

Endbericht

Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis



Aktenzeichen DBU: 21278

Laufzeit: November 2003-Februar 2007



TU Bergakademie Freiberg

Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ)

AG Biologie/Ökologie

Dr. Elke Richert

Dipl.-Geogr. Sylvi Bianchin

Prof. Dr. Hermann Heilmeyer

Leipziger Str. 29

09599 Freiberg

AG Geoökologie

Prof. Dr. Jörg Matschullat (AG Geoökologie)



Internationales Hochschulinstitut Zittau (IHI)

Lehrstuhl Umwelt-Biotechnologie

Dr. Christina Seidler

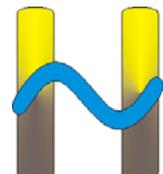
Dr.-Ing. Mariusz Merta



Büro für Hydrologie und Bodenkunde (BHB)

Dipl.-Hydrologe Gert Hammer

Dipl.-Geogr. Uta Lenz



Unter Mitarbeit von: Dr. Roland Achtziger, Dipl.-Geoökol. Sabine Höhlig, Dr. Hannaleena Pöhler, Dipl.-Ing. Anke Schroiff, Dr. Annett Weiß (alle IÖZ)

Freiberg, den 10. August 2007

Danksagung

Hiermit danken wir der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung, die die vorliegende Arbeit ermöglichte. Ein besonderer Dank geht an Herrn Dr. Stock für die stets gute und unbürokratische Zusammenarbeit sowie für sein hohes Engagement.

Viele Institutionen, Vereine und Personen gewährten uns auf unterschiedliche Weise Unterstützung bei der Durchführung des Projekts. Dies waren maßgeblich die Kooperationspartner aus der Region, die uns zahlreiche wertvolle und kreative Hinweise gaben. Namentlich zu nennen sind dabei insbesondere Herr Hänel und Frau Grabs (Landschaftspflegeverband Sächsische Schweiz–Osterzgebirge e.V.), Herr Zönnchen (Bürgermeister Gemeinde Hermsdorf), Herr Kubatzsch (Forstbezirk Bärenfels) und Herr Werthschütz (Landratsamt Weißeritzkreis).

Die Landwirtschaftsgesellschaft Hermsdorf KG, insbesondere Herr Dorrach, war uns bei unseren Geländearbeiten behilflich. Wir durften jederzeit die Flächen im Einzugsgebiet des Weißbaches betreten und zahlreiche Versuche durchführen. Ebenso war die gute Zusammenarbeit mit der Agrargenossenschaft Ruppendorf e.G. außerordentlich dienlich für die Qualität der Projektergebnisse.

Die Initiative Weißeritz-Regio, koordiniert durch das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR, Dresden), insbesondere Herr Dr. Wirth, gab uns die Möglichkeit, unsere Ergebnisse Vertretern aus dem Projektgebiet direkt präsentieren zu können.

Wertvoll waren auch die Kooperation und die Diskussionen mit allen Mitarbeitern des DBU-Projektverbundes „Nachhaltiger Hochwasser- und Naturschutz in Sachsen“.

Nicht zuletzt trugen zahlreiche Studentinnen und Studenten, die mit hohem Engagement und Fleiß ihre Qualifizierungsarbeiten im Rahmen des Projektes durchführten, wesentlich zum Projekterfolg bei.

Frau Leibelt (IÖZ) gab zahlreiche Hilfestellungen im Sekretariat, sie sorgte mit Geduld und Engagement für die nahezu reibungslose Finanzverwaltung des Projekts.

An dieser Stelle deshalb ein herzliches Dankeschön an alle, die zum Gelingen/Erfolg/zu den guten Ergebnissen des Projekts beigetragen haben/einen Beitrag leisteten.

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	21278	Referat	33/0	Fördersumme	295.285,00 €
Antragstitel	Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis				
Stichworte	Hochwasserschutz, Naturschutz, Fließgewässer, Erzgebirge, Sachsen				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
3 Jahre	11/03	2/07	1		
Zwischenberichte	10/2004	10/2005			
Bewilligungsempfänger	Technische Universität Bergakademie Freiberg Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ) AG Geoökologie Herr Prof. Dr. Matschullat Brennhausgasse 14 / Werner-Bau 09599 Freiberg			Tel	03731/39-2297
				Fax	03731/39-4060
				Projektleitung	
				Herr Prof. Dr. J. Matschullat	
				Bearbeiterin	
				Frau Dr. E. Richert	
Kooperationspartner	Büro für Hydrologie und Bodenkunde (BHB); Dipl. Hydrol. Gert Hammer Beethovenstr. 3 01465 Dresden Internationales Hochschulinstitut Zittau (IHI); Lehrstuhl Umwelt-Biotechnologie Frau Dr. Seidler Markt 23 02763 Zittau				
Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens					
<p>Hochwasser- und Naturschutz werden oft als schwer miteinander vereinbar gesehen. Am Beispiel des vom August-Hochwasser 2002 besonders stark in Mitleidenschaft gezogenen Weißeritz-Einzugsgebiets sollen beispielhaft Optimierungsstrategien und Maßnahmen für die Landnutzung erarbeitet werden, die sich sinnvoll ergänzen und beiden Aspekten dienen. Dem Einzugsgebiet kommt aus Naturschutzsicht eine besondere Bedeutung zu, da Teile des Gebietes als FFH-Gebiete (NATURA 2000) gemeldet sind und weiterhin besonders im Oberlauf verschiedene geschützte und gefährdete Biotoptypen vorkommen. Es gehört im Oberlauf zu den Hochwasserentstehungsgebieten in Sachsen.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>Die Projektziele wurden durch eine enge Zusammenarbeit von landschaftsökologischen und hydrologischen Gebietsanalysen sowie hydrologischer Modellierung erreicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Landschaftsökologische Analysen (IÖZ): Biotoptypenkartierung, Erfassung biotoptypenbezogener hochwasserschutzrelevanter Parameter (z.B. Durchwurzelungstiefe), Defizitanalyse, Ableitung, Planung und Bewertung (Biotoptypenbewertung eng gekoppelt mit einer Bewertung der Landschaftsstruktur) von möglichen Maßnahmen aus Naturschutzsicht, • Modellierung Abflussverhältnisse (IHI, BHB): gekoppelte Anwendung eines Wissensbasierten Systems (WBS FLAB) zur hydrologischen Raumgliederung und eines Niederschlag-Abflussmodells mit Integration der landschaftsökologischen Ergebnisse (Biotoptypen, Durchwurzelung), Ableitung von möglichen Maßnahmen, Bewertung hinsichtlich ihrer Hochwasserschutzwirkung, • Abflusssimulation in Fließgewässern: Simulation von Fließbewegungen in Gewässern und auf den Vorländern zur Prognostizierung des Einflusses unterschiedlicher Vegetation auf den Hochwasserabfluss. <p>Aufbauend auf der jeweiligen Analyse des Ist-Zustandes wurden verschiedene Landnutzungsszenarien wie beispielsweise die Etablierung von Extensivgrünland auf Ackerflächen oder der ökologische Waldumbau vorhandener, standortfremder Wälder erstellt und jeweils aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes bewertet.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Die beiden TEZG Weißbach und Höckenbach unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer Ausstattung an Biotoptypen als auch in ihren hydrologischen Gebietseigenschaften deutlich: Während das TEZG Weißbach durch einen hohen Anteil naturschutzfachlich wertvoller Biotoptypen gekennzeichnet ist, dominieren im TEZG Höckenbach weitestgehend intensiv genutzte Äcker.

Die Modellierungen mit dem Wissensbasierten System FLAB und dem Niederschlag-Abfluss-Modell WaSiM-ETH zeigen, dass die Abflusskomponente „Zwischenabfluss“ in den TEZG Weißbach und Höckenbach ebenso wie Oberflächenabflusskomponenten eine dominierende Rolle spielen, wobei im Weißbachgebiet die Ursachen besonders in der Flachgründigkeit und dem Skelettreichtum der Böden und im Höckenbachgebiet im schlechten Infiltrationsvermögen der Böden zu suchen sind.

Die entwickelten Verfahren zur Bewertung der Landnutzungsszenarien konnten sowohl für die TEZG als auch auf das Gesamteinzugsgebiet der Weißeritz erfolgreich angewendet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass der vorbeugende Hochwasserschutz sehr gut mit den Anforderungen des Naturschutzes vereinbar ist, wobei die Gebietseigenschaften (v.a. Landnutzung, Böden) von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg der Maßnahmen sind. Eine Fließgewässerrenaturierung beispielsweise erfüllt optimal beide Anforderungen. Sogar Szenarien für Landnutzungsänderungen, die allein aus Sicht des Naturschutzes aufgestellt wurden, führten zu einer Verbesserung der Hochwasserschutzsituation; umgekehrt kann eine Landnutzung, die optimal den Anforderungen des Hochwasserschutzes dient, auch positive Effekte für den Naturschutz haben. Die Wirkung der analysierten Landnutzungsänderungen ist nach diesen Analysen in kleinen bis mittelgroßen Einzugsgebieten und bei Niederschlagsereignissen mit einer 5- bis 50jährigen Auftretenswahrscheinlichkeit am größten. In Abhängigkeit von der Ausgangssituation können die Abflussspitzen im Fließgewässer nach diesen Simulationsergebnissen durch Landnutzungs- bzw. Bewirtschaftungsänderungen um 10 bis maximal 25 % gesenkt werden. Allerdings sind dafür Nutzungs- bzw. Bewirtschaftungsänderungen auf etwa 25 bis 50 % der Fläche erforderlich. Besonders hervorzuheben sind die weiteren positiven Synergieeffekte dieser Maßnahmen wie verbesserter Bodenschutz, ausgeglichener Gebietswasserhaushalt sowie Aufwertung des Landschaftsbildes.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Für HochNatur wurden ein Internetauftritt (<http://www.ioez.tu-freiberg.de/hochnatur/>) und ein Flyer erstellt. Gemeinsam mit zwei weiteren DBU-Projekten wurde eine Handreichung für Akteure vor Ort erarbeitet, in der Checkkarten die Auswahl von Maßnahmen für eine konkrete Fläche erleichtern (<http://www.ioez.tu-freiberg.de/hochnatur/Broschuere.html>). In Form von Steckbriefen werden die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkungen, der Zeitdauer bis zur Wirksamkeit und bevorzugter Einsatzgebiete vorgestellt und durch Hinweise zur Umsetzung ergänzt. Auswahl von Publikationen:

- BIANCHIN, S., E. RICHERT & H. HEILMEIER (2005): A multifunctional approach to flood and nature protection in the Weisseritz catchment (Eastern Erzgebirge). - International Conference Multifunctionality of Landscapes Analysis, Evaluation and Decision Support, Tagungsband, Giessen 2005
- MERTA, M., C. SEIDLER, S. BIANCHIN & E. RICHERT (2006): Analysis of land use change in the Eastern Ore Mountains regarding both nature protection and flood prevention. In: DKW-Series (2007) 'Progress in Hydro Sciences and Engineering', Dresden Water Center. TU Dresden (im Druck).
- MERTA, M., C. SEIDLER, E. RICHERT & S. BIANCHIN (2007): Analyse von Landnutzungsänderungen unter hochwasser- und naturschutzfachlichen Aspekten im Einzugsgebiet der Weißeritz (Osterzgebirge). Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 20 (einger.).
- MERTA, M., C. SEIDLER, E. RICHERT & S. BIANCHIN (2007): Analysis of land use change in the Eastern Erzgebirge regarding both nature protection and flood prevention. Soil and Water Research, (einger.).
- RICHERT, E., S. BIANCHIN, H. HEILMEIER, G. HAMMER, M. MERTA & C. SEIDLER (2007): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis - Interdisziplinäre Bewertung von Landnutzungsszenarien. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, (einger.).

Fazit

Das Hauptproblem für die Umsetzung von Maßnahmen war die Flächenverfügbarkeit. Demzufolge müssen Anreize geschaffen werden, mit denen die Landeigentümer und -nutzer für eine möglichst dauerhafte Umsetzung von Maßnahmen gewonnen werden können. Im Bericht werden die zur Projektlaufzeit bestehenden Probleme dargestellt und Hinweise zu möglichen Verbesserungen gegeben.

Da die analysierten Landnutzungen ihre größte Wirkung in den kleineren Einzugsgebieten zeigen, die Maßnahmen hier auch flächengenau unter Berücksichtigung der lokalen Situation gut zu planen sind, sollten für Sachsen Landnutzungsänderungen besonders bei den sogenannten Hochwasserschutzkonzepten für Gewässer zweiter Ordnung Berücksichtigung finden.

Gliederung

1	<u>EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG</u>	13
1.1	AUSGANGSSITUATION UND MOTIVATION	13
1.2	PROJEKTZIELE VON HOCHNATUR	13
1.3	HOCHNATUR - EIN INTERDISZIPLINÄRER LÖSUNGSANSATZ	14
2	<u>UNTERSUCHUNGSGEBIET</u>	15
2.1	NATURRÄUMLICHE ZUORDNUNG	15
2.2	GEOLOGIE UND BÖDEN	16
2.3	KLIMA	18
2.4	HYDROLOGIE	18
2.5	AKTUELLE LANDNUTZUNG UND POTENZIELLE NATÜRLICHE VEGETATION (PNV)	20
3	<u>METHODEN</u>	22
3.1	VERWENDETE DATENGRUNDLAGEN	22
3.2	LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE UND NATURSCHUTZFACHLICHE ANALYSEN	22
3.2.1	Biotoptypenkartierung	22
3.2.2	Gewässerstrukturgütekartierung	23
3.2.3	Vegetationsaufnahmen	23
3.2.4	Ellenberg-Zeigerwerte und relative Bauwerte	23
3.2.5	Naturschutzfachliche Bewertung	24
3.2.5.1	Bewertung auf Ebene der Biotoptypen	24
3.2.5.2	Bewertung auf Ebene der Landschaft: Ist-Zustand und Szenarien	25
3.3	EXPERIMENTELLE HYDROLOGISCHE ANALYSEN	28
3.3.1	Pegelmessungen	28
3.3.2	Messung Quellschüttungen und Gewässerchemie	28
3.4	MODELLIERUNGEN	29
3.4.1	Erstellung eines hochauflösenden Geländemodelles	29
3.4.2	Das Niederschlags-Abflussmodell WaSiM-ETH	29
3.4.3	Das Wissensbasierte System Flächen gleicher Abflussbildung (WBS FLAB)	32
3.4.4	Integration von Vegetationsparametern in das WBS FLAB	33
3.4.5	Kopplung des Expertensystems WBS FLAB mit dem prozessorientierten Modell WaSiM	37
3.4.6	Aufbau der Niederschlags-Abfluss-Modelle	38
3.4.7	Modellierungen zur Bodenerosion	40
4	<u>ERGEBNISSE 1: ANALYSE DES IST-ZUSTANDS</u>	41
4.1	VEGETATION UND LANDSCHAFTSAUSSTATTUNG	41
4.1.1	Biotoptypenausstattung	41
4.1.2	Pflanzengesellschaften	43
4.1.3	Gefährdete Arten und Pflanzengesellschaften	45
4.1.4	Naturschutzfachliche Bewertung der Biotoptypen	46

4.2	GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE	48
4.2.1	Formulierung der Leitbilder und Eichung des Indexsystems.....	48
4.2.2	Bewertung der Gewässerstrukturgüte.....	50
4.2.2.1	Weißeritz	50
4.2.2.2	Weißbach	51
4.2.2.3	Höckenbach.....	52
4.3	HYDROLOGISCHE MESSUNGEN	54
4.3.1	Wasserstands- und Durchflussmessungen.....	54
4.3.2	Quellschüttungen und Gewässerchemie.....	55
4.4	HOCHAUFLÖSENDES GELÄNDEMOMELL TEZG WEIßBACH	57
4.5	RAUMGLIEDERUNG DOMINANTER ABFLÜSSE.....	58
4.5.1	TEZG Weißbach.....	58
4.5.2	TEZG Höckenbach.....	60
4.5.3	EZG Weißeritz.....	60
5	<u>ERGEBNISSE 2: NUTZUNGSSZENARIEN</u>	62
5.1	HERLEITUNG DER SZENARIEN.....	62
5.2	KURZCHARAKTERISTIK DER SZENARIEN.....	64
5.3	BEWERTUNG DER SZENARIEN DER ERKENNTNISGEBIETE.....	69
5.3.1	Naturschutzfachliche Bewertung.....	69
5.3.2	Bewertung aus Sicht des Hochwasserschutzes.....	76
5.4	BEWERTUNG DER SZENARIEN EZG WEIßERITZ.....	93
5.4.1	Naturschutzfachliche Bewertung.....	93
5.4.2	Bewertung aus Sicht des Hochwasserschutzes.....	95
5.5	FAZIT BEWERTUNG DER NUTZUNGSSZENARIEN	96
6	<u>HINWEISE FÜR DIE MAßNAHMENUMSETZUNG UND ERFOLGSKONTROLLEN</u>	101
6.1	MAßNAHMESTECKBRIEFE	101
6.2	BEISPIEL FLIEßGEWÄSSERRENATURIERUNG - HÖCKENBACH.....	103
6.2.1	Zielstellung und Herangehensweise	103
6.2.2	Maßnahmen zur naturnahen Gewässerentwicklung.....	106
6.3	HINWEISE ZU ERFOLGSKONTROLLEN DER MAßNAHMEN.....	108
7	<u>DISKUSSION</u>	112
7.1	EINFLUSS DER UNTERSCHIEDLICHEN SKALIGKEIT AUF DIE ERGEBNISSE DER MODELLIERUNG..	112
7.2	ÜBERTRAGBARKEIT.....	114
7.2.1	Landschaftsökologische Erhebungen, Analysen und Bewertung	114
7.2.2	Modelle Hydrologie.....	115
7.2.2.1	WBS FLAB	115
7.2.2.2	WaSiM-ETH und SWMM5.....	120
7.2.3	Übertragbarkeit von Waldentwicklungstypen auf ausgesuchte Forstbestände.....	120

<u>8</u>	<u>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT</u>	<u>122</u>
8.1	ZUSAMMENARBEIT MIT KOOPERATIONSPARTNERN UND ANDEREN PROJEKTEN	122
8.2	TAGUNGSBEITRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN	122
<u>9</u>	<u>MAßNAHMENUMSETZUNG</u>	<u>123</u>
9.1	STAND DER UMSETZUNG	123
9.2	PROBLEME BEI DER MAßNAHMENUMSETZUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE	125
<u>10</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>126</u>
<u>11</u>	<u>SUMMARY</u>	<u>129</u>
<u>12</u>	<u>LITERATUR- UND SCHRIFTENVERZEICHNIS</u>	<u>130</u>
12.1	LITERATUR	130
12.2	STUDENTISCHE QUALIFIZIERUNGSARBEITEN	138
12.3	VERÖFFENTLICHUNGEN	139
12.4	VORTRÄGE AUF TAGUNGEN/WORKSHOPS UND BEI AKTEURSTREFFEN (AUSWAHL)	140
12.5	POSTERBEITRÄGE AUF TAGUNGEN/WORKSHOPS	141
12.6	ZEITUNGSARTIKEL UND FLYER	142
<u>13</u>	<u>ANHANG</u>	
	VERZEICHNIS ANHANG	
	ANHANG 1 - KARTEN	
	ANHANG 2 – TABELLEN	
	ANHANG 3 - ABBILDUNGEN	

Verzeichnis Abbildungen

Abb. 1: Interdisziplinäre Herangehensweise von HochNatur zur Analyse des Ist-Zustandes und darauf basierend der Ableitung von Maßnahmen, die sowohl dem Hochwasserschutz als auch dem Naturschutz dienen.....	14
Abb. 2: Lage des Einzugsgebietes (EZG) der Weißeritz und der analysierten Teileinzugsgebiete (TEZG) des Weißbaches und des Höckenbaches.....	15
Abb. 3: Karte der Hangneigung des EZG Weißeritz	16
Abb. 4: Übersicht der Böden des EZG Weißeritz.....	17
Abb. 5: Die potenzielle natürliche Vegetation des EZG Weißeritz.....	21
Abb. 6: Arbeitsschritte der naturschutzfachlichen Bewertung.....	24
Abb. 7: Lage der beprobten Quellen, der Standorte für die Flügelmessungen und der angelegten Wurzelschürfe im Einzugsgebiet des Weißbachs.....	28
Abb. 8: Raumgliederungstool WBS FLAB	32
Abb. 9: Bewertungsschema zur Einschätzung der Wurzeldichte und des Grobwurzelanteils.	34
Abb. 10: Bestimmung der Durchwurzelung am Beispiel der Wurzeldichten charakteristischer Pflanzen der Bergwiese: Bärwurz, Verschiedenblättrige Kratzdistel und Wald-Storchschnabel.....	35
Abb. 11: Niederschläge (Messstation Bärenfels) und gemessene Abflüsse des Weißbaches...	39
Abb. 12: Mit WaSiM-ETH modellierte Abflüsse	40
Abb. 13: Flächenanteile der Hauptbiotoptypen im TEZG Weißbach	41
Abb. 14: Flächenanteile der Hauptbiotoptypen im TEZG Höckenbach.....	42
Abb. 15: Flächenanteile der Hauptbiotoptypen im EZG der Weißeritz.	43
Abb. 16: Beispiele für Steinrückenhecken a) <i>Acer pseudoplatanus</i> -Gesellschaft (Schönfeld, Nähe TEZG Weißbach) und b) <i>Sorbus aucuparia</i> -Gesellschaft (Kahle Höhe, Nähe TEZG Weißbach)	45
Abb. 17: Vergleich der beiden TEZG Weißbach und Höckenbach anhand der naturschutzfachlichen Bewertung der Biotoptypen mit den Kriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe.....	47
Abb. 18: Ergebnisse der naturschutzfachlichen Bewertung der Biotoptypen des EZG der Weißeritz mit den Kriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe.....	48
Abb. 19: Beispiele für Referenzabschnitte a) am Haselbach und b) am Oberreichenbacher Bach.	49
Abb. 20: Verteilung der Strukturgüteklassen im gesamten Einzugsgebiet der Weißeritz.....	50
Abb. 21: Verteilung der Strukturgüteklassen am Bachsystem Weißbach, Gesamtbewertung. ..	52
Abb. 22: Verteilung der Strukturgüteklassen am Bachsystem Höckenbach, Gesamtbewertung.....	52
Abb.23: Verteilung der Strukturgüteklassen der Hauptstrukturparameter des Bachsystems Höckenbach.....	53
Abb. 24: Wasserstände des Weißbachs über Gewässersohle am Messpunkt 1.....	54
Abb. 25: Ergebnisse der Abflussmessungen im Einzugsgebiet Weißbach.....	55
Abb. 26: Digitales Geländemodell des Weißbacheinzugsgebietes hinterlegt mit einem Schattenrelief.....	58
Abb. 27: Raumgliederung nach dominanten Abflussbildungsprozessen; TEZG Weißbach (WB-Ist)	59

Abb. 28: Raumgliederung nach dominanten Abflussbildungsprozessen, TEZG Höckenbach (HB-Ist)	60
Abb. 29: Raumgliederung nach dominanten Abflussbildungsprozessen; EZG Weißeritz (W-Ist).....	61
Abb. 30: Ergebnis der naturschutzfachlichen Biotoptypenbewertung verschiedener Landnutzungsszenarien (Referenzszenarien) der TEZG Weißbach (WB) und Höckenbach (HB).....	72
Abb. 31: Ergebnis der naturschutzfachlichen Biotoptypenbewertung verschiedener Landnutzungsszenarien (Extremszenarien) der TEZG Weißbach (WB) und Höckenbach (HB)	73
Abb. 32: Ergebnis der vergleichenden naturschutzfachlichen Bewertung der Szenarien des TEZG Weißbach.	75
Abb. 33: Ergebnis der vergleichenden naturschutzfachlichen Bewertung der Szenarien des TEZG Höckenbach.	75
Abb. 34: Vergleich der Abflusskomponenten (WBS FLAB) der Nutzungsszenarien für das TEZG Weißbach	77
Abb. 35: Vergleich der Abflusskomponenten (WBS FLAB) der Nutzungsszenarien für das TEZG Höckenbach	78
Abb. 36: Das EZG Weißbach und die 11 ausgewiesenen Teileinzugsgebiete.....	79
Abb. 37: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (17,4 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 5 Jahre)	81
Abb. 38: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (31,6 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 100 Jahre).....	81
Abb. 39: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (96 mm Niederschlag in 48 h, Wiederkehrintervall 5 Jahre)	82
Abb. 40: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (117 mm Niederschlag in 48 h, Wiederkehrintervall 100 Jahre)	82
Abb. 41: Das EZG Höckenbach mit 3 ausgewiesenen Teileinzugsgebieten.....	83
Abb. 42: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (17,4 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 5 Jahre)	84
Abb. 43: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (31,6 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 100 Jahre).....	84
Abb. 44: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (78,8 mm Niederschlag in 24 h, Wiederkehrintervall 5 Jahre)	85
Abb. 45: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (142,4 mm Niederschlag in 24 h, Wiederkehrintervall 100 Jahre)	85
Abb. 46: Längsprofil des Weißbaches mit vorgesehener Uferbepflanzung (Szenario WB-Ug) .	86
Abb. 47: Darstellung der durch Erosion potenziell gefährdeten Flächen im TEZG Weißbach...	89

Abb. 48: Darstellung der durch Erosion potenziell gefährdeten Teilregionen im TEZG Höckenbach.....	90
Abb. 49: Heckenstandorte im Teileinzugsgebiet des Weißbaches (WB-Hprak).....	91
Abb. 50: Abflussbahnen am Heckenstandort in Ruppendorf/ Höckendorf (HB-Hprak).....	91
Abb. 51: Einzugsgebiete am Heckenstandort in Ruppendorf/ Höckendorf.....	92
Abb. 52: Ergebnis der naturschutzfachlichen Biotoptypenbewertung verschiedener Landnutzungsszenarien (Extremszenarien) des EZG Weißeritz (W).....	93
Abb. 53: Ergebnis der vergleichenden naturschutzfachlichen Bewertung der Szenarien des EZG Weißeritz (W).....	95
Abb. 54: Vergleich der Abflusskomponenten (WBS FLAB) der Nutzungsszenarien für das EZG Weißeritz	96
Abb. 55: Komplexbewertung der Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes (TEZG Weißbach).....	98
Abb. 56: Komplexbewertung der Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes (TEZG Höckenbach)	98
Abb. 57: Komplexbewertung der Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes (EZG Weißeritz)	99
Abb. 58: Abfolge der Arbeitsschritte zur Ableitung eines Renaturierungskonzeptes basierend auf der Gewässerstrukturgütekartierung nach LAWA (2000)	103
Abb. 59: Beispiele für sehr stark veränderte Gewässerabschnitte des Grundbaches.	104
Abb. 60: Einleiten der Remäandrierung durch den Einbau von Störsteinen, Beispiel der Renaturierungsmaßnahme am Tetterweinbach, Vogtland.....	106
Abb. 61: Einfluss der Rastergröße auf die Raumgliederung, EZG Weißeritz. (a) Rasterweite 25 mx25 m, (b) Rasterweite 100x100 m, (c) Rasterweite 500 mx500 m.....	117
Abb. 62: Im Herbst 2004 gepflanzte Hecke zur Reduktion der Erosion im TEZG Höckenbach. Zusätzlich wurde hangabwärts ein Streifen Grünland angelegt.	124

Verzeichnis Tabellen

Tabelle 1:	Mittlere monatliche und jährliche Temperatur- und Niederschlagswerte der Stationen Tharandt (1961-1990), Zinnwald und Dippoldiswalde (1951-1980)	18
Tabelle 2:	Einzugsgebietsgröße, Flusslänge und Gebietshöhen der Weißeritz	19
Tabelle 3:	Hydrologische Kennwerte wesentlicher Pegel	19
Tabelle 4:	Aktuelle Landnutzung im EZG Weißeritz sowie in den TEZG Weißbach und Höckenbach	20
Tabelle 5:	Von HochNatur verwendete, grundlegende digitale Daten und die Datenquellen ..	22
Tabelle 6:	Definition der Werteklassen für die Endbewertung	25
Tabelle 7:	Eingangsdaten für WaSiM-ETH	30
Tabelle 8:	Abflusskomponenten im WBS FLAB	33
Tabelle 9:	Wurzelcharakteristik für den Vegetationstyp Bergwiese	35
Tabelle 10:	Wirkung von unterschiedlichen Durchwurzelungstypen auf die Leit- und Speichereigenschaften der Böden gegenüber unbewachsenem Boden	36
Tabelle 11:	Charakteristika der Wurzelsysteme wesentlicher Baumarten	37
Tabelle 12:	Vergleich der Pflanzengesellschaften des Grünlandes im Einzugsgebiet des Weißbachs mit denen im Höckenbachgebiet	44
Tabelle 13:	Die Pflanzengesellschaften, ihr Gefährdungsgrad und Schutzstatus sowie Angabe zum Nachweis der Gesellschaften in den TEZG Weißbach und Höckenbach	46
Tabelle 14:	Anzahl der Kartierabschnitte sowie prozentuale Verteilung der Strukturgüteklassen der Wilden, Roten und Vereinigten Weißeritz	51
Tabelle 15:	Flügelmessungen im TEZG Weißbach	55
Tabelle 16:	Quellschüttung im TEZG Weißbach	56
Tabelle 17:	Konzentration der chemischen Inhaltsstoffe an ausgewählten Quellen	57
Tabelle 18:	Übersicht der Szenarien, der verwendeten Abkürzungen und der jeweils im Vergleich zum Ist-Zustand modifizierten Flächenanteile	69
Tabelle 19:	Abflussscheitel und Fließgeschwindigkeiten des Weißbaches im Köhlergrund und vor der Mündung in die Wilde Weißeritz im Ist-Zustand (HQ 5, HQ100)	87
Tabelle 20:	Abflussscheitel und Fließgeschwindigkeiten des Weißbaches (HQ 5, HQ100)	87
Tabelle 21:	Modellierte Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten des Grundbaches an verschiedenen Abschnitten bei Starkniederschlagsereignissen von 10 min Dauer (Ist-Zustand)	88
Tabelle 22:	Modellierte Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten des Grundbaches nach Renaturierung	88
Tabelle 23:	Berechnete langjährige, mittlere jährliche Bodenabträge [$t/(ha \cdot a)$] am Beispiel einer Ackerfläche im Einzugsgebiet des Höckenbaches (HB-Hprak)	92
Tabelle 24:	Durch Gewässerstrukturgütekartierung ermittelte gewässermorphologische Defizite des Bachsystems Höckenbach, ihre anthropogenen Ursachen und die mit den Defiziten in Verbindung stehenden Störungen der Ökosystemfunktionen des Fließgewässers	105
Tabelle 25:	Übersicht der Renaturierungsziele und -maßnahmen für den Grundbach	107
Tabelle 26:	Hinweise zur Durchführung von Maßnahmenkontrollen und Hinweise auf geeignete Parameter und Indikatoren im Rahmen fachlicher Wirkungskontrollen für die in den Szenarien von HochNatur berücksichtigten Maßnahmen.	110
Tabelle 27:	Einfluss der Rastergröße auf die Raumgliederung, EZG Weißeritz	119
Tabelle 28:	Mit dem WBS FLAB bearbeitete Einzugsgebiete	119

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS®	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
CIR	Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück
EZG	Einzugsgebiet
GIS	Geographisches Informationssystem
IHI	Internationales Hochschulinstitut Zittau
IÖZ	Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum der TU Bergakademie Freiberg
LfUG	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
LVA	Landesvermessungsamt Sachsen
N-A	Niederschlag-Abfluss
PNV	Potenzielle Natürliche Vegetation
TEZG	Teileinzugsgebiet
UG	Untersuchungsgebiet

1 Einleitung und Aufgabenstellung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Die durch das spektakuläre Hochwasser-Ereignis im August 2002 verursachten außerordentlichen Schäden in den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Bayern sowie in der Tschechischen Republik und Österreich haben der Öffentlichkeit mit eindringlicher Härte verdeutlicht, dass solche Katastrophen auch in unserer hoch technisierten Welt auftreten können. Sie veranlassten Politik, Verwaltung und Wissenschaft erneut zu überlegen, wie das Schadenspotenzial zukünftig gesenkt werden kann. Hochwässer sind Teil des natürlichen Wasserkreislaufs und auch künftig nicht zu vermeiden; eine Minderung von Wirkungen und Schäden ist jedoch möglich und sinnvoll. Neben dem technischen Hochwassermanagement gewinnt dezentraler, integrierter und ökologisch orientierter Hochwasserschutz, der auf die Wiederherstellung der natürlichen Rückhaltmechanismen der Landschaft abzielt, immer stärker an Bedeutung.

Ausgehend von diesen Überlegungen initiierte und förderte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU, Osnabrück) kurz nach dem Hochwasserereignis 2002 einen *Projektverbund Hochwasser- und Naturschutz* für Sachsen. Das in diesem Bericht vorzustellende Projekt *HochNatur* ist eines der drei Verbundprojekte und beschäftigt sich mit dem besonders vom Hochwasser 2002 betroffenen Einzugsgebiet der Weißeritz (östliches Erzgebirge, Sachsen, s. Abb. 2). Das zweite Projekt *Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirges* des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V. ist in der Region Müglitztal/Bad Gottleuba lokalisiert, wohingegen sich das Projekt *Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte* (HoNaMu) mit dem Einzugsgebiet der Mulde beschäftigt. Allen drei Projekten ist gemeinsam, dass sie mit Hilfe interdisziplinärer Forschungsansätze bei den zu erarbeitenden beispielhaften Analysekonzepten und Maßnahmenvorschlägen neben Aspekten des Hochwasserschutzes gleichermaßen Aspekte des Naturschutzes berücksichtigen.

1.2 Projektziele von HochNatur

Das Projekt HochNatur wurde von drei Projektpartnern, der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, dem Internationalen Hochschulinstitut Zittau und dem Büro für Hydrologie und Bodenkunde (Dresden) bearbeitet und hatte folgende Ziele:

- Erarbeitung einer methodischen Konzeption zur Ableitung von Maßnahmen zum vorsorgenden Hochwasserschutz unter gleichzeitiger Integration von Naturschutzaspekten anhand des Einzugsgebietes der Weißeritz und mehrerer Teileinzugsgebiete (unter vorsorgendem Hochwasserschutz werden dabei alle Aspekte verstanden, die eine bessere Infiltration und Perkolation des Niederschlagswassers begünstigen, den Wasserrückhalt in einer Raumeinheit erhöhen sowie die Abflusskonzentration verzögern),
- Abschätzung der Übertragbarkeit der Methodik und Herangehensweise sowie der Maßnahmenvorschläge auf andere Einzugsgebiete des Erzgebirges und anderer Mittelgebirge,
- Initiierung der Umsetzung von Maßnahmen in Modellgebieten durch enge Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort,
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen (Maßnahmesteckbriefe) in Zusammenarbeit mit den anderen Partnern des Projektverbundes.

1.3 HochNatur - Ein interdisziplinärer Lösungsansatz

Das Projektziel, Maßnahmenkonzepte für den vorsorgenden Hochwasserschutz (insbesondere die Verbesserung des natürlichen Wasserrückhaltepotenzials) unter Berücksichtigung natur-schutzfachlicher Aspekte für unterschiedliche Einzugsgebiete (EZG) zu erarbeiten, löst Hoch-Natur durch einen interdisziplinären Ansatz (Abb. 1). Ausgangspunkt ist die Analyse des Ist-Zustandes der Untersuchungsgebiete. Dabei wurde auf zwei Maßstabsebenen gearbeitet: Hochauflösend in beispielhaften Teileinzugsgebieten (TEZG) und mit einer geringeren Auflö-sung im gesamten EZG der Weißeritz. Diese Herangehensweise ermöglicht es, die Übertrag-barkeit auf andere Gebiete abzuschätzen (vgl. Kap. 7.2).

Bei den Analysen kamen landschaftsökologische (vgl. Kap. 3.2) und hydrologische Systemana-lysen und Modelle (vgl. Kap.3.4) zum Einsatz. Dabei wurden im Gelände erhobene Daten zur Biotoptypenausstattung und zur Vegetationsstruktur (Ist-Zustand) in die hydrologische System-analyse integriert (s. Kap. 3.4.4), die auf zwei hydrologischen Modellen beruhte: dem regelbasierten System WBS FLAB (Wissensbasiertes System Flächen gleicher Abflussbildung; PESCHKE et al. 1999) und dem Niederschlag-Abflussmodell WaSiM-ETH (SCHULLA & JASPER 1998). Die beiden Modelle wurden gekoppelt, wobei WaSiM-ETH basierend auf den Ergeb-nissen des WBS FLAB eingesetzt wurde (Kap.3.4.5). Dies bringt den Vorteil, dass zunächst eine funktionale räumliche Gliederung des Einzugsgebiets bezüglich der Abflussbildungspro- zesse erfolgen kann, die bei der quantitativen Modellierung des Abflussgeschehens berück-sichtigt wird. Außerdem können durch diese Vorgehensweise Risikoflächen für die Hochwas-serentstehung identifiziert werden (s. Kap. 3.4.3).

Der Analyse des Ist-Zustandes wurde eine Defizit- bzw. Risikoanalyse angeschlossen, um ver-schiedene Landnutzungsszenarien aufzustellen und zu bewerten (vgl. Kap. 5). In Zusammenar-beit mit Akteuren vor Ort, mit denen bereits vor Projektbeginn eng kooperiert wurde, konnten konkrete Maßnahmenplanungen erarbeitet werden. Bereits innerhalb der Projektlaufzeit konn-ten so erste Maßnahmen umgesetzt und weitere initiiert werden (vgl. Kap. 9). Die wissenschaft-liche Begleitung der umgesetzten Maßnahmen in den Folgejahren bildet eine Voraussetzung für eine fachliche Erfolgskontrolle. Auch wenn im vorliegenden Projektbericht hierzu noch keine Ergebnisse präsentiert werden können, werden erste Überlegungen zur wissenschaftlichen Konzeption vorgelegt (s. Kap. 6.3).

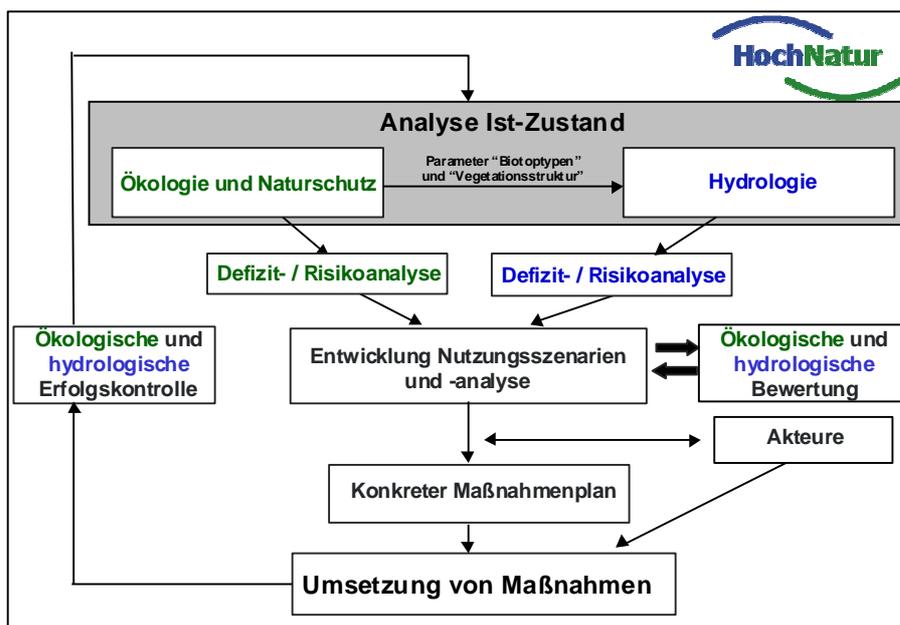


Abb. 1: Interdisziplinäre Herangehensweise von HochNatur zur Analyse des Ist-Zustandes und darauf basierend der Ableitung von Maßnahmen, die sowohl dem Hochwasserschutz als auch dem Naturschutz dienen.

2 Untersuchungsgebiet

Untersuchungsgegenstand des Projektes HochNatur ist das Einzugsgebiet (EZG) der Weißeritz mit seinen Teileinzugsgebieten (TEZG) Rote, Wilde und Vereinigte Weißeritz. Das Hauptaugenmerk mit hoch auflösenden Untersuchungen lag dabei auf den TEZG zweier Zuflüsse der Wilden Weißeritz, dem Weißbach und dem Höckenbach (Abb. 2). Für diese beiden Gebiete sollten konkrete Maßnahmenvorschläge erarbeitet und möglichst umgesetzt werden.

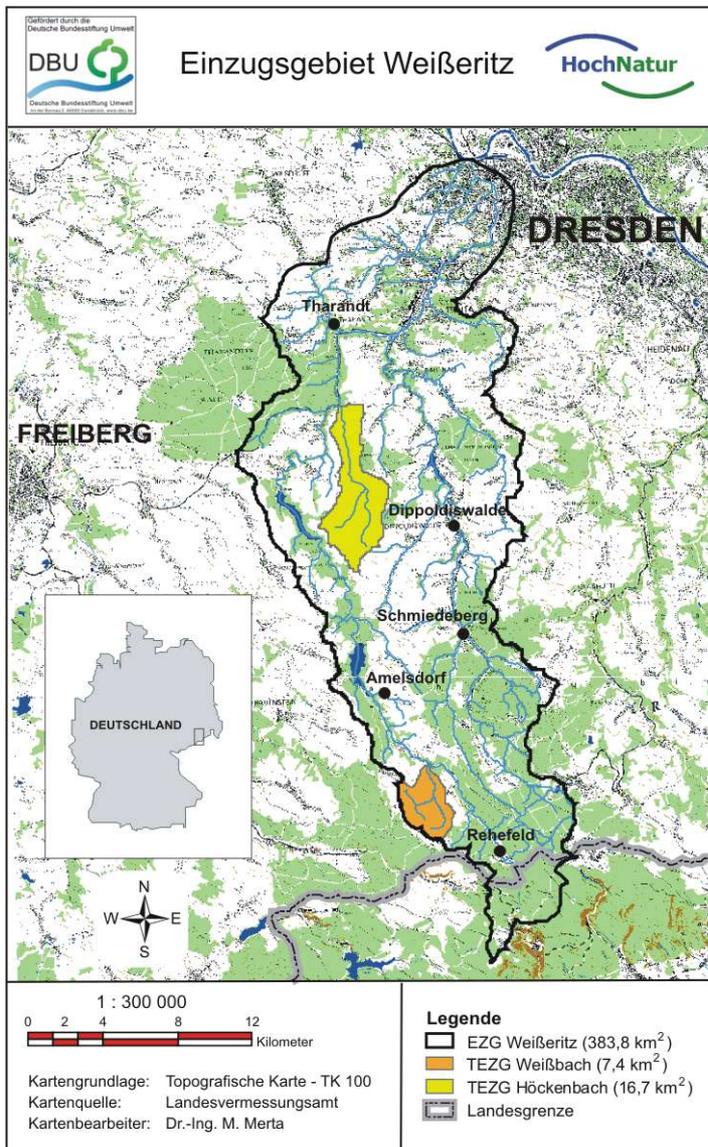


Abb. 2: Lage des Einzugsgebietes (EZG) der Weißeritz und der analysierten Teileinzugsgebiete (TEZG) des Weißbaches und des Höckenbaches

Das EZG der Weißeritz liegt mit einer Größe von 384 km² (aus ATKIS-DGM25, LVA Sachsen) im Osterzgebirge (lt. LfUG 2002: Gebietsgröße 374 km² bis Pegel Cotta, 1,2 km vor Mündung Elbe). Davon befinden sich 12,3 km² auf dem Gebiet der Tschechischen Republik. Das EZG erstreckt sich von den Kammlagen an der deutsch-tschechischen Grenze bis in die Stadt Dresden hinein. Administrativ ist es dem Weißeritzkreis und der Stadt Dresden zuzuordnen. Das rund 7,4 km² große TEZG Weißbach befindet sich im Südwesten des Untersuchungsgebietes, überwiegend auf dem Gebiet der Gemeinde Hermsdorf. Das TEZG Höckenbach nimmt ca. 16,7 km² im mittleren Teil des Untersuchungsgebietes ein und gehört größtenteils zur Gemeinde Höckendorf.

