse zur Klimageschichte und Reliefentwicklung Nordafrikas und Asiens. - Festschrift für Dieter Jäkel zum 65. Geburtstag. 11 Beiträge: 192 S., 85 Abb., 31 Photos, 4 Tab.
ISBN 3-88009-064-5 *(vergriffen)*

Heft 64: HOFMANN, Jürgen (1999)
Geoökologische Untersuchungen der Gewässer im Südosten der Badain Jaran Wüste (Aut. Region Innere Mongolei/VR China) – Status und spätquartäre Gewässerentwicklung. 247 S., 61 Abb., 43 Tabellen, 13 Fototafeln, 5 Beilagen.
ISBN 3-88009-065-3 (DM 50,-)

Heft 65: BÖLSCHER, Jens; ERGENZINGER, Peter-Jürgen & OBENAUF, Peter; (Eds.) (2005)
Hydraulic, Sedimentological and Ecological Problems of Multifunctional Riparian Forest Management – RIPFOR – The Scientific Report. 145 S., 101 Abb., 15 Tab.
ISBN 3-88009-066-1 (€ 15,-)

Heft 66: MEIXNER, Harald; SCHNAUDER, Ingo; BÖLSCHER, Jens & IORDACHE, Virgil; (Eds.) (2006)
Hydraulic, Sedimentological and Ecological Problems of Multifunctional Riparian Forest Management – RIPFOR – Guidelines for End-Users. 168 S., 71 farbige Seiten, 125 Fig. und Abb., 32 Tabellen.
ISBN 3-88009-067-X (€ 20,-)

Heft 67: SCHULTE, Achim; ROCH, Isolde; JANSKÝ, Bohumír; REINHARDT-IMJELA, Christian & BÖLSCHER, Jens; (Hg.) (2013)
Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge. 170 S., 57 Fig., 31 Tabellen
ISBN 3-88009-068-8 (€ 20,-)