2.1 Naturräumliche Zuordnung

Das Weißeritz-EZG befindet sich im Naturraum Osterzgebirge und erstreckt sich darin von den oberen Berglagen über mittlere und untere Berglagen sowie das Hügelland bis in die Dredener Elbtalweitung. Das Osterzgebirge ist Bestandteil der Nordabdachung des Erzgebirges mit Kammhöhen meist über 800 m NN aber selten über 900 m NN (MANNSFELD & RICHTER 1995). Die flach in Richtung Norden abfallenden großen Hochflächen werden durch sich tief einschneidende, ebenfalls mehr oder weniger in nördliche Richtung verlaufende Flüsse und Bäche zerschnitten, zu denen auch die Wilde und Rote Weißeritz gehören (Abb. 3).

Das TEZG **Weißbach** befindet sich in den mittleren bis oberen Berglagen des Osterzgebirges (MANNSFELD & RICHTER 1995, Abb. 3). Das Weißbachtal gehört zu der Gemeinde Hermsdorf mit den Ortsteilen Seyde und Neuhermsdorf, die auf den Kuppen bzw. Hängen liegen, wohingegen der Talbereich weitestgehend frei von Bebauung ist. Das Kerbsohlental des Weißbaches fällt in Richtung Norden ab und mündet in die Wilde Weißeritz.

Das TEZG **Höckenbach** befindet sich in den unteren Berglagen (MANNSFELD & RICHTER 1995, Abb. 2). Die Gemeinden Höckendorf, Ruppendorf und Beerwalde konzentrieren sich auf die Talsohlen von Höckenbach und Beerwalder Bach und gehen nahtlos ineinander über. Das TEZG steigt nach Süden hin fließgewässerparallel leicht an. Die größten Steigungen in der Bachau befinden sich im Unterlauf, im Mündungsbereich des Höckenbaches in die Weißeritz. Hier finden sich die steilsten Hänge mit bis zu 25 % Gefälle, wohingegen Mittel- und Oberlauf durch flache Hänge und sogenannte Riedel, also flache Rücken geprägt ist (HAASE & MANNSFELD 2002).

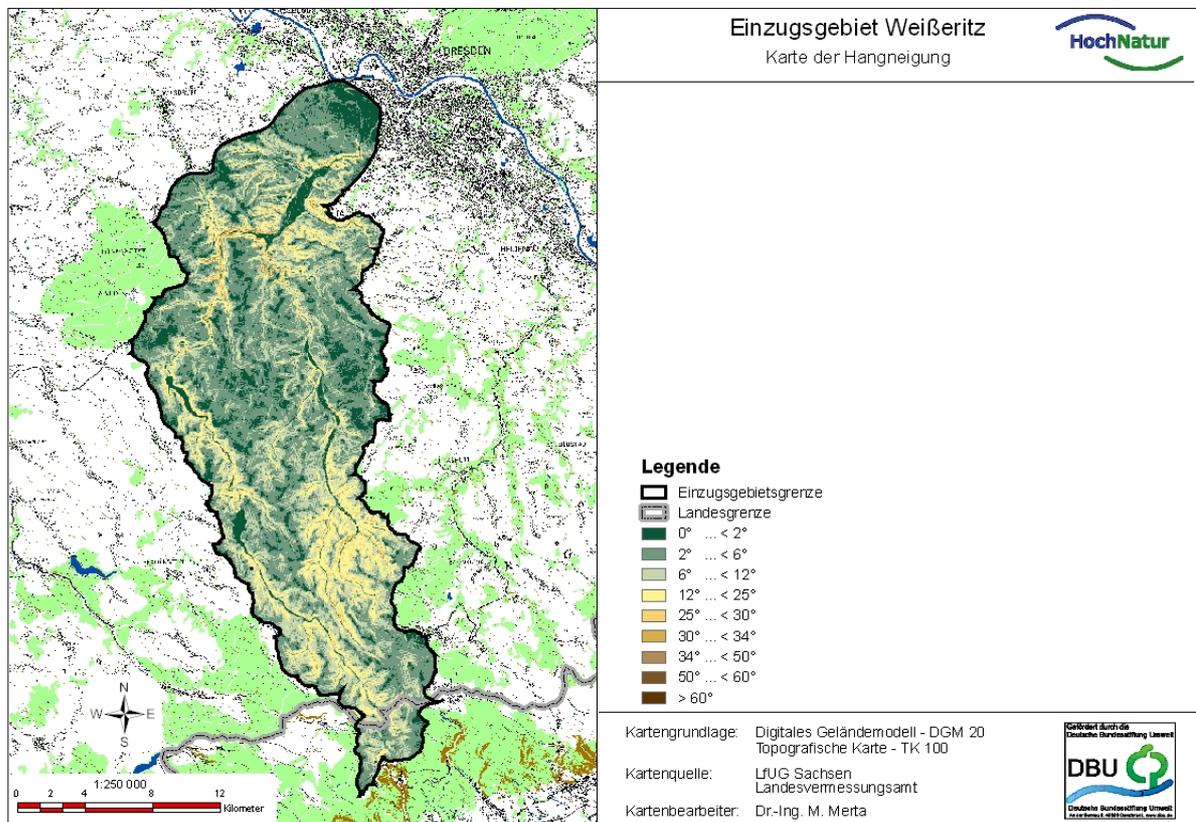


Abb. 3: Karte der Hangneigung des EZG Weißeritz (Ausschnitte TEZG Weißbach und Höckenbach s. Karte A1.1 und Karte A1.2)

2.2 Geologie und Böden

Im Gesteinsaufbau des Untersuchungsgebietes dominieren, wie im gesamten Osterzgebirge, Gneise und saure magmatische Gesteine (Granite, Granitporphyre (= Mikrogranit) und Quarzporphyre (= Rhyolith); HAASE & MANNSFELD 2002).

Die **Bodenbildung** erfolgte hauptsächlich auf periglazialen Schuttdecken. Deshalb sind die Böden insbesondere in den oberen Lagen flachgründig und skelettreich. Die Böden lassen sich

gut nach den Ausgangsgesteinen gruppieren (MANNSFELD & RICHTER 1995). Entsprechend der geologischen Ausgangssituation sind sandig lehmige Braunerden mittlerer Güte, die sich v.a. über den Gneisen gebildet haben, im Untersuchungsgebiet großflächig verbreitet (Abb. 4). Die Sandsteingebiete der Heiden tragen ebenso wie die Porphyre und Granite in den höheren Lagen überwiegend nährstoffarme Podsole (BÜK 200, LFUG) In den tieferen Lagen, z.B. am Tharandter Wald, haben sich auf Porphyre saure Braunerden entwickelt. Auf Löß dominieren schluffige, z.T. pseudovergleyte Decklößbraun- und Parabraunerden. Pseudovergleyt sind oft auch flache Quellmulden in den Hochflächen und die Randsäume der Kreidesandsteingebiete. Die Täler sind durch meist holozäne Sedimente mit Gleyen und Auenböden charakterisiert. Lediglich in den oberen Berglagen im Süden des Weißeritz-EZG treten einige wenige Moorbildungen (z.B. Georgenfelder Hochmoor) auf (MANNSFELD & RICHTER 1995). Die dominante Bodenart des Gebiets ist mittelsandiger Lehm (Ls3) (WEIGERT & SEIDEL 2005).

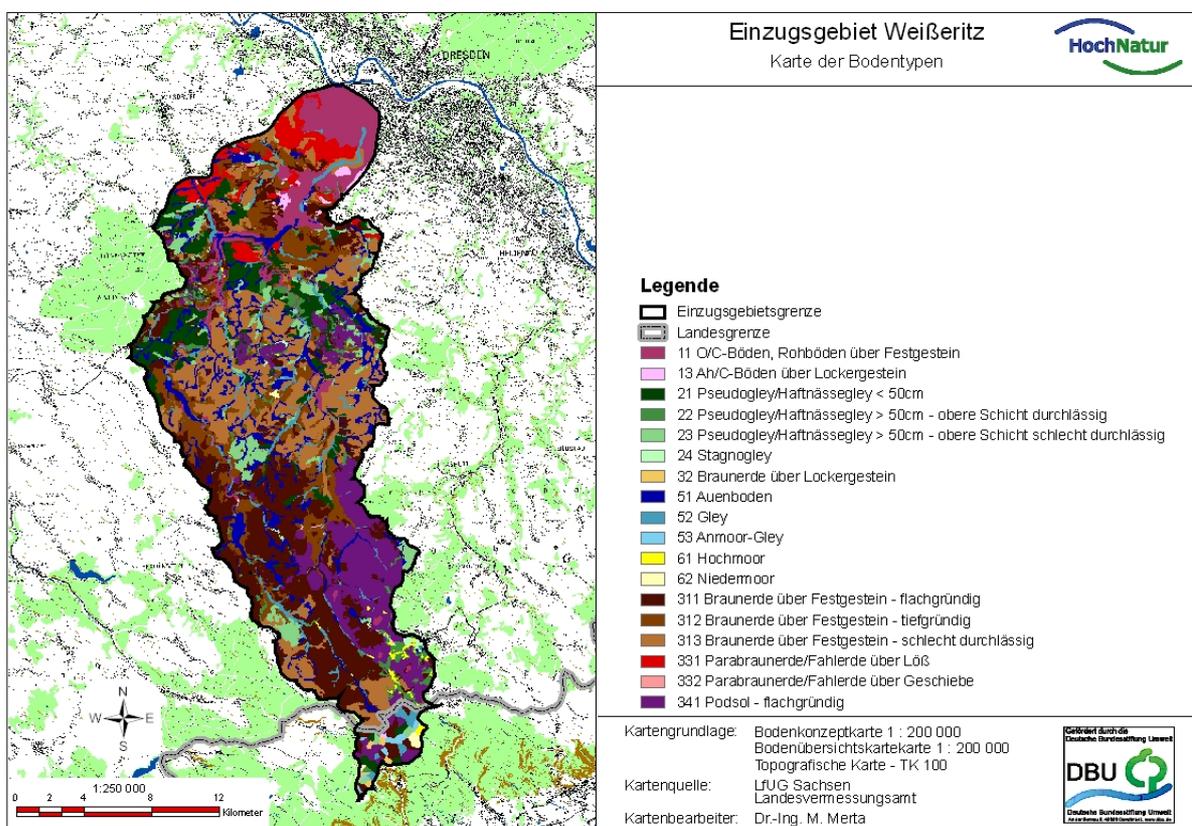


Abb. 4: Übersicht der Böden des EZG Weißeritz (Ausschnitte TEZG Weißbach und Höckenbach s. Karte A1.3 und Karte A1.4)

Nach MANNSFELD & RICHTER (1995) verfügen die Böden und Verwitterungsdecken grundsätzlich über eine gute Versickerung des Niederschlagwassers. Dies gilt allerdings nicht bei Starkregenereignissen. Die Böden der oberen Berglagen weisen aufgrund der geringen Profiltiefe und des hohen Grobbodenanteils sehr geringe Speicherkapazitäten auf. Außerdem wurde im Osterzgebirge die natürliche Wasserrückhaltung in der Fläche durch hydromeliorative Maßnahmen auf den landwirtschaftlich genutzten Hochflächen gebietsweise merklich reduziert (MANNSFELD & RICHTER 1995).

2.3 Klima

Das Osterzgebirge zeichnet sich gegenüber den westlicheren Mittelgebirgen durch geringeren Niederschlag, geringere mittlere Windgeschwindigkeiten und aufgrund der höheren Kontinentalität durch niedrigere mittlere Temperaturen (GOLDBERG et al. 1998) sowie höhere Strahlungswerte aus. Die Höhendifferenzierung von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit ist deutlich ausgeprägt (Tabelle 1).

Die Hauptwindrichtung der tieferen Lagen ist SW bis SSW, während im Kambereich west- bis nordwestliche und südliche Strömungen dominieren. Der Jahresgang der Niederschläge weist ein sommerliches Maximum auf. Ausschließlich für die ozeanisch getönten oberen Lagen beschreibt NEEF (1966) ein weiteres Maximum im Januar, das zu hohen Schneedecken in den Kammlagen führt.

Der Vegetationszeitraum reicht von bis zu 220 Tagen in den unteren Lagen bis zu weniger als 175 Tagen im Kambereich, wobei er durch die höhere Strahlung im Vergleich zum Westerggebirge verlängert ist.

Tabelle 1: Mittlere monatliche und jährliche Temperatur- und Niederschlagswerte der Stationen Tharandt (1961-1990, nach TU DRESDEN 2006), Zinnwald und Dippoldiswalde (1951-1980, nach METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR 1987)

Station		Tharandt	Dippoldiswalde	Zinnwald
Höhe über NN [m]		220	360	870
Jahrestemperatur [°C]		7,9	7,7	4,1
Jahresniederschlag [mm]		738	804	1020
Monatliche Temperatur [°C]	Min.	-1,2 (Januar)	-1,3 (Januar)	-5,0 (Januar)
	Max.	16,9 (Juli)	16,6 (Juli)	13,1 (Juli)
Monatlicher Niederschlag [mm]	Min.	46 (Februar)	46 (Februar)	68 (Februar)
	Max.	82 (August)	108 (Juli)	124 (Juli)

Im Winter kann es zu Inversionswetterlagen und Föhneffekten kommen, während bei nördlichen Strömungen polarer Kaltluft Staueffekte mit ausgiebigen Niederschlägen im Erzgebirgsvorland auftreten. Weitere hydrologisch relevante Wetterlagen sind die so genannte Südostlage und die Vb-Wetterlage. Letztere führt infolge des Aufgleitens feucht-warmer Mittelmeerluft auf feuchtkalte atlantische Luftmassen, durch Staueffekte verstärkt zu anhaltenden und ergiebigen Niederschlägen, woraus die Hochwasserereignisse von 1897, 1957 und 2002 resultierten. Die Südostlage bringt die Gefahr kräftiger Sommergewitter mit sich. Für größere Teile des Weißeritz-EZG ist eine erhöhte Gewitterhäufigkeit belegt (MANNSFELD & RICHTER 1995, S. 190).

2.4 Hydrologie

Bedingt durch den Kristallinkomplex ist das Erzgebirge als hydrogeologische Einheit zu sehen (JORDAN & WEDER 1995). Im Untersuchungsgebiet sind nach diesen Autoren das ober- und das unterirdische Einzugsgebiet weitgehend identisch. Die Quellen sind vorwiegend Hangschuttquellen mit einer Schüttung $< 1 \text{ l/s}$, die stark auf Niederschläge reagieren. Ursache ist Zwischenabfluss (Interflow), der im Gebiet eine wesentliche Rolle spielt.

Sowohl die Rote also auch die Wilde Weißeritz entspringen in der Nähe des Osterzgebirgskamms bei Altenberg. Die **Rote Weißeritz** beginnt im Stauanlagensystem Altenberg, das aus der Stauanlage Großer Galgenteich und dem Speicher Altenberg besteht. Unterhalb der Kreisstadt Dippoldiswalde befindet sich die Talsperre Malter. Nach Verlassen des Stausees fließt sie

durch den Rabenauer Grund und vereinigt sich in Freital nach 35 km mit der Wilden Weißeritz zur Vereinigten Weißeritz (Tabelle 2).

Etwa 12,3 des Quellgebietes der **Wilden Weißeritz** befinden sich auf dem Gebiet Tschechiens (s. Abb. 2). Im Lauf der Wilden Weißeritz gibt es zwei Staubecken (Klingenberg und Lehm-mühle). Nach einem Weg von ca. 53 km fließt sie mit der Roten Weißeritz zusammen.

Die Vereinigte Weißeritz fließt weiter durch Freital und den Plauenschen Grund, passiert den Dresdner Stadtteil Friedrichstadt und mündet in die Elbe.

Tabelle 2: Einzugsgebietsgröße, Flusslänge und Gebietshöhen der Weißeritz (LfUG 2002)

Einzugsgebiet	Größe [km ²]	Flusslänge [km]	maximale Gebietshöhe [mNN]	minimale Gebietshöhe [mNN]
Wilde Weißeritz	163	52,9	825	185
Rote Weißeritz	154	35,4	765	185
Vereinigte Weißeritz	67	14,2	185	110
gesamt	384	102,5		

Neben den genannten Hauptflüssen gibt es noch zahlreiche kleine Fließgewässer, die nur z.T. mit Pegeln versehen sind (LfUG 2002). Die beiden im Rahmen des Projekts detaillierter untersuchten TEZG Weißbach und Höckenbach haben keine dauerhaft installierten Pegel.

Auf den flachgründigen und skelettreichen Böden in den oberen Lagen (vgl. Kap. 2.2) dringt das Niederschlagswasser z. T. gut in den Boden ein, fließt dann jedoch bei entsprechenden Hangneigungen als bodeninnerer lateraler Abfluss (Interflow) schnell den Vorflutern zu. In den mittleren und unteren Lagen hingegen weisen die stark landwirtschaftlich genutzten schluffigen Böden schlechte Infiltrationsbedingungen auf, so dass in Verbindung mit den z. T. recht steilen Hangneigungen häufig Oberflächenabfluss entsteht. Die Vorfluter reagieren in Abhängigkeit vom Systemzustand (Vorfeuchte) schnell auf Niederschlagsereignisse. In den vergangenen Jahrhunderten traten in der Region häufig Hochwasser mit großen Schäden in den besiedelten Gebieten auf (LfUG 2004a), so dass ein Ausbau der Vorfluter erfolgte und technische Bauwerke zum Hochwasserschutz errichtet wurden. (z.B. die Talsperren Malter, Lehm-mühle, Klingenberg mit einem Gesamtstauraum von 30,43 Mio. m³).

Die Vorfluter müssen teilweise großen Schwankungen in der abfließenden Wassermenge standhalten (Tabelle 3).

Tabelle 3: Hydrologische Kennwerte wesentlicher Pegel (LfUG 2004a, ergänzt)

NNQ = geringster jemals gemessener Durchfluss, MQ = mittlerer und HHQ = höchster jemals gemessenen Durchfluss an einem Pegel bezogen auf eine Zeitreihe

Pegel	Gebietsgröße km ²	Beobachtungszeitraum	NNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	HHQ ohne 2002 m ³ /s	HQ 2002 m ³ /s
Rote Weißeritz						
Dippoldiswalde 1+3	73,9	1915-2001	0,010 (z.B. 17.09.1947)	1,14	69,6 (05.07.1918)	190 (13.08.2002)
Hainsberg 1	152,6	1928-2001	0,000 (z.B. 16.10.1947)	1,72	54,6 (10.07.1954)	260 (13.08.2002)
Wilde Weißeritz						
Rehefeld 1	15,2	1961-2001	0,000 (z.B. 25.12.1969)	0,391	23,6 (22.07.1980)	65 (13.08.2002)
Hainsberg 3	162,2	1928-2001	0,000 (z.B. 27.08.1949)	1,180	58,9 (05.07.1958)	220 (13.08.2002)

Während der Niedrigwasserperioden wird der Gewässerdurchfluss ausschließlich durch den Basisabfluss (Grundwasserspeicher) gespeist. Je nach Gebietsfeuchte und Niederschlagsereignis verändern sich die Anteile der einzelnen Abflusskomponenten am Gerinneabfluss insbesondere in der abfließenden Hochwasserwelle.

2.5 Aktuelle Landnutzung und Potenzielle natürliche Vegetation (PNV)

Etwa ein Drittel des Weißeritz-EZG ist aktuell bewaldet (Tabelle 4). Größere zusammenhängende Waldflächen sind v.a. die Porphyry- und Sandsteingebiete (südlicher Teil des EZG vom Kamm über Schellerhau, Schmiedeberg bis Obercarsdorf, Tharandter Wald sowie Dippoldiswalder, Paulsdorfer und Höckendorfer Heide) und die Hänge entlang der Täler von Wilder, Roter und Vereinigter Weißeritz (LVA ATKIS®). Die Waldbestände stellen überwiegend Fichtenforste dar, in den Sandsteinheiden nehmen auch Kiefernforste große Flächenanteile ein (MANNFELD & RICHTER 1995). V.a. die Talhänge und einige kleinere Wälder bestehen aus laubbaumreicheren Beständen (LVA ATKIS®).

Etwa die Hälfte des Weißeritz-EZG wird landwirtschaftlich genutzt, wobei etwas mehr Acker als Grünland vorkommt (Tabelle 4). Ackerbau dominiert in den unteren und mittleren Lagen. In den höheren Lagen im Süden des Untersuchungsgebietes überwiegt dagegen die Grünlandnutzung. Wasserflächen sind lediglich auf etwas mehr als 1 % der Fläche des Untersuchungsgebietes zu finden. Die größten Stillgewässer sind die Talsperren Malter (Rote Weißeritz), Lehmühle und Klingenberg (Wilde Weißeritz) sowie die Galgenteiche bei Altenberg. Siedlungsflächen nehmen beachtliche 15 % des EZG ein, wobei hier besonders der nördliche Teil von den Orten Freital und Dresden geprägt wird (LVA ATKIS®).

Die TEZG von Weißbach und Höckenbach unterscheiden sich in ihrer aktuellen Flächennutzung deutlich voneinander (Tabelle 4).

Tabelle 4: Aktuelle Landnutzung im EZG Weißeritz (CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung) sowie in den TEZG Weißbach (Kapitel 4.1.1) und Höckenbach (FOLTYN 2007)

	Anteil am EZG Weißeritz [%]	Anteil am TEZG Höckenbach [%]	Anteil am TEZG Weißbach [%]
Wälder und Forsten	34	12	16
Aufforstungen		< 0,5	8
Hecken, Gehölze, Baumreihen	< 0,1	1,5	1,5
Grünland, Staudenfluren, Heide	24	7	44
Acker (incl. Brache), Gartenbau	26	69	21
Gewässer	1	< 0,5	< 0,5
Siedlung, Gewerbe, Infrastruktur	15	9	9
Sonstiges	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Während im TEZG Weißbach Grünland die vorherrschende Nutzungsform ist, dominiert im TEZG Höckenbach Ackerbau mit fast 70 % Flächenanteil. Auffällig ist darüber hinaus der große Anteil von Aufforstungen im TEZG Weißbach (Tabelle 4).

Die **PNV** des Untersuchungsgebietes bildet mit ihren Waldgesellschaften die Naturraumeigenschaften des Untersuchungsgebietes ab. In der Abfolge der zonalen Waldgesellschaften dominieren im Norden des Untersuchungsgebietes v.a. nördlich von Freital Eichenwälder, wobei der Typische Hainbuchen-Traubeneichenwald die größten Flächenanteile einnimmt (Abb. 5). Nach Süden, mit zunehmender Höhe, werden sie von Buchen- und buchendominierten Waldgesell-

schaften abgelöst, die überwiegend den verschiedenen Höhenformen des Hainsimsen-Eichen-Buchenwaldes (Luzulo-Fagetum, kolline, submontane, montane Höhenform) angehören (SCHMIDT et al. 2002). Der (Hoch)Kolline Eichen-Buchenwald bildet die PNV auf großen Flächenanteilen v.a. in der Umgebung von Tharandt und Freital sowie östlich von Dippoldiswalde. Daran schließt sich im mittleren Teil des Untersuchungsgebietes bis etwa zu einer gedachten Linie Talsperre Lehmühle - Schmiedeberg der Submontane Eichen-Buchenwald an. Staunasse oder wechselfeuchte Standorte in diesem Bereich sind durch Zittergrasseggen-Eichen- und -Waldmeister-Buchenwälder gekennzeichnet. Abweichend von ihrer Umgebung besteht die PNV der Sandsteinheiden in dieser Lage aus einem kleinräumigen Wechsel von v.a. Typischem Kiefern-Eichenwald, Pfeifengras-(Kiefern-)Birken-Stieleichenwald und Heidelbeer-Eichen-Buchenwald (SCHMIDT et al. 2002).

Die mittleren Berglagen im Süden des EZG tragen einen Hainsimsen-(Tannen-Fichten-)Buchenwald (Luzulo-Fagetum, montane Höhenform), der in den oberen Lagen in einen Typischen Fichten-Buchenwald übergeht. Lediglich lokal würden hier auch hochmontane Fichtenwaldgesellschaften und Moorwälder auftreten (SCHMIDT et al. 2002).

Die Täler von Wilder und Roter Weißeritz sowie ihrer Zuflüsse wären potenziell überwiegend von Hainmieren-Schwarzerlen-Bachwäldern besiedelt (SCHMIDT et al. 2002)

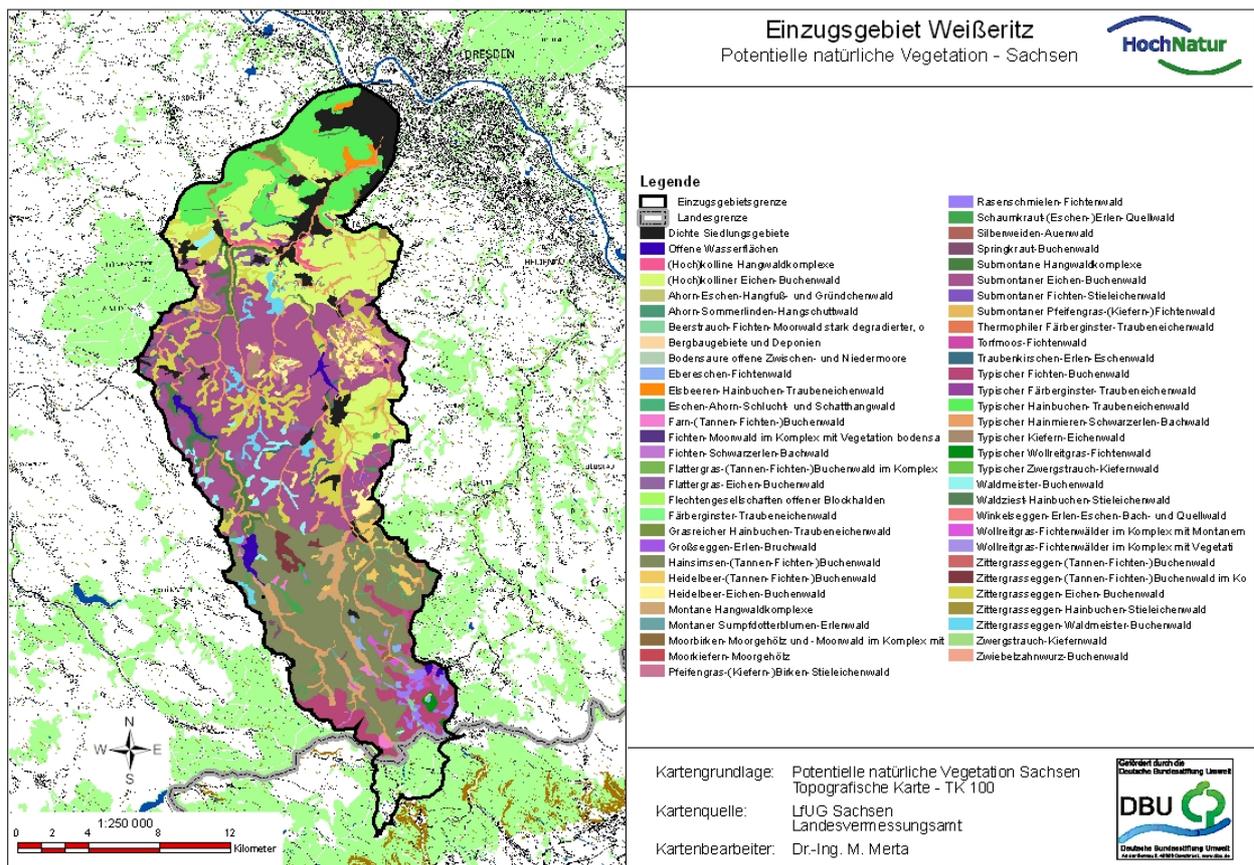


Abb. 5: Die potenzielle natürliche Vegetation des EZG Weißeritz. Für den im Süden liegenden tschechischen Teil des EZG liegen keine Informationen vor (Kartengrundlage: SCHMIDT et al. 2002).

3 Methoden

3.1 Verwendete Datengrundlagen

In HochNatur bildeten verschiedene digitale Daten, wie beispielsweise zu Geologie und Böden sowie zur potenziellen natürlichen Vegetation, die Basis für die landschaftsökologischen und hydrologischen Analysen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Von HochNatur verwendete, grundlegende digitale Daten und die Datenquellen (für spezielle Analysen eingesetzte Daten werden im Text gesondert unter Angabe der Datenquelle genannt)

Daten	Datenquelle
Rasterdaten der topografischen Karten TK 10, TK 25, TK 100	Landesvermessungsamt Sachsen (Genehmigungsnr. 4320/2006)
Digitale Orthophotos (ATKIS-DOP)	Landesvermessungsamt (Genehmigungsnr. 4320/2006)
Digitales Landschaftsmodell (ATKIS-Basis-DLM)	Landesvermessungsamt Sachsen (Genehmigungsnr. 4320/2006)
Digitales Geländemodell (ATKIS-DGM25)	Landesvermessungsamt Sachsen (Genehmigungsnr. 4320/2006)
Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (Stand 1992/93)	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)
Geologische Karte (GÜK400, GK10)	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)
Bodenkonzeptkarte (BKkonz) 1:200 000	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)
Bodenübersichtskarte 1:200 000 (BÜK 200)	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)
Potenzielle natürliche Vegetation Sachsen	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG)
Waldmehrungsflächen / Erstaufforstungsflächen (Forstämter Bärenfels, Altenberg, Tharandt)	Landesforstpräsidium Sachsen (jetzt Staatsbetrieb Sachsenforst)
Forstamtliche Standortkartierung (Forstämter Bärenfels, Altenberg, Tharandt)	Landesforstpräsidium Sachsen (jetzt Staatsbetrieb Sachsenforst)
Waldbiotopkartierung (Forstämter Bärenfels, Altenberg, Tharandt)	Landesforstpräsidium Sachsen (jetzt Staatsbetrieb Sachsenforst)
Waldfunktionenkartierung (Forstämter Bärenfels, Altenberg, Tharandt)	Landesforstpräsidium Sachsen (jetzt Staatsbetrieb Sachsenforst)
Pegeldaten und Klimadaten	Eigene Messungen des IHI, EZG Rotherdbach

3.2 Landschaftsökologische und naturschutzfachliche Analysen

Die wichtigsten Ziele der landschaftsökologischen und naturschutzfachlichen Analysen waren:

- Dokumentation des Ist-Zustandes auf Ebene des EZG der Weißeritz und der TEZG Weißbach und Höckenbach (Kap. 4.1 und 4.2),
- Erstellen von Artenlisten ausgewählter Biotoptypen als Grundlage zur Ableitung von Vegetationsparametern für das WBS FLAB (vgl. Kap. 3.4.4),
- naturschutzfachliche Bewertung des Ist-Zustandes anhand ausgewählter Kriterien,
- Ableitung und Bewertung von Landnutzungsszenarien (Kap. 5),
- Entwicklung von Maßnahmevorschlägen und Handlungsempfehlungen (Kap. 6).

3.2.1 Biotoptypenkartierung

Für die beiden Modellgebiete Weißbach und Höckenbach wurden jeweils detaillierte und flächendeckende Biotoptypenkartierungen durchgeführt (BIANCHIN in Vorb., FOLTYN 2007). In den erarbeiteten Kartierschlüssel wurden der Biotopschlüssel für Sachsen (LfUG 1998, auch LfUG 2004b) und der Schlüssel für die Waldbiotopkartierung in Sachsen (LAF 1996) integriert. Diese wurden verfeinert, um den Besonderheiten der kleinen Bearbeitungsgebiete Rechnung

zu tragen (BIANCHIN in Vorb). Besonderer Wert wurde dabei auf die Charakterisierung von Kleinstrukturen wie Hecken, Steinrücken, Gehölzsäume (zum Beispiel bachbegleitende Baumreihen) und der im Zuge des Hochwassers vom Sommer 2002 neu entstandenen Schotterflächen gelegt. Die im Gelände bestimmten Biotoptypen wurden in Kartenvorlagen im Maßstab 1:2.500 eingetragen, deren Grundlage topographische Karten und Orthophotos waren. Hierdurch wurden die Orientierung im Gelände und die Abgrenzung der Biotoptypen erheblich erleichtert. Das TEZG Weißbach wurde 2004 (BIANCHIN in Vorb.), das TEZG Höckenbach 2005 (FOLTYN 2007) kartiert.

Für die Analyse des gesamten EZG der Weißeritz wurden als Grundlage die digitalen Daten der Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung des Freistaates Sachsen (LfUG 2000) verwendet (Stand der Kartierung 1992/93).

3.2.2 Gewässerstrukturgütekartierung

Zur Analyse des Ist-Zustandes der Fließgewässer wurde eine Erhebung und Bewertung der Gewässermorphologie nach dem LAWA Vor-Ort-Verfahren der Gewässerstrukturgütekartierung für kleine und mittelgroße Fließgewässer (LAWA 2000) durchgeführt. Untersuchungsgegenstand waren ausgewählte Gewässerabschnitte in den beiden Beispielgebieten Weißbach und Höckenbach (WEIß 2004a, DZIANISAVA 2006) und die Weißeritzen (vgl. WEIß 2006, WEIß 2004b). Entsprechend der Kartieranleitung wurde eine vergleichende Bewertung der Abschnitte anhand von Einzelparametern (Indexverfahren) und so genannter funktionaler Einheiten durchgeführt. Basis für die Eichung der Indices (Indexverfahren) waren mehrere naturnahe Abschnitte an ausgesuchten Referenzgewässern, die dokumentiert und analysiert wurden (DZIANISAVA 2006, WEIß 2006). Basierend auf den Ergebnissen und einer anschließenden Defizitanalyse wurde unter Einbeziehung der Referenzgewässer am Beispiel eines ausgewählten Gewässerabschnittes des Höckenbaches ein Renaturierungskonzept entworfen (DZIANISAVA 2006).

3.2.3 Vegetationsaufnahmen

Für ausgewählte Vegetationstypen wurden in den beiden Beispielgebieten vegetationskundliche Analysen in den Vegetationsperioden 2004 (Weißbach) und 2005 (Höckenbach) durchgeführt. Es liegen Aufnahmen aus Offenlandbereichen, Wäldern und Hecken vor (JENTZSCH 2005, ILLING 2005, EBENBECK 2006). Auf den ausgewählten homogenen Flächen wurden alle Arten der höheren Pflanzen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964, aus DIERSCHKE 1994) erfasst, ihre Abundanz geschätzt, Angaben zur Vegetationsdeckung und Wuchshöhe sowie zur Exposition und Neigung der Fläche aufgenommen. Die Nomenklatur der Arten richtet sich nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998). Die Benennung der anschließend ermittelten Pflanzengesellschaften folgt weitestgehend SCHUBERT et al. (1995).

3.2.4 Ellenberg-Zeigerwerte und relative Bauwerte

Basierend auf den Vegetationsaufnahmen wurde eine indirekte Standortansprache mit Hilfe der Ellenberg-Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1992) vorgenommen. Berechnet wurden für die Aufnahmen mittlere Zeigerwerte für Bodenfeuchte (F), Bodenreaktion (R) und Stickstoffversorgung (N), wobei die Berechnung gewichtet mit dem Programm SORT (DURKA & ACKERMANN 1993) durchgeführt wurde.

Als Grundlage für die Ermittlung von Regeln zur Wurzelcharakteristik von Offenlandbiotoptypen für das WBS FLAB wurden während der Biotoptypenkartierung (Kap. 3.2.1) im TEZG Weißbach für die Einzelflächen Listen der vorkommenden dominanten bzw. kennzeichnenden Arten erstellt. Diese Aufnahmen wurden anschließend in SORT eingegeben und die Aufnahmen der

jeweiligen Biotoptypen zusammengestellt. Anschließend konnten mit SORT relative Bauwerte (oder auch: Mittlere relative Abundanzen) für die einzelnen Arten berechnet werden. Dabei werden für die Abundanzen (Deckungen) der einzelnen Arten zunächst für jede Aufnahme der Prozent-Wert bezogen auf die Gesamtabundanz aller Arten in der Aufnahme berechnet (Relativierung). Anschließend wurde für jeden Biotoptyp für jede in ihm vorkommende Art das Mittel dieser relativen Abundanzen über alle Aufnahmen gebildet und diese dann normiert, so dass die Summe aller Werte 100 % ergibt (vgl. ACKERMANN & DURKA 1989). Damit gehen in diesen Wert die Präsenz (Stetigkeit) und die Artmächtigkeit (Dominanz) der Arten innerhalb des betrachteten Biotoptyps ein (vgl. WOLF 1979).

3.2.5 Naturschutzfachliche Bewertung

3.2.5.1 Bewertung auf Ebene der Biotoptypen

Ziel des entwickelten naturschutzfachlichen Bewertungsverfahrens war primär der Vergleich verschiedener Landnutzungsszenarien zwischen den zwei Modellgebieten und des Gesamteinzugsgebietes der Weißeritz. Datengrundlage für die Erkenntnisgebiete waren die flächendeckenden Biotoptypenkartierungen (s. Kap. 3.2.1, Abb. 6). Mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS; ArcView und ArcGis) wurden digitale Biotoptypenkarten erstellt und verschiedene Auswertungen zur Bewertung vorgenommen.

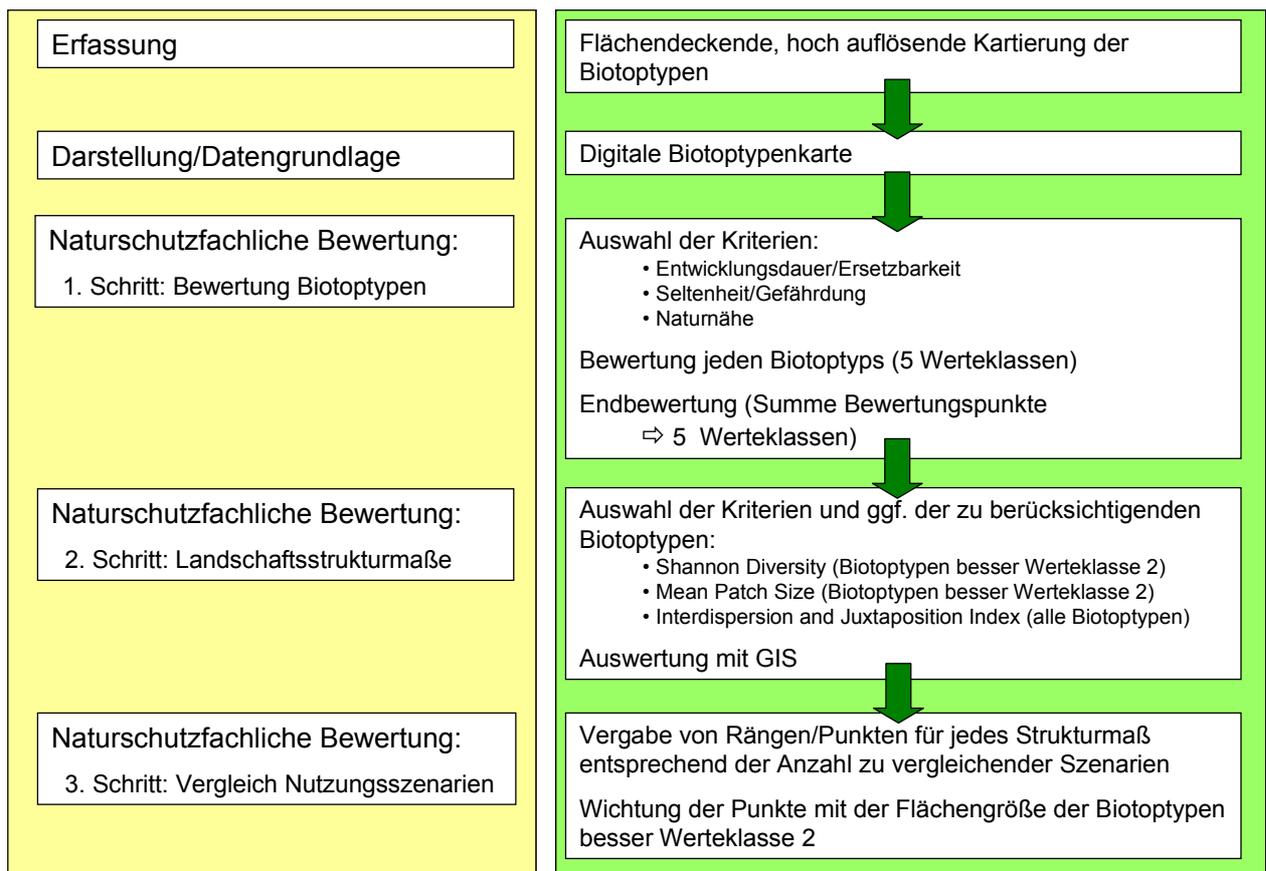


Abb. 6: Arbeitsschritte der naturschutzfachlichen Bewertung.

In einem ersten Schritt wurden für die Bewertung der Biotoptypen in Anlehnung an BASTIAN & SCHREIBER (1999) die Kriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe ausgewählt (s. auch KNOSPE 2001, BRÖRING & WIEGLEB 1999, LFUG 1999b, LFU

1997, USHER & ERZ 1994). Für alle Kriterien erfolgte die Bewertung in einer fünfstufigen Werteskala (Tabelle A2.1). Aus der Summe der erreichten Bewertungspunkte ergab sich die Zuordnung der jeweiligen Biotoptypen bzw. Einzelbiotope in die Werteklassen der Endbewertung (Tabelle 6).

Tabelle 6: Definition der Werteklassen für die Endbewertung.

Die Summe der Punkte ergibt sich aus der Addition der Bewertungspunkte der 3 Bewertungskriterien (Tabelle A2.1).

Σ Punkte	Werteklasse	Definition und Handlungsbedarf
3-4	1	Sehr geringe naturschutzfachliche Bedeutung: aufwerten, umwandeln, neu gestalten, möglichst Verbesserung der ökologischen Situation herbeiführen, Verringerung der Nutzungsintensität anstreben
5-7	2	Geringe naturschutzfachliche Bedeutung: erhalten, aufwerten, Umwandlung in naturnähere Ökosysteme weniger intensiver Nutzung
8-10	3	Mittlere naturschutzfachliche Bedeutung: erhalten, angestrebte Entwicklung zu höherwertigen Biotoptypen, wenigstens aber Bestandssicherung garantieren und kein Abgleiten in geringer wertige Kategorie zulassen
11-13	4	Hohe naturschutzfachliche Bedeutung: unbedingt erhalten, nur bedingt ersetzbar, wertvolle Biotope, gegebenenfalls verbessern
14-15	5	Sehr hohe naturschutzfachliche Bedeutung: kaum oder gar nicht ersetzbar, unbedingten Schutz gewährleisten, unbedingt erhalten

3.2.5.2 Bewertung auf Ebene der Landschaft: Ist-Zustand und Szenarien

(a) Vorgehen und verwendete Indices auf Landschaftsebene

Die Bewertung der einzelnen Biotoptypen lässt keine Rückschlüsse auf deren räumliche Verteilung und Anordnung und damit auf die Strukturvielfalt der Landschaft zu (z.B. FARINA 2000). Ein Ziel bei der Erarbeitung der Landnutzungsszenarien war jedoch die Verbesserung der Landschaftsstruktur aus Sicht des Naturschutzes, um Aspekte wie Biotopvielfalt, Biotopverbund, Mindestgröße der Flächen und, in sehr beschränktem Maße, Korridorfunktionen mit berücksichtigen zu können (Kap. 5.3.1).

Aus diesem Grund wurden für die Bewertung auf Landschaftsebene verschiedene Landschaftsstrukturmaße hinzugezogen, also Landschaftsparameter und –indices, die z.B. Auskunft über die Strukturvielfalt und Biotopdiversität auf Landschaftsebene geben (z.B. FARINA 2000, TURNER et al. 2001). Für diese landschaftsbezogene Bewertung wurden folgende drei Indices ausgewählt: (1) Der Diversitätsindex nach Shannon/Weaver H_s (Shannon diversity, s. Kasten 1), (b) die mittlere Patchgröße MPS (Mean patch size, s. Kasten 2) sowie (c) der Interdispersion- und Juxtaposition Index IJI (s. FARINA 2000, HORSTKÖTTER 2003, Kasten 3). Für die Bewertung der ersten beiden Indices wurden nur Biotoptypen besser Werteklasse 2 (s. Tabelle 6) einbezogen, weil aus Naturschutzsicht besonders die Diversität und Größe der Biotoptypen mit mittlerer bis sehr hoher Bedeutung von Interesse ist. Die Diversität von Biotoptypen geringer Bedeutung, wie beispielsweise Siedlungsflächen, war für die vorliegende Zielstellung nicht von Relevanz. Ihre Integration würde die naturschutzfachliche Interpretation der Ergebnisse sogar evtl. stark erschweren, da beispielsweise bei zerstreuten Siedlungsflächen die Shannon Diversität hoch gehen würde, obwohl eine entsprechende Landschaft aus Naturschutzsicht negativ zu beurteilen ist.

Die Bewertung wurde so konzipiert, dass ein Vergleich der verschiedenen Landnutzungsszenarien untereinander und mit dem Ist-Zustand möglich ist. Dazu wurden die Szenarien zunächst bezüglich jedes Indexes in eine Rangfolge gebracht und anschließend den Szenarien Punkte entsprechend dem jeweiligen Rang gegeben: Das Szenario mit dem höchsten Indexwert bekam dabei den höchsten Rang (1) bzw. die höchste Punktzahl (entsprechend der Anzahl an verglichenen Szenarien), das Szenario mit dem niedrigsten Indexwert erhielt den niedrigsten Rang bzw. nur 1 Punkt.

Die Berechnung von H_s und MPS erfolgte mit der ArcGis-Erweiterung *vLATE* (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension for ArcGIS - 1.0 SPIN project (Spatial Indicators for European Nature Conservation, 2001-2004)). Die Berechnung des IJI erfolgte mit dem Programm FRAGSTATS (MCGARIGAL & HOLMES 2000) und basierte auf einer Rasteranalyse. Die Rasterweite betrug in den beiden TEZG Weißbach und Höckenbach jeweils 1m x 1m. Im EZG der Weißeritz wurde mit einer Rasterweite von 5m x 5m gerechnet.

In Kasten 1 bis 3 werden die für die Bewertung der Szenarien verwendeten Landschaftsindices näher erläutert.

Kasten 1: Erläuterungen zum Shannon-Weaver-Diversitätsindex

Shannon-Weaver-Diversitätsindex H_s

Der Shannon-Weaver-Index (H_s) ist ein in der Biozöologie häufig verwendetes Maß für die Artendiversität einer Lebensgemeinschaft (z.B. MAGURRAN 2004). Auf Landschaftsebene beschreibt der Index die Vielfältigkeit einer Landschaft bezogen auf die einzelnen Biotoptypen und ihrer Flächenanteile.

Die Shannon-Diversität wurde nach folgender Formel berechnet (z.B. MÜHLENBERG 1993, MCGARIGAL & MARKS 1995, FARINA 2000):

$$H_s = -\sum (P_i * \ln P_i) \quad P_i = a_i / A$$

H_s = Shannon-Weaver-Diversität bezogen auf den Flächenanteil der Biotoptypen

S = Gesamtzahl Biotoptypen

P_i = der relative Flächenanteil des i-ten Biotoptyps an der Gesamtfläche (= Summe der Flächen aller Biotoptypen)

A = Gesamtfläche

a_i = Flächengröße des Biotoptyps i

H_s nimmt den Wert 0 an, wenn lediglich 1 Biotoptyp ($S=1$) in einer Landschaft vorkommt. H_s steigt mit zunehmender Anzahl an Biotoptypen bzw. mit der Homogenität der Flächengrößen der Biotoptypen. Der Index reagiert relativ sensibel gegenüber seltenen Ereignissen (hier Biotoptypen, die relativ kleinflächig vertreten sind, z.B. FARINA 2000).

In die Berechnung flossen nur Biotoptypen mit einer Werteklasse besser 2 (vgl. Tabelle 6), d.h. mit mittlerer bis sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung ein; geringwertigere Flächen wie Siedlungen oder Äcker wurden für die Bewertung der Landschaftsdiversität nicht berücksichtigt. Im vorliegenden Bewertungsverfahren erhielt das Szenario mit dem größten H_s -Wert den höchsten Rang bzw. die höchste Punktzahl.

(b) Endbewertung zu Szenarienvergleich

In einem letzten Bewertungsschritt wurden die ermittelten Punkte der 3 Strukturindices für jedes Szenario aufsummiert. Anschließend wurden diese Punkte mit dem Flächenanteil der Biotoptypen mit einer Werteklasse besser 2 durch Multiplikation gewichtet. Ziel dieses Arbeitsschrittes war, den Flächenanteil der Biotoptypen mit mittlerer bis sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung besonders in den Vergleich der Szenarien untereinander einfließen zu lassen, da dieser bisher in die Gesamtbewertung der Indices nicht berücksichtigt ist.

Kasten 2: Erläuterung zum Index Mittlere Patchgröße MPS

Mittlere Patchgröße MPS (mean patch size)

Berechnet wurde die mittlere Flächengröße der einzelnen Patches (hier: Einzelflächen und –biotope, die im GIS als einzelne Polygone vorliegen). Je kleiner die mittlere Patchgröße (mean patch size) ist, desto kleinräumiger ist die Landschaft in sich gegliedert und es gibt viele verschiedene kleine Polygone, in diesem Falle Biotoptypen unterschiedlicher Nutzung, welche aneinander grenzen. Im Falle einer großen mittleren Flächengröße herrschen wenige große Polygone vor.

Auch bei diesem Index wurden nur die Biotoptypen mit einer Werteklasse besser 2, d.h. mit einer mittleren bis sehr hohen naturschutzfachlichen Bedeutung einbezogen. Da aus Sicht des Naturschutzes eine vergleichsweise kleinstrukturierte Landschaft das Ziel war, bekam das Szenario mit der niedrigsten mittleren Flächengröße den höchsten Rang (hohe Punktzahl), das Szenario mit dem höchsten MPS-Wert den schlechtesten.

Einschränkend ist zu sagen, dass nicht grundsätzlich und in allen Fällen eine möglichst kleine mittlere Patchgröße anzustreben ist. So wird bei dem beschriebenen Vorgehen die Möglichkeit einer minimalen Flächengröße für das Überleben bestimmter Arten (z.B. AMLER et al. 1999) oder die Tatsache, dass bestimmte (gefährdete) (Tier)Arten wie Wiesenbrüter auf große Flächen angewiesen sind, nicht berücksichtigt. Da zumindest in den aufgestellten Szenarien keine sehr kleinen Flächen vorgesehen wurden und auch bei der Kartierung sehr kleine Flächen nur im Falle besonders wertvoller (gefährdeter) Biotoptypen erfasst wurden, ist die Wahrscheinlichkeit einer zu positiven Bewertung eines Szenarios aufgrund dieses Effekts relativ gering.

Kasten 3: Erläuterungen zum Interdispersion- und Juxtaposition-Index (IJI)

Interdispersion- und Juxtaposition-Index (IJI)

Der Interdispersion- und Juxtaposition-Index IJI beschreibt die Verteilung der Einzelflächen (patches) der Biotoptypen bzw. die Anordnung der Einzelflächen innerhalb einer Landschaft zueinander. Er wurde eingesetzt um, mit anderen Worten ausgedrückt, die „Heterogenität des Biotopmosaiks“ der ausgewählten Einzugsgebiete zu analysieren. Der IJI wurde nach folgender Formel berechnet (aus MCGARIGAL & MARKS 1995):

$$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^{m'} \left[\left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m' - 1)} \quad (100)$$

m' = Anzahl Biotoptypen

e_{ik} = Gesamtlänge (m) der Grenzen zwischen den Biotoptypen i und k;
einschließlich der echten Grenzen zwischen gleichen Biotoptypen

$i = 1, \dots, m'$ Biotoptypen

$k = 1, \dots, m'$ Biotoptypen

Der IJI setzt die beobachtete räumliche Heterogenität der Biotoptypen in Beziehung zur maximal möglichen „Heterogenität des Biotopmosaiks“ bei einer gegebenen Menge von Biotoptypen und Einzelflächen. Die möglichen Werte des IJI liegen zwischen 0 und 100. Der IJI ist maximal, wenn alle Biotoptypen innerhalb einer Landschaft gleichermaßen mit allen anderen vorkommenden Biotoptypen benachbart liegen (maximal gleichmäßige Verteilung (interdispersion)) und maximal möglicher Grenzkontakt (juxtaposition) aller Biotoptypen untereinander vorhanden ist.

Da für die Berechnung die Grenzkontakte der Biotope innerhalb einer Landschaft verwendet werden, ist eine Beschränkung auf Biotoptypen einer bestimmten Wertigkeit wie bei den beiden anderen eingesetzten Flächenstrukturindices nicht möglich und auch nicht sinnvoll. In die Bewertung anhand des IJI gingen somit alle Biotoptypen unabhängig von ihrer naturschutzfachlichen Bewertung ein.

3.3 Experimentelle hydrologische Analysen

3.3.1 Pegelmessungen

Zur Beschreibung der Abflussverhältnisse wurde im Einzugsgebiet des Weißbaches ein umfangreiches Messprogramm in den Jahren 2004 und 2005 durchgeführt (Abb. 7). Im Mündungsbereich zur Wilden Weißeritz sowie nach dem Zusammenfluss der Bäche aus dem Richtergrund und dem Köhlergrund erfolgten kontinuierliche Wasserstandsmessungen mit Drucksensoren, die in 15 minütigem Intervall auf einem Datenlogger gespeichert wurden. Diese Drucksonden wurden im Frühjahr 2004 installiert. Neben diesen Aufzeichnungen des Wasserstandes wurden im Einzugsgebiet des Weißbaches diskrete Messungen des Durchflusses sowohl mit Hilfe von Flügel-Messungen (Firma Ott bzw. Seba) als auch Verdünnungsmessungen mittels Salz als Tracer durchgeführt (SCHWENDEL 2004).

3.3.2 Messung Quellschüttungen und Gewässerchemie

Zur weiteren Einschätzung des hydrologischen Regimes des Weißbachs wurden im Sommer 2004 Messungen an ausgewählten Quellen des TEZG Weißbach durchgeführt (STANASZEK 2005; Abb. 7). Die Bestimmung der Wassermengen erfolgte zu mehreren Zeitpunkten während der sommerlichen Rückgangsphase mit Schüttungsmessungen. Weiterhin wurden sowohl die Quantität als auch die Qualitätsparameter pH, Leitfähigkeit, Wassertemperatur aufgenommen. Die aus den Quellen entnommenen Wasserproben wurden mit Hilfe eines Ionenchromatographen (ICP-MS für Anionen und ICP-OES für Kationen) auf chemische Inhaltstoffe, wie Si, Ca, K, Mg, NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} analysiert. Die gewonnenen Daten liefern Informationen zu den Herkunftsräumen der Quellwässer sowie zu den möglichen Abflusskomponenten.

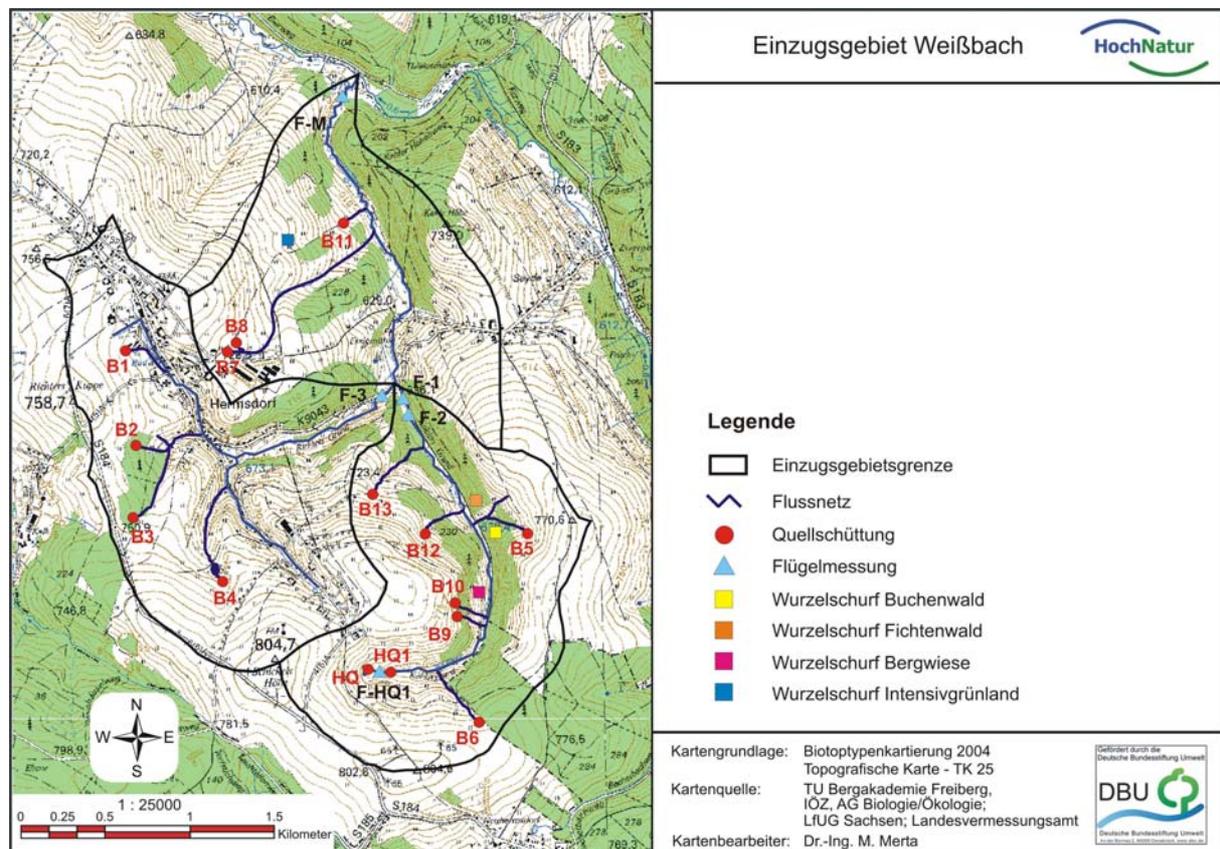


Abb. 7: Lage der beprobten Quellen, der Standorte für die Flügelmessungen und der angelegten Wurzelschürfe im Einzugsgebiet des Weißbachs

3.4 Modellierungen

3.4.1 Erstellung eines hochauflösenden Geländemodelles

Das zur Verfügung stehende digitale Geländemodell mit Kantenlänge der Raster von 20 m ist nicht ausreichend, um kleinere Biotoptypen wie beispielsweise Hecken bei den hydrologischen Modellierungen berücksichtigen zu können. Aus diesem Grund wurde für das Erkenntnisgebiet Weißbach mit Hilfe von Methoden der Fernerkundung beispielhaft ein hochauflösendes Geländemodell erstellt (AG Fernerkundung TU Freiberg, s. auch HÖHLIG 2005).

Für die Ableitung von Höheninformationen wurden die Beziehungen zwischen dem kamerafesten Aufnahmesystem und den Pixeln der dazu gehörigen Luftbildaufnahme (Grundlage Luftbild 1:16.000, LVA Genehmigung 465/04) sowie den entsprechenden Objektpunkten auf der Erdoberfläche mit Hilfe von mathematischen Modellen berechnet (hier Bündelblockausgleichung, näheres in KRAUS 1997). Dazu wurde zunächst ein Bildkoordinatensystem mit Hilfe der sogenannten *inneren Orientierung* definiert. Die sogenannte *äußere Orientierung* wurde indirekt mit Hilfe sogenannter Passpunkte berechnet und beschreibt somit die Lage und Ausrichtung des räumlichen Bildkoordinatensystems im übergeordneten Objektkoordinatensystem des Geländes. Die Passpunkte wurden vom Landesvermessungsamt gestellt bzw. selbst per GPS (GARMIN eTrax Vista GPS und Trimble GPS Pathfinder XR) eingemessen.

Da mehrere Bilder verwendet wurden, war der Einsatz zusätzlicher sogenannter Verknüpfungspunkte erforderlich. Als korrespondierende (homologe) Punkte kennzeichnen sie Positionen bzw. Objekte, die in zwei (oder mehr) Bildern eindeutig identifiziert werden können, und dienen der geometrischen Verknüpfung der einzelnen Luftbilder.

Als Datengrundlage für das Weißbacheinzugsgebiet dienten 9 schwarz-weiße Luftbildaufnahmen im Maßstab 1:16.000, was einer Bodenauflösung von ca. 40 cm entspricht. Die Analysen erfolgten mit dem in der Software PCI Geomatica 9.1.6 integrierten Algorithmus.

3.4.2 Das Niederschlags-Abflussmodell WaSiM-ETH

Zur Beschreibung der Abflussprozesse wurde das konzeptionell-deterministische, flächendifferenzierte hydrologische Modell WaSiM-ETH (SCHULLA & JASPER 1998) für große sowie natürliche Fließgewässer angewendet. Bei urbaner Überprägung der Fließgewässer wurde die Anwendung des Programmes SWMM (ROSSMANN 2005) vorangestellt.

Das Programm WaSiM-ETH stellt eine ausgewogene Symbiose aus physikalisch begründeten und konzeptionellen hydrologischen Ansätzen dar, da es auch die Modellierung in verschiedenen Zeitebenen im mesoskalischen Bereich gestattet. Von den gegenwärtig existierenden Niederschlags-Abfluss-Modellen besitzt das Programm sehr gute Voraussetzungen, um die Auswirkungen von Landnutzungen auf den Hochwasserabfluss nachvollziehen zu können (z.B. NIEHOF 2001, SCHULLA 1997a). Das zu modellierende reale System wird durch geometrische und stoffliche Systemparameter beschrieben und steht mit der Umgebung über die Ein- und Ausgangsgrößen und die Randbedingungen in Wechselwirkung. Das Modellgebiet im WaSiM-ETH schließt vertikal die Vegetationsdecke, den verdunstungsrelevanten Boden sowie eine nicht eindeutig abgrenzbare Schicht des tieferen Bodens bzw. des geologischen Unterbaus ein. Die obere Grenze des Systems bilden entweder Schnee oder in der schneefreien Zeit die Vegetationsschicht bzw. der Boden, die Bebauung und das anstehende Gestein. Die Einzugsgebietsgrenzen fixieren das System in horizontaler Richtung. In natürlichen Systemen sind diese Grenzen nicht absolut, sie sind weder für Stoff- noch Energieflüsse undurchlässig. Innerhalb des Modells werden sie ausgeglichen oder wegen ihrer sehr geringen Größenordnung

vernachlässigt (PÖHLER 2006). WaSiM-ETH ist in der Lage, die Abflüsse von Einzugsgebieten mit Größen von 5 km² bis zu 10.000 km² zu berechnen.

Im Modell wird die räumliche Erfassung der physiographischen Gebietseigenschaften durch Diskretisierung des Einzugsgebietes in ein regelmäßiges Gitter erreicht. Für jede Gitterzelle werden die hydrologischen Prozesse Schneedeckenentwicklung, Interzeption, Verdunstung sowie vertikale Wasserbewegungen beschrieben. Weiterhin existieren im Programm Routinen zur Erfassung der Abflusskonzentration für die einzelnen Teileinzugsgebiete sowie ein Modul zur Nachbildung der hydrologischen Fließbewegung in den Gewässern.

Mit Hilfe des Modells lässt sich die Abflussbildung bzw. Abflusskonzentration durch zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren simulieren: dem konzeptionellen Topmodell-Ansatz (BEVEN & KIRKBY 1979) und einem deterministischen Ansatz entsprechend der Richards-Gleichung. Letzterer setzt voraus, dass umfangreiche bodenhydrologische Untersuchungen zur Parametermittlung vorliegen und ist deshalb vor allem für kleinere Gebiete anwendbar. Für die TEZG der Weißeritz wurde deshalb der Topmodell-Ansatz bevorzugt. Aber auch in diesen Ansatz fließen zahlreiche zeitvariable Parameter ein, die auf der Grundlage von gemessenen Abflüssen im Allgemeinen nicht validierbar sind. Damit ist die nötige Sicherheit bei der Prognostizierung von Prozessen nicht gegeben. Diese Parameter lassen sich jedoch mit Hilfe von Methoden der Künstlichen Intelligenz ermitteln. Im Projekt wird die Parameteridentifikation durch das Wissensbasierte System FLAB (ZIMMERMANN 1999) realisiert (Kap. 3.4.3). Dieser Präprozessor ist dem Programm WaSiM-ETH vorgeschaltet (Kap. 3.4.5). Bei dieser Verfahrensweise werden die Parameter durch Inferenzen aus den Ausgangsgrößen Landnutzung, Morphologie, Gewässernetz sowie Bodentypen ermittelt. Da bei dieser Verfahrensweise der Modellanwender wenig Einfluss auf die Eingangsparameter hat, sind die Modellergebnisse nicht „manipulierbar“ und demzufolge in höchstem Grade vertrauenswürdig.

Für die Modellierung mit WaSiM-ETH werden sowohl räumliche, zeitlich konstante Daten, als auch Zeitreihen von meteorologischen und hydrologischen Daten, sowie Anfangswerte für diverse Speicherfüllungen eingesetzt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Eingangsdaten für WaSiM-ETH

Datenart	Abgeleitete Eingaben in das Modell
Digitales Geländemodell	Raster, Topographischer Index, Gefälle, Exposition, Fließzeiten und Fließzeitsummen, Flusstiefen und -breiten, Geländezonierung (z.B. in Teileinzugsgebiete oder Höhenstufen)
Landnutzung	Raster, Parametertabelle
Bodenarten	Raster, Parametertabelle, Transmissivität
Bei Kopplung Hochwasserabflussberechnungen und Kopplung mit dem Programm WBS FLAB: Flächen gleicher Abflussbildung	Abflussspenden, Abflüsse
Meteorologische Daten (zwingend Niederschlag und Temperatur, zusätzlich Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer, Luftfeuchte und Dampfdruck)	Berechnung der Höhengradienten
Hydrologische Daten Abflussdaten	Umrechnung in Abflussspenden

Je nach Fragestellung der geplanten Anwendung und je nach Datenverfügbarkeit kann mit verschiedenen Teilmodellen und Algorithmen sowie mit unterschiedlicher zeitlicher und räum-

licher Auflösung modelliert werden (SCHULLA & JASPER 1998). Hierbei ist anzumerken, dass in keinem Fall auf das digitale Höhenmodell verzichtet werden kann. Als Minimalvariante für eine sinnvolle Wasserhaushaltsmodellierung kann eine Kombination aus interpolierten Niederschlags- und Temperaturdaten, sowie das Verdunstungs- und Bodenmodell genutzt werden. Für eine Ereignismodellierung von Hochwässern kann in der WaSiM-ETH-Version, die mit dem Topmodell-Ansatz rechnet, auf das Verdunstungsmodul verzichtet werden. Um eine optimale Modellierung zu gewährleisten, sollten alle Teilmodelle in einer dem Modellgebiet entsprechenden hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung genutzt werden (MITURSKI 2006).

Ein Vorteil des Programms WaSiM-ETH ist, dass die Identifikation von hydrologisch relevanten topographischen Parametern mit Hilfe des Moduls TANALYS möglich ist. Hierzu gehören besonders die Verteilung der Gefälleverhältnisse im Einzugsgebiet, die Exposition und die Geländewölbung in Richtung des Geländegradienten bzw. der Tangenten. Wesentlich zur Ermittlung der Abflusskonzentration des Oberflächenabflusses ist die Nachbildung von Fließlinien sowie der Abflussakkumulation.

Ungeeignet ist das Programm WaSiM-ETH für kleine und urban geprägte Einzugsgebiete, weil hier die Hochwassercharakteristik neben der Abflussbildung von der Dynamik der Abflusskonzentration bzw. der Struktur des Gewässers beeinflusst wird. Je kleiner das Einzugsgebiet, desto größer ist die Bedeutung der Gewässerstrukturgüte sowie der Gewässerausbau für die Rückhaltung von Hochwässern. Diese den Hochwasserabfluss bestimmenden Kriterien in kleinen Einzugsgebieten können instationär sehr gut mit dem Programm SWMM (ROSSMANN 2005) berücksichtigt werden, welches im vorliegenden Projekt für das Einzugsgebiet des Höckenbaches angewendet wurde.

Mit Hilfe des Programms ist es möglich, den Abfluss von versiegelten und unversiegelten Flächen, sowie die Grundwasserverhältnisse und die Schneeschmelze zu berücksichtigen. Weiterhin gestattet es neben der hydraulischen Erfassung des Abflusses von urbanen Gebieten die gegliederte Erfassung von natürlichen Durchflussprofilen sowie die Erfassung der Fließgewässerstruktur. Ebenso kann die hydraulische Wirkung von Durchlässen und Speicherbecken auf den Abflussvorgang berücksichtigt werden. Im Gewässersystem kann die Fließbewegung als kinematische Welle ohne Berücksichtigung von lokalen und temporären Beschleunigungen des abfließenden Wassers aber auch als dynamische Welle durch Lösung der vollständigen Saint Venant-Gleichungen beschrieben werden. Die Berücksichtigung von unter- und überkritischen Fließbewegungen ist möglich. Probleme bereitet die Ermittlung der Abflüsse auf den Landoberflächen. Da in natürlichen Einzugsgebieten der Abfluss nicht gleichmäßig verteilt über die gesamte Oberfläche erfolgt, sondern bestimmte Abflusspfade bevorzugt werden, besitzt das Programm hier entscheidende Nachteile, da eine topographische Analyse vorgesehen ist. Deshalb musste vor den Berechnungen die Bestimmung von topographischen Parametern und Fließpfaden mit Hilfe des geographischen Informationssystems GRASS (NETELER & MITASOVA 2004) durchgeführt werden. Weitere Modellunsicherheiten bestanden durch Erfassung der Abflussbildung entsprechend des SCS-Verfahrens (DVWK 1984) bzw. der Infiltrationsbeziehung von GREEN & AMPT (1911). Durch das SCS-Verfahren wird die Abflussbildung nicht als komplexer dynamischer Prozess betrachtet und außerdem werden nur wenige bodenspezifische Parameter berücksichtigt. Durch die Infiltrationsbeziehung von GREEN & AMPT (1911) ist die Identifikation der Abflussbildung punktuell möglich. Die flächenhafte Verallgemeinerung kann jedoch mit Skalenfehlern behaftet sein. Um dieses Defizit auszugleichen, erfolgte die qualitative Bestimmung der Abflussbildung wie bei der Anwendung des Programms WaSiM-ETH durch Kopplung mit dem WBS FLAB (vgl. Kap. 3.4.5).

3.4.3 Das Wissensbasierte System Flächen gleicher Abflussbildung (WBS FLAB)

Zur Regionalisierung der Abflussbildungsprozesse wurde ein Wissensbasiertes System Flächen gleicher Abflussbildung (WBS FLAB) entwickelt (MERTA et al. 2003, PESCHKE et al. 1999). Ausgehend von allgemein verfügbaren Gebietsinformationen (Landnutzung und Vegetation, Boden oder Geologie, Gewässernetz und DGM) untergliedert das WBS FLAB ein Einzugsgebiet in Flächen, in denen ein bestimmter Prozess der Abflussbildung dominiert (Abb. 8). Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen dabei die für die Hochwasserentstehung maßgebenden schnellen Abflusskomponenten (Tabelle 8). Ein wesentlicher Bestandteil des WBS FLAB sind das Regelwerk und die Fakten. Das Regelwerk ist unabhängig von der geografischen Region und den klimatischen Bedingungen einsetzbar. Für die Ableitung des Regelwerks wurde „Expertenwissen“ genutzt, das auf einer Verallgemeinerung des gemessenen und beobachteten Prozessgeschehens in Einzugsgebieten unterschiedlicher Physiografie, geografischer Lage und klimatischen Bedingungen beruht. Der Faktenteil ist eine Art Datenbank, die detaillierte Informationen und Parameterlisten zu den Karteninhalten enthält, z.B. physikalische Bodenparameter, Bodenhorizonte, Durchwurzelungstiefe, Wurzelart.

Die Eingangsdaten für das WBS FLAB unterliegen einer definierten Klassifizierung anhand eines Übersetzungsschlüssels in Form eines Wörterbuchs. Dies ermöglicht eine breite Anwendung des Systems in unterschiedlichen geografischen Regionen mit einem variablen Angebot an Eingangsinformationen. Das Expertensystem wurde so gestaltet, dass jederzeit Änderungen vorgenommen werden können.

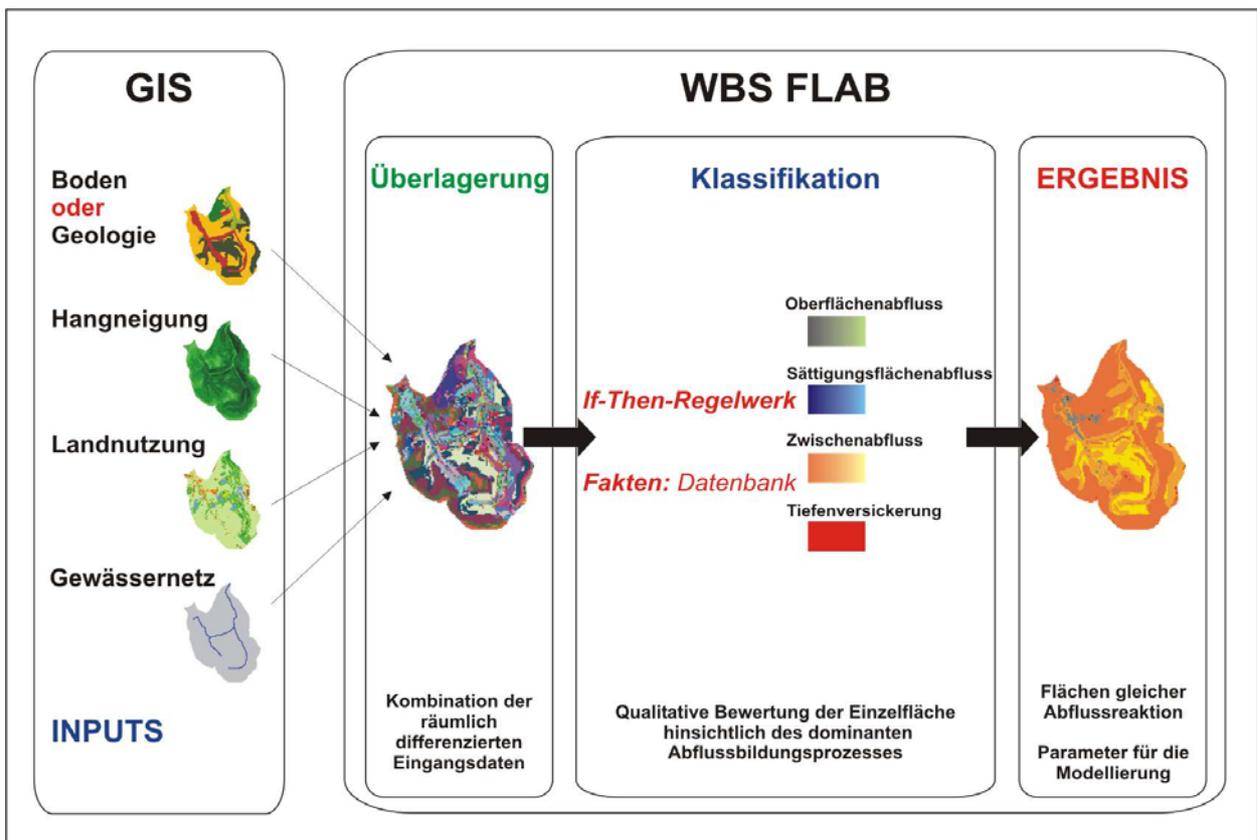


Abb. 8: Raumgliederungstool WBS FLAB

Da es sich beim WBS FLAB um ein GIS-gestütztes Bewertungssystem handelt, werden flächenverteilte Gebietsinformationen benötigt, die in Form von georeferenzierten Rasterkarten bereitzustellen sind. Nach der notwendigen Standardisierung der Inputs erfolgen die Überlage-

rung der Karten und die Kombination der Karteninhalte, was zur Entstehung von Raumeinheiten gleicher Disposition führt. Diese werden anschließend anhand von Regeln und Fakten bezüglich ihrer Prozesseigenschaften (Abflussbildung) bewertet (Abb. 8). Die auf diese Weise entstehende räumlich differenzierte Struktur weist Einheiten aus, auf denen potenziell unter gegebenen Bedingungen ein bestimmter Abflussbildungsprozess dominiert.

Tabelle 8: Abflusskomponenten im WBS FLAB

Abflusskomponenten		Komponentenspezifikation	
1	Oberflächenabfluss	1	von versiegelten Flächen
		2	von teilversiegelten Flächen
		3	von Felsflächen
		4	von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen
		5	von hydrophob reagierenden Flächen
2	Sättigungsflächenabfluss (inkl. return flow)	1	offene Wasserflächen
		2	Sättigungsflächenabfluss auf permanent gesättigten Flächen
		3	Sättigungsflächenabfluss auf sich schnell sättigenden Flächen
3	Zwischenabfluss	1	schnell
		2	verzögert
		3	stark verzögert
4	Tiefenversickerung	1	Grundwasserneubildung/Verdunstung (Flächen mit vorwiegend vertikaler Wasserbewegung)
0	unbewertet		die vorliegenden Daten erlauben keine Bewertung

3.4.4 Integration von Vegetationsparametern in das WBS FLAB

Wurzeldichte, Wurzeltiefe und der Anteil an Grobwurzeln haben Einfluss auf die Speicher- und Leiteigenschaften des Bodens und damit auf die Entstehung der schnellen Abflusskomponenten (z.B. DOUSSAN et al. 2003). Wurzelhaare und Pilzhyphen sowie feine Wurzeln schaffen Fein- und Mittelporen, was zur Vergrößerung des Bodenspeichers beiträgt. Mittlere und grobe Wurzeln formen Makroporen oder nutzen vorhandene Gänge der Mesofauna. Dadurch ermöglichen sie eine bessere Leitung und tiefere Perkolation des Wassers (z.B. auch durch das Durchdringen von dichteren Bodenschichten). Als Grobwurzeln werden in Anlehnung an SLOBODA & LEUSCHNER (2002) Wurzeln mit einem Durchmesser größer 2 mm angesehen.

Ziel der eigenen Analysen war es, für wesentliche Vegetationstypen eine Wurzelcharakteristik zu erarbeiten, die als Grundlage für die Erstellung der Bewertungsregeln im WBS FLAB dient. Theoretische Grundlage war eine Literaturrecherche zu den Wurzelcharakteristika einzelner Pflanzenarten bzw. von Pflanzengesellschaften (u.a. KUTSCHERA & LICHTENEGGER 2002, POLOMSKI & KUHN 1998). Außerdem wurden im TEZG Weißbach mehrere Bodenprofile unter verschiedenen Vegetationstypen angelegt (s. Abb. 7) sowie vorhandene Bodenprofile im Tharandter Wald (EZG Wilde Weißeritz) genutzt, um die Durchwurzelung einzuschätzen (STANASZEK 2005).

Zunächst wurde ein Bewertungsschema (STANASZEK 2005, Zwischenbericht HochNatur 2004) entwickelt, das eine Einteilung der Wurzelbilder in unterschiedliche Kategorien (Abb. 9) gestattet und neben der Biotoptypenkartierung der AG Biologie/Ökologie (Freiberg) die Basis für die Regeln darstellt. Die Wurzeldicken wurden bezüglich der Porengrößenverteilung und aus Literaturstudien eingeschätzt.

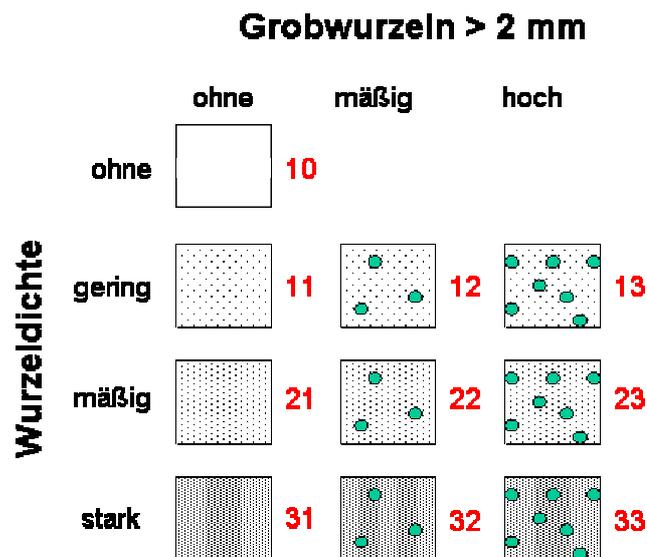


Abb. 9: Bewertungsschema zur Einschätzung der Wurzeldichte und des Grobwurzelanteils. Die roten Zahlen bezeichnen die Zahlenkombinationen, die im WBS Verwendung finden

Die Artenlisten, die von der AG Biologie/Ökologie im Rahmen der Biotoptypenkartierung für jede Einzelfläche im TEZG Weißbach erhoben wurden (vgl. Kap. 3.2.1), bildeten die Basis für das weitere Vorgehen. Für die Offenländer wurden die Artenlisten der einzelnen Biotoptypen zusammengestellt und anschließend relative Bauwerte berechnet (Kap. 3.2.4), um Aussagen zur Stetigkeit (Präsenz) und Dominanz (Deckungswert) der einzelnen Arten für den jeweils betrachteten Biotoptyp treffen zu können. Mit dieser Datengrundlage, der Auswertung verschiedener vegetationskundlicher Arbeiten (HACHMÖLLER 2000, SCHUBERT et al. 1995, HUNDT 1964) und dem Kartierschlüssel von BIANCHIN (in Vorb.) wurden für die Biotoptypen dominante und charakteristische Arten ermittelt (Tabelle A2.2). Anschließend wurden diesen Arten bzw. den Artenkombinationen Eigenschaften der Wurzelsysteme zugeordnet, soweit Informationen darüber zugänglich waren. Für die Vegetationstypen, für die keine konkreten Artenlisten vorlagen, wurde die Durchwurzelungscharakteristik aus den im Kartierschlüssel angegebenen kennzeichnenden Arten abgeleitet.

Diese Vorgehensweise wird beispielhaft am Vegetationstyp Bergwiese vorgestellt. In Tabelle 9: sind die Eigenschaften des Wurzelsystems der dominierenden Pflanzenarten einer Bergwiese dargestellt. Daraus resultieren folgende Merkmale für diesen Vegetationstyp: Wurzeldichte mit der Tiefe etwas abnehmend, in den oberen Schichten (bis ca. 60 cm) dicht mit hohem Grobwurzelanteil, in den tieferen Bereichen mäßig mit geringem Grobwurzelanteil (vgl. Abb. 9 und 10). Dieser Vegetationstyp durchwurzelt den Boden bis in Tiefen > 70 cm und weist einen Grobwurzelanteil (Makroporenbildung) auf. Dichtere Bodenschichten können erschlossen werden.

Die verbale Bezeichnung der Wurzeltiefen in KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982) entspricht etwa folgenden Werten in cm:

sehr flach	< 20 cm
flach	20 - 40 cm
mitteltief	40 - 70 cm
tief	70 - 100 cm
sehr tief	>100 cm

Tabelle 9: Wurzelcharakteristik für den Vegetationstyp Bergwiese
(nach KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1982)

Pflanzenart	Wurzelcharakteristik				zusätzliche Informationen
	Form	Dichte	max. Dicke [mm]	Tiefe	
<i>Meum athamanticum</i>	zylinderf.	mäßig	... 10	tief	Tiefe > 120 cm
<i>Geranium sylvaticum</i>	breit keilf.	mäßig	... 4	mittel	Tiefe ca. 60 cm
<i>Holcus mollis</i>	keine Angaben				
<i>Cirsium heterophyllum</i>	kegelstumpff.	mäßig	... 1,2	mittel	
<i>Agrostis capillaris</i>	kegelstumpff.	stark	... 0,3	mittel	
<i>Dactylis glomerata</i>	kegelstumpff.	stark	... 1	tief	Braunerden, Aueböden
<i>Holcus lanatus</i>	kegelstumpff.	mäßig	... 0,3	tief	Tiefe bis 155 cm dringt in dichte Schichten ein!
<i>Ranunculus acris</i>	zylinder-kegelf.	mäßig - stark	... 2,5	mittel	
<i>Aegopodium podagraria</i>	schnüren – kegelf.	mäßig	... 1,5	mittel	Pfahlwurzel 60 cm, dicker Wurzelfilz
<i>Campanula rotundifolia</i>	kegelstumpff.	mäßig - stark	... 3	mittel	Polwurzel bis 10 mm, auf Löß bis 120 cm Tiefe
Bewertung	Wurzeldichte mit der Tiefe etwas abnehmend	mäßig - stark	Grobwurzeln vorhanden	tiefe Durchwurzelung, mit teilweiser Durchdringung dichter Schichten	

Entsprechend dem Bewertungsschema (Abb. 9) wird eine mäßige bis starke Durchwurzelung mit hohem Grobwurzelanteil (Kategorie 23) identifiziert. Damit können die Einflüsse auf die Bodeneigenschaften bewertet (Tabelle 10) und Regeln für das WBS FLAB abgeleitet werden. Bildhaft wird an dieser Stelle die Ableitung der "theoretischen" Wurzelverteilung für die Bergwiese anhand der dominierenden Pflanzenarten Bärwurz (*Meum athamanticum*), Waldstorchschnabel (*Geranium sylvaticum*) und Verschiedenblättrige Kratzdistel (*Cirsium heterophyllum*) dargestellt (Abb. 10).

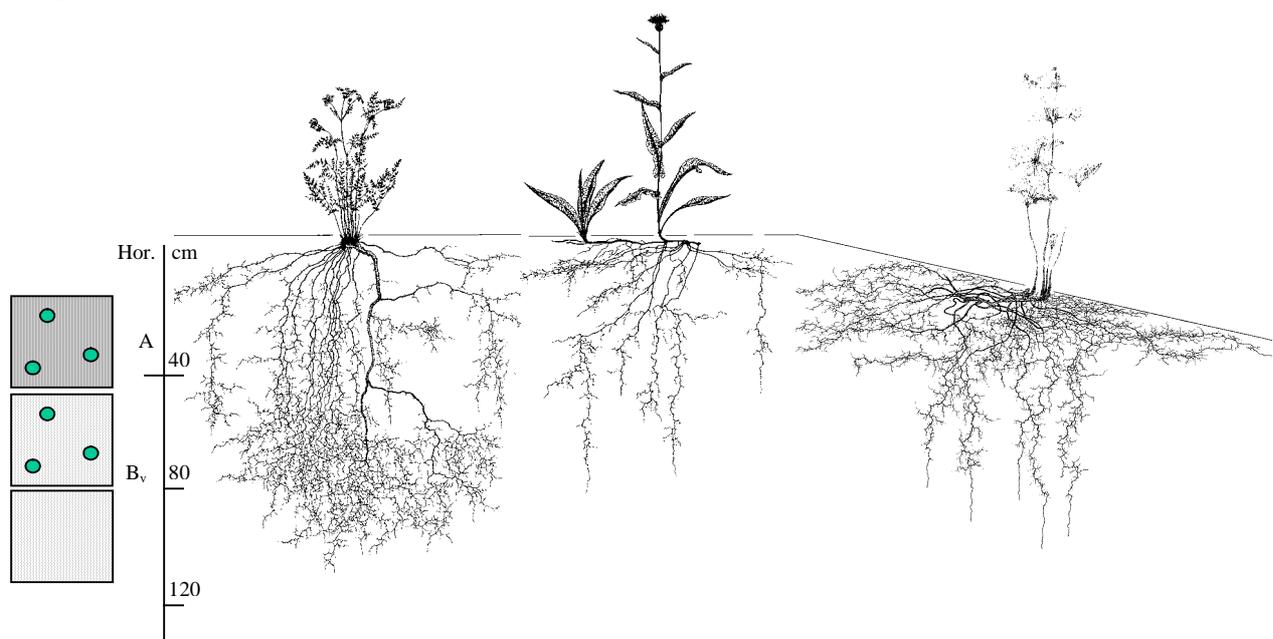


Abb. 10: Bestimmung der Durchwurzelung am Beispiel der Wurzeldichten charakteristischer Pflanzen der Bergwiese: Bärwurz, Verschiedenblättrige Kratzdistel und Wald-Storchschnabel
(Wurzelprofile aus KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1982; zur Klassifizierung des Wurzelsystems s. Abb. 9)

Die Ausprägung der unterschiedlichen Wurzelsysteme beeinflusst in Wechselwirkung mit den Bodenverhältnissen entscheidend die sich ausprägenden Abflusskomponenten (STANASZEK 2005, HEGG et al. 2004, MARKART et al. 2004, LÜSCHNER & ZÜRCHER 2003, HUNZIKER 2002, PESCHKE et al. 1999). Aus diesem Wissen wurden wenn–dann-Regeln abgeleitet, die die Wirkung auf die Abflussbildungsprozesse bewerten. Beispielhaft ist die Wirkung unterschiedlicher Durchwurzelungstypen (STANASZEK 2005) auf die Bodeneigenschaften in Tabelle 10 dargestellt. PESCHKE et al. (1999) bestimmten konkrete Zu- bzw. Abschläge zur gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit und zur Porosität eines unbewachsenen Bodens in Abhängigkeit von Durchwurzelung und Bodenart, die in den detaillierten Regeln für das WBS FLAB Anwendung fanden.

Tabelle 10: Wirkung von unterschiedlichen Durchwurzelungstypen (Kategorien nach Abb. 9) auf die Leit- und Speichereigenschaften der Böden gegenüber unbewachsenem Boden

Wurzeldichte gering ohne Grobwurzeln Kategorie 11	Wurzeldichte mäßig mit wenigen Grobwurzeln Kategorie 22	Wurzeldichte stark mit vielen Grobwurzeln Kategorie 33
<u>sandige Böden</u> →keine Modifikation <u>bindige Böden</u> →keine Modifikation	<u>sandige Böden</u> →Erhöhung Porosität →keine Änderung der Durchlässigkeit <u>bindige Böden</u> →keine Änderung der Porosität →leichte Erhöhung der Durchlässigkeit	<u>sandige Böden</u> →stärkere Erhöhung der Porosität →keine Änderung der Durchlässigkeit <u>bindige Böden</u> →keine Änderung der Porosität →Vergrößerung des Makroporenanteils →stärkere Erhöhung der Durchlässigkeit

Für die Waldtypen wurden nur die Gehölzarten zur Charakterisierung des Durchwurzelungsverhaltens herangezogen. Wesentliche Kennzeichen der Wurzelsysteme von Baumarten sind in Tabelle 11 zusammengestellt (vgl. Tabelle A2.3).

Winterlinde, Bergahorn und Hainbuche reagieren auf mechanische Widerstände empfindlich. Ähnliches Verhalten zeigt die Rotbuche, die den Boden überwiegend in den oberen Bodenschichten erschließt, deren Durchwurzelung jedoch durch eine starke feine Verzweigung extrem intensiv ist. Esche, Schwarzerle und Ulme zeichnen sich durch sehr gute vertikale Erschließung auch skelettreicher Böden aus, ebenso Lärche und Douglasie. Eiche und Schwarzerle können in das Grundwasser hineinwachsen.

Die meisten Baumarten bilden bei verdichteten und vernässten Böden tellerartige flache Wurzelsysteme aus. Fichte hat in vernässten Böden ein extrem flaches horizontal ausgeprägtes Wurzelsystem. Tanne und Kiefer sowie Esche, Ulme, Eiche, Pappel und Schwarzerle können dichte sauerstoffarme oder auch vernässte Zonen durchdringen.

Tabelle 11: Charakteristika der Wurzelsysteme wesentlicher Baumarten
(Quellen: KUTSCHERA & LICHTENEGGER 2002, POLOMSKI & KUHN 1998)

Boden	Rotbuche	Eiche	Esche	Hainbuche	Winterlinde	Bergahorn	Bergulme	Pappeln	Schwarzerle	Fichte	Kiefer	Tanne	Lärche	Douglasie
Skelettreich mittelgründig (Rendzina, Pararendzina)	beeinträchtigt	gut	gut	beeinträchtigt	beeinträchtigt	beeinträchtigt	gut	gut	gut	beeinträchtigt	gut	gut	gut	gut
Staunass (Pseudogleye, Stagnogleye)	beeinträchtigt	gut	gut	beeinträchtigt	beeinträchtigt	beeinträchtigt	gut	gut	gut	beeinträchtigt	gut	gut	beeinträchtigt	beeinträchtigt
Grundwasser- beeinflusst	beeinträchtigt	gut	beeinträchtigt	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	gut	beeinträchtigt	beeinträchtigt	beeinträchtigt	beeinträchtigt	beeinträchtigt

gutes Wurzelwachstum
 beeinträchtigt
Wurzelwachstum
 stark vermindertes ober-
flächennahes Wurzelwachstum
 keine Angaben

Diese Kenntnisse ermöglichen es, mit dem WBS FLAB auch Szenarioanalysen zu den dominierenden Abflussbildungsprozessen bei Veränderungen der Vegetation detailliert zu demonstrieren. Dabei erwies es sich als außerordentlich schwierig, die Fülle der Informationen aus den Vegetationsaufnahmen zu systematisieren und zu klassifizieren, um die wesentlichen Wechselwirkungen Boden-Vegetation zu erfassen. Nur gravierende Unterschiede zwischen den Vegetationstypen und ihres Einflusses auf die Abflussbildungsprozesse können plausibel in Regeln umgesetzt werden. Als Ergebnis entstand eine Klassifizierung (Zwischenbericht 2005 Tabelle A2) der Vegetationstypen, wie sie künftig im WBS FLAB verwendet wird. Für diese „Klassen“ von Vegetationstypen sind nun Regeln für die Durchwurzelung integriert.

Beim Übergang von der klassischen zur konservierenden Bodenbearbeitung wurde in den Regeln berücksichtigt, dass ein Makroporensystem entsteht und erhalten bleibt. Die ständige Bodenbedeckung und die Anreicherung von organischem Material im Oberboden stabilisiert die Aggregate und schützt den Boden vor Verschlammung. Beides führt zu einer Minimierung des Oberflächenabflusses von schlecht infiltrierenden Böden (z.B. LfL 2006)

3.4.5 Kopplung des Expertensystems WBS FLAB mit dem prozessorientierten Modell WaSiM

In Mittelgebirgsregionen wird der Abfluss während Hochwasserereignissen wesentlich von Sättigungs- bzw. Feuchtflächen beeinflusst (z.B. WALDENMEYER 2003, UHLENBROOK 1999, ZIMMERMANN 1999). Aus diesem Grund muss es Ziel jeder hydrologischen Modellierung in Mittelgebirgsräumen sein, die Ausdehnung dieser Flächen, sowie die Dynamik der Veränderungen innerhalb von Niederschlagsereignissen exakt zu erfassen. Durch das Programm WaSiM-ETH werden diese Flächen mit Hilfe des Topmodellansatzes (BEVEN & KIRKBY 1979), sowie entsprechend der Beziehung für die ungesättigte Bodenzone erfasst (Richards-Gleichung). Andere Programme, beispielsweise FGM (IHRINGER & KRON 1993) und SWA-T (NEITSCH et al. 2005) wenden das SCS-Verfahren an (s. Kap. 3.4.2).

All die genannten Verfahren beinhalten Probleme. Beim Topmodellansatz werden vor allem in Gewässernähe falsche Flächen als Sättigungs- bzw. Feuchtflächen ausgewiesen (ZIMMERMANN 1999). Die Parameter für die Richards-Gleichung zur Bestimmung der Bodenwasserbewegung

wurden durch Labormessungen ermittelt und für natürliche Flächen empirisch verallgemeinert (RAWLS & BRAKENSIEK 1989).

Wesentlich Erfolg versprechender, um plausible Ergebnisse bei der Bestimmung der Abflussbildung zu erhalten, ist die Herangehensweise von ZIMMERMANN (1999), weil hier dargestellt wird, dass die Abflussdynamik neben der Niederschlagscharakteristik in einem Einzugsgebiet von der Variabilität der Sättigungsflächen beeinflusst wird. ZIMMERMANN (1999) schlussfolgert für die Dynamik von Sättigungsflächen:

- durch Auffüllung von unten,
- durch schichtbezogene Sättigung, sowie
- durch Zufluss aus höher gelegenen angrenzenden Flächen.

Diese Grundsätze wurden in die Programme WaSiM-ETH und SWMM implementiert. Bisher können mit beiden Programmen die Oberflächenwasserbewegung sowie die Grundwasserhältnisse nachvollzogen werden. Mit dem Programm WaSiM-ETH besteht zusätzlich die Möglichkeit, den Zwischenabfluss zu simulieren.

Probleme bei der Modellierung mit N-A-Programmen entstehen bei der dynamischen Ausweisung von Flächen mit Oberflächen- sowie Sättigungsabfluss. Aus diesem Grund wurde an dieser Stelle im vorliegenden Projekt eine Kopplung mit dem WBS-FLAB durchgeführt. Nach jedem Modellzeitschritt erfolgt die Identifikation von Flächen mit dominantem Abfluss, wobei beim Auftreten von Zwischenabfluss (Fließgeschwindigkeit max. 3 bis 4 m/h) nicht zwingend auf eine deutliche Erhöhung des Gewässerabflusses gefolgert werden kann. In jedem Fall führt erhöhter bzw. schneller Zwischenabfluss zur Vergrößerung von Sättigungsflächen und trägt damit indirekt zur Abflussvergrößerung im Gewässer bei. Ein Interface liegt für das Betriebssystem Linux/Fedora für AMD 86_64-Rechner vor.

3.4.6 Aufbau der Niederschlags-Abfluss-Modelle

Zum Aufbau der Niederschlags-Abfluss-Modelle für den Weißbach und den Höckenbach wurden einerseits die vorhandenen topologischen und hydrogeologischen Informationen verarbeitet, sowie andererseits die Bewertungsergebnisse des Programms FLAB als Ausgangsbedingungen einbezogen. Die topografische Analyse erfolgte mit Hilfe des GIS-Systems GRASS (NETELER 2000), womit Hangneigung, Exposition, Wölbung usw., sowie die Fließpfade entsprechend mit Hilfe der digitalen Geländemodelle ermittelt wurden. Eine Präzisierung der Abflussbahnen und damit des Oberflächenabflusses ist durch entsprechende Interpolation der Werte des digitalen Geländemodells möglich, so dass die Ausdehnung der Raster in den Einzugsgebieten Weißbach und Höckenbach 5 m x 5 m betragen.

Um die Abflussverhältnisse im Fließgewässer besser nachvollziehen zu können, wurden aus den durchgeführten Gewässerstrukturkartierungen und einer begleitenden Fotodokumentation (DZIANISAVA 2006) Querprofile des Flussbettes, der Vorländer, deren Bauwerke und die hydraulischen Parameter abgeleitet.

Eine Kalibrierung der N-A-Modelle im klassischen Sinne wurde für die TEZG des Weiß- und Höckenbaches nicht durchgeführt. Für das Einzugsgebiet des Weißbaches wurden mit Hilfe der vorhandenen Gebietskennwerte für bestimmte Bodenfeuchtegehalte die Abflüsse aus den einzelnen Abflusskomponenten ermittelt. Zur Bestimmung des Oberflächenabflusses wurden die Ergebnisse von JENTZSCH (2005) angewendet. Die ermittelten Abflüsse des Weißbaches wurden anhand der gemessenen Abflusswerte verifiziert (Abb. 11, Abb. 12). Für das Einzugsgebiet des Höckenbaches erfolgte keine Verifizierung.

Im Ergebnis der Modellerstellung konnte folgendes nachgewiesen werden: Das WBS FLAB wurde entwickelt, um Abflussbildungsprozesse in Einzugsgebieten durch eine mathematische Methode, ein Verfahren der Künstlichen Intelligenz identifizieren zu können (PESCHKE et al. 1999). Durch diese Vorgehensweise soll bei der Niederschlags-Abfluss-Modellierung die Kalibrierung nicht dem Bearbeiter überlassen werden. Denn ein flächendifferentes Niederschlags-Abfluss-Modell besteht in der Regel aus tausenden Rasterelementen, die zu parametrisieren sind. Somit ergibt sich eine nahezu unendliche Anzahl von Parameterkombinationen. Kein Modellierer wird in der Lage sein, aus dieser Fülle von Parametersätzen denjenigen herauszufinden, durch welchen ein absolutes Minimum der Differenz von gemessenen und berechneten Werten erreicht wird. Außerdem sind in der Regel die Ergebnisse nicht eindeutig, da es häufig eine Reihe von unterschiedlichen Parameterkombinationen gibt, die zu den gleichen Ergebnissen führen (z.B. UHLENBROOK et al. 1999, BEVEN, 1996). Weiterhin sind Abflussmessungen in der Regel die einzige Größe, an der Modellergebnisse kalibriert werden. Sie sind jedoch i.A. nicht in ausreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung vorhanden, so dass die Modelle in höchstem Grad überparametrisiert sind.

Um eindeutige Ergebnisse zu erhalten, wurden alle hydrologischen Prozesse der Abflussbildung, die sich nicht durch numerische Verfahren ermitteln lassen, mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz ermittelt (WBS FLAB). Die entsprechenden Größen bildeten die Eingangswerte für die N-A-Modellierung. Im Weiteren erfolgte die eigentliche Kalibrierung der Modelle nur für die Prozesse der Abflusskonzentration auf den Landflächen im Einzugsgebiet sowie im Gewässerbett.

Zum Nachweis der Qualität der Verfahrensweise wurden die Abflusswerte der Hochwasserwelle vom 05.07.2007 bis 08.07.2004 im Weißbach nachvollzogen (Abb. 11, Abb. 12).

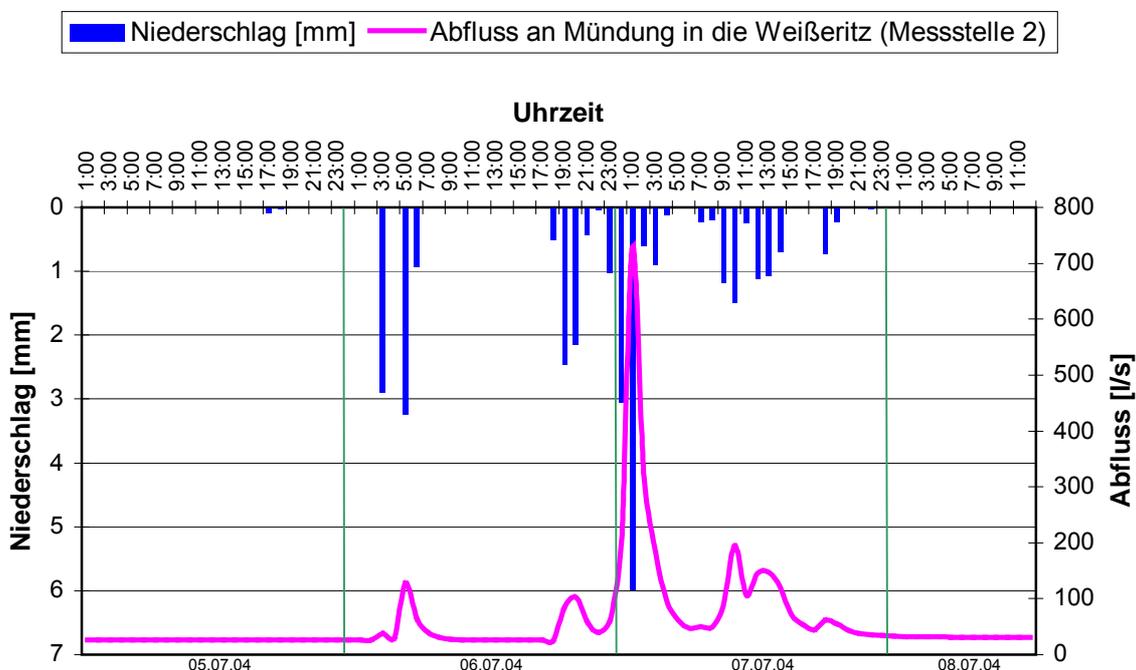


Abb. 11: Niederschläge (Messstation Bärenfels) und gemessene Abflüsse des Weißbaches (Messstelle 2, Mündung des Weißbaches in die Weißeritz)

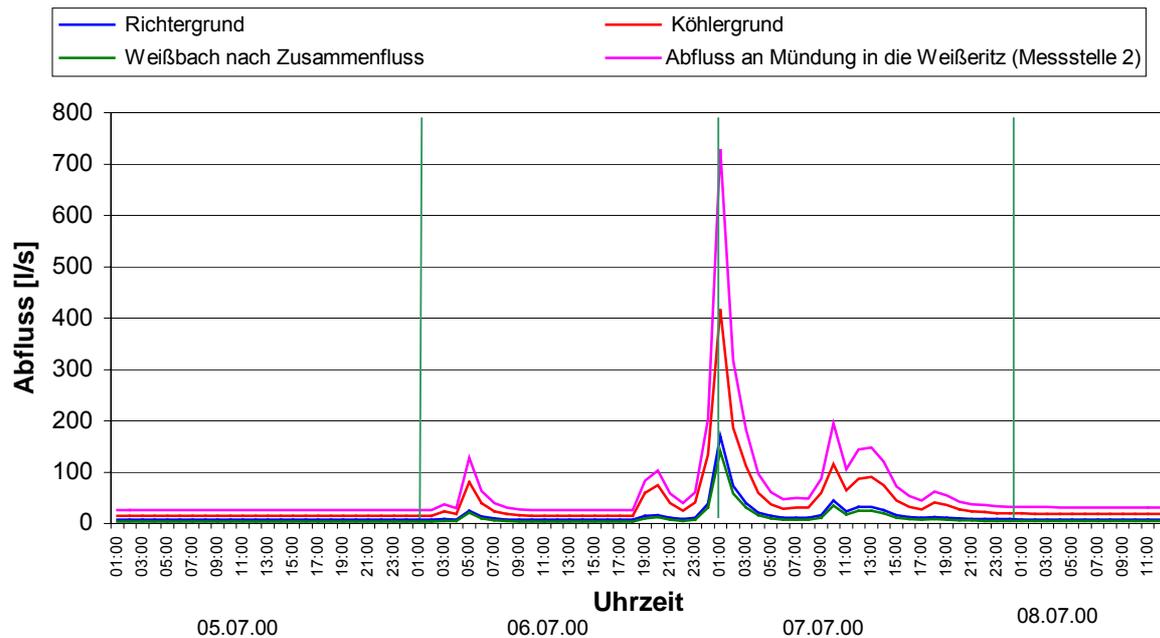


Abb. 12: Mit WaSiM-ETH modellierte Abflüsse (gekoppelte Anwendung mit WBS FLAB; TEZG Weißbach)

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass mit der Verfahrensweise eine sehr gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Abflusswerten erreicht werden kann

3.4.7 Modellierungen zur Bodenerosion

Neben den Schäden durch Überflutung bei Hochwasserereignissen entstehen vor allem Schäden durch Bodenabtrag von Flächen in Hanglage, sowie daraus folgend durch Sedimentation in die Tallagen. Zur Quantifizierung des Bodenabtrages wurde das Verfahren von MITASOVA & MITAS (2001) angewendet. Grundlage des Verfahrens bildete die allgemeine Bodenabtragungsgleichung (BVB 2006, WISCHMEIER 1976).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

- | | | |
|----|---|--|
| A | - | durchschnittlicher jährlicher Bodenabtrag |
| R | - | durchschnittlicher jährlicher Niederschlag |
| K | - | Bodenerodierbarkeitsfaktor |
| LS | - | topografischer Faktor |
| C | - | Bodenbedeckungsfaktor |
| P | - | Erosionsschutzfaktor |

In dieser Form gilt die Bodenabtragungsgleichung für glatte Hänge mit gleichförmigem Gefälle. MITASOVA et al. (1996), DESMET & GOVERS (1996), MOORE & WILSON (1992) und MOORE & BURCH (1986) wiesen nach, dass durch Modifizierung des topografischen Faktors LS die Struktur eines Geländes berücksichtigt werden kann. Ein modifizierter Faktor LS repräsentiert das topografische Potenzial für einen bestimmten Punkt am Hang. Er wird bestimmt aus dem Quotienten von Zuflussfläche (EZG) und Fließweg. Weiterhin werden reliefbedingte Faktoren berücksichtigt. Damit lassen sich Erosionsrisiken, die besonders bei steilem Gefälle und großer Abflusskonzentration in kleinen Tälern und Depressionen auftreten, nachvollziehen.

4 Ergebnisse 1: Analyse des Ist-Zustands

4.1 Vegetation und Landschaftsausstattung

4.1.1 Biotoypenausstattung

Im TEZG **Weißbach** konnten 69 Biotoypen nachgewiesen werden (Tabelle A2.4). Dabei nimmt das Grünland mit insgesamt etwa 43 % den größten Flächenanteil ein (Abb. 13). Bemerkenswert ist der hohe Anteil an extensivem Grünland (33 %). Naturschutzfachlich bedeutend ist das Vorkommen von Bergwiesen, Nasswiesen sowie seggen- und binsenreichen Feuchtweiden und Flutrasen. Letztere finden sich v.a. in der Aue. Diese ist geprägt durch ein kleinräumiges Mosaik verschiedener Grünlandtypen. Das Vorkommen der Bergwiesen erstreckt sich von den Hängen bis auf die Hochflächen (Karte A1.5). Wälder und Forsten bedecken 24 % des TEZG und befinden sich hauptsächlich an den steileren Hängen. Den größten Anteil nehmen hierbei Fichtenforste und Aufforstungsflächen mit Fichte ein (Tabelle A2.4). Äcker nehmen einen Flächenanteil von 21 % ein. Sie befinden sich hauptsächlich auf den Hochflächen, teilweise aber auch in den oberen Hanglagen (Karte A1.5).

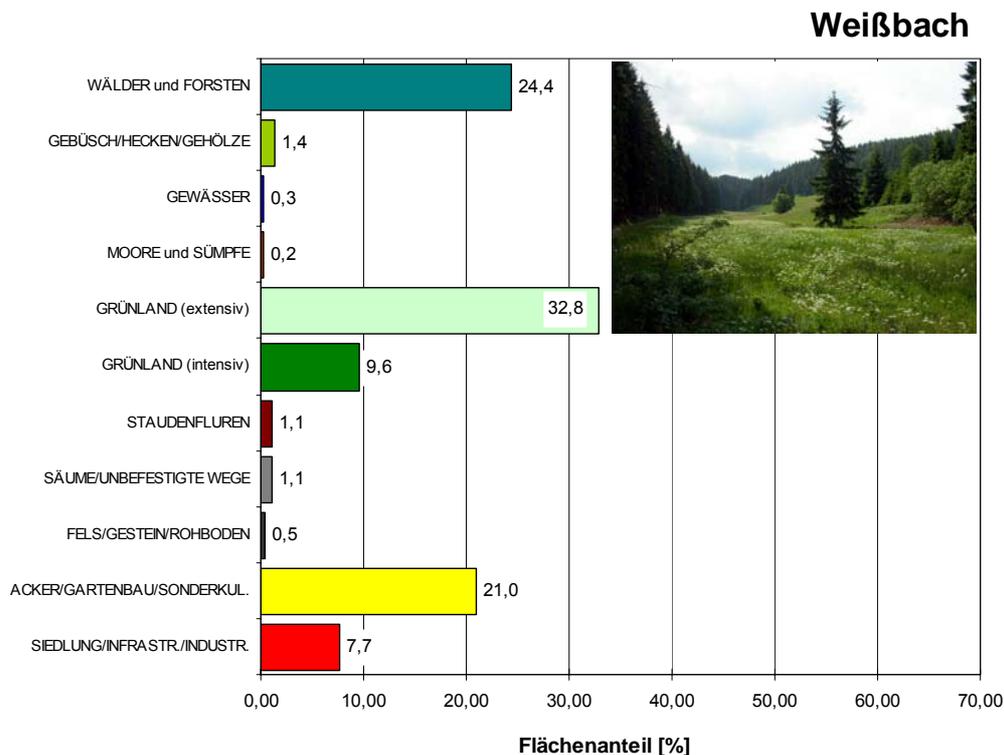


Abb. 13: Flächenanteile der Hauptbiotypen im TEZG Weißbach (vgl. Tabelle A2.4; Stand Kartierung 2004).

Im **TEZG Höckenbach** konnten 81 Biotoypen unterschieden werden (FOLTYN 2007; Tabelle A2.5). Die im Vergleich zum Weißbachgebiet höhere Anzahl an Biotoypen ergibt sich v. a. durch eine feinere Differenzierung einzelner Biotoypen (z.B. Unterscheidung von Gehölzbeständen in alt und jung), die sich aufgrund deutlich unterschiedlicher Ausprägungen dieser Biotoypen im UG ergaben (FOLTYN 2007). Auch im Siedlungsbereich traten weitere Biotoypen auf.

Absolut dominant im TEZG sind die Äcker mit 69 % Flächenanteil (Abb. 14, Karte A1.6). Die Wälder und Forsten nehmen einen Anteil von 13 % in Anspruch. Sie befinden sich an den Hängen im Mündungsbereich zur Weißeritz und auf den nährstoffärmsten Böden des TEZG (Karte A1.6). Grünland kommt mit 6 % Flächenanteil im TEZG vergleichsweise selten vor. Es befindet sich in Siedlungsnähe bzw. erstreckt sich entlang der Gewässer. Extensiv genutztes Grünland weist lediglich 2 % Flächenanteil auf.

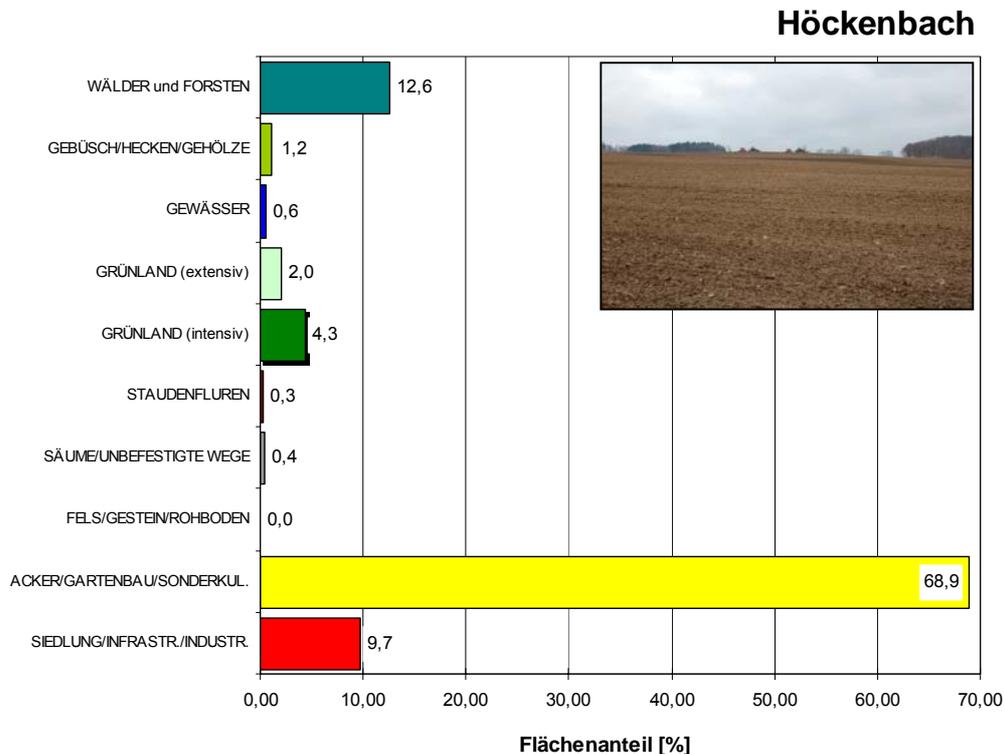


Abb. 14: Flächenanteile der Hauptbiotoptypen im TEZG Höckenbach (vgl. Tabelle A2.5; Stand Kartierung 2005, nach FOLTYN 2007).

Die beiden ausgewählten Modellgebiete weisen demnach ein deutlich unterschiedliches Erscheinungsbild auf: Während das TEZG Weißbach durch einen hohen Anteil an Grünland und Forsten sowie überwiegend kleinere Flächen geprägt ist, sind für das TEZG Höckenbach große Ackerschläge und ein vergleichsweise geringer Anteil an Grünland und Wäldern kennzeichnend.

Mit den CIR-Daten konnten 35 Biotoptypen für das **EZG der Weißeritz** ausgeschieden werden (Tabelle A2.6). Wälder und Forsten nehmen mit 34 % den größten Flächenanteil im EZG der Weißeritz ein (Abb. 15). Damit ist der Waldanteil, bedingt durch den größeren Anteil nährstoffarmer Gesteine (Granit, Quarzporphyre, Sandstein, vgl. Kap. 2.2) höher als in den beiden TEZG Weißbach und Höckenbach (s.o.). Grünland kommt mit 23 % und Ackerland mit 24 % vor, so dass deren Flächenanteile in etwa gleich groß sind. Allerdings liegt das Hauptvorkommen der Äcker in den tieferen, das des Grünlands in den höheren Lagen (Karte A1.7). Auch das Verhältnis von extensiv zu intensiv bewirtschafteten Grünländern ist ausgewogen (Tabelle A2.6). Gewässer einschließlich der 3 Talsperren nehmen insgesamt einen Flächenanteil von 1,2 % ein, wohingegen der Flächenanteil der Gebüsche, Hecken und Gehölze unter 1 % liegt. Auch die Staudenfluren und die Fels- und Rohbodenbiotope bedecken mit 0,5 bis 1,8 % nur

eine geringe Fläche. Der Siedlungsanteil ist mit 15 % höher als in den beiden Modellgebieten. Ursache ist u. A. der hohe Anteil versiegelter und bebauter Fläche im Bereich von Freital und Dresden (Karte A1.7). Moore und Sümpfe können, im Gegensatz zu den in den Modellgebieten durchgeführten Kartierungen, mit Hilfe dieses Datensatzes ebenso wenig wie Säume ausgewertet werden, da sie nicht dargestellt werden.

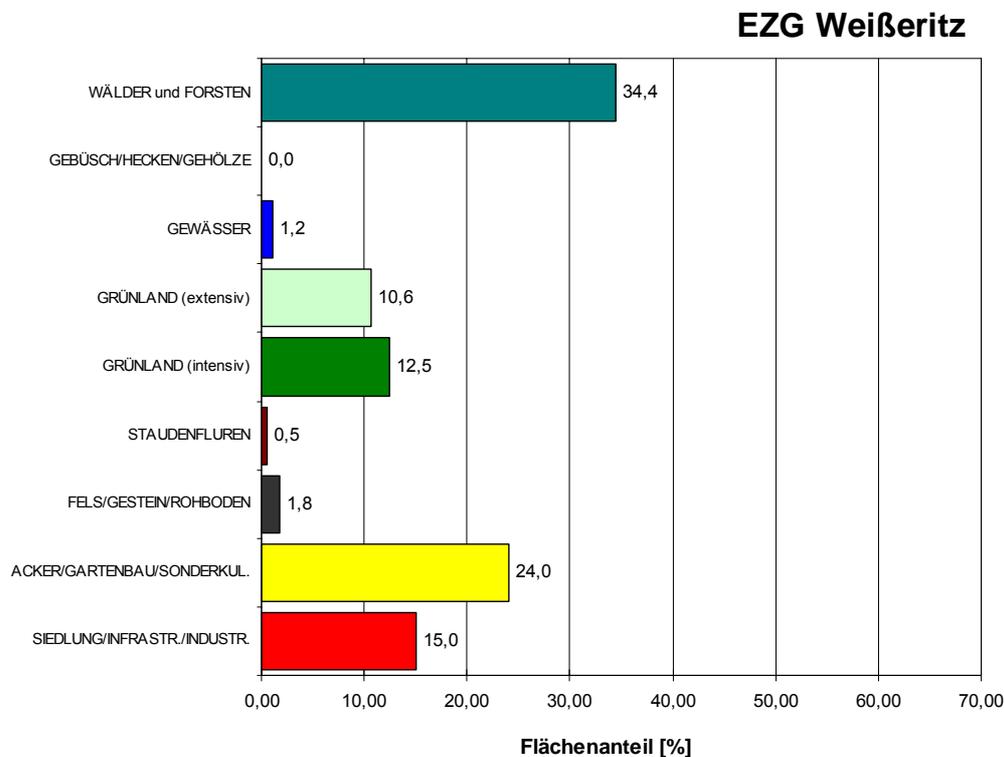


Abb. 15: Flächenanteile der Hauptbiotoptypen (Datengrundlage CIR-Biotop- und Landnutzungs-kartierung) im EZG der Weißeritz.
(vgl. Tabelle A2.6; Stand Kartierung 2002/2003, Quelle LfUG).

4.1.2 Pflanzengesellschaften

Sowohl im TEZG Weißbach als auch im TEZG Höckenbach wurden in ausgewählten Biotop-typen (Grünland, Hecken, Wälder) vegetationskundliche Aufnahmen erhoben. Bei der Auswahl der Aufnahmeflächen wurde auf die Biotoptypenkartierungen zurückgegriffen (Kapitel 4.1.1). Es wurde Wert darauf gelegt, häufige sowie naturschutzfachlich bedeutsame Biotoptypen mög-lichst durch repräsentative Vegetationsaufnahmen zu belegen. Insgesamt liegen 96 Aufnahmen vor, davon 74 für das TEZG Weißbach und 22 für das TEZG Höckenbach. Für das Höcken-bachgebiet liegen ausschließlich Aufnahmen für Grünländer, nicht aber für Wälder oder Hecken vor. Ausführliche Beschreibungen der Gesellschaften sind JENTZSCH (2005), ILLING (2005) und EBENBECK (2006) zu entnehmen.

Die im Weißbachgebiet und seiner näheren Umgebung 2004 aufgenommenen Waldbestände waren ausnahmslos forstlich geprägt. Dies trifft besonders für das *Oxalido-Cultopiceetum* (Sauerklee-Drahtschmielen-Fichtenforst) zu, welches von *Picea abies* (Gemeine Fichte) dominiert wird (Tabelle A2.7, s. auch HOFMANN 1997). Die beiden anderen Gesellschaften kamen nur sehr kleinflächig vor: Das *Athyrio-Alnetum glutinosae* (Frauenfarn-Schwarz-

erlenwald), als Auwald in Nähe der Mündung des Weißbaches in die Weißeritz, und das *Calamagrostio villosae-Fagetum sylvaticae* (Wollreitgras-Fichten-Buchenwald) an einem vergleichsweise basen- und nährstoffarmen Hang im Köhlergrund (vgl. Karte A1.5).

Tabelle 12: Vergleich der Pflanzengesellschaften des Grünlandes im Einzugsgebiet des Weißbaches mit denen im Höckenbachgebiet
Vergleichbare Assoziationen/Gesellschaften sind grau hervorgehoben (vgl. Tabellen A2.9 und Tabelle A2.10).

Systematische Einheiten im Einzugsgebiet des Weißbachs (nach JENTZSCH 2005)	Systematische Einheiten im Einzugsgebiet des Höckenbachs (nach EBENBECK 2006)
Klasse <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> Ordnung <i>Arrhenatheretalia elatioris</i> Ass. Festuca pratensis-Arrhenatheretalia Ges. Artenarme, von <i>Festuca pratensis</i> dominierte Bestände	Klasse <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> Ordnung <i>Arrhenatheretalia elatioris</i> Im Höckenbachgebiet wurde keine vergleichbare Einheit nachgewiesen
Für das Weißbachgebiet sind keine vergleichbaren Einheiten zum TEZG Höckenbach belegt	Verband <i>Arrhenatherion elatioris</i> Ass. <i>Arrhenatheretum elatioris</i> <i>Chaerophyllum aromaticum-Arrhenatheretalia-Gesellschaft</i>
Verband <i>Cynosurion cristati</i> Ass. Festuco rubrae Cynosuretum cristati Frische, eher nährstoffarme, mäßig saure Standorte, schnitt- und weideverträgliche Arten mit hohen Deckungswerten, z.T. mit Arten der Bergwiesen (<i>Meum athamanticum</i> u.a.), Magerkeitszeiger: <i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis capillaris</i> u.a.	Ass. Festucetum rubrae Zum <i>Arrhenatherion</i> gestellt, <i>Cynosurion</i> -Arten geringere Deckungen, ähnliche Standortbedingungen, ebenfalls Magerkeitszeiger, <i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis capillaris</i> dominant, keine Arten der Bergwiesen
Festuco rubrae-Cynosuretum cristati, Ausbildung mit Nardus-stricta Feuchter, nährstoffarmer Standort	Im Höckenbachgebiet wurde keine vergleichbare Einheit zum TEZG Weißbach nachgewiesen
Ass. Lolietum perennis Trittrasen, artenarm, relativ stark betreten, nährstoffreich, intensiv genutzt, von <i>Lolium perenne</i> dominiert.	Lolium perenne-Dactylis glomerata-Ges. Vergleichbare Bedingungen (Intensive Nutzung, Tritt), aber Artenzusammensetzung nicht gleich; <i>Dactylis glomerata</i> u. <i>Lolium perenne</i> dominant
Verband Polygono-Trisetion flavescens Ass. Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens	Im Höckenbachgebiet sind keine vergleichbaren Einheiten belegt
Ordnung <i>Molinietalia caeruleae</i> Verband Filipendulion ulmariae	Ordnung <i>Molinietalia caeruleae</i> Verband Filipendulion ulmariae
Ass. Achilleo-ptarmicae-Filipenduletum ulmariae Schnittempfindliche Hochstaudenflur auf feuchten, mäßig stickstoffreichen Böden mit Dominanz von <i>Filipendula ulmariae</i> und anderen Feuchtezeigern	Ass. Filipenduletum ulmariae Ebenfalls von Mädesüß dominierte Hochstaudenflur auf vergleichbaren Standorten, aber Artenzusammensetzung nicht identisch
Verband Calthion palustris	Verband Calthion palustris
Ass. Polygono bistortae-Scirpetum sylvatici Kleinfächig auftretende, mäßig schnittverträgl. Wiesen auf nährstoff- u. basenreichen, feuchtnassen Standorten, mit <i>Scirpus sylvaticus</i> u. a. Feuchtezeigern, z.B. <i>Mimulus guttatus</i>	Ass. Scirpetum sylvatici Standortbedingungen vergleichbar (nass, nährstoffreich), ebenfalls schnittempfindl. Arten, viele Feuchtezeiger, aber Artenzusammensetzung anders. <i>Scirpus sylvaticus</i> kommt vor.
Im Weißbachgebiet wurde keine vergleichbare Einheit nachgewiesen	Ass. Cirsietum oleracei
Klasse Phragmito-Magnocaricetea Ordnung Phragmitetalia australis Verband Glycerio-Sparganion emersi Ass. Veronica beccabungae-Mimuletum guttati	Für das Höckenbachgebiet sind keine vergleichbaren Einheiten belegt
Klasse Stellario nemorum-Geranietea sylvatici Ordnung Petasito hybridi-Chaerophylletalia hirsuti Verband Petasito hybridi-Chaerophyllion hirsuti Ass. Cardamine amarae-Petasitetum hybridi	Für das Höckenbachgebiet sind keine vergleichbaren Einheiten belegt
Klasse Galio-Urticetea dioicae Ordnung Lamio-Chenopodietalia boni-henrici Verband Aegopodion podagrariae Ass. Chaerophylletum aurei	Auf den Vegetationsaufnahmen im Einzugsgebiet des Höckenbachs kommen einzelne Charakterarten der Galio-Urticetea vor, es sind jedoch keine Gesellschaften aus dieser Klasse belegt
Klasse Scheuchzerio-Caricetea nigrae Ordnung Caricetalia nigrae Verband Caricion nigrae Ass. Caricetum nigrae	Für das Höckenbachgebiet sind keine vergleichbaren Einheiten belegt

Neben der Analyse der Hecken im TEZG Weißbach wurden auch Standorte aus der näheren Umgebung einbezogen. Insgesamt konnten 3 Heckengesellschaften unterschieden werden. Dabei handelt es sich ausnahmslos um Baumhecken, in denen Sträucher nur in geringem Maße auftreten oder sogar fehlen (Tabelle A2.8). Das fehlende Vorkommen von Sträuchern war Hauptursache dafür, dass die Aufnahmen bereits beschriebenen Gesellschaften nicht zugeordnet werden konnten (z.B. MÜLLER 1998, SCHUBERT et al. 1995, OBERDORFER 1992, REIF 1983). Die Benennung erfolgte entsprechend den dominanten Gehölzarten: *Fraxinus excelsior*-Baumhecke, *Acer pseudoplatanus*-Baumhecke und *Sorbus aucuparia*-Baumhecke. Die Mehrzahl der Hecken wurde auf Steinrücken gefunden. Die *Sorbus aucuparia*-Gesellschaft kam sogar ausnahmslos auf Steinrücken vor (vg. Abb. 16b). Der Gehölzbestand dieser Hecken war im Vergleich zu den anderen Baumhecken sehr lückig (Abb. 16a).

Die Offenlandgesellschaften wurden in beiden Modellgebieten Weißbach und Höckenbach analysiert (JENTZSCH 2005, EBENBECK 2006). Dabei konnten 10 bzw. 8 Assoziationen bzw. Gesellschaften nachgewiesen werden (Tabelle A2.9, Tabelle A2.10), wobei die Mehrheit der Klasse Molinio-Arrhenatheretea angehört (Tabelle 12). Neben Gesellschaften, die in beiden Gebieten ähnliche Artenzusammensetzungen aufweisen (z.B. *Filipenduletum ulmariae*, *Scirpetum sylvaticae*, *Festucetum rubrae* bzw. *Cynosuretum cristati*), konnten einige Gesellschaften ausschließlich für eines der Gebiete belegt werden (Tabelle 12). Dies trifft besonders auf Gesellschaften des Weißbachgebietes zu, die in der Aue bzw. an Quellaustritten vorkamen (*Veronica beccabungae-Mimuletum guttati*, *Cardamine amarae-Petasitetum hybridi*, *Caricetum nigrae*, *Chaerophylletum aurei*). Auch das *Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens* kommt ausschließlich in TEZG Weißbach und dort v.a. an den Hängen vor.



Abb. 16: Beispiele für Steinrückenhecken a) *Acer pseudoplatanus*-Gesellschaft (Schönfeld, Nähe TEZG Weißbach) und b) *Sorbus aucuparia*-Gesellschaft (Kahle Höhe, Nähe TEZG Weißbach) (Fotos ILLING 2005)

4.1.3 Gefährdete Arten und Pflanzengesellschaften

Die Kenntnis zum Vorkommen gefährdeter Arten ist bei der Planung von Maßnahmen unerlässlich (Kapitel 6), um den Schutz und ggf. die Förderung dieser Arten zu ermöglichen. Für das Weißbachgebiet wurde 2004 eine entsprechende Kartierung gefährdeter Pflanzenarten der Roten Liste durchgeführt. Von den insgesamt nachgewiesenen 218 Pflanzenarten stehen 22 Arten (10 %) auf der Roten Liste der gefährdeten Blütenpflanzen Sachsens (LfUG 1999a; Tabelle A2.11). Besonders der mosaikartige Bereich der Aue des Weißbaches ist durch das Vorkommen zahlreicher gefährdeter Arten charakterisiert (Karte A1.8).

Im TEZG Köhlergrund erfolgte im Jahr 2005 zusätzlich eine Aufnahme der Tagfalterfauna (PALMER 2005). Von den 40 besonders auf den Bergwiesen und Bachauen nachgewiesenen Tagfalter- und Widderchenarten stehen 17 (43 %) in Sachsen auf der Roten Liste bzw. auf der Vorwarnliste. Auch dies unterstreicht die hohe naturschutzfachliche Wertigkeit des Erkenntnisgebietes Weißbachtal. Für das Höckenbachgebiet liegt aus zeitlichen Gründen keine eigene flächendeckende Kartierung gefährdeter Arten vor. Die selektive Biotopkartierung nennt für dieses Gebiet keine gefährdete Arten (Auskunft LfUG 2005).

Für das TEZG Weißbach konnten mehrere gefährdete (LfUG 2001) und geschützte (§26 SächsNatSchG) Gesellschaften des Offenlandes nachgewiesen werden (Tabelle 13).

Tabelle 13: Die Pflanzengesellschaften, ihr Gefährdungsgrad und Schutzstatus sowie Angabe zum Nachweis der Gesellschaften in den TEZG Weißbach und Höckenbach
Gefährdungskategorie nach der Roten Liste Sachsens (LfUG 2001),
Schutzstatus §26 = Pflanzengesellschaft kann Bestandteil eines geschützten Biotoptyps nach §26 SächsNatSchG sein

	Gefährdungs- kategorie	Schutz- status	Nachweis im TEZG	
			Weißbach	Höckenbach
<i>Athyrio-Alnetum glutinosae</i>	gefährdet (3)	§26	(X) Standort in Nähe des TEZG	(Wälder nicht untersucht)
<i>Calamagrostio villosae-Fagetum sylvaticae</i>	stark gefährdet		X	(Wälder nicht untersucht)
<i>Steinrückenhecken der: Sorbus aucuparia-Gesellschaft Acer pseudoplatanus-Gesellschaft Fraxinus excelsior-Gesellschaft</i>	stark gefährdet (2)	§26	X	(Hecken nicht untersucht)
<i>Caricetum nigrae</i>	stark gefährdet (2)	§26	X	
<i>Geranio sylvatici-Trisetetum flavescentis</i>	stark gefährdet (2)	§26	X	
<i>Festuco rubrae-Cynosuretum cristati</i> (incl. Ausbildung mit <i>Nardus stricta</i>) <i>Festucetum rubrae</i>	stark gefährdet (2) Vorwarnliste	§26 §26	X	 X
<i>Cirsietum oleracei</i>	stark gefährdet (2)	§26		X
<i>Arrhenatheretum elatioris</i>	stark gefährdet (2)	§26		X
<i>Polygono bistortae-Scirpetum sylvatici</i>	Vorwarnliste	§26	X	
<i>Scirpetum sylvatici</i>	Vorwarnliste	§26		X

4.1.4 Naturschutzfachliche Bewertung der Biotoptypen

Ziel dieser Analysen war, ein auf beide Modellgebiete anwendbares Bewertungsverfahren zu entwickeln (vgl. Kap. 3.2.5, S. 24), dieses möglichst auch auf das wesentlich größere Weißeritzgebiet zu übertragen und damit sowohl jeweils den Ist-Zustand als auch die Landnutzungs-szenarien einer naturschutzfachlichen Bewertung zu unterziehen.

Die Biotoptypen wurden entsprechend ihrer jeweiligen spezifischen Ausprägung in den beiden Modellgebieten Weißbach und Höckenbach bewertet. Daher ergeben sich teilweise unterschiedliche Bewertungen für gleiche Biotoptypen (z.B. „sonstiges Feuchtgrünland“, Tabelle A2.4, Tabelle A2.5).

TEZG Weißbach und Höckenbach

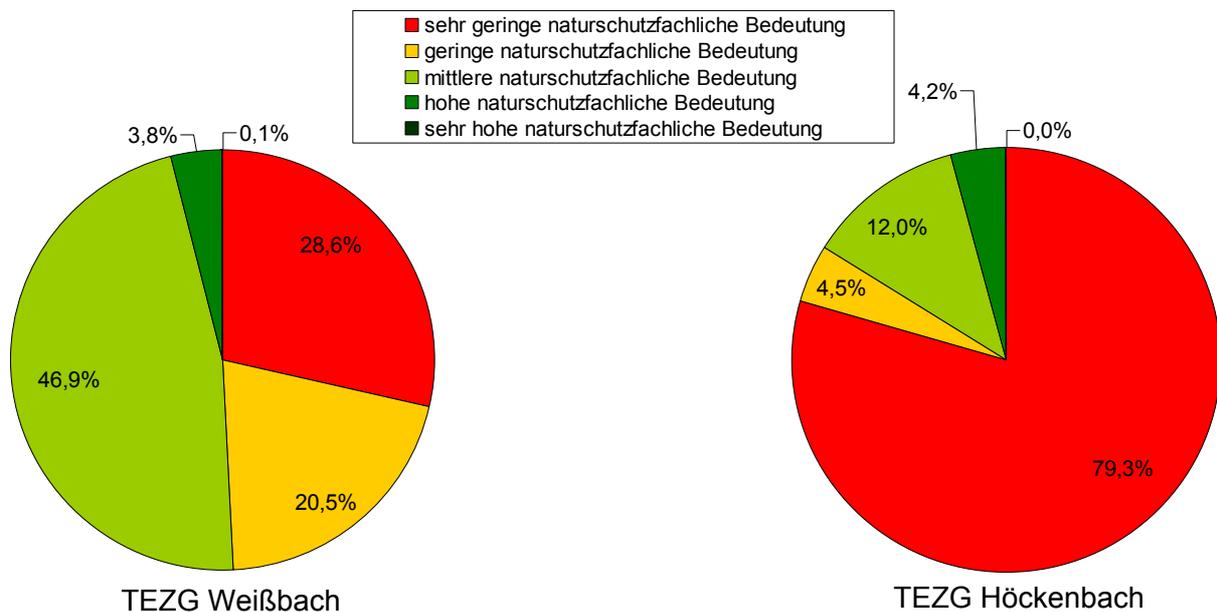


Abb. 17: Vergleich der beiden TEZG Weißbach und Höckenbach anhand der naturschutzfachlichen Bewertung der Biotoptypen mit den Kriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe.

Dargestellt sind die relativen Flächenanteile (%) der Biotoptypen der jeweiligen Werteklassen (vgl. Tabelle A2.4, Tabelle A2.5).

Der Flächenanteil von Biotoptypen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung (Werteklasse 5, s. Tabelle 6, S. 25) war in beiden TEZG sehr gering (Weißbach 0,1 %, Höckenbach < 0,1 %, Abb. 17). Hierzu zählen zum Beispiel die naturnahen Biotoptypen „Sickerquelle“ und „naturnaher Mittelgebirgsbach“ (Tabelle A2.4, Tabelle A2.5). Eine hohe bis mittlere naturschutzfachliche Bedeutung (Werteklassen 3 oder 4, s. Tabelle 6, S. 25) wiesen im Weißbachgebiet 51 %, im Höckenbachgebiet dagegen nur 16 % der bewerteten Biotoptypen auf (Abb. 17). Zu nennen sind hier v. a. die standortgerechten Wälder und Gehölze und die ausschließlich im Weißbachgebiet vorkommenden Bergwiesen und Feuchtbioptope (Nasswiesen, Seggenriede; Tabelle A2.4, Tabelle A2.5). Im Höckenbachgebiet dominieren dagegen mit 84 % Flächenanteil die Biotoptypen mit geringer bis sehr geringer naturschutzfachlicher Bedeutung (Werteklassen 1 und 2, s. Tabelle 6, S. 25). Zu letzteren zählen v. a. die intensiv genutzten Äcker sowie Biotoptypen des Siedlungsbereiches und der Infrastruktur. Für das Weißbachgebiet wurden 49 % der Fläche entsprechend bewertet.

EZG Weißeritz

Wie bereits dargestellt, liegen den Auswertungen der Biotoptypen im gesamten Weißeritz-EZG keine eigene Kartierungen zu Grunde (s. Kap. 3.1), sondern es wurde auf CIR-Daten zurückgegriffen. Da sich die Bezeichnung der Biotoptypen zu der der Kartierungen in den Modellgebieten oftmals unterscheidet, mussten die Biotoptypen hinsichtlich der 3 Bewertungskriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe (s. Kap. 3.2.5.1) einer eigenen Zuordnung unterzogen werden (Tabelle A2.6).

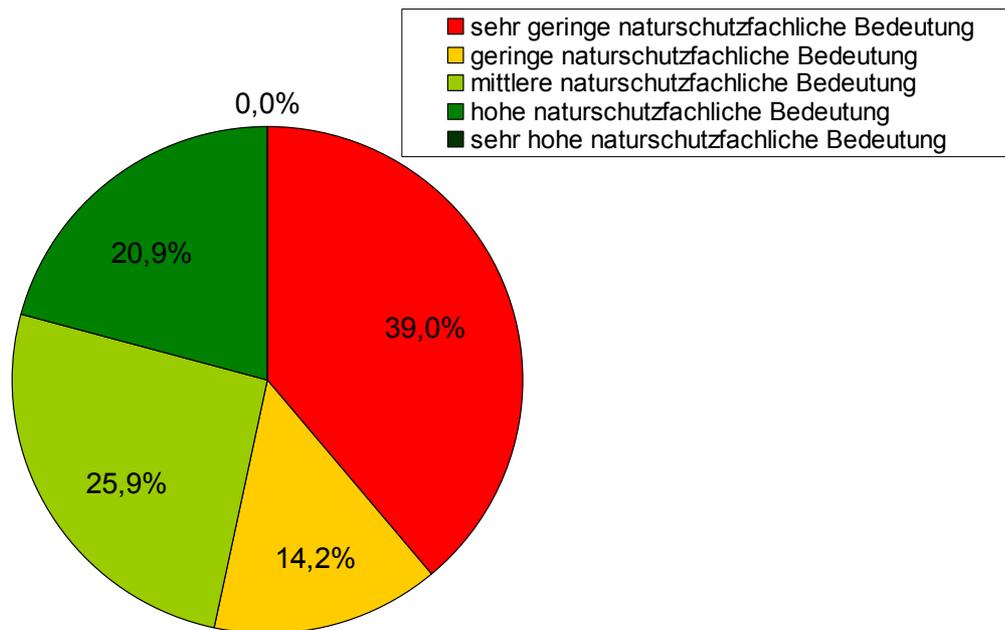


Abb. 18: Ergebnisse der naturschutzfachlichen Bewertung der Biotypen des EZG der Weißeritz mit den Kriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe. Dargestellt sind die relativen Flächenanteile (%) der Biotypen der jeweiligen Werteklassen (vgl. Tabelle A2.6). Datengrundlage CIR-Kartierung, Stand 1992/93 (LfUG).

Die Bewertung der Biotypen anhand der 3 ausgewählten Kriterien ergab für den Ist-Zustand (Stand 1992/93) einen Flächenanteil von Biotypen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung von unter 1 % (Abb. 18, Tabelle A2.6). Dieser Wert ist vermutlich etwas zu niedrig, da kleinflächige Biotypen (Moore, Sümpfe, Säume, Hecken) nicht in vollem Umfang in den CIR-Daten dargestellt sind. Etwa 47 % der Fläche werden von Biotypen hoher bis mittlerer Bedeutung eingenommen. Geringe bis sehr geringe Bedeutung weisen demnach 53 % der Fläche auf. In die Kategorie sehr geringe Bedeutung fallen, vergleichbar mit der Bewertung der Biotypen in den Modellgebieten, wiederum Siedlungen und Ackerflächen.

4.2 Gewässerstrukturgüte

Sowohl für die Weißeritz (Rote, Wilde und Vereinigte) als auch für die Modellgebiete Weißbach und Höckenbach (incl. ausgewählter Zuflüsse) liegen Ergebnisse von Gewässerstrukturgütekartierungen vor (WEIß 2006, 2004a,b: Weißeritz, Weißbach; DZIANISAVA 2006: Höckenbach). Für einen Zufluss des Höckenbachs, den Grundbach, wurde darüber hinaus beispielhaft ein Renaturierungskonzept basierend auf den Ergebnissen der Kartierung erstellt (vgl. Abb. 58 S. 103, s. auch Kap. 6.2). Aus diesem Grund wird bei den folgenden Ausführungen der Schwerpunkt auf das Gewässersystem des Höckenbachs gelegt.

4.2.1 Formulierung der Leitbilder und Eichung des Indexsystems

Zur Bewertung der Gewässerstruktur und der anschließenden Defizitanalyse zur Ableitung der Renaturierungsmaßnahmen wurden entsprechend des LAWA-Verfahrens „Leitbilder“ formuliert. Hier soll beispielhaft das Vorgehen zur Ableitung des Leitbildes für das TEZG Höckenbach dargestellt werden (nach DZIANISAVA 2006).

Das Leitbild für den Höckenbach baut auf dem relativ allgemein gehaltenen naturschutzfachlichen Leitbild für das gesamte TEZG auf (vgl. Tabelle A2.18) und beschreibt den „Soll-Zustand“, also das Entwicklungsziel (vgl. KOENZEN et al. 2005). Es definiert den möglichst

naturnahen, aber unter gegebenen sozioökonomischen Bedingungen realisierbaren Zustand eines Gewässers unter Einbeziehung des gesamten Einzugsgebietes (vgl. auch LUA NRW 1999b).

Um den potenziell möglichen naturnahen Zustand beschreiben zu können, wurden die Gewässer anhand einer Literaturlauswertung typisiert (vgl. LUA NRW 1999a, POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2004). Danach wurden Referenzgewässer gleichen Gewässertyps (Sohlental, Muldental) aus der Region ausgewählt und analysiert (DZIANISAVA 2006). Die Suche nach entsprechenden Gewässern erwies sich als sehr schwierig, da zum Bearbeitungszeitpunkt noch keine Referenzgewässer für die sächsischen Fließgewässer ausgewiesen waren (mündl. Mitteilung Dr. Volker Herbst, LfUG) und die meisten der aufgesuchten Gewässer zu starke anthropogene Störungen aufwiesen. Als Referenzgewässer wurden der Haselbach (SW Oberschöna, Lkr. Freiberg) und der Oberreichenbacher Bach (S Oberschöna, Lkr. Freiberg) sowie einige Gewässerabschnitte des Grundbaches ausgewählt. Sie sind gekennzeichnet durch eine naturnahe Gewässermorphologie, das Fehlen von punktuellen Einleitungen und einen vollständigen Uferstreifen bzw. Auenwald mit einer weitgehend naturraumtypischen Vegetation (vgl. Abb. 19).

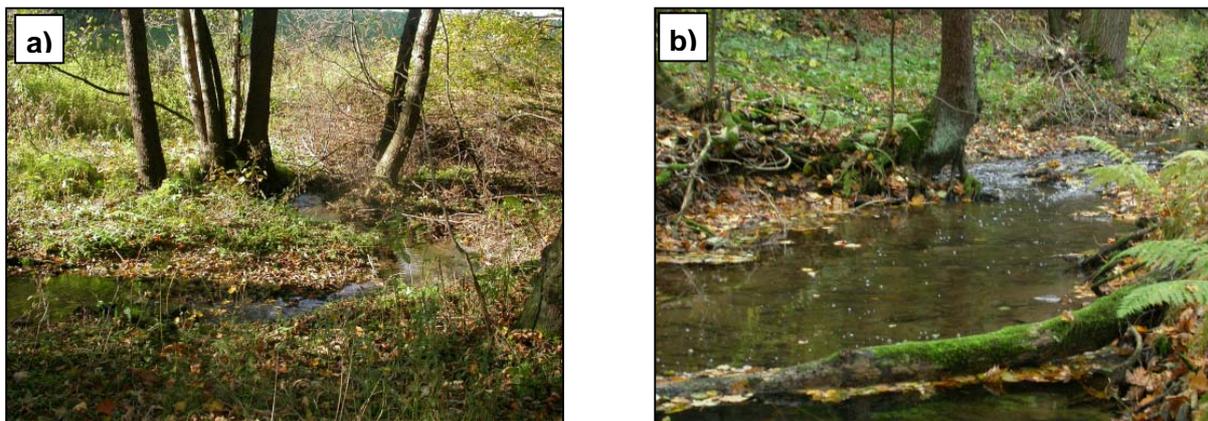


Abb. 19: Beispiele für Referenzabschnitte a) am Haselbach und b) am Oberreichenbacher Bach. (Oktober 2005, aus DZIANISAVA 2006)

Nach Analyse der Referenzgewässer wurden die Leitbilder für die Gewässermorphologie (Laufentwicklung, Längs- und Querprofil, Sohlen- und Uferstruktur, s. Tabelle A2.12) und für die Ufer- und Auenvegetation entwickelt. Bei letzterem wurden neben der potenziellen natürlichen Vegetation (nach SCHMIDT et al. 2002), d.h. Wäldern, auch gehölzfreie Standorte eingeschlossen (s. WIEGLEB 1989, LUA NRW 2001). Diese können beispielsweise auf natürliche Weise durch Überflutungen entstehen und sind u.a. durch Pionierfluren, Hochstaudenfluren und Röhrichte geprägt. Ergänzend wurden im Untersuchungsgebiet seltene und schützenswerte Biotoptypen der Kulturlandschaft, also sekundär entstandene Biotoptypen, in das Leitbild, d.h. in die Definition des Soll-Zustandes, integriert (DZIANISAVA 2006). Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann ein Leitbild folgendermaßen definiert werden: „Das Leitbild für die Ufer- und Auenvegetation wird durch die standorttypischen potenziell natürlichen sowie die aus naturschutzfachlicher Sicht wertvollen Vegetationstypen beschrieben.“

Informationen zu den naturschutzfachlich wertvollen Vegetationstypen für die beiden TEZG lagen HochNatur durch die jeweilige Biotoptypenkartierungen und deren naturschutzfachliche Bewertung vor (vgl. Kap. 4.1.1 und 4.1.4), die Daten zur potenziellen natürlichen Vegetation wurden SCHMIDT et al. (2002) entnommen.

Basierend auf den Leitbildern und zur Verfügung stehenden Kenntnissen wurde das Indexsystem gemäß der Vorschriften der LAWA (2000) als Grundlage für die eigenen Bewertungen des Höckenbaches und seiner Zuflüsse Beerwalder Bach und Grundbach neu geeicht. Für den Taltyp „Kerbtal“ (Steilhänge im Mündungsbereich Höckenbach/Weißeritz) konnten aus dem Kartierschlüssel der LAWA (2000) die Indexdotierungen übernommen werden, gleiches gilt für die Indexwerte der Schadstruktur-Parameter. Für den Gewässertyp „Auetal“- bzw. „Sohlentalgewässer“ (Gewässerabschnitte zwischen den Steilhängen im Mündungsbereich (=Kerbtalgewässer) und dem Zusammenfluss von Beerwalder Bach und Grundbach bei Ruppendorf) wurden die Indexdotierungen entsprechend der Leitbilder und naturschutzfachlichen Aspekte basierend auf den Ergebnissen der Biotoptypenkartierungen und Bewertungen für das Untersuchungsgebiet angepasst (Tabelle A2.14 und Tabelle A2.15).

4.2.2 Bewertung der Gewässerstrukturgüte

4.2.2.1 Weißeritz

Die Kartierung der Gewässerstrukturgüte für die Rote, Wilde und Vereinigte Weißeritz erfolgte zwischen März und August 2003 (WEIß 2004b). Insgesamt wurden 846 Abschnitte zzgl. der 103 Abschnitte der Talsperren kartiert und bewertet. 68 % der Abschnitte wurden als „deutlich“ bis „sehr stark verändert“ bewertet. Kein Abschnitt ist als völlig unverändert zu betrachten und 6 % der Abschnitte sind vollständig verändert (Abb. 20).

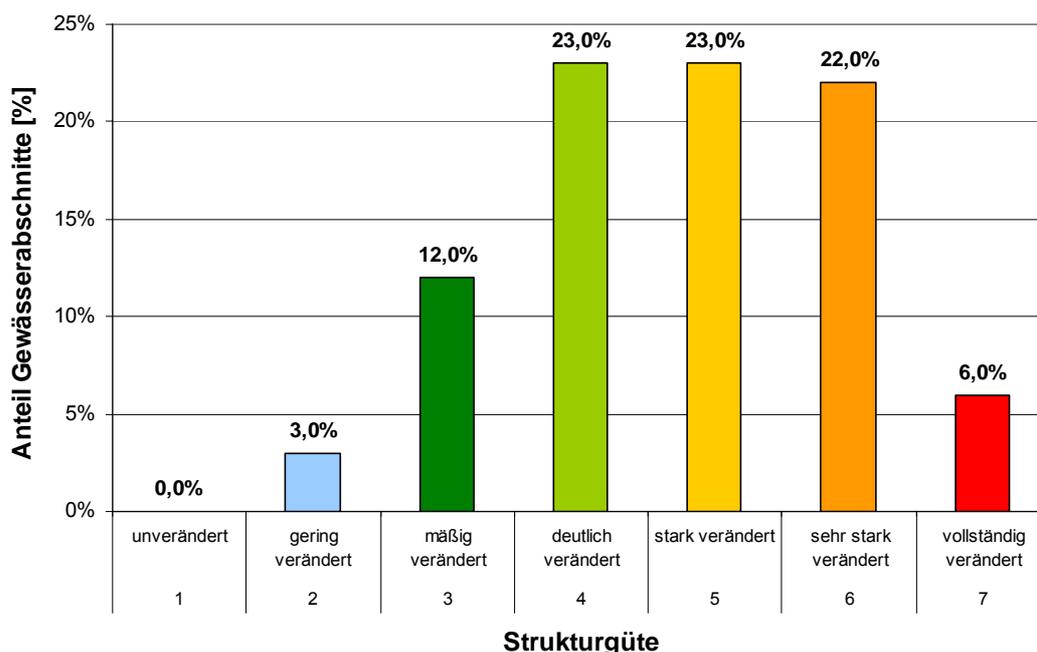


Abb. 20: Verteilung der Strukturgüteklassen im gesamten Einzugsgebiet der Weißeritz. (ohne Talsperren; nach WEIß 2004b)

Ein Vergleich der drei Flusssysteme zeigt, dass die Wilde Weißeritz noch die besten morphologischen Bedingungen aufwies, da hier nur 11 % der Fließstrecke als sehr stark oder vollständig verändert anzusehen sind, während dieser Anteil bei der Roten Weißeritz 31 % und bei der Vereinigten Weißeritz sogar 90 % beträgt (Tabelle 14). Ursache für diese vergleichsweise gute Bewertung der Wilden Weißeritz ist die Lage von ca. 90 % der Fließstrecke außerhalb besiedelter Bereiche (WEIß 2004b). In der freien Landschaft wird die Strukturgüte v.a. durch das

Gewässerumfeld gemindert (WEIß 2004b). Negativ wirkten sich ufernahe land- und forstwirtschaftliche Nutzung (z.B. Intensivgrünland, für Gewässer untypische Fichtenbestände) und Umfeldstrukturen (Verkehrswege im potenziellen Überschwemmungsgebiet) sowie fehlende Gewässerrandstreifen aus.

Tabelle 14: Anzahl der Kartierabschnitte sowie prozentuale Verteilung der Strukturgüteklassen der Wilden, Roten und Vereinigten Weißeritz (nach WEIß 2004b).

Fließgewässer	Kartierabschnitte	Strukturgütekategorie	
		stark verändert bis unverändert	sehr stark oder vollständig verändert
Wilde Weißeritz	404	89 %	11 %
Rote Weißeritz	318	69 %	31 %
Vereinigte Weißeritz	142	10 %	90 %

Bedingt durch den Kartierzeitraum konnten bei den vorliegenden Bewertungsergebnissen die nach dem Hochwasserereignis 2002 in großem Umfang und im Berichtszeitraum teilweise noch andauernden technischen Hochwasserschutzmaßnahmen an den Gewässern nur in begrenztem Umfang mit erfasst werden. Die Maßnahmen zur direkten Hochwasserschadensbeseitigung, d.h. die Wiederherstellung des Abflussprofils mit Ausbaggerung von Sedimenten, Verfüllung von Kolken, Profilierung der Ufer, die Beseitigung von Totholz, Sturzbäumen und teilweise von Ufergehölzen, waren bereits abgeschlossen, Behelfsbrücken existierten bereits und die Instandsetzung bzw. Wiederherstellung von Uferverbau hatte begonnen. Die Auswirkungen der grundhaften Baumaßnahmen wurden von den 2003er Daten allerdings nicht dokumentiert. Im Jahr 2005 durchgeführte Vor-Ort-Erfassungen (SCHWENDEL 2006) an 2003 als gering bis mäßig verändert eingestuften Abschnitten ergaben in den meisten Fällen eine Verschlechterung der Gewässerstrukturgüte infolge der Beseitigung der Flutschäden. Dies liegt vor allem in einer starken Veränderung des Gewässerumfeldes begründet, meist durch verstärkte Wiedernutzung der Aue und Maßnahmen zur Beseitigung der Hochwasserfolgen wie Rückverlegung des Gerinnes, Entfernung von Ufergehölzen und Sturzbäumen und Wiederherstellung von Verbauungen.

4.2.2.2 Weißbach

Die Gewässerstrukturgütekartierung des Weißbaches erfolgte im Rahmen eines Gutachtens im April 2004 und wurde im Vergleich zum Höckenbach weniger detailliert durchgeführt (WEIß 2004a). Die Bewertung erfolgte ohne Modifikation der Indices entsprechend der Kartieranleitung nach LAWA (2000).

75 % der insgesamt 53 analysierten Abschnitte konnten als „mäßig verändert“ bis „unverändert“ bewertet werden, „vollständig veränderte“ Abschnitte kamen nicht vor (Abb. 21). Insgesamt wies der Weißbach demnach einen sehr guten hydromorphologischen Zustand auf. Eine differenzierte Bewertung unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte (vgl. Kap. 4.2.1) würde vermutlich besonders bei dem Hauptparameter „Land“ eine noch bessere Bewertung nach sich ziehen, da in der Weißbachaue zahlreiche schutzwürdige Biototypen besonders des Offenlandes vorkommen (s. Kap. 4.1.1).

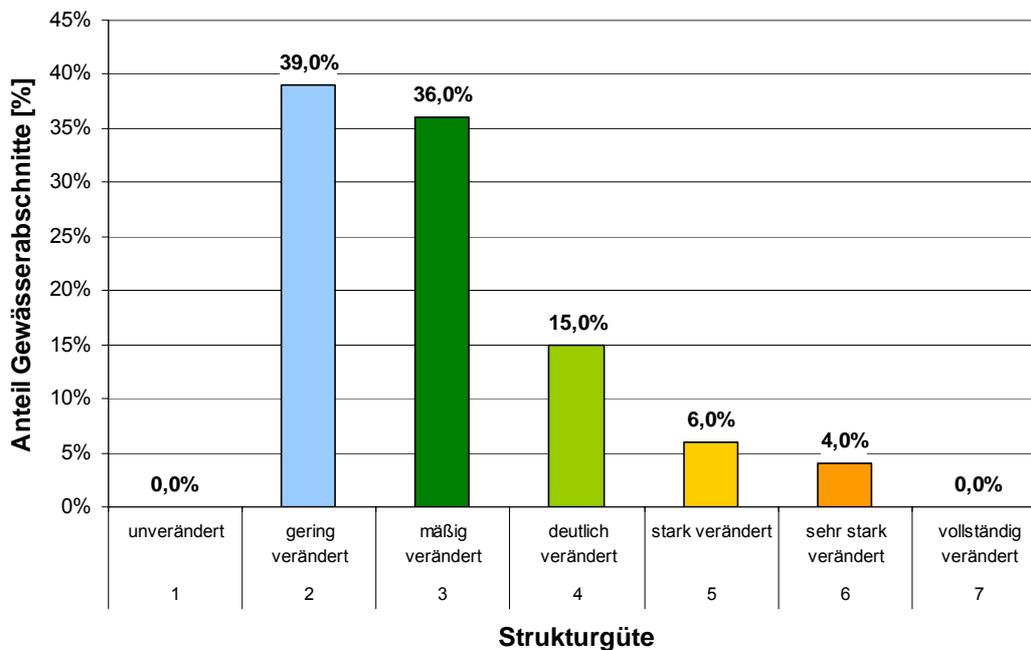


Abb. 21: Verteilung der Strukturgüteklassen am Bachsystem Weißbach, Gesamtbewertung. (nach WEIß 2004a)

4.2.2.3 Höckenbach

Insgesamt wurden 2005 für das Gewässersystem Höckenbach, also incl. seiner Zuflüsse, insgesamt 118 Gewässerabschnitte erfasst und mit den geeichten Indices (Kap. 4.2.1) bewertet. Etwa 70 % aller Abschnitte wiesen die Zustandsklassen von „deutlich verändert“ bis „vollständig verändert“ auf (Abb. 22), so dass der Höckenbach sich im Vergleich zum Weißbach aus hydro-morphologischer Sicht deutlich schlechter darstellt. Gering veränderte oder unveränderte Abschnitte kamen nur in sehr geringen Anteilen vor. Besonders die Abschnitte in den Ortslagen wiesen starke Beeinträchtigungen auf (s. Karte A1.9) - über 70 % der Abschnitte mit Güteklasse 4 (deutlich verändert) und schlechter befanden sich im Siedlungsbereich.

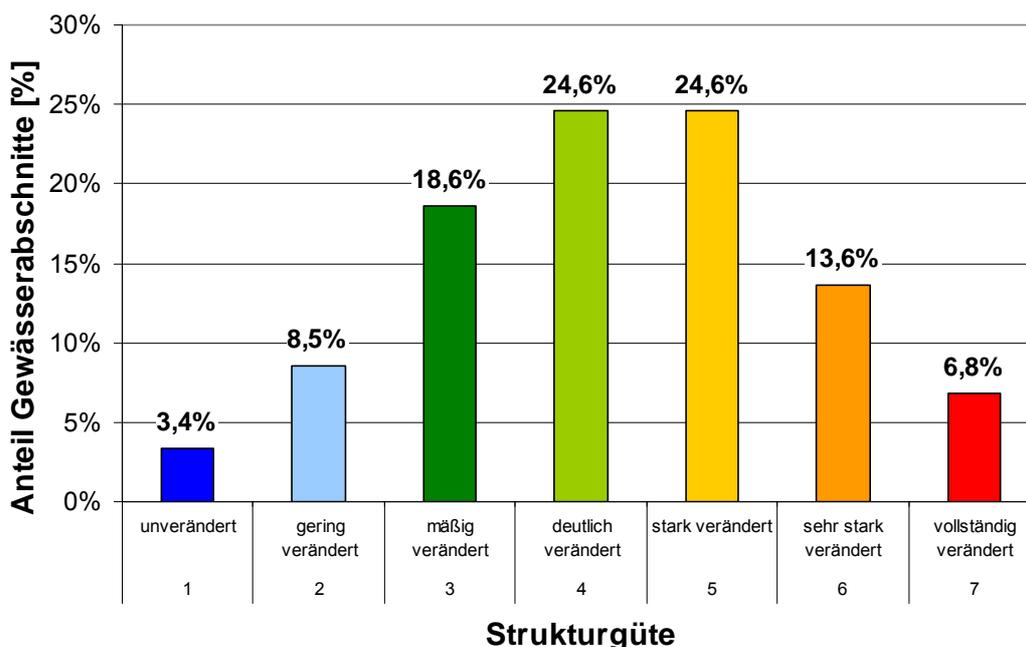


Abb. 22: Verteilung der Strukturgüteklassen am Bachsystem Höckenbach, Gesamtbewertung. (nach DZIANISAVA 2006)

Die größten Defizite waren bei den Hauptparametern „Gewässerumfeld“, „Uferstruktur“ und „Laufentwicklung“ zu verzeichnen (Abb. 23). Der ökologische Zustand des Gewässers verschlechterte sich vom Bachbett zum Gewässerumfeld hin deutlich. Ursache der negativen Bewertung des Gewässerumfeldes ist die überwiegend intensive landwirtschaftliche, z. T. aber auch forstwirtschaftliche Nutzung der an die Ufer direkt angrenzenden Flächen. Lediglich ein einziger Gewässerabschnitt zeichnete sich durch eine standortgemäße Auenv egetation auf beiden Uferseiten aus. Starke Defizite wiesen die untersuchten Gewässer auch in der Ausstattung der Gewässerrandstreifen auf: Nur 12 % aller Gewässerabschnitte hatten einen über 6 m breiten Gewässerrandstreifen; über 50 % wiesen dagegen einen lediglich 1 bis 2 m breiten Streifen auf.

Etwa 60 % der Laufstrecke des Bachsystems wurden im Hinblick auf die strukturelle Ausstattung ihrer Ufer als „stark verändert“ bis „vollständig verändert“ bewertet. Ursache dieser negativen Bewertung war das häufige Vorkommen von Ufersicherungen und fehlende bzw. nicht standortgemäße Ufervegetation.

Etwa ein Viertel aller Gewässerabschnitte zeichnete sich durch eine vollständig veränderte Laufentwicklung mit einer geradlinigen oder gestreckten Linienführung, keinen oder nur ansatzweise vorkommenden Längsbänken sowie fehlender Differenzierung des Bachbettes durch Laufstrukturen aus.

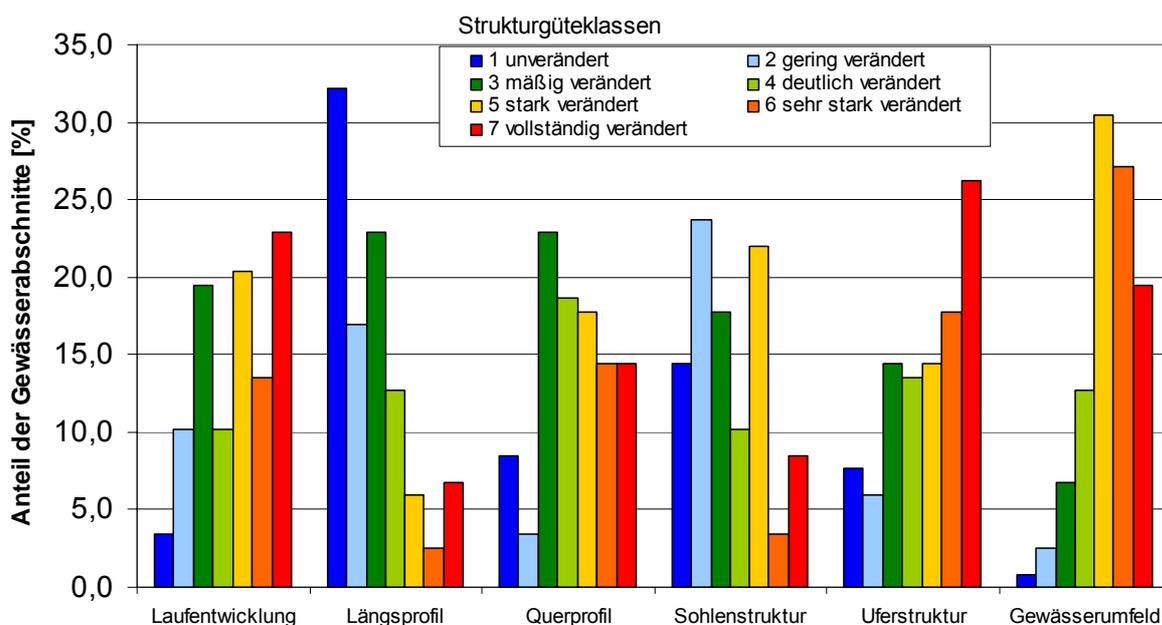


Abb. 23: Verteilung der Strukturgüteklassen der Hauptstrukturparameter des Bachsystems Höckenbach. (nach DZIANISAVA 2006)

Etwas besser stellte sich im Vergleich dazu der Zustand der Sohlenstruktur dar: Hier wiesen 70 % aller Abschnitte im Hinblick auf das Längsprofil einen „unveränderten“ bis „mäßig veränderten“ Zustand auf (Abb. 23).

4.3 Hydrologische Messungen

4.3.1 Wasserstands- und Durchflussmessungen

Die Wasserstands- bzw. Durchflussmessungen im TEZG des Weißbachs verdeutlichen dessen schnelle Reaktion auf Niederschlagsereignisse. Das bedeutet, dass schnelle Abflusskomponenten im Gebiet wirksam sein müssen. Nachfolgend sind die Ergebnisse am Messpunkt 1 (nach dem Zusammenfluss aus dem Richter- und Köhlergrund) beispielhaft für die Monate Juni und Juli 2005 dargestellt (Abb. 24).

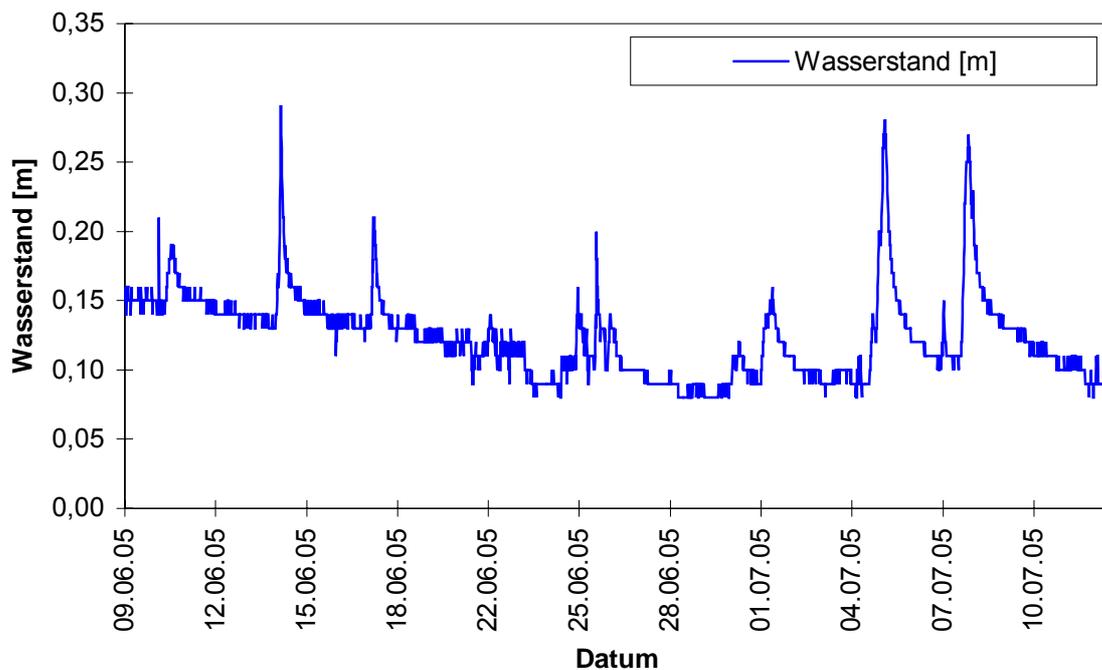


Abb. 24: Wasserstände des Weißbachs über Gewässersohle am Messpunkt 1 (nach dem Zusammenfluss aus dem Richter- und Köhlergrund) vom 09.06.-13.07.2005

Die einzelnen Teileinzugsgebiete des Weißbaches verhalten sich dabei sehr unterschiedlich. Aus Abb. 25 wird deutlich, dass bei Mittelwasserverhältnissen die Abflüsse aus dem Richter- und Köhlergrund (s. Abb. 7, S. 28) nahezu identisch sind (09.06.-13.07.05). Bei einem Starkregenereignis mit Hochwasserabfluss (24.08.05) ist allerdings der Abfluss aus dem Richtergrund deutlich größer bei etwa gleicher Einzugsgebietsgröße.

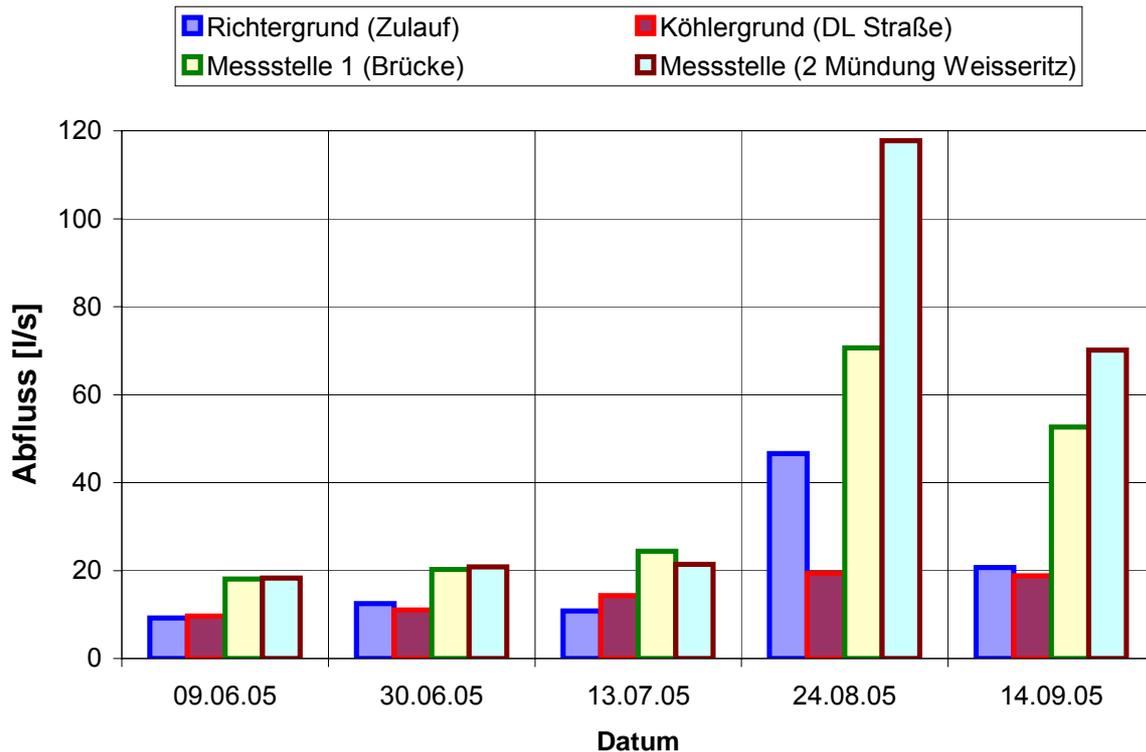


Abb. 25: Ergebnisse der Abflussmessungen im Einzugsgebiet Weißbach (zur Lage der Messstellen s. Abb. 7)

Zur Abschätzung der Beiträge einzelner Gebiete für das Gesamtgebiet wurden 2004 an einem Tag (19.08.04) Flügelmessungen an unterschiedlichen Punkten (Abb. 7, S. 28) sowie Quellschüttungsmessungen durchgeführt. Vom 12.-14.08.2004 hatte es 31 mm geregnet. Tabelle 15 zeigt die Messergebnisse. Die Durchflüsse an diesem Tag entsprachen etwa denen vom 14.09.2005 (Abb. 25).

Tabelle 15: Flügelmessungen (Ott-Messflügel) im TEZG Weißbach.
(aus: STANASZEK 2005; zur Lage der Messstellen s. Abb. 7, S. 28)

Messstelle	Durchfluss [l/s]
	19.08.2004
F-HQ1 Hauptquelle	9
F-1 Brücke Köhlergrund	12
F-3 Brücke Richtergrund	23
F-M 20 m vor Mündung	65

4.3.2 Quellschüttungen und Gewässerchemie

Das Quellgebiet des Weißbachs wird durch die Quellen HQ, B5, B6, B9, B10, B12 und B13 entwässert (Abb. 7, S. 28). Die Hauptquelle lieferte allein 9,1 l/s (14 %) wohingegen die übrigen Quellen nur sehr wenig Wasser schütteten, zwischen 0,1... 2,2 % des Gesamtdurchflusses (Tabelle 16). Insgesamt spendeten sie rund 12 l/s Wasser, was ca. 18 % des pegelnahen Durchflusses in Mündungsnähe entspricht.

Die größten Wassermengen lieferten dabei die Quellen B10 und B11 (vgl. Abb. 7). Alle Quellen des oberen Einzugsgebiets versorgen den Weißbach mit ungefähr 15 % des Gesamtwasseranteils. Während des Sommers war ein Rückgang der Schüttung zu verzeichnen. Dieser unterlag in Abhängigkeit von der Wetterlage vor der Messung sowie dem aktuellen Bodenfeuchtezustand großen Schwankungen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Quellschüttung im TEZG Weißbach.
(aus STANASZEK 2005; zur Lage der Messstellen s. Abb. 7, S. 28)

Quelle	Messstandort	Durchfluss zum Messzeitpunkt [l/s]		
		08.06.2004	06.07.2004	19.08.2004
B3	Mischwald (Fichte, Ahorn, Birke), Rand zur Wiese, in der Nähe die Straße nach Altenberg (45m)	0,1	kein Wasser	kein Wasser
B4	Landwirtschaftlich genutztes Grünland	0,4	0,08	kein Wasser
B5	Wiese, große Hangneigung, steinig, ca. 720 m üNN	0,1	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser
B7	Landwirtschaftlich genutztes Grünland, Drainagewasser	0,1	zu wenig Wasser	zu wenig Wasser
B8	Landwirtschaftlich genutztes Grünland, Drainagewasser	0,5	0,2	zu wenig Wasser
B9	Wiese, landwirtschaftliche Nutzung, oberhalb Fichtenmischwald	0,1	0,08	sehr geringe Schüttung
B10	Wiese, landwirtschaftliche Nutzung, 200m von B9, oberhalb Fichtenmischwald	1,1	0,6	0,5
B11	Weide	1,4	0,3	0,2
B12	Wiese, landwirtschaftliche Nutzung mit hoher Hangneigung	0,0	0,36	sehr geringe Schüttung

Zur Bestimmung der Wasserqualität im TEZG Weißbach wurden zu mehreren Messzeitpunkten Wasserproben entnommen und analysiert (s. Kap 3.3.2). Am Quellaustritt erfolgten zusätzlich Messungen der Wassertemperatur, des pH-Werts und der Leitfähigkeit (s. Tabelle A2.16). Für die Untersuchungen wurden solche Quellen gewählt, die aufgrund der geohydrologischen Aspekte besonders interessant waren.

Aus der Analyse der chemischen Parameter kann u. a. auf die Herkunftsräume des Wassers geschlossen werden (Tabelle 17). Die Quelle B3 zeigt im Vergleich zu den anderen beprobten Quellen auffällige Abweichungen. Die Konzentrationen sowohl an Natrium als auch an Chlorid waren sehr hoch. Dieser Effekt ist auf Streusalz (Natriumchlorid) von der nahe liegenden Straße zurückzuführen. Die Quelle B5 zeigte eine sehr hohe Nitratkonzentration, die über dem Grenzwert für Trinkwasser liegt, und zudem hohe Sulfatgehalte, die auf die landwirtschaftliche Nutzung (Düngung mit Ammoniumsulfat) zurückzuführen sind. Vergleichsweise sehr niedrige Konzentrationen an Nitrat und Chlorid wies die Quelle B10 auf. Diese Quelle tritt direkt unterhalb des Fichtenmischwaldes aus und wird von diesem gespeist. Die Gehalte zeigen, dass die Quellen B5 und B10 ihr Wasser überwiegend aus oberflächennahen Schichten erhalten, was auf hohe Zwischenabflussanteile schließen lässt. Sie bestätigen damit die Aussagen der Anwendung des WBS FLAB (s. Abb. 27, Kapitel 4.5.1)

Tabelle 17: Konzentration der chemischen Inhaltsstoffe an ausgewählten Quellen Einzugsgebiet Weißbach (aus: STANASZEK 2005; zur Lage der Messstellen s. Abb. 7, S. 28)

	Messung: 10.06.2004 / 06.07.2004					
	Mg ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Normen zur Qualität von Oberflächenwasser [ROTH 2001]	30 (gelöst)	60	100 (gelöst)	100	25	100
	[mg/l]					
HQ (<i>Hauptquelle</i>)	3,4/3,3	6,2/5,8	33,5/34,6	14,0/15,7	24,7/25,7	35,4/38,0
B3 (<i>Waldrand/Straße</i>)	6,4/5,4	40,5/32,4	39,5/49,3	110,2/107,9	21,2/19,3	30,0/31,5
B4 (<i>Waldrand/Straße</i>)	3,5/3,4	14,2/13,2	25,4/27,4	44,1/41,4	21,5/17,0	24,6/27,7
B5 (<i>Wiese</i>)	5,7/5,6	4,9/5,0	24,8/24,9	7,3/15,2	75,7/69,3	33,7/50,1
B8 (<i>Drainagewasser</i>)	2,8/3,1	7,1/8,5	24,0/27,7	7,7/13,7	25,4/23,7	40,1/44,3
B9 (<i>Wiese</i>)	2,4/0,1	2,7/0,1	19,9/22,5	1,7/1,7	4,3/3,6	37,1/37,8
B10 (<i>Wiese</i>)	2,4/2,9	2,6/3,2	19,8/23,6	1,8/2,0	5,8/6,4	35,8/42,5

4.4 Hochauflösendes Geländemodell TEZG Weißbach

Die Erzeugung des digitalen Oberflächenmodells erfolgte mit 138 Passpunkten und 54 Verknüpfungspunkten. Es ergab sich ein digitales Oberflächenmodell mit einer Auflösung von 4,2 m (HÖHLIG 2005). Dabei gab es Regionen, an denen keine korrespondierenden Pixel gefunden werden konnten. Diese Gebiete repräsentieren Felder mit recht einheitlichen Grauwertverteilungen, die es erschweren, gleiche Positionen genau zu lokalisieren. Diesen Gebieten wurden Fehlwerte zugewiesen.

Für die Umwandlung des Oberflächenmodells in ein Geländemodell wurde das bereits vorhandene digitale Geländemodell (Quelle: LVA) mit einer Auflösung von 20 m herangezogen. Denjenigen Bereichen des erzeugten Oberflächenmodells, die Wälder oder Gebäude repräsentierten, sowie den Bereichen mit Fehlwerten, wurden die Werte des 20 m DGM's zugewiesen. Das resultierende Geländemodell ist in Abb. 27 zu sehen.

Von HENRY et. al. (2002) wird für Luftbilder mit einem Maßstab von 1:10000 und einer Brennweite von 50 mm eine erreichbare Genauigkeit in x-, y- und z-Richtung von 0,5 bis 3 m angegeben. In der vorliegenden Arbeit wurden allerdings Fotos mit einem kleineren Maßstab (1:16000) verwendet und die verwendete Kamera hatte eine Brennweite von 152 mm. Unter diesen Voraussetzungen liegt die hier erreichte Genauigkeit von 4,2 m in x- und y-Richtung in einem guten Bereich. In z-Richtung ist eine exakte Aussage über die Genauigkeit nicht direkt möglich. Beim Vergleich mit dem 20 m DGM des LVA kann aber eine metrische Genauigkeit angenommen werden (Differenz der Höhen des 20 m DGM's und des 4,2 m DGM's: mittlere Differenz -1,9 m; Standardabweichung ~ 2 m; entspricht einer externen Validierung - KASSER & EGLES, 2002).

Die hier vorgestellte Methode der Fernerkundung bietet einen schnellen Weg, Informationen aus digitalen Daten zu gewinnen. Eine genaue geometrische Korrektur der Luftbilder und gute Passpunkte erlauben eine Auflösung im Meterbereich.

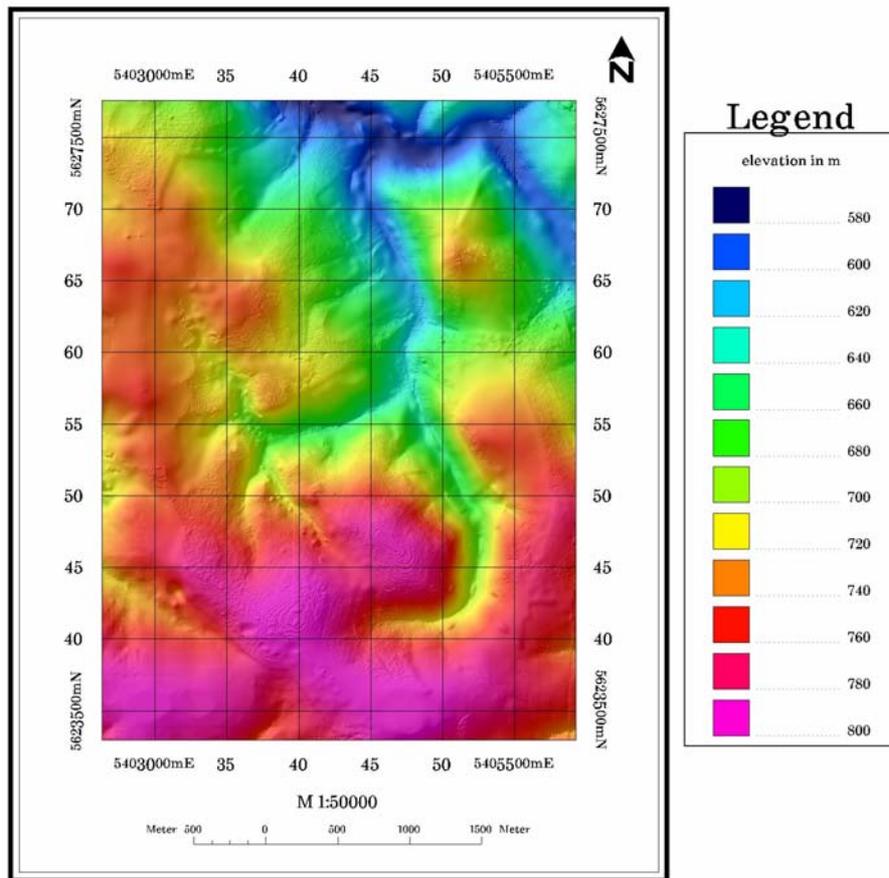


Abb. 27: Digitales Geländemodell des Weißbacheinzugsgebietes hinterlegt mit einem Schattenrelief (aus: HÖHLIG 2005)

4.5 Raumgliederung dominanter Abflüsse

Zunächst wurde das WBS FLAB in den Erkenntnisgebieten Weißbach und Höckenbach angewendet (Kap. 4.5.1, 4.5.2), die als TEZG die Vielfalt der Bedingungen im Gesamteinzugsgebiet der Weißeritz repräsentieren. Das TEZG Weißbach ist dabei gut hydrologisch untersucht (Kap. 4.3). Anschließend wurde das WBS FLAB auf das Gesamteinzugsgebiet der Weißeritz angewendet (Kap. 4.5.3). Basierend auf den erzielten Ergebnissen wurden verschiedene Nutzungsszenarien aufgestellt (s. Kap. 5.2) und die Modellierungen durchgeführt, mit dem Ziel den Einfluss der Landnutzung auf die Abflussbildung bei Hochwasser darzustellen.

4.5.1 TEZG Weißbach

Das WBS FLAB weist als dominierende Abflusskomponente im TEZG potenziell vorwiegend Zwischenabfluss aus (Abb. 28). Der schnelle Zwischenabfluss (33 % der Fläche) tritt insbesondere in stärker geneigten Bereichen auf flachgründigen bewaldeten Böden (Fichtenwald; vgl. Karte A1.5) auf.

Die flachgründigen Böden auf undurchlässigem Untergrund weisen generell kleine Speicherkapazitäten auf (ANDREASSIAN 2004). Die Speicherkapazität dieser Böden kann sich unter Wald erhöhen (organische Auflage, intensive Durchwurzelung). Des Weiteren wirken Interzeption und Verdunstung dahin gehend, dass unter Wald der Boden weniger Niederschlag erhält und stärker ausgeschöpft wird (JOHNSON-MAYNARD et al. 2002). Dennoch ist der Wasserrückhalt bei einem hochwasserauslösenden Niederschlagsereignis nicht in der Lage, den Abfluss maßgeblich zu reduzieren (HEGG 2006, LÜSCHER & ZÜRCHER 2002).

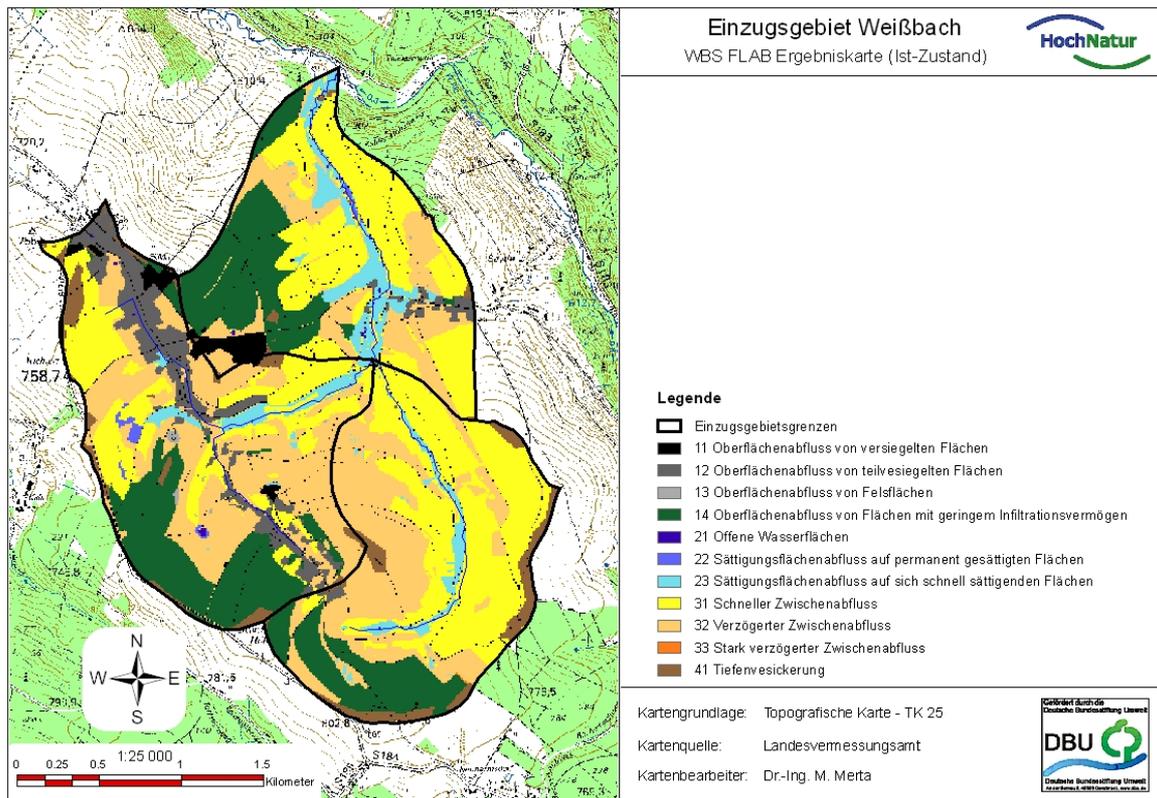


Abb. 28: Raumgliederung nach dominanten Abflussbildungsprozessen; TEZG Weißbach (WB-Ist)

Von erheblicher Bedeutung ist hier auch die Art der Vegetation. Das flache Wurzelsystem der Fichte führt zur Entstehung eines intensiveren vorwiegend hangparallelen Makroporensystems, was auf den flachgründigen Böden das Auftreten schneller lateraler Abflüsse begünstigt (z.B. UCHIDA et al. 2005, UCHIDA et al. 2001). Auf Lößböden unter extensiv genutzter Frischwiese (leichter geneigte Lagen; vgl. Karte A1.5) entsteht dagegen hauptsächlich verzögerter Zwischenabfluss (29 % der Fläche). Dieser artenreiche Biotoptyp ist durch ein gut ausgebautes dichtes Wurzelsystem charakterisiert (Bodenauflockerung). Wurzelhaare sowie feine Wurzeln der bodenoberflächen nahen Schicht (bis ca. 30 cm) schaffen Fein- und Mittelporen, was zur Vergrößerung des Bodenspeichers beiträgt. Ein hoher Mittel- und Grobwurzelanteil und eine tief reichende Durchwurzelung gewährleisten in Zusammenhang mit zahlreichen Gängen der Bodenmegafauna eine bessere Infiltration und tiefere Perkolation (DOUSSAN et al. 2003). Dadurch fließt das Wasser mit einer zeitlichen Verzögerung über tief liegenden dichten Horizonten lateral ab.

Im Gebiet ist auch ein hoher Anteil an Oberflächenabfluss von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen zu verzeichnen (19 % der Fläche). Das betrifft insbesondere Ackerflächen und das intensiv genutzte Grünland (ZIMMERMAN et al. 2006). Der schnell reagierende Oberflächenabfluss bei den Ackerstandorten wird vorwiegend durch Bodenverdichtung und Oberbodenverschlammung verursacht. Bei einer Pflugsohlenverdichtung kann auch oberflächennaher (schneller) Zwischenabfluss auftreten (SCHOBEL et al. 2001). Ist die Bodenspeicherkapazität erschöpft und der Boden gesättigt, setzt sofort Oberflächenabfluss ein. Das Intensivgrünland (Fettwiese und -weide) weist nur in den oberen 10-15 cm eine höhere Wurzeldichte mit überwiegend Feinwurzeln auf (0.3 ... 0.7 mm), was den Speicherraum in der oberen Schicht vergrößern kann (SLOBODA & LEUSCHNER 2002). In Folge von Viehtritt und häufigem Befahren

mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen entsteht eine Bodenverdichtung und damit eine Infiltrationssperre, die zu Oberflächenabfluss führt (KURZ et al. 2006, DIEPOLDER et al. 2005). Die Durchflussmessungen im TEZG Weißbach zeigen, dass bei Starkniederschlägen der Vorfluter sehr schnell reagiert und extrem hohe Abflüsse innerhalb sehr kurzer Zeiträume auftreten (Abb. 11, S. 39).

4.5.2 TEZG Höckenbach

Die Raumgliederung nach dominanten Abflussprozessen (Abb. 29) weist potenziell vorwiegend Oberflächenabfluss von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen aus (ca. 42,5 % der Fläche). Dies betrifft hauptsächlich die landwirtschaftlich genutzten Schluffböden (Löß). Bodenverdichtungen und Oberbodenverschlammung verschärfen das Problem.

Auf knapp über 15 % der Gesamtfläche tritt schneller Zwischenabfluss auf. Dies betrifft insbesondere die Ackerstandorte mit Pflugsohlenverdichtung und stärker geneigte Flächen (z.B. Mündungsbereich in die Weißeritz). Mit einem Anteil von etwa 6 % der Gesamtfläche dominiert in Auenbereichen der Sättigungsflächenabfluss auf sich schnell sättigenden Flächen (Gleye und Auenböden; s. Abb. 4, S. 17). Langsame Abflusskomponenten wie verzögerter Zwischenabfluss, stark verzögerter Zwischenabfluss und Tiefenversickerung entstehen überwiegend in Bereichen mit geringer Hangneigung (0° ... 2°) sowie auf tiefgründigen Braunerden und unter Wald. Sie nehmen über ein Viertel der Gesamtfläche an.

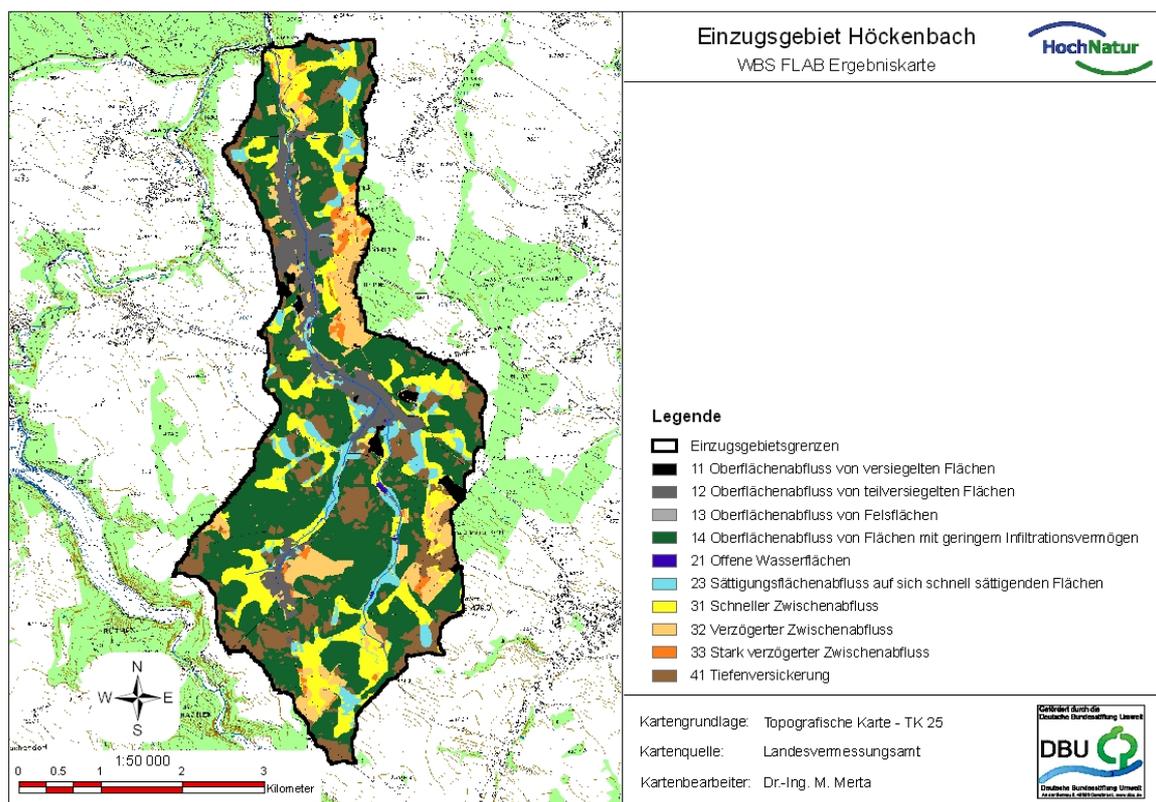


Abb. 29: Raumgliederung nach dominanten Abflussbildungsprozessen, TEZG Höckenbach (HB-Ist)

4.5.3 EZG Weißeritz

Als dominierende Abflusskomponente weist das WBS FLAB im EZG Weißeritz potenziell vorwiegend Zwischenabfluss aus (50 % der Gesamtfläche; Abb. 30). In stärker geneigten Berei-

chen und auf flachgründigen meistens mit Fichte bewaldeten Böden entsteht hauptsächlich schneller Zwischenabfluss (33 %). Dies ist auf die sehr begrenzte Speicherkapazität dieser Böden zurückzuführen. In leichter geneigten Lagen auf den Löß- und tiefgründigen Böden (Wald, Grünland) entsteht dagegen hauptsächlich verzögerter Zwischenabfluss (17 %). Im Gebiet ist auch ein hoher Anteil an Oberflächenabfluss von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen zu verzeichnen (21 %). Das betrifft insbesondere Lößböden, die landwirtschaftlich genutzt werden (s. Kap. 4.5.1).

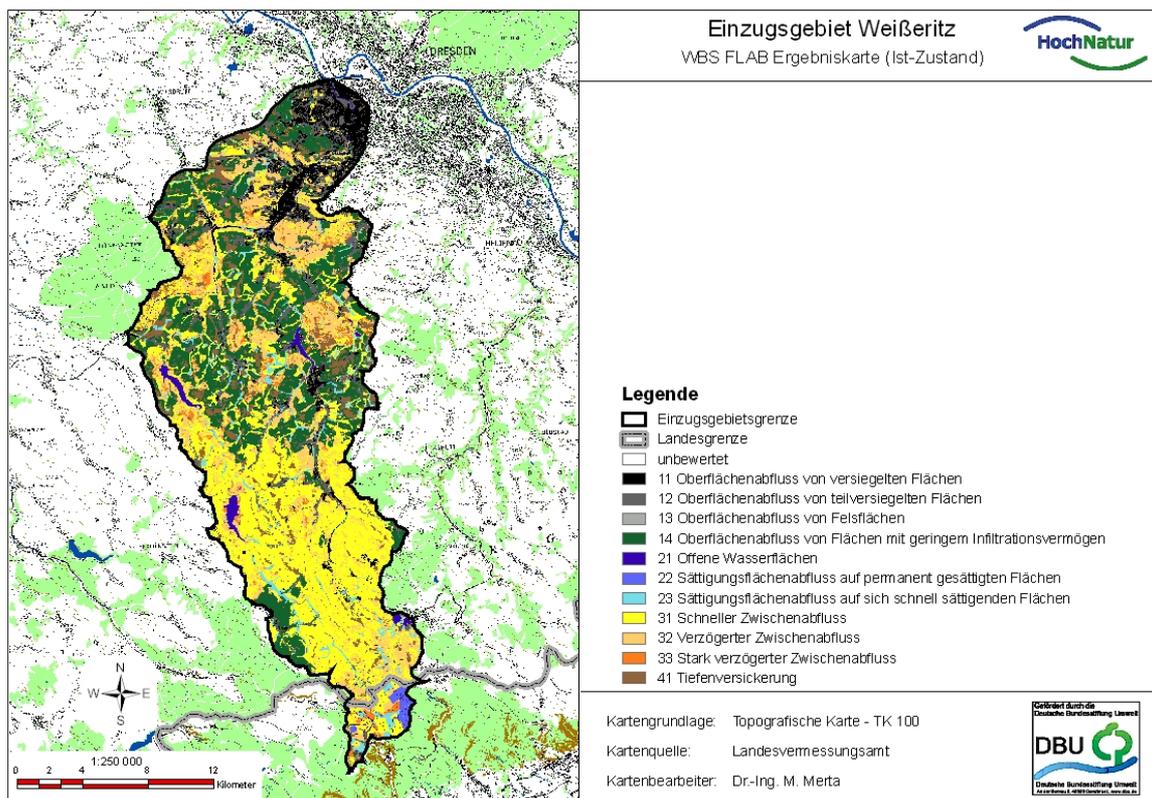


Abb. 30: Raumgliederung nach dominanten Abflussbildungsprozessen; EZG Weißeritz (W-Ist)

5 Ergebnisse 2: Nutzungsszenarien

Folgende wesentliche Ziele sollten mit der Erstellung und Bewertung der Landnutzungsszenarien erreicht werden:

- Abschätzung und Bewertung des Beitrags von verschiedenen Landnutzungsänderungen für den Hochwasserschutz bzw. für den Naturschutz
- Argumentationshilfe für die Umsetzung diesbezüglicher Maßnahmen

5.1 Herleitung der Szenarien

Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Szenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes war die Erarbeitung prioritärer Ziele (Kasten 4) und darauf aufbauend die Ableitung allgemeiner Leitlinien bzw. Synergien zwischen Belangen des Hochwasserschutzes und des Naturschutzes (s.u.). Die Herangehensweise war dabei unterschiedlich: Die prioritären Ziele des Naturschutzes beziehen sich primär auf die räumliche Landschaftsausstattung, dagegen spielen für den Hochwasserschutz hydrologische Prozesse die wesentliche Rolle (Kasten 4).

Kasten 4: Prioritäre Ziele des Naturschutzes und Hochwasserschutzes und Leitlinien als Grundlage für die Aufstellung und Bewertung von Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes

Prioritäre Ziele	
Naturschutz	Hochwasserschutz
<ul style="list-style-type: none">• Erhalt bzw. Förderung der Arten- und Lebensraumvielfalt• Erhalt bzw. Förderung des Biotopverbundes und der Durchgängigkeit• Erhalt und Förderung hochwertiger Biotoptypen• Reduktion der Bodenerosion• Erhalt bzw. Förderung des für den Naturraum charakteristischen Landschaftsbildes	<ul style="list-style-type: none">▸ Dämpfung des Hochwasserspitzenabflusses▸ Reduktion der schnellen Abflusskomponenten▸ Erhöhung der Speicherfähigkeit der Flächen▸ Reduktion der Fließgeschwindigkeit (Oberflächen- u. Zwischenabfluss, im Gewässer)▸ Erhöhung des Wasserrückhalts in der Aue
<p>Folgende Leitlinien für Landnutzungsänderungen / Synergien wurden aufgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none">• Landnutzungsänderungen bevorzugt auf Flächen mit schnellen Abflusskomponenten• Extensivierung von Intensivgrünland• Waldumbau (durch standortgerechte, heimische Arten der PNV)• Waldmehrung (PNV, beschränkt auf Flächen geringer naturschutzfachlicher Wertigkeit)• Umwandlung von Ackerflächen in Extensivgrünland (z.B. Bergwiesen) bzw. in Wälder (PNV)• Etablierung von linearen Kleinstrukturen wie Hecken, Böschungen, Raine• (Verbliebene) Äcker mit konservierender Bodenbearbeitung• Renaturierung der Gewässer (z.B. Förderung des natürlichen Abflussgeschehens, der Eigendynamik und Durchgängigkeit, Etablierung autotypischer Vegetation)• Schaffung von Retentionsflächen, Rückhaltemulden und Kleinrückhalten (in Gewässerabschnitten mit Ufervegetation geringer naturschutzfachlicher Wertigkeit)	

Für beide **Erkenntnisgebiete** wurden basierend auf den in Kasten 4 genannten prioritären Zielen des Naturschutzes detaillierte naturschutzfachliche Leitbilder und auf die regionalen

Verhältnisse angepasste gebietsbezogene Leitlinien formuliert (Tabelle A2.17, Tabelle A2.18). Die Definition der Leitbilder orientiert sich dabei auch am Regionalplan (hier: REGIONALER PLANUNGSVERBAND OBERES ELBTAL/OSTERZGEBIRGE 2001).

Für das gesamte mesoskalige Einzugsgebiet der **Weißeritz** lagen im Vergleich zu den Erkenntnisgebieten die Landnutzungsdaten nur in geringerer Auflösung (CIR) vor. Deshalb konnten für das Weißeritz-EZG keine Szenarien mit flächengenauen Maßnahmevorschlägen erarbeitet werden. Auf dieser gröberen/größeren Skala wurden stärker abstrahierte Landnutzungsänderungen als Grundlage für die Szenarien herangezogen, die vergleichsweise einfach mit einem GIS umgesetzt werden konnten. Aus Sicht des Naturschutzes orientierten sich die Szenarien für das EZG Weißeritz im Wesentlichen an zwei grundsätzlichen Zielen:

- hoher Anteil naturnaher Biotoptypen und
- hoher Anteil wertvoller Offenlandbiotope, insbesondere des Extensivgrünlandes

Ein Biotopverbundsystem wäre ebenfalls ein wesentliches Ziel. Aufgrund der Größe des Gebietes und der Vielzahl der zu berücksichtigenden oft kleinräumigen Strukturen konnte dies allerdings nicht in die Szenarien integriert werden.

Auf die Erstellung von detaillierten, auf die verschiedenen Naturräume des EZG Weißeritz abgestimmten Leitbildern (entsprechend dem Vorgehen bei den TEZG, (Tabelle A2.17, Tabelle A2.18) wurde verzichtet. Aus den grundsätzlichen Zielen lassen sich die folgenden wesentlichen Leitlinien aus **Naturschutzsicht** im Weißeritz-EZG ableiten:

- Erhöhung des Anteils extensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen
- Erhöhung des Anteils naturnaher Wälder durch Waldumbau bzw. ökologische Waldmehring (PNV)

Vom Standpunkt des **Hochwasserschutzes** aus orientierten sich die Szenarien insbesondere an:

- der Reduzierung der schnellen Abflusskomponenten, d.h. dem Oberflächen- und Zwischenabfluss
- der Verzögerung der Abflusskonzentration sowie
- der Erhöhung der Speicherfähigkeit der Gebiete.

Dies führt zu folgenden wesentlichen Leitlinien für das EZG der Weißeritz aus Hochwasserschutzsicht:

- Waldmehring entsprechend PNV auf Flächen mit schnellen Abflusskomponenten
- Erhöhung des Anteils extensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen
- Erhöhung des Anteils konservierend bearbeiteter landwirtschaftlicher Flächen.

Ein Vergleich der Leitlinien aus Sicht des Hochwasser- und des Naturschutzes für das Weißeritzgebiet zeigt erneut, dass sich auch auf dieser Ebene Synergieeffekte ergeben (vgl. Kasten 4) da aus beiderlei Sicht eine Extensivierung der Landnutzungsintensität zu fordern ist und die Artenzusammensetzung der Wälder standortangepasst sein sollte.

Ausgehend von den prioritären Zielen wurden von HochNatur im Wesentlichen neben der Ist-Situation (Kap. 4) 3 verschiedene Szenarientypen aufgestellt:

- **Pragmatische Szenarien:** Szenarien in Absprache mit Akteuren vor Ort; es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit der Umsetzung der Maßnahmen.

- **Referenzszenarien:** Szenarien, die v.a. auf Flächen mit schnellen Abflusskomponenten bestimmte Landnutzungsänderungen bewerten; zumindest die Umsetzung eines Teils der Maßnahmen erscheint realistisch.
- **Extremszenarien:** Szenarien zur theoretischen Abschätzung der Bedeutung bestimmter, umfangreicher Landnutzungsänderungen; die Praxisrelevanz spielt hier eine sehr untergeordnete Rolle.

Neben Referenzszenarien, die überwiegend Landnutzungsänderungen auf Flächen mit schnellen Abflusskomponenten vorsehen (hier sind die größten Effekte für den Hochwasserschutz zu erwarten), wurden auch Extremszenarien erarbeitet, die jeweils das gesamte Einzugsgebiet mit umfangreichen Landnutzungsänderungen berücksichtigen. Hierzu zählen Szenarien aus Sicht des Naturschutzes und aus Sicht des Hochwasserschutzes sowie „Kompromiss-Szenarien“, in denen beide Standpunkte/Gesichtspunkte so berücksichtigt wurden, dass gegenüber der Ist-Situation jeweils eine wesentliche Verbesserung erreicht wird. Diese Extremszenarien wurden nur für die TEZG Weißbach und Höckenbach, nicht für das gesamte EZG der Weißeritz erarbeitet.

5.2 Kurzcharakteristik der Szenarien

Hinter der Bezeichnung der Szenarien sind in Klammern Kürzel angegeben, die in den folgenden Abbildungen und Tabellen verwendet werden. Die ersten Buchstaben des Kürzels verschlüsseln das jeweilige Einzugsgebiet: W für Weißeritz, WB für Weißbach und HB für Höckenbach, die darauf folgenden Buchstaben die einzelnen Szenarien. In Tabelle A2.19 sind die relativen Flächenanteile der Landnutzungshauptklassen für die einzelnen Szenarien aufgeführt.

(1) praktikable Szenarien: Szenarien in Absprache mit Akteuren vor Ort

Die Akteure sind in diesem Fall die Bürgermeister, der Landschaftspflegeverband und Landnutzer (Landwirtschaftsgenossenschaft), mit denen HochNatur kooperiert. Primäres Ziel aus Sicht der Akteure war, die Bodenerosion und damit Schlammeinträge in bebautes Gebiet zu vermindern und ggf. Abflussbahnen zu verlegen (s. auch Kap. 9).

Anlage von Hecken (WB-Hprak, HB-Hprak)

Für das Weißbachgebiet wurden gemeinsam mit dem Bürgermeister mehrere Standorte für Hecken zur Verlegung von Fließwegen erarbeitet (s. Abb. 50, S. 91).

Im Höckenbachgebiet konnte sich HochNatur in die Planung einer Hecke (Ruppendorf) zur Reduktion von Schlammeinträgen einbringen (Abb. 52, S. 92). Ergänzend zur Hecke wurde hangabwärts ein Grünstreifen angelegt.

(2) Referenzszenarien

Waldumbau / Äcker über 500 mNN zu Extensivgrünland (W-WU+A-G)

Dieses Szenario umfasst den Umbau aller bestehenden Waldflächen entsprechend der potenziellen natürlichen Vegetation (PNV, nach SCHMIDT et al. 2002) sowie die Umwandlung der Ackerflächen in Höhenlagen über 500 m ü NN in Extensivgrünland (Karte A1.10).

Über ein Drittel der Gesamtfläche des EZG Weißeritz ist bewaldet, wobei die Fichtenforste eine dominierende Rolle spielen (Tabelle A2.19). Mit einem Anteil von ca. 17 % an der Gesamtfläche nehmen sie beinahe die Hälfte aller Waldbestände ein. Im Falle des Umbaus der Wälder des Ist-Zustandes entsprechend der PNV nehmen die Buchenwälder 23 % der Gesamtfläche des

EZG ein. Der Anteil der Nadelwälder geht auf etwa 2 % der Gesamtfläche zurück. Durch die Umgestaltung der Ackerflächen in den oberen Höhenlagen zu Extensivgrünland sinkt ihr Anteil im Vergleich zum Ist-Zustand um etwa 2 %-Punkte von 23 auf 21 % der Gesamtfläche.

Extensivierung Grünland und Waldmehrung (W-Gext-WM)

Bei diesem Szenario handelt es sich um die Extensivierung aller Grünlandflächen und eine Waldmehrung entsprechend den Planungen des Landesforstpräsidium (Karte A1.11) Die Vorgaben bzgl. der Waldmehrungs- bzw. Erstaufforstungsflächen stammen aus den Forstämtern Bärenfels, Altenberg und Tharandt. Da keine Informationen zu den Baumarten vorlagen, wurden die entsprechenden Flächen mit Fichte bewaldet. Der Flächenanteil der Waldbestände erhöht sich dadurch um knapp 3 %-Punkte von 22 auf 25 %. Die Extensivierung des bisher intensiv genutzten Grünlands bewirkt einen Anstieg des Flächenanteils von Extensivgrünland auf etwa 21 % der Gesamtfläche.

Waldumbau (WB-WU), (HB-WU)

Die Umgestaltung der Landnutzung erfolgt in diesem Szenario ausschließlich auf Flächen mit schnellen Abflusskomponenten (vgl. Abb. 27 und 28, S. 59 und 60). Dabei handelt es sich um einen Waldumbau entsprechend der PNV (SCHMIDT et al. 2002) (Karte A1.14, vgl. Abb. 5, S. 21). Die beiden Einzugsgebiete unterscheiden sich bzgl. der Flächenanteile der Wälder deutlich (Kap. 2.5 und 4.1.1). Die Waldbestände nehmen aktuell im TEZG Weißbach etwa 25 % und im TEZG Höckenbach ca. 13 % der Gesamtfläche ein. Durch den Waldumbau im TEZG Weißbach sinkt der Nadelwaldanteil um etwa 18 %-Punkte zu Gunsten des Laub- (11,4 %) und des Mischwaldes (10,4 %) (Tabelle A2.19). Im TEZG Höckenbach sind die Unterschiede im Vergleich zum Ist-Zustand deutlich kleiner (Tabelle A2.19). Der Nadelwaldanteil wird nur um ca. 2 %-Punkte reduziert. Dem entsprechend erhöhen sich die Flächenanteile der Laubwald- und der Mischwaldbestände um 0,9 % bzw. um 1,1 %-Punkte.

Waldmehrung (WB-WM), (HB-WM)

Dieses Szenario wurde in beiden Erkenntnisgebieten unter Berücksichtigung sowohl hydrologischer als auch naturschutzfachlicher Aspekte aufgestellt. Die Aufforstung des Offenlands entsprechend der PNV (SCHMIDT et al. 2002) wurde besonders für Flächen vorgesehen, die schnelle Abflusskomponenten liefern (vgl. Abb. 28 und Abb. 29). Entscheidende Kriterien bei der Auswahl der aufzuforstenden Bereiche stellten auch die aus dem DGM ermittelten Fließlängen und Fließrichtungen dar. Die aus Naturschutzsicht hochwertigen Biotoptypen wie z.B. die Auenwälder, Nass- und Bergwiesen sowie die Kleinstrukturen in Offenlandbereichen (Hecken, Steinrücken, Feldgehölze, Alleen und Baumreihen, Einzelbäume und Baumgruppen) blieben dabei weitgehend erhalten (vgl. Karte A1.5 und Karte A1.15). Ein weiteres naturschutzfachliches Ziel war, die Durchgängigkeit (Korridore) zwischen Offenlandflächen in der Aue und den Hängen bzw. Kuppen zu gewährleisten (Tabelle A2.17).

Im TEZG Weißbach verdoppelt sich durch diese Maßnahme der Anteil der bewaldeten Fläche auf etwa 50 % der Gesamtfläche. Gleichzeitig werden die Anteile der Grünlandflächen um 13,5 %-Punkte und des Ackerlands um etwas über 8 %-Punkte reduziert. Im TEZG Höckenbach ist ein Anstieg der bewaldeten Flächen an der Gesamtfläche von 12,6 % bis auf 38,6 % der Gesamtfläche zu verzeichnen. Dabei sinken die Anteile der Acker- und der Grünlandflächen um entsprechend 24,3 %- und 1,7 %-Punkte.

Äcker – konventionelle zu konservierende Bodenbearbeitung, Zwischenfrucht (WB-Akon), (HB-Akon)

Die Ackerflächen nehmen im TEZG Höckenbach einen besonders hohen Flächenanteil (68,9 %) ein (Abb. 14, S. 42; Tabelle A2.19). Im TEZG Weißbach stellen sie dagegen nur ca. 17 % (bzw. 21 % incl. Sonderkulturen) der Gesamtfläche dar (Kap. 4.1.1; Abb. 13, S. 41). Bei den meisten dieser Standorte kommt es zu schnell reagierenden Oberflächen- und Zwischenabflüssen (s. Abb. 27 und 28). Deshalb wurde in diesen Szenarien für alle Äcker die konventionelle Bodenbearbeitung durch eine konservierende Bodenbearbeitung mit Zwischenfrucht ersetzt (Karte A1.16, Karte A1.26).

Äcker zu Extensivgrünland (WB-A-G), (HB-A-G)

Alternativ zu den o. g. Szenarien ((WB-Akon, HB-Akon) wurde hier die Umwandlung der Ackerflächen zu Extensivgrünland geplant (Karte A1.17, Karte A1.27).

Extensivierung Grünland (WB-Gext)

Intensiv genutztes Grünland spielt im TEZG Höckenbach eine untergeordnete Rolle (ca. 4 % der Gesamtfläche, Tabelle A2.19). Im Weißbachgebiet nimmt es dagegen knapp über 10 % der Gesamtfläche ein. Das Landnutzungsszenario wurde deshalb nur für das TEZG Weißbach vorgeschlagen. Dabei erfolgt eine Extensivierung der Grünlandflächen, so dass sich ihr Anteil insgesamt auf etwa 42 % erhöhte (Karte A1.18).

Bachbegleitende Gehölzreihen (WB-Ug)

Anlage bachbegleitender Gehölzreihen (PNV) in ausgewählten Gewässerabschnitten des Weißbaches (Abb. 46, S. 86).

Renaturierung Fließgewässer (HB-Gren)

An einem ausgewählten Gewässerabschnitt im TEZG Höckenbach, dem Grundbach, werden Renaturierungsmaßnahmen (Remäandrierung, Etablierung Ufergehölze u.ä.) durchgeführt (vgl. Kap. 6.2).

(3) Extremszenarien

Komplettbewaldung PNV plus Siedlungen (WB-PNV), (HB-PNV), (W-PNV)

In diesem Szenario wird die Gesamtfläche der Untersuchungsgebiete mit Ausnahme der Siedlungs- und Infrastrukturflächen mit Wald entsprechend der PNV (SCHMIDT et al. 2002) bedeckt (Karte A1.12, Karte A1.19, Karte A1.28). Da dieses Szenario den stärksten Eingriff in die Landschaft darstellt, sind hier sowohl die größten Veränderungen in der Landnutzungsstruktur und Biotopvielfalt als auch in der Abflussbildung zu erwarten.

Im EZG Weißeritz werden Fichten-, Kiefern- und Lärchenbestände weitgehend bzw. vollständig reduziert (Karte A1.12, Tabelle A2.19). Im Gegensatz dazu nehmen vor allem Buchenwälder stark an Fläche zu (57.3 %). Weiterhin erhöhen sich die Anteile der Eichenwälder, Wälder wassergeprägter Standorte und Fichten-Buchenwälder an der Gesamtfläche um insgesamt 18 %-Punkte (s. auch MITURSKI, 2006).

Die Landnutzungsänderungen in diesem Szenario wirken sich in den Erkenntnisgebieten Weißbach und Höckenbach ähnlich aus (Karte A1.19, Karte A1.28): Die reinen Nadelwälder (Fichten-, Kiefern- und Lärchenforst) verschwinden komplett, die Laub- und Mischwälder gewinnen dagegen enorm an Bedeutung (Tabelle A2.19). Im Vergleich zum Ist-Zustand spielen im TEZG Weißbach die Buchenwälder mit knapp 46 % und Fichten-Buchenwälder mit ca. 30 % der

Gesamtfläche eine dominierende Rolle. Im TEZG Höckenbach überwiegen dagegen mit über 70 % der Gesamtfläche Buchen-Eichenwälder.

Szenario Naturschutzmaßnahmen (WB-Nat), (HB-Nat)

Basis für die Aufstellung dieser Szenarien waren die naturschutzfachlichen Leitbilder für die beiden TEZG Weißbach und Höckenbach (Tabelle A2.17, Tabelle A2.18). Ökonomische Aspekte wurden hierbei weitestgehend unberücksichtigt gelassen.

Im TEZG Weißbach werden alle Ackerflächen des Ist-Zustandes in Extensivgrünland unterschiedlicher Ausprägung umgewandelt (Karte A1.20). Grünland wird grundsätzlich extensiv genutzt, so dass dessen Flächenanteil von 31,5 % im Ist-Zustandes auf 61,6 % wächst (Tabelle A2.19). Im Bereich der stark geneigten Hangbereiche wird das Extensivgrünland des Ist-Zustandes durch weitere Extensivierung in eine Bergwiese überführt. Verbaute Quellaustritte werden renaturiert und eine Wiedervernässung (Nasswiesen- und Binsen- und Seggenbereiche) des die Quelle umgebenden Gebietes angestrebt. Besonderes Augenmerk wird auf die Erhaltung der wertvollen Biotope im Bereich des Köhlergrundes und Weißbachtals gelegt. Die Landschaft wird durch Kleinstrukturen (Hecken, Steinrücken, Feldgehölze, Alleen und Baumreihen, Einzelbäume und Baumgruppen) in Offenlandbereichen verstärkt gegliedert. Wertvolle Waldbiotope (vgl. Tabelle A2.4) werden erhalten, wohingegen die restlichen Forste in Bergmischwald entsprechend der PNV (SCHMIDT et al. 2002) umgebaut werden. Eine Waldmehrung findet nicht statt. In der Nähe dörflicher Siedlungen werden einige Streuobstwiesen etabliert.

Die Ausgangssituation im TEZG Höckenbach ist im Vergleich zum TEZG Weißbach eine völlig andere, so dass hier für die Umsetzung des Naturschutzszenarios wesentlich umfangreichere Landnutzungsänderungen erforderlich sind (Tabelle A2.18; vgl. Karte A1.23 und Karte A1.29). Die Ackerflächen des Ist-Zustandes werden zu Gunsten von Extensivgrünland unterschiedlicher Ausprägung und Waldbeständen entsprechend der PNV verdrängt, die im vorliegenden Szenario einen Flächenanteil von 68,9 % bzw. 18,5 % einnehmen (Tabelle A2.19). Eine Waldmehrung findet vor allem im Bereich der Bachläufe, auf den Kuppen und als Erweiterung schon bestehender Waldgebiete statt.

Die Schlaggrößen im Offenland werden verkleinert und die Landschaft wird darüber hinaus durch die Etablierung von Kleinstrukturen weiter gegliedert. Vergleichbar mit dem TEZG Weißbach werden auch hier wertvolle Waldbestände des Ist-Zustandes besonders im Bereich des Durchbruchtales zur Weißeritz (s. Karte A1.6) erhalten und die anderen Forstflächen entsprechend der Artenzusammensetzung der PNV umgebaut.

Stark veränderte Bachabschnitte besonders im Oberlauf und Quellaustritte werden renaturiert.

Szenario Hochwasserschutzmaßnahmen (WB-HW), (HB-HW)

Das Ziel bei der Ableitung dieser Szenarien war die Gewährleistung einer sehr hohen Wertigkeit aus Sicht des Hochwasserschutzes für die beiden Erkenntnisgebiete (vgl. Kap. 5.1). Zwar wurden dabei naturschutzfachliche Aspekte nicht direkt berücksichtigt, dennoch standen Struktureichtum und Diversität der Landschaft im Mittelpunkt (vgl. Tabelle A2.17 und Tabelle A2.18). Aus ökonomischen Gründen sollen die Eingriffe in die aktuelle Landnutzung allerdings möglichst klein gehalten werden. Die Veränderungen betreffen grundsätzlich diejenigen Flächen, auf denen schnelle Abflusskomponenten zu erwarten sind (Abb. 27 und 28). Bei der Auswahl der Flächen werden darüber hinaus die aus dem DGM ermittelten Fließlängen und Fließrichtungen berücksichtigt.

Im Vergleich zum Ist-Zustand erfolgen nach diesem Szenario im TEZG Weißbach Waldmehring (Hochflächen, Flächen mit Oberflächenabflüssen (vgl. Abb. 27) und Waldumbau (steile Hanglagen) entsprechend der PNV, so dass sich der Waldanteil auf 46,3 % erhöht (Tabelle A2.19, Karte A1.21). Weiterhin erfolgen eine Extensivierung des Intensivgrünlands sowie die Umwandlung aller Ackerflächen in Extensivgrünland. Dessen Flächenanteil beträgt in diesem Szenario demnach 40,5 %.

Im TEZG Höckenbach werden alle Ackerstandorte des Ist-Zustandes (Karte A1.6) konservierend bewirtschaftet, das bisher intensiv genutzte Grünland extensiviert und ausgewählte Waldflächen entsprechend PNV umgebaut (Karte A1.30). Die Flächenanteile von Grünland, Acker und Wald bleiben im Vergleich zum Ist-Zustand erhalten.

Szenario Kompromiss Hochwasser- und Naturschutzmaßnahmen (WB-Komp, HB-Komp)

Ziel des hier vorzustellenden Landnutzungsszenarios ist es, an einem Beispiel zu zeigen, wie die naturschutzfachliche Wertigkeit des jeweiligen Einzugsgebietes erhalten bzw. sogar gefördert werden kann und zugleich eine sehr gute Hochwasservorsorge zu erzielen ist. In diese für beide Erkenntnisgebiete erstellten Szenarien fließen auch in begrenztem Umfang Überlegungen zur Ökonomie ein (z.B. Erhalt von Ackerflächen, aber mit angepasster Bewirtschaftung).

Um diese Szenarien aufzustellen, wurden die in Kasten 4 dargelegten prioritären Ziele sowohl aus Sicht des Naturschutzes als auch des Hochwasserschutzes zu Grunde gelegt. In Folge der unterschiedlichen Ausgangssituationen (vgl. Kap. 4.1.1) ergeben sich für die beiden Modellgebiete einige Abweichungen bei den Prioritäten und daraus resultierend Abweichungen hinsichtlich Art und Umfang der vorgesehenen Nutzungsänderungen (s.u.).

Maßnahmen, die einem dieser prioritären Ziele in bedeutendem Maße entgegenstehen, wurden nicht vorgesehen. In beiden Gebieten erfolgt eine Extensivierung der Landnutzung, wobei für das TEZG Höckenbach wesentlich umfangreichere Nutzungsänderungen geplant wurden als für das Weißbachgebiet.

Naturschutzfachliche Ziele für das TEZG Weißbach waren der weitestgehende Erhalt der wertvollen Bereiche der offenen Talaue, der Erhalt bzw. die Förderung der Bergwiesen und der Erhalt von Korridoren zwischen der Talaue und den Grünlandbeständen der Hänge bzw. Kuppen (vgl. Tabelle A2.17). Demzufolge wurde Waldmehring entsprechend der PNV nur in sehr begrenztem Umfang und überwiegend auf den Äckern vorgesehen (Karte A1.22). Der Flächenanteil der Wälder erhöht sich im Vergleich zum Ist-Zustand (24,3 %) um 12,4 %-Punkte (Tabelle A2.19). Gleichzeitig wurde der Anteil des Extensivgrünlandes von 31,5 % auf 49,6 % erhöht.

Für das Höckenbachgebiet ist ein wesentliches naturschutzfachliches Ziel, die Landschaft strukturreicher, d.h. reicher an unterschiedlichen Biotoptypen zu gestalten (vgl. Tabelle A2.18). Aus Sicht des Hochwasserschutzes soll primär das Infiltrationsvermögen der Böden verbessert werden. Als Folge werden im Kompromiss-Szenario Äcker des Ist-Zustandes in Extensivgrünland umgewandelt bzw. entsprechend der PNV aufgeforstet (Karte A1.31). Für die Auswahl der betroffenen Flächen spielten Abflussbahnen eine entscheidende Rolle. Verbleibende Äcker werden prinzipiell konservierend bewirtschaftet, wobei die Schlaggrößen im Vergleich zum Ist-Zustand, anders als beim Naturschutzszenario (s.o.), erhalten blieben. Der Flächenanteil der Äcker nimmt im Vergleich zum Ist-Zustand von 68,9 % auf 44,3 % ab. Die Aufforstungsflächen grenzen an bestehende Waldbestände an, wobei Korridore zwischen Offenlandbereichen erhalten bleiben. Der Flächenanteil des Waldes steigt gegenüber 12,6 % des Ist-Zustandes auf 17,9 %. Zusätzlich wurde eine weitere Untergliederung der Landschaft durch die Anpflanzung von Hecken erreicht.

Insgesamt wurden innerhalb der Szenarien die Landnutzungen auf 10-90 % geändert (Tabelle 18). Bei diesem Vergleich wurden die Szenarien mit nur kleinflächigen Landnutzungsänderungen durch linienhafte Strukturen (Hecken, Fließgewässerrenaturierung) nicht mit betrachtet. Aufgrund der unterschiedlichen Landnutzungsstruktur des Ist-Zustandes betrafen im TEZG Höckenbach die Landnutzungsänderungen deutlich größere Flächen als im TEZG Weißbach.

Tabelle 18: Übersicht der Szenarien, der verwendeten Abkürzungen und der jeweils im Vergleich zum Ist-Zustand modifizierten Flächenanteile (-- = Szenario nicht aufgestellt)

Szenario	Weißeritz (W)	Weißbach (WB)	Höckenbach (HB)
Waldumbau und Acker zu Grünland (WU+A-G)	36,6		
Grünlandextensivierung und Waldmehrung (Gext+WM)	24,2		
Hecken praktikabel (Hprak)		<1 %	<1 %
Hecken des Naturschutzszenarios (H)		<2 %	<2 %
Ufergehölze (Ug)		<2 %	--
Gewässerrenaturierung (Ren)		--	<2 %
Äcker dauerhaft konservierend (Akons)		21,0	69,0
Äcker zu Extensivgrünland (A-G)		16,3	69,0
Grünlandextensivierung (Gext)		9,8	--
Waldumbau (WU)		24,3	12,6
Waldmehrung (WM)		24,9	25,9
Aufforstung entsprechend PNV (PNV)		90,8	89,7
Naturschutzmaßnahmen (Nat)		53,8	83,7
Hochwasserschutzmaßnahmen (HW)		51,8	82,2
Kompromiss Natur- und Hochwasserschutzmaßn. (Komp)		51,3	82,9

5.3 Bewertung der Szenarien der Erkenntnisgebiete

5.3.1 Naturschutzfachliche Bewertung

Bewertung Flächenanteile Biotoptypen

Die Ergebnisse der Bewertung der Biotoptypen zeigen für beide Erkenntnisgebiete für alle Szenarien (Abb. 30, Abb. 31) eine Verbesserung der Situation aus Naturschutzsicht im Vergleich zum Ist-Zustand (Abb. 17, S. 47). Allerdings fällt dies für Szenarien mit vergleichsweise geringen Landnutzungsänderungen, z.B. die Szenarien „Hecken praktikabel“ (Hprak) wesentlich geringer aus als für Szenarien mit umfangreichen Änderungen. Aufgrund des vergleichsweise geringen Flächenanteils der in den Szenarien „Hprak“ und „Hecken aus dem Naturschutzszenario“ (H) angelegten Hecken sind im Vergleich zum Ist-Zustand nur sehr geringe Änderungen der Flächenanteile zu verzeichnen. Gleiches trifft für die Etablierung von Ufergehölzen (WB-Ug) zu (Abb. 30 unten).

Aufgrund der hohen Bewertung der naturnahen Waldbiotoptypen (Tabelle A2.4, Tabelle A2.5) bei allen 3 Kriterien („Naturnähe“, „Ersetzbarkeit“, „Seltenheit“) nimmt der Flächenanteil der Biotoptypen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung wesentlich zu (dunkelgrün), sobald Wälder umgebaut oder neu angelegt werden. Dieses wird besonders bei den Extremszenarien „alle Flächen PNV-Wald + Siedlung“ (WB-PNV, HB-PNV) deutlich (Abb. 31 oben): In beiden TEZG steigt der Flächenanteil der Biotoptypen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung auf etwa 90 % an. Hierbei wird nicht berücksichtigt, dass besonders im Weißbachgebiet durch die Anlage von großflächigen Wäldern wertvolle Biotope und Arten des Offenlandes verloren

gehen, die Biotopvielfalt drastisch zurückgehen und sich zusätzlich das Landschaftsbild dramatisch verändern würde, so dass es nicht den naturschutzfachlichen Leitbildern (Tabelle A2.17, Tabelle A2.18) entsprechen würde. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Integration von Landschaftsstrukturindices in das Bewertungsverfahren erforderlich ist (s.u., Abb. 32, Abb. 33, S. 75).

In weiteren Szenarien (Abb. 30) wird die Zunahme von extensiv genutztem Grünland wie z.B. von Bergwiesen des Höckenbachgebietes analysiert. Diese Biotoptypen wurden mit einer mittleren naturschutzfachlichen Bedeutung bewertet (Wertekategorie 3, Tabelle A2.5). Im Vergleich zu naturnahen Wäldern fällt diese Bewertung schlechter aus, da Grünlandbiotope bei den Indices „Naturnähe“ und „Ersetzbarkeit“ nicht vergleichbar hohe Bewertungen erhalten. Demzufolge bedingt eine Zunahme von Grünland die Zunahme der entsprechenden Flächenanteile der Wertekategorie „mittlere naturschutzfachliche Bedeutung, in Abb. 30 hellgrün. Bei Nutzung der Äcker des Ist-Zustandes als Grünland nimmt der Flächenanteil im Vergleich zum Ist-Zustand im Weißbachgebiet (WB-A-G) um 26 %, im Höckenbachgebiet (HB-A-G) sogar um 68 % zu. Würde alles Grünland des Ist-Zustandes extensiv genutzt werden, hätte dies im Weißbachgebiet (WB-Gext) eine Zunahme der Anteile der Flächen mit mittlerer naturschutzfachlicher Bedeutung um etwa 16 % zur Folge. Aufgrund der sehr geringen Flächenanteile vorhandenen Grünlandes im Ist-Zustand wurde für das Höckenbach-TEZG kein entsprechendes Szenario aufgestellt.

Die Bewertung der Extremszenarien zeigt aus Sicht des Naturschutzes für alle Szenarien insgesamt die besten Bewertungsergebnisse (Abb. 31). In fast allen Szenarien liegt der Flächenanteil der Biotoptypen mit einer mittleren bis hohen naturschutzfachlichen Bedeutung bei etwa 90 % (Abb. 31). Lediglich im Höckenbachgebiet liegt dieser Anteil bei dem Hochwasserschutzszenarium (HB-HW) und dem Kompromisszenario (HB-Komp) mit ca. 30 % bzw. 47 % darunter. Beide PNV-Szenarien (WB-PNV, HB-PNV) erreichen aufgrund des hohen Waldanteils einen Flächenanteil von etwa 90 % der Biotoptypen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung.

Obwohl die Naturschutzszenarien (WB-Nat, HB-Nat) den aufgestellten Leitbildern (Tabelle A2.17, Tabelle A2.18) sehr nahe kommen, ergibt die Bewertung der Biotoptypen im Vergleich zu den anderen 3 Extremszenarien einen vergleichsweise kleinen Flächenanteil an Typen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung. Ursache ist der geringere Flächenanteil an naturnahen Wäldern (s.o.), deren Biotoptypen aufgrund der gewählten Kriterien eine sehr hohe naturschutzfachliche Wertigkeit erhalten (vgl. Tabelle A2.4, Tabelle A2.5). Der Flächenanteil der Biotoptypen mit sehr geringer naturschutzfachlicher Bedeutung ist besonders bei den Szenarien „Hochwassermaßnahmen“ und „Kompromiss Hochwasser- und Naturschutzmaßnahmen“ im Höckenbachgebiet hoch, auch wenn im Vergleich zum Ist-Zustand (79,3 %) eine Reduktion auf 68 % bzw. 53 % festgestellt werden kann.

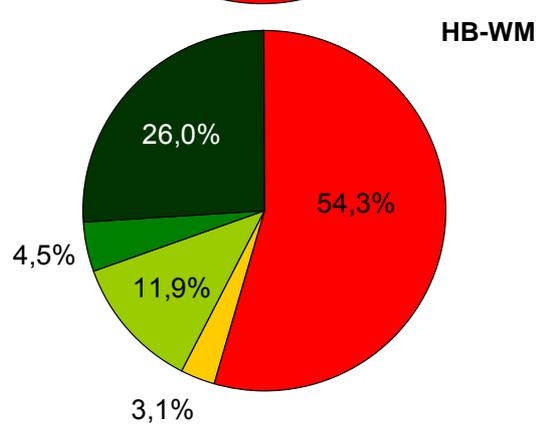
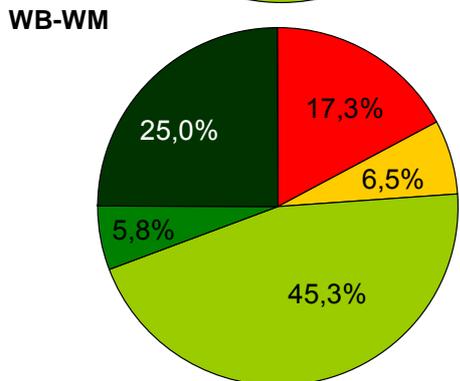
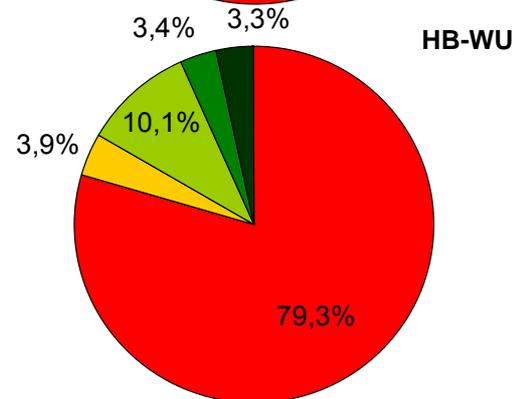
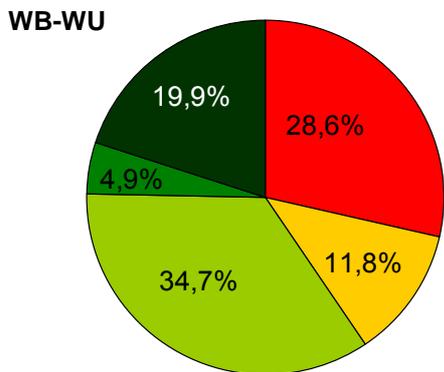
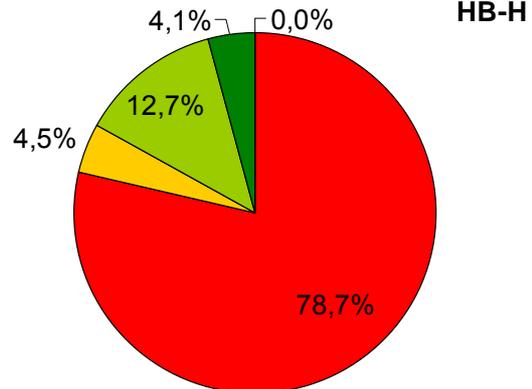
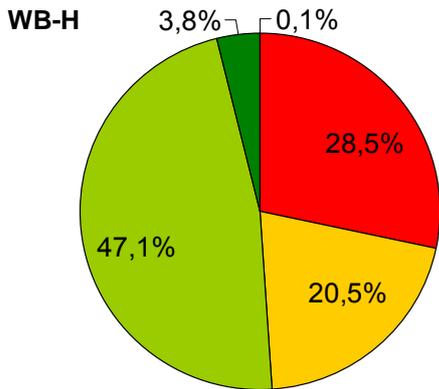
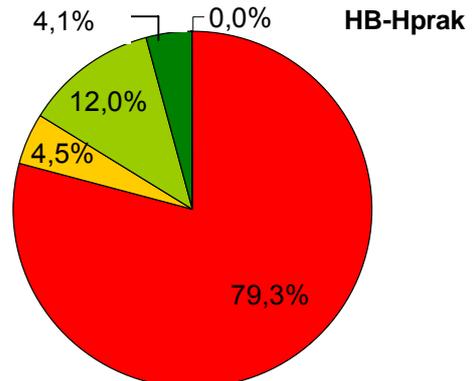
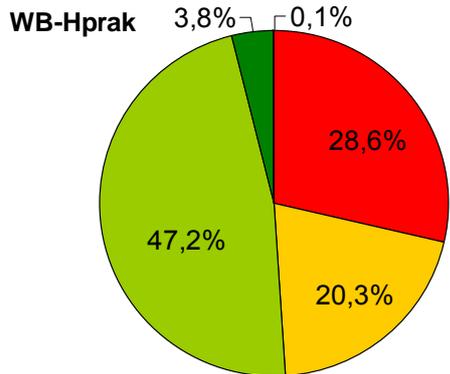


Abb. 30 (Fortsetzung nächste Seite)

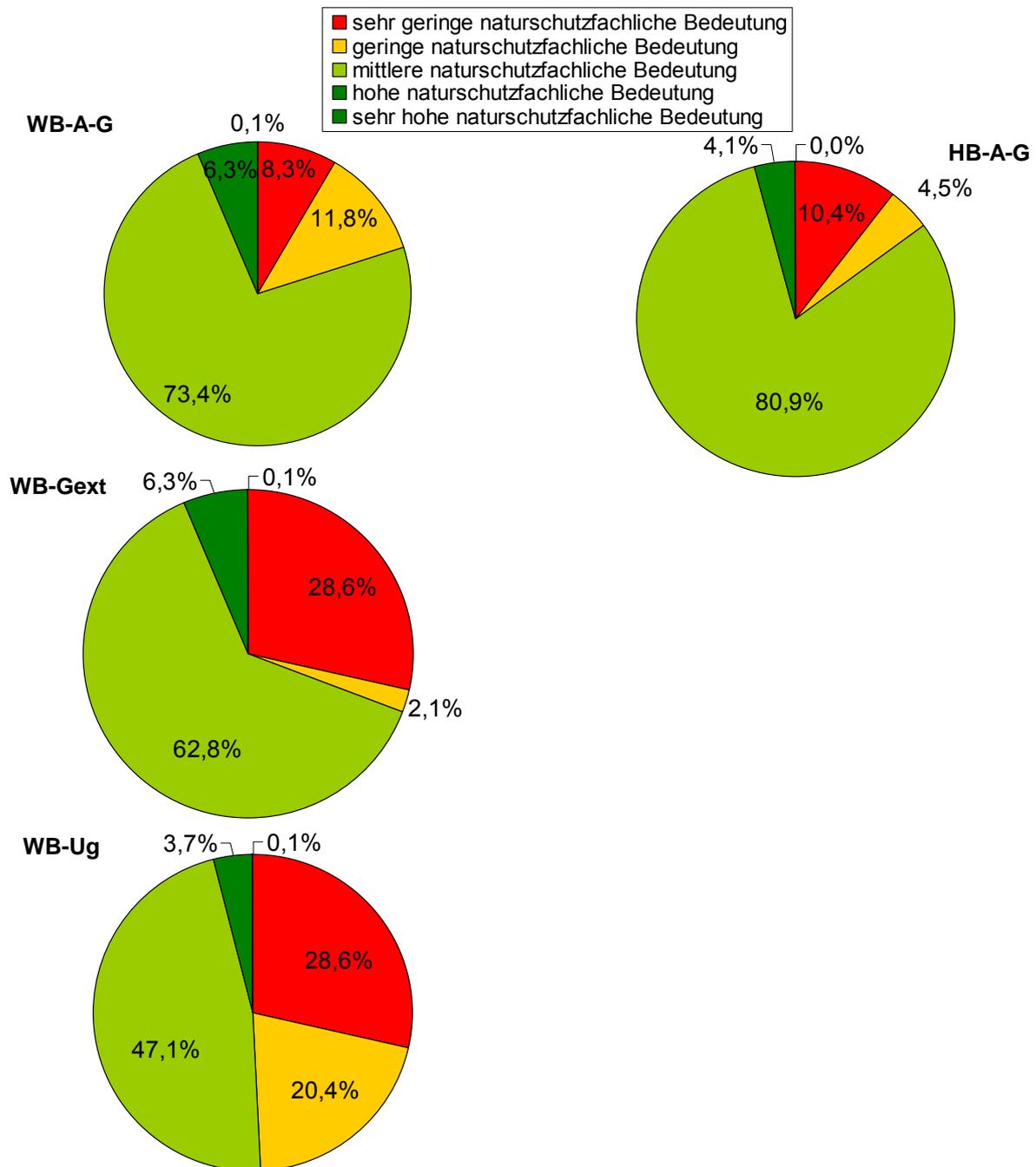


Abb. 30: Ergebnis der naturschutzfachlichen Biotypenbewertung verschiedener Landnutzungs-szenarien (Referenzszenarien) der TEZG Weißbach (WB) und Höckenbach (HB). Dargestellt sind die relativen Flächenanteile (%) der Biotypen in den jeweiligen Bewertungsklassen. Da im Ist-Zustand kaum Grünland im Höckenbachgebiet vorkam, wurde kein entsprechendes Szenario vergleichbar zum Weißbach (WB-Gext) aufgestellt. Die Etablierung von Ufergehölzen wurde beispielhaft für das TEZG des Weißbaches (WB-Ug) nicht aber für das Höckenbachgebiet erarbeitet
Erläuterung zu den Szenarien (s. auch Kapitel 5.2): Hprak = Anlage von Hecken (praktikabel), WU = Waldumbau, WM = Waldmehrung, A-G = Äcker zu Extensivgrünland, Gext = Grünlandextensivierung

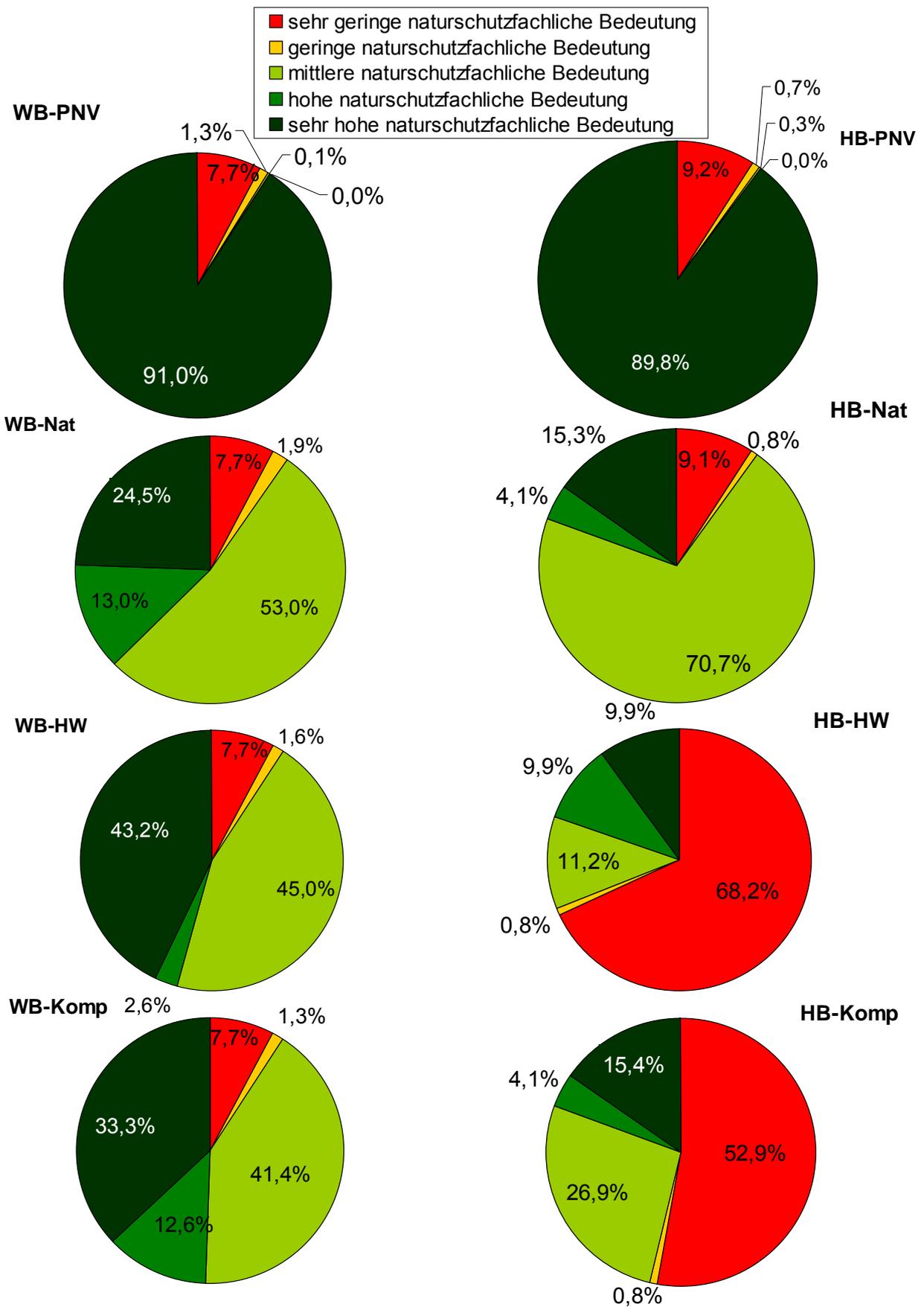


Abb. 31: Ergebnis der naturschutzfachlichen Biotoptypenbewertung verschiedener Landnutzungs-szenarien (Extremszenarien) der TEZG Weißbach (WB) und Höckenbach (HB) (Erläuterungen s. nächste Seite).

Fortsetzung Abb. 31: Dargestellt sind die relativen Flächenanteile (%) der Biotoptypen in den jeweiligen Bewertungsklassen Erläuterung Szenarien (s. auch Kapitel 5.2): PNV = Komplettbewaldung PNV + Siedlung, Nat = Naturschutzmaßnahmen, HW = Hochwasserschutzmaßnahmen, Komp = Kompromiss Hochwasser- und Naturschutzmaßnahmen

Bewertung Landschaftsstruktur

Die Flächenstrukturindices wurden in das Bewertungsverfahren aufgenommen, um die räumliche Verteilung der Biotoptypen im EZG, deren Diversität und Flächengröße mit berücksichtigen zu können (Kap. 3.2.5.2). Da bei 2 Flächenstrukturindices nur die Biotoptypen mit einer Bewertung besser 2 (mittlere bis sehr hohe naturschutzfachliche Bedeutung) berücksichtigt wurden und das Endergebnis der Bewertung der Strukturindices mit dem Flächenanteil der Biotoptypen besser 2 gewichtet wurde, sind die beiden Bewertungsschritte eng miteinander verknüpft (s. Abb. 6, S. 24).

Die Ergebnisse weisen für die Szenarien des Weißbachgebietes insgesamt mehr Punkte auf als die Szenarien des Höckenbachgebietes (Abb. 32, Abb. 33). Ursachen sind der aufgrund der größeren Anzahl an Szenarien (WB=12, HB=10) höhere maximale Rang (Punkte) und z.T. der bereits im Ist-Zustand (WB-Ist) vergleichsweise hohe Flächenanteil wertvoller Biotoptypen (Abb. 17, S. 47). Ein direkter Vergleich der beiden TEZG ist demnach nur mit Einschränkungen durchführbar. Dies wurde jedoch in Kauf genommen, da das Verfahren primär einen Vergleich der Szenarien eines Gebietes untereinander zum Ziel hatte.

Bei beiden TEZG erreicht das Naturschutzszenario (dunkelgrün), welches jeweils anhand eines naturschutzfachlichen Leitbildes (Tabelle A2.17, Tabelle A2.18) entworfen wurde, die höchste Punktzahl (Abb. 32, Abb. 33). Die Hochwasserszenarien (dunkelblau) liegen deutlich darunter, bedeuten im Vergleich zum Ist-Zustand aber auch aus Sicht des Naturschutzes eine, wenn auch im Falle des Weißbaches geringe, Aufwertung. Die Kompromiss-szenarien (blaugrün) liegen jeweils in der Bewertung dazwischen.

Die sehr gute Bewertung der Naturschutzszenarien ergibt sich nicht einzig aufgrund einer überdurchschnittlich guten Bewertung der Strukturindices (Abb. A3.1, A3.2). Hier kann sogar nur das Naturschutzszenario im Weißbach bei der Bewertung des Interdispersionsindex den höchsten Rang erreichen (Abb 32). Vielmehr ergibt sich dieses gute Bewertungsergebnis gerade aus der Kombination der beiden Bewertungsschritte.

Die Szenarien mit geringen Änderungen hinsichtlich der betroffenen Flächengröße und der Biotopanzahl weisen im Vergleich zum jeweiligen Ist-Zustand in beiden Gebieten eine, wenn auch im Fall des TEZG Höckenbach geringe, Verbesserung auf. Dies trifft auf die Szenarien „Hecken praktikabel“ (WB-prak, HB-prak) und „Anlage Ufergehölze (WB-Ug) aber auch „Hecken des Naturschutzszenario“ (WB-H, HB-H) zu.

Die Szenarien zur Vergrößerung des Flächenanteils extensiven Grünlandes in den beiden TEZG (WB-A-G, WB-Gext, HB-A-G) bewirken anhand dieses Bewertungsverfahrens aus Naturschutzsicht eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Ist-Zustand. Die Analysen haben aber auch gezeigt (nicht dargestellt), dass dies nur erreicht werden kann, wenn verschiedene extensiv genutzte Grünlandtypen mit Flächen von maximal 35 ha Größe geplant werden. Ansonsten fällt die Bewertung aufgrund großer Grünlandflächen mit wenigen Biotoptypen bei den Strukturindices sehr viel schlechter aus.

„Waldumbau“ und „Waldmehrung“ (WB-WU, WB-WM, HB-WU, HB-WM) führten in beiden Gebieten zu einer Verbesserung der naturschutzfachlichen Situation (Abb. 32, Abb. 33). Das Szenario „Waldumbau“ erreicht in beiden TEZG besonders bei den Kriterien Shannon-Diversität und Mean Patch Size im Vergleich zu den anderen Szenarien sehr hohe Bewertungspunkte

(Abb. A3.1, A3.2). Dies wird wiederum in der Endbewertung durch den im Vergleich zum Naturschutzszenario geringeren Flächenanteil an hochwertigen Biotoptypen abgestuft.

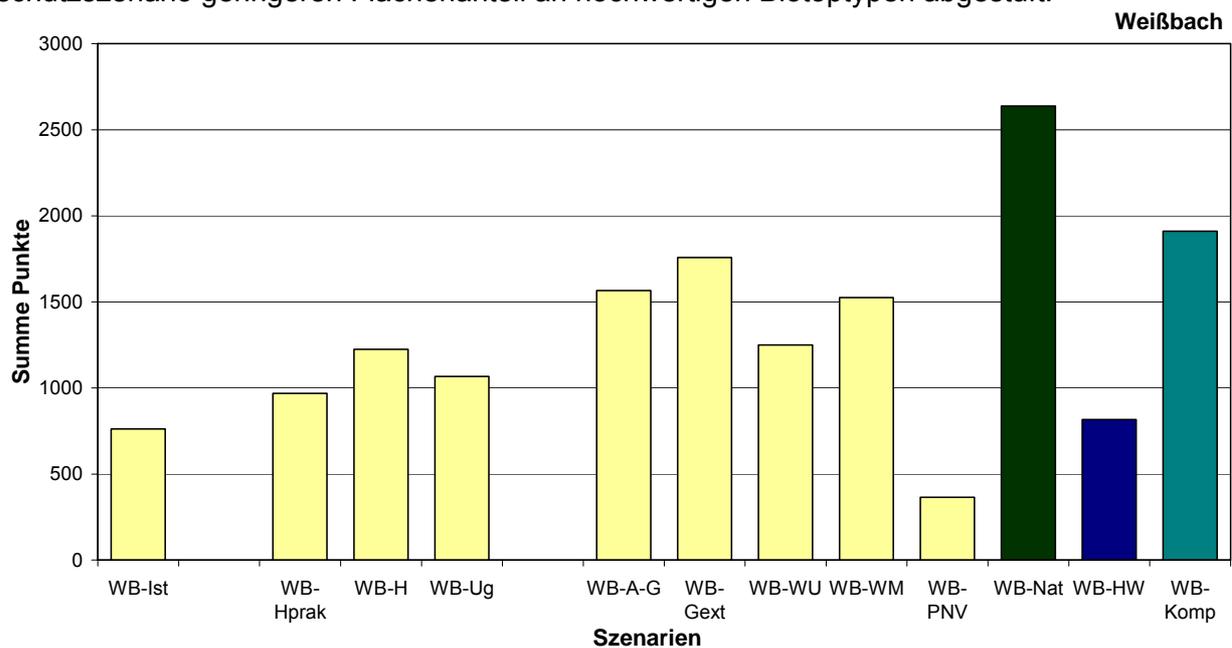


Abb. 32: Ergebnis der vergleichenden naturschutzfachlichen Bewertung der Szenarien des TEZG Weißbach.

Dargestellt sind die Ergebnisse der Bewertung anhand von 3 Flächenstrukturindices (Kap. 3.2.5.2) und der Gewichtung mit dem Flächenanteil der Biotoptypen mit einer naturschutzfachlichen Wertigkeit besser 2 (Tabelle A2.4)

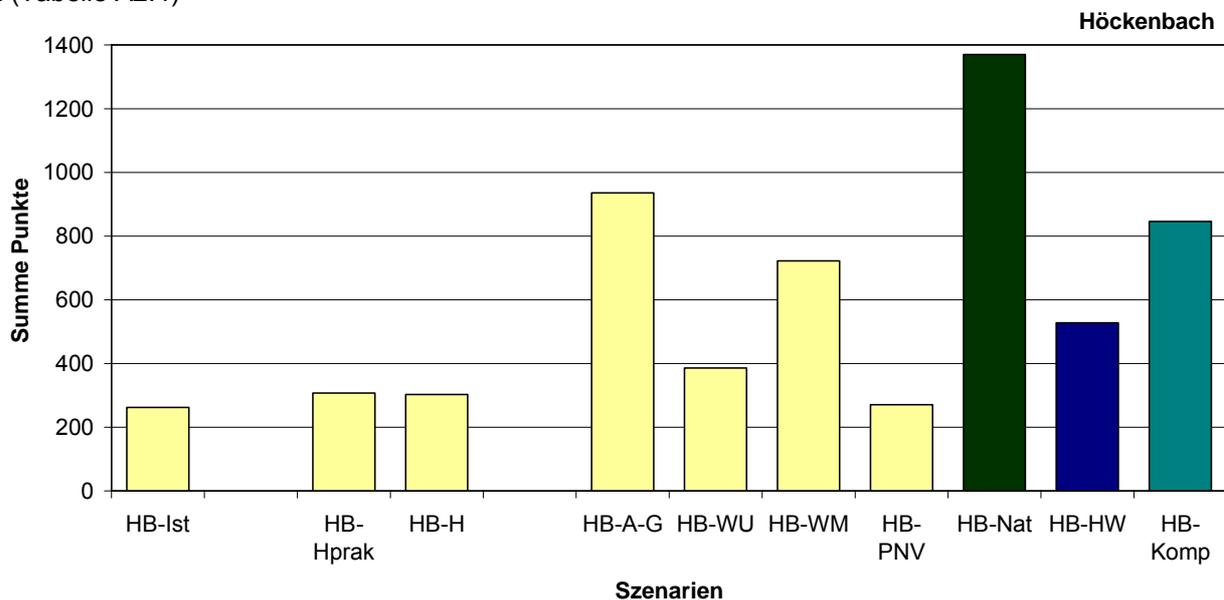


Abb. 33: Ergebnis der vergleichenden naturschutzfachlichen Bewertung der Szenarien des TEZG Höckenbach.

Dargestellt sind die Ergebnisse der Bewertung anhand von 3 Flächenstrukturindices (Kap. 3.2.5.2) und der Gewichtung mit dem Flächenanteil der Biotoptypen mit einer naturschutzfachlichen Wertigkeit besser 2 (Tabelle A2.5)

Die Szenarien „PNV+Siedlung“ (WB-PNV, HB-PNV), welche bei der Bewertung der Biotoptypen (s.o.) besonders gut abschnitten, erreichen unter Berücksichtigung der Strukturindices lediglich im Höckenbachgebiet eine sehr geringe Verbesserung und im Weißbachgebiet sogar eine Verschlechterung der Naturschutzsituation im Vergleich zum Ist-Zustand. Auch wenn der Flächen-

anteil wertvoller Biotoptypen groß ist (Abb. 31), fällt die Bewertung bei den Strukturindices auffallend schlecht aus (Abb. A3.1, A3.2). Im Höckenbachgebiet werden für alle 3 Indices sogar die niedrigsten Punktzahlen vergeben. Hierin spiegelt sich wieder, dass bei einer Komplettbewaldung die Diversität an Biotoptypen stark zurückgeht. Es kommen wenige, sehr großflächige Biotoptypen vor.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass dieses Bewertungsverfahren zumindest für kleinere Einzugsgebiete des Mittelgebirgsraumes gut geeignet ist, um eine vergleichende naturschutzfachliche Bewertung von verschiedenen Landnutzungsszenarien für ein bestimmtes Gebiet durchzuführen und damit auch Aussagen zu Ähnlichkeiten bzw. Abweichungen zu einem naturschutzfachlichen Leitbild zuzulassen.

5.3.2 Bewertung aus Sicht des Hochwasserschutzes

Für die Bewertung der Szenarien wurden die vom **WBS FLAB** ausgewiesenen Abflusskomponenten (s. Tabelle 8, S. 33) in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Klassifizierung erfolgte bzgl. ihrer Wirksamkeit (Relevanz) für die Entstehung von Hochwasserwellen. Der Gruppe „schnelle Abflusskomponenten“ wurden Oberflächen-, Sättigungsflächen- und schneller Zwischenabfluss zugeordnet. Zur Gruppe „langsame Abflusskomponenten“ gehören dagegen verzögerter und stark verzögerter Zwischenabfluss sowie Tiefenversickerung. Landnutzungsszenarien mit schmalen linearen Strukturen (WB-H, WB-Ug, WB-Hprak, HB-H, HB-Hprak) konnten mit dem WBS FLAB aus Gründen der Auflösung nicht bewertet werden (vgl. Kap. 3.4.3).

Die Modellergebnisse für die Landnutzungsszenarien (Kap. 5.2) zeigen, dass nur ein gezielter Waldumbau bzw. Waldmehrung besonders bei den Stauwasser- und Lößböden der Untersuchungsgebiete zu spürbaren Änderungen bei den Abflussbildungsprozessen führt (Karte A1.37, WB-PNV; Karte A1.33, WB-WM; Karte A1.39, WB-HW; Karte A1.40, WB-Komp; Karte A1.45, HB-PNV; Karte A1.42, HB-WM; Karte A1.47, HB-HW; Karte A1.48, HB-Komp). Eine Erhöhung der Speicherkapazität trägt zu einer maßgeblichen Verzögerung und Reduktion der Abflüsse bei. Weiter können Baumwurzeln Horizonte mit reduzierter Durchlässigkeit durchstoßen und ermöglichen dadurch eine bessere Leitung größerer Wassermengen in die Tiefe. Aufgrund des heutigen Kenntnisstandes ist davon auszugehen, dass der Wald vor allem bei gehemmt durchlässigen Horizonten in einer Tiefe von 30 bis 50 cm eine maßgebliche Wirkung auf die Hochwasserentstehung entfalten kann (HEGG 2006, ANDREASSIAN 2004, LÜSCHER & ZÜRCHER 2002). In stärker geneigten Bereichen mit flachgründigen Böden (s. Abb. 4, S. 17 und Abb. 3, S. 16) zeigt sich die Wirkung des Waldes eher bescheiden. Das WBS FLAB weist auf diesen Flächen weiterhin einen hohen Anteil an schnellem Zwischenabfluss aus (vgl. Szenarien WB-PNV (Karte A1.37, WB-PNV; Karte A1.49, W-PNV). Das Entstehen eines intensiveren Makroporensystems bei begrenzter Speicherkapazität verursacht eher schnelle laterale Abflüsse (UCHIDA et al. 2001). Die Aufforstung solcher Flächen wird sich insbesondere bei feuchtem Gebietszustand nur geringfügig auf den Gerinneabfluss auswirken. Je nach Größe des Waldflächenanteils und Standortbedingungen ist eine geringe bis mittlere Minderung der Abflussspitzen bei sommerlichen Starkregen abzusehen, was Modellierungen mit WaSiM-ETH bestätigten (MITURSKI 2006, PÖHLER 2006). Somit zeigt sich, dass der Wald nur unter bestimmten Bedingungen eine Schutzfunktion gegenüber Hochwasser erfüllen kann. Nur aufgrund einer Beurteilung der Bodeneigenschaften kann bestimmt werden, ob Wald auf einem Standort seine Hochwasserschutzwirkung voll entfalten kann.

Die Änderung der Bodenbewirtschaftung der Ackerflächen von konventioneller zu konservierender mit Zwischenfrucht (Szenarien: WB-Akon, HB-Akon) führt zur gleichzeitigen Begrenzung der mechanischen Bodenbelastung und zur Dauerbegrünung. Dadurch erhöhen sich die

Wasseraufnahmekapazität des Bodenkörpers sowie seine Infiltrationsfähigkeit, was zur Begünstigung des Wasserrückhaltes im Einzugsgebiet im Vergleich zum Ausgangszustand beiträgt (Karte A1.34, WB-Akon; Karte A1.43, HB-Akon) (s. Kap. 4.5).

Grünlandextensivierung bzw. Umwandlung der Ackerflächen in extensiv genutztes Grünland (Szenarien: WB-A-G, WB-Gext, HB-A-G) bringt vor allem auf den undurchlässigen Böden eine maßgebliche Reduzierung von schnellen Abflusskomponenten (BREUER et al. 2006, MOUSSA et al. 2002; s. Karte A1.35, Karte A1.36, Karte A1.44). Das Extensivgrünland (z.B. Frischwiese) als artenreicher Biotoptyp ist durch ein sehr gut ausgebautes, dichtes, tiefer reichendes Wurzelsystem gekennzeichnet (s. Kap. 3.4.4), das in der Lage ist, den Boden aufzulockern und Horizonte mit begrenzter Durchlässigkeit zu durchdringen. Fein- und Mittelporen, die durch Wurzelhaare sowie feine Wurzeln entstehen, tragen zur Vergrößerung des Bodenspeichers der oberflächennahen Schicht bei. Für eine bessere Infiltration und tiefere Perkolation sorgt dagegen eine tief reichende Durchwurzelung (höherer Mittel- und Grobwurzelanteil). Dadurch fließt das Wasser mit einer zeitlichen Verzögerung über tiefer liegenden dichten Horizonten lateral ab (s. Kap. 4.5).

Für die Erkenntnisgebiete Weißbach und Höckenbach haben die Szenarien WB-HW und HB-HW (s. Kap. 5.2) eine sehr hohe Wertigkeit aus Sicht des Hochwasserschutzes. Im TEZG Weißbach wurde der Flächenanteil mit schnellen Abflüssen um 35 und im TEZG Höckenbach um fast 45-Prozentpunkte reduziert (Abb. 34 und Abb. 35).

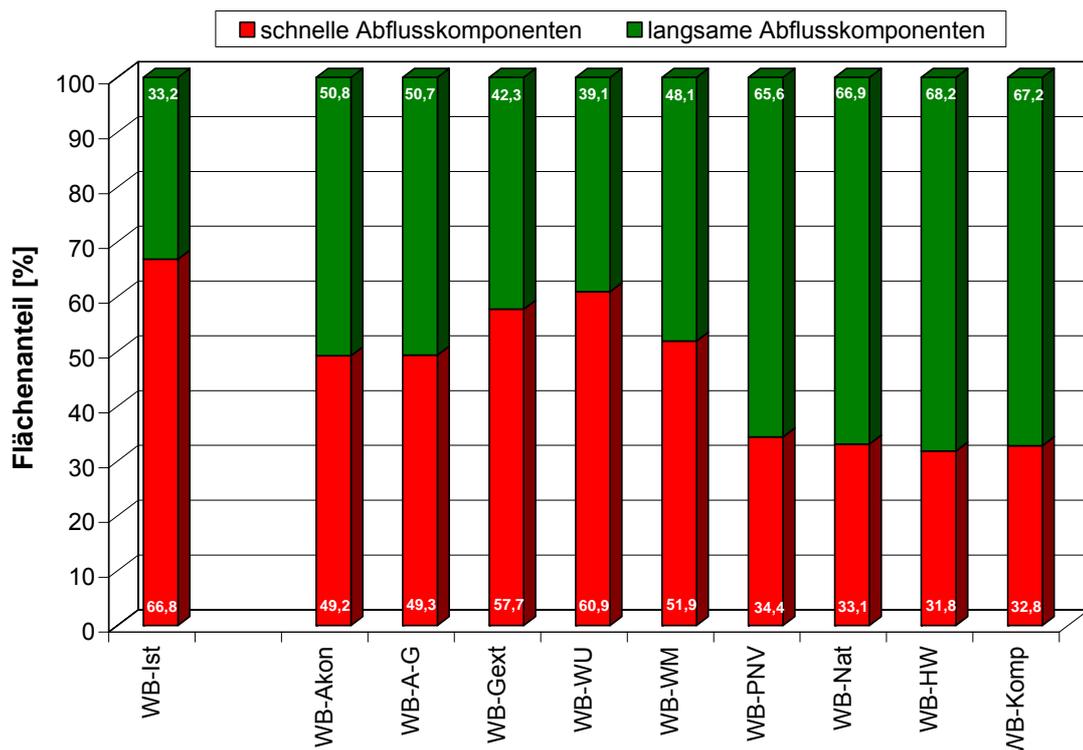


Abb. 34: Vergleich der Abflusskomponenten (WBS FLAB) der Nutzungsszenarien für das TEZG Weißbach (Erläuterung der Szenarien und verwendete Kürzel Kap. 5.2)

Die Landnutzungsänderungen der Szenarien WB-Komp, WB-Nat, WB-PNV (Abb. 34), HB-Komp, HB-Nat und HB-PNV (Abb. 35) umfassen einen sehr hohen Flächenanteil der Untersuchungsgebiete. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist aus Sicht des Hochwasserschutzes fast ebenso gut wie die der Szenarien WB-HW und HB-HW, für die eine Landnutzung mit möglichst hoher Hochwasserschutzwirkung erarbeitet wurde. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien (< 3 %) liegen im Fehlerbereich des Modells.

Bezogen nur auf die Fläche, die durch die Umstrukturierung der Landnutzung betroffen war, ist die Reduktion der Flächenanteile mit schnellen Abflusskomponenten der Szenarien WB-A-G, WB-Akon und WB-WM (Abb. 34) mit beinahe 100 % am größten. Dennoch bringen diese Maßnahmen für das Gesamteinzugsgebiet des Weißbachs im Vergleich zum Ist-Zustand nur eine Reduktion der schnellen Abflusskomponenten um ca. 16 %-Punkte.

Eine ähnliche Tendenz ist auch beim Szenario WB-Gext zu vermerken. Für das Gesamteinzugsgebiet spielt es mit einer ca. 10 %-igen Abnahme der hochwasserrelevanten Abflusskomponenten jedoch eine geringere Rolle. Durch den Waldumbau (Szenario WB-WU) lässt sich die aktuelle Situation um weniger als 6 %-Punkte verbessern. Grund dafür sind viele steile Hänge und flachgründige Böden. An solchen Standorten bringt der Umbau von Fichtenmonokulturen in PNV-Wälder keine substanziellen Änderungen.

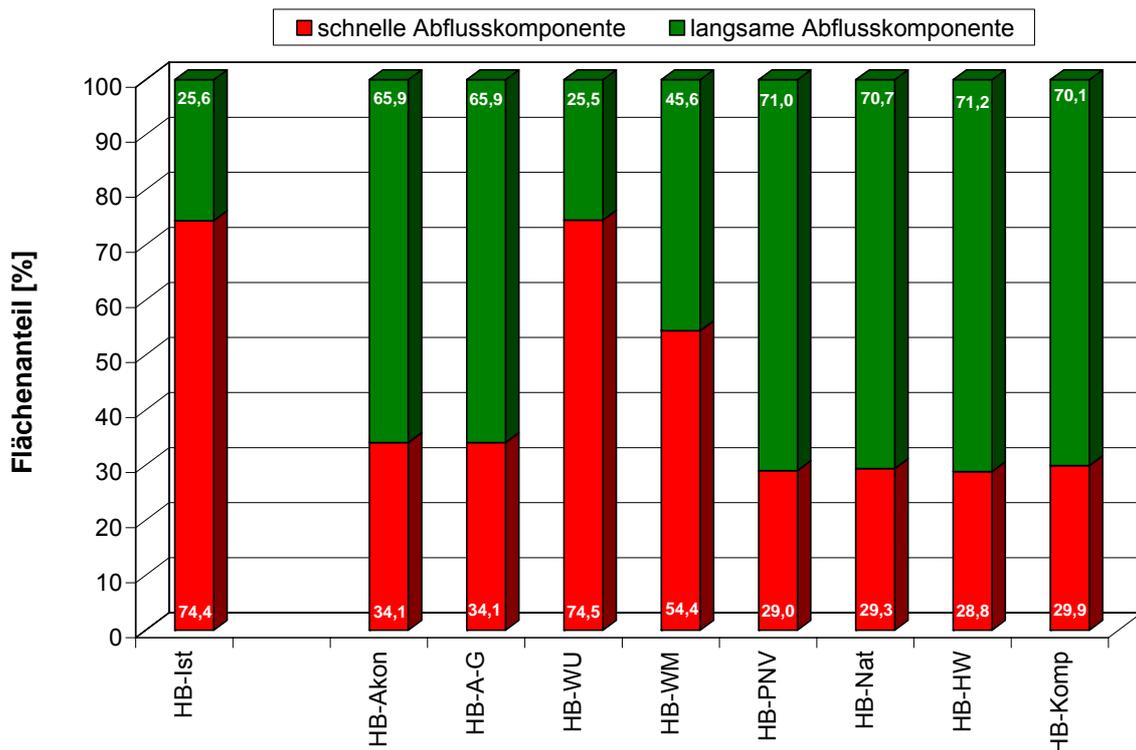


Abb. 35: Vergleich der Abflusskomponenten (WBS FLAB) der Nutzungsszenarien für das TEZG Höckenbach (Erläuterung der Szenarien und verwendete Kürzel s. Kap. 5.2)

Da der Anteil von Ackerflächen im TEZG Höckenbach sehr hoch ist (69 % der Gesamtfläche), haben die Szenarien HB-A-G und HB-Akon (Abb. 35) erwartungsgemäß eine sehr hohe Relevanz für den Hochwasserschutz. Auf knapp über 40 % der Flächen können die schnellen Abflüsse dabei reduziert werden. Die Waldmehrung (Szenario HB-WM) ermöglicht eine Minderung des Flächenanteils mit hochwasserrelevanten Abflusskomponenten um 20 %-Punkte. Keine Auswirkung bringt dagegen im Vergleich zum Ist-Zustand der Waldumbau (HB-WU). Da der Waldanteil in diesem Teileinzugsgebiet gering ist, betreffen die Änderungen in der Landnutzungsstruktur bei diesem Szenario nur 2 % der Gesamtfläche und eine Auswirkung auf den Abfluss ist irrelevant.

Da das TEZG Höckenbach sehr stark durch Erosion gefährdet ist, wurden die Szenarien auch aus Sicht des Erosionsschutzes bewertet. Eine besonders hohe Wertigkeit erreichen die Szenarien HB-HW, HB-Komp, HB-Nat, HB-PNV, HB-A-G und HB-Akon (Abb. 35), weil sie zur vollständigen bzw. beinahe kompletten Eliminierung von Oberflächenabfluss beitragen (Karte

A1.47, Karte A1.48, Karte A1.46, Karte A1.45, Karte A1.44, Karte A1.43). Die Flächenanteile des Sättigungsflächenabflusses und des Oberflächenabflusses von versiegelten Flächen bleiben unverändert.

Während durch qualitative Analyse der flächenhaften Abflussbildungsprozesse mit dem WBS FLAB (s.o.) eine Bewertung der Wirksamkeit der einzelnen Szenarien erfolgte, erlaubt die **N-A-Modellierung** eine quantitative Analyse des Durchflusses im Vorfluter. Bei der qualitativen Analyse stehen die Boden-, Gefälle- und Nutzungsverhältnisse als Ausgangsbedingungen im Mittelpunkt der Betrachtung. Durch die N-A-Modellierung werden auch die Lage der Abflussflächen zum Gewässer, die Grund- und Bodenwasserverhältnisse, sowie die Struktur der Fließgewässer einbezogen. Die Abflusskonzentration wird berechnet. Durch qualitative Analyse können einzelne Flächen mit äquivalenter Abflussart (Oberflächen-, Zwischen- und Basisabfluss) ausgewiesen werden unabhängig von ihrer Lage zueinander und zum Fließgewässer. Bei der quantitativen Analyse wird der Durchfluss an einem bestimmten Querschnitt im Gewässer betrachtet; das dafür verantwortliche Teileinzugsgebiet enthält Flächen, auf denen unterschiedliche Abflussbildungsprozesse stattfinden.

Wie bereits bei den Abflussmessungen bzw. durch die Modellkalibrierung festgestellt (Abb. 11, S. 39), wird der Hochwasserabfluss des Weißbaches dominant durch Oberflächen- und Sättigungsabfluss bestimmt. Wegen der topographischen Gegebenheiten sowie der Bodentypen können sich hier während Niederschlagsereignissen verstärkt Sättigungsflächen ausbilden. Weiterhin wird Oberflächenflächenabfluss vor allem in den urbanen Gebieten der Ortslagen Hermsdorf und Seyde gebildet (s. Abb. 27, S. 59).

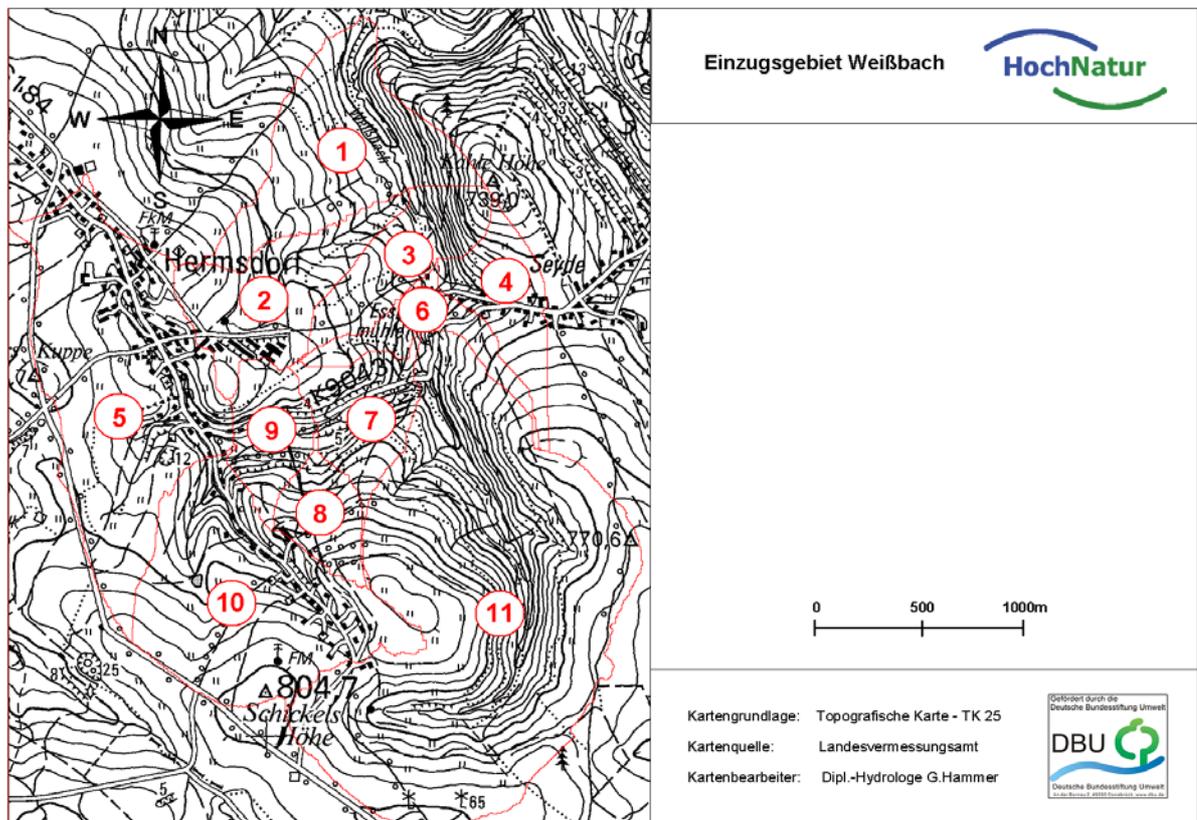


Abb. 36: Das EZG Weißbach und die 11 ausgewiesenen Teileinzugsgebiete

Um die Auswirkungen von Bewirtschaftungsänderungen der einzelnen Szenarien besser beurteilen zu können, wurde das Gesamteinzugsgebiet **Weißbach** in 11 Teileinzugsgebiete gegliedert (Abb. 36) und Abflussrechnungen für Niederschlagsereignisse entsprechend dem Kostra-Atlas (DWD 1997) und mit zeitlicher Variabilität entsprechend dem DVWK (1984) durchgeführt. Es wurden Niederschlagsereignisse von 10 Minuten bis 48 Stunden Dauer mit Wiederkehrintervallen von 1 Jahr bis 100 Jahre untersucht. In den Abbildungen A3.3 und A3.4 sind die Abflusskurven, sowie in den Abbildungen 37 bis 40 die Mittelwerte der Scheitelabflussspenden für das Gesamteinzugsgebiet dargestellt.

Aus den Abbildungen A.3.3 und A.3.4 und den Abbildungen 37 bis 40 wird deutlich, dass in Folge der Hanglage, sowie der Flachgründigkeit der Böden durch Änderungen der Bewirtschaftung zwar eine Verbesserung der Abflussverhältnisse im Vergleich zum Ist-Zustand zu erwarten ist, diese aber in den meisten Fällen nicht grundlegend ist, denn sie ermöglichen eine max. Abflussreduzierung von 10 bis 15 %. Eine Schlüsselrolle als Beitragsfläche spielt dabei das Einzugsgebiet 4 (Abb. 36), die Ackerflächen südlich und nördlich der Ortslage Seyde. Hier treten bei starken Niederschlägen sehr hohe Abflüsse auf, was durch Anwohner bestätigt werden konnte, da es in der Vergangenheit häufig zu Überflutungen sowie zum Abspülen von Bodenmaterial kam. Hier würden Veränderungen der Bewirtschaftung, wie sie die vorgeschlagenen Szenarien WB-A-G (Acker zu Grünland), WB-PNV, WB-HW beinhalten, zu einer deutlichen Verbesserung führen (Abbildungen A3.3, A3.4). Durch diese Szenarien werden eine verstärkte Infiltration und Versickerung von Niederschlagswasser erreicht und damit der relativ schnell abfließende Interflow sowie der Oberflächenabfluss reduziert.

Im gesamten Einzugsgebiet kann durch die Maßnahmen der Szenarien WB-PNV, WB-A-G, WB-HW, WB-Komp bei kurzen Niederschlagsereignissen eine Reduzierung von durchschnittlich 10 % erreicht werden (Abb. 37). Längere Niederschlagsereignisse führen trotz der Flachgründigkeit der Böden nicht zwingend zu einer schnellen Sättigung, so dass durch entsprechende Maßnahmen bei häufig auftretenden Ereignissen (HQ5, Abb. 39) durchaus die Reduzierung des Abflusses möglich ist. Besonders hervorzuheben sind hier die Szenarien WB-HW und WB-Komp, durch die der Abfluss bei langen häufig auftretenden Niederschlagsereignissen um 15 % bis 20 % reduziert werden kann (Abb. 39). Durch die anderen dargestellten Szenarien ist eine Reduzierung des Scheitelabflusses von 10 bis 12 % möglich (Abb. 39).

Beim Auftreten von längeren, selten auftretenden, ergiebigen Niederschlägen (HQ 100, Abb. 40) führen die Maßnahmen erwartungsgemäß bei den flachgründigen, gering speicherfähigen Böden zu keiner, bzw. zu keiner bedeutenden Reduktionen des Scheitelabflusses.

Die naturräumlichen und urbanen Verhältnisse des Einzugsgebietes des **Höckenbachs** unterscheiden sich grundlegend von denen des Weißbachs (Kap. 2). Somit ist zu erwarten, dass durch die Szenarien unterschiedliche Wirkungen erzielt werden. Während für den Weißbach steile Hänge mit flachgründigen Böden typisch sind, treten im Einzugsgebiet des Höckenbachs tiefgründige Böden und Hänge mit mittlerem bis steilem Gefälle auf. Für das Einzugsgebiet des Höckenbachs ist landwirtschaftliche Nutzung typisch. Der Bachlauf ist in wesentlichen Teilen ausgebaut. Um den Ausbau berücksichtigen zu können, wurde neben dem Programm WaSiM-ETH für natürliche Flächen das Programm SWMM angewendet, dessen Modellaufbau in Abbildung A3.5, sowie die Modellergebnisse im Ist-Zustand in den Abbildungen A3.6 bis A3.17 dargestellt sind.

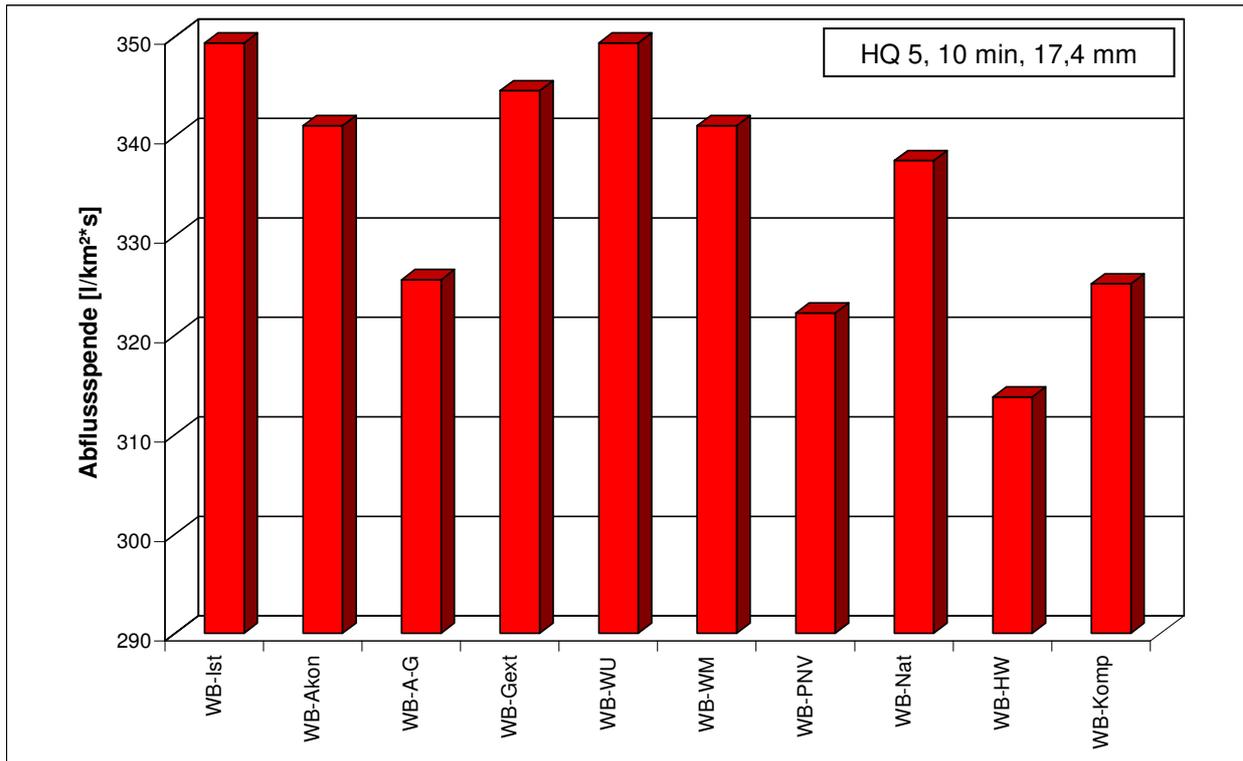


Abb. 37: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (17,4 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 5 Jahre)

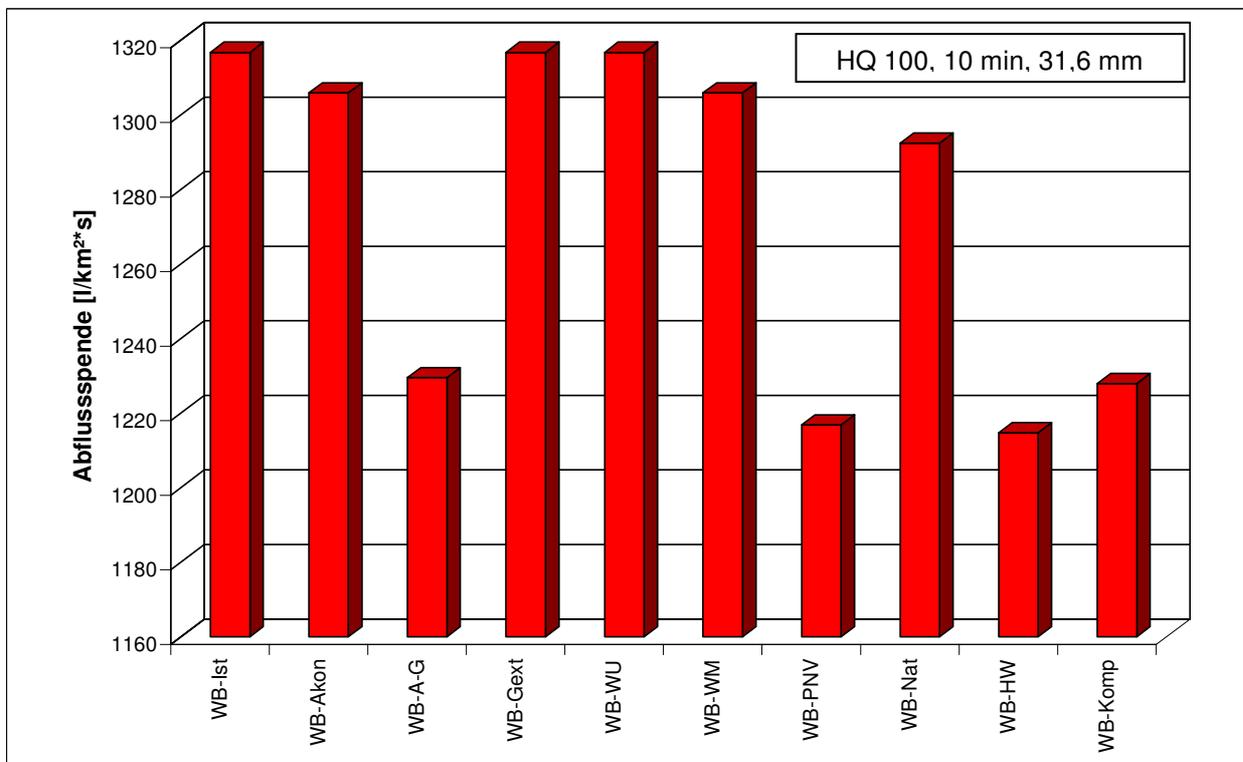


Abb. 38: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (31,6 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 100 Jahre)

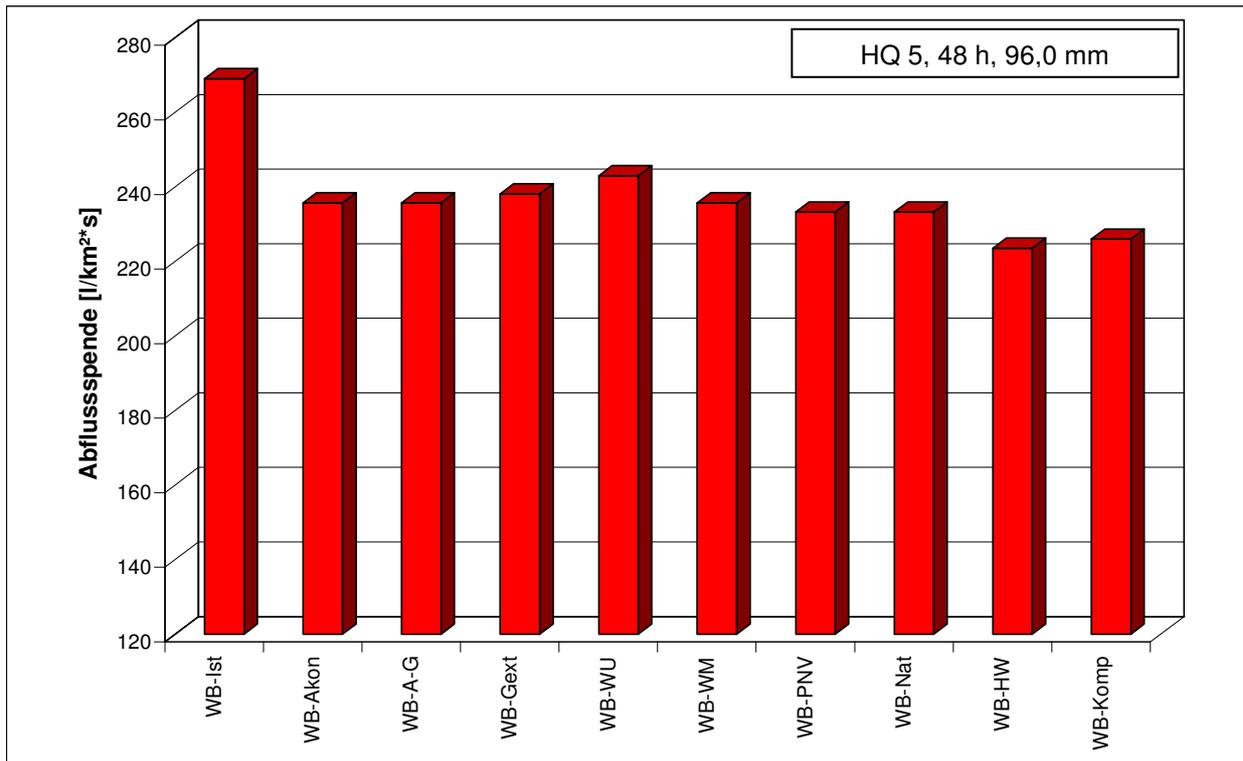


Abb. 39: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (96 mm Niederschlag in 48 h, Wiederkehrintervall 5 Jahre)

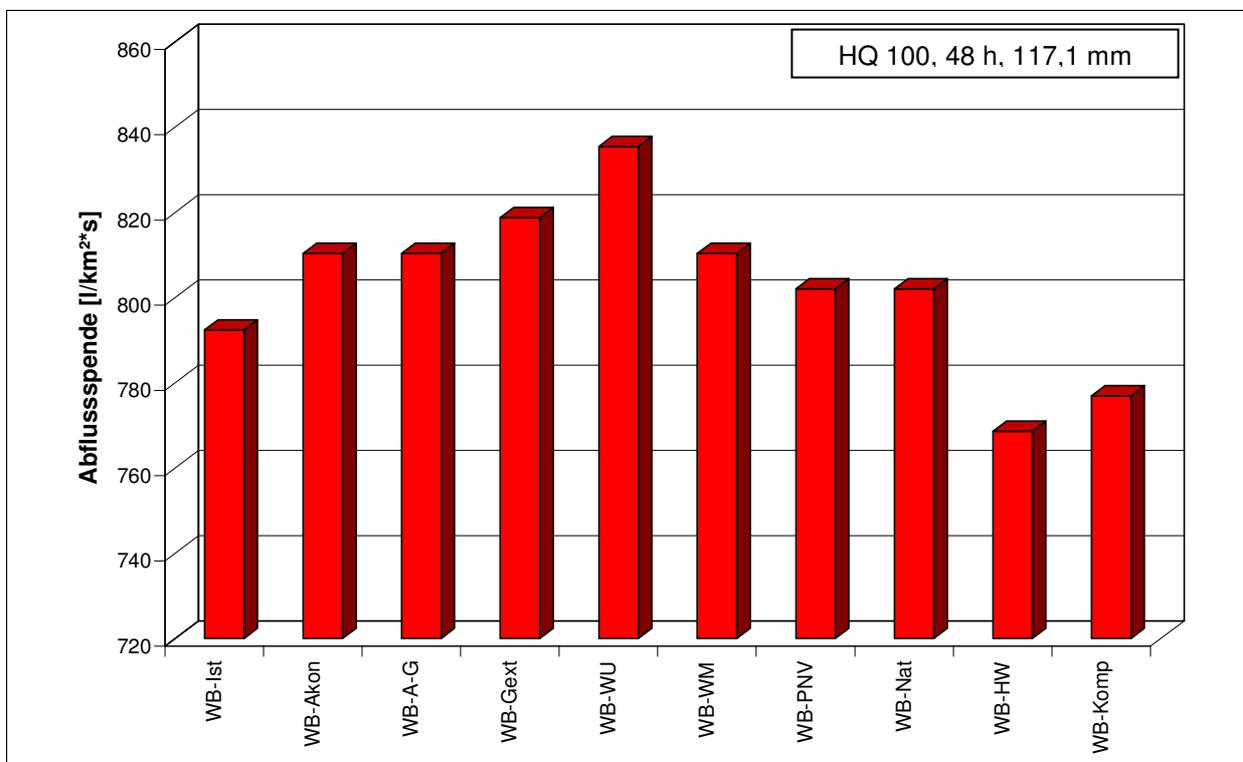


Abb. 40: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Weißbaches (117 mm Niederschlag in 48 h, Wiederkehrintervall 100 Jahre)

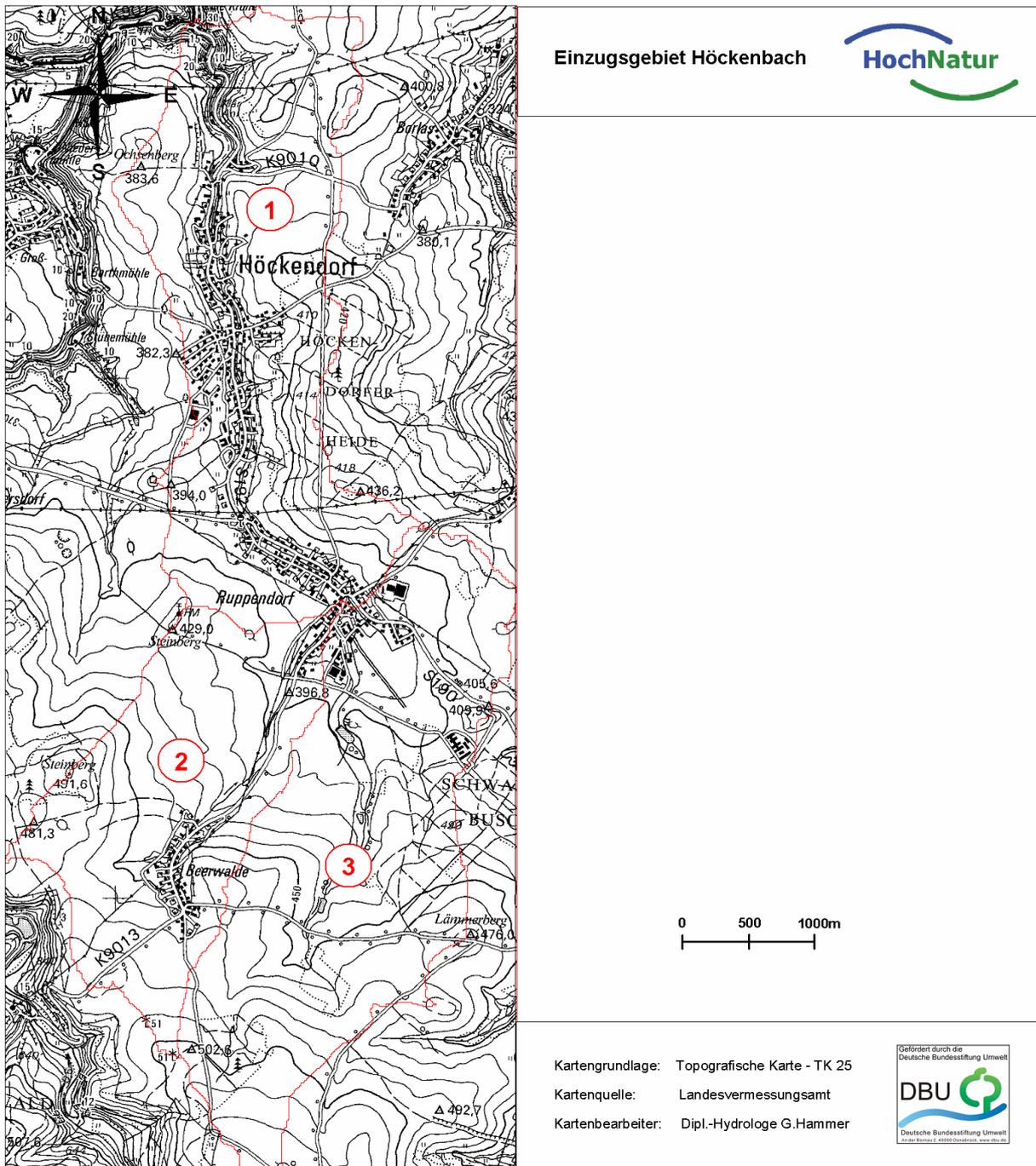


Abb. 41: Das EZG Höckenbach mit 3 ausgewiesenen Teileinzugsgebieten

Der Ist-Zustand der Abflussverhältnisse des Höckenbachs ist gekennzeichnet durch Oberflächenabfluss und schnellen Interflow von Hängen und Sättigungsabfluss in den Tallagen (Abb. 28, S. 60). Oberflächenabfluss und schneller Interflow werden vor allem durch die landwirtschaftliche Nutzung verursacht. In Folge der Bodenverdichtung durch die intensive Bewirtschaftung werden die Infiltrations- und Speichereigenschaften der Lössböden erheblich reduziert (KURZ et al. 2006, ZIMMERMANN et al. 2006, SVEISTRUPA et al. 2005). Weiterhin führen Begradigung und Ausbau des Höckenbachs zu einer Abflussbeschleunigung.

Durch die Tiefgründigkeit der Böden lassen sich mit bestimmten Landnutzungsszenarien, die zu einer Vergrößerung des Bodenspeichervolumens führen, die Scheitelabflussspenden sowie die Abflüsse in den Fließgewässern erheblich reduzieren (Abb. 42 bis Abb. 45).

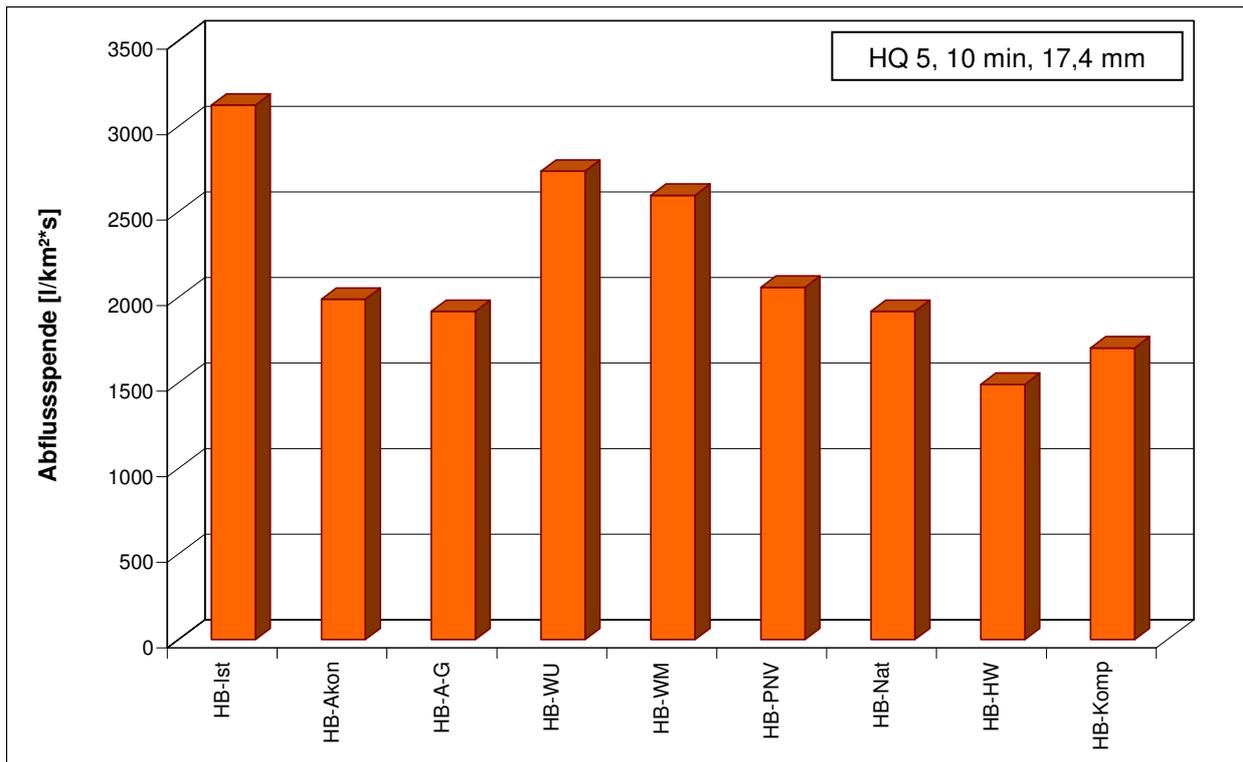


Abb. 42: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (17,4 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 5 Jahre)

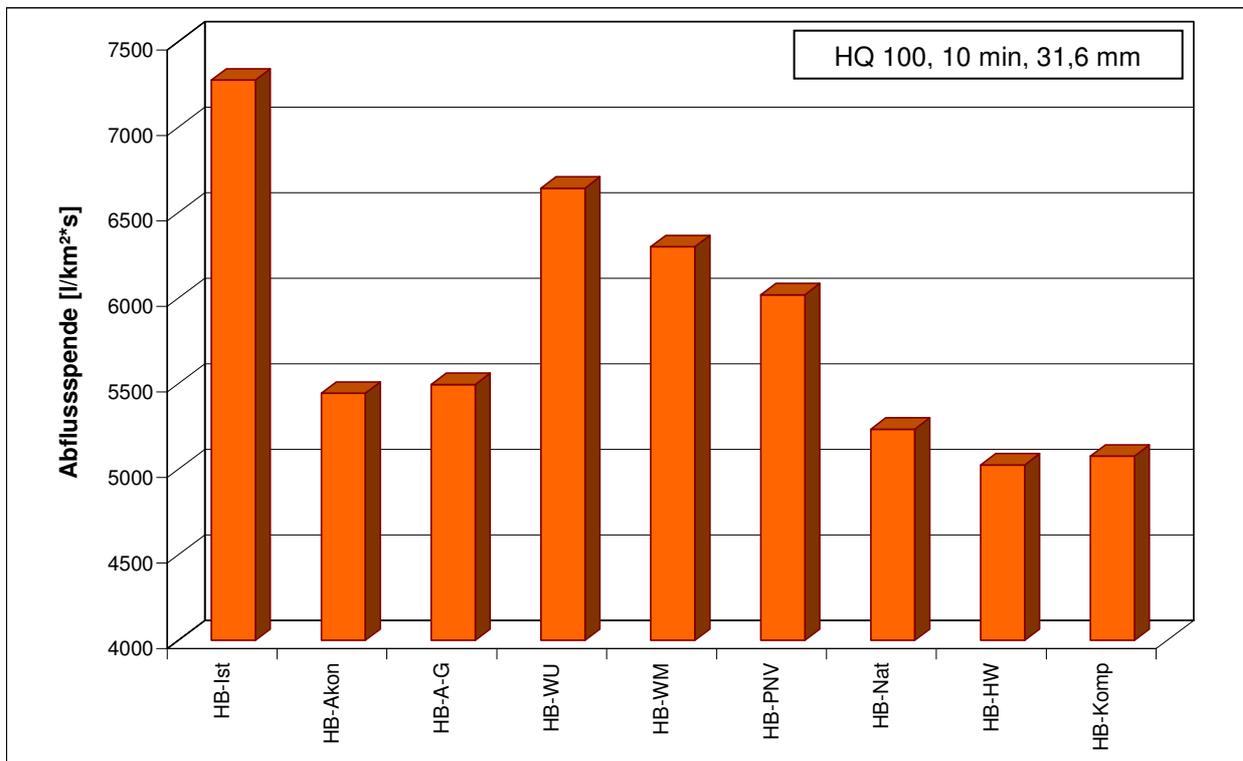


Abb. 43: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (31,6 mm Niederschlag in 10 min., Wiederkehrintervall 100 Jahre)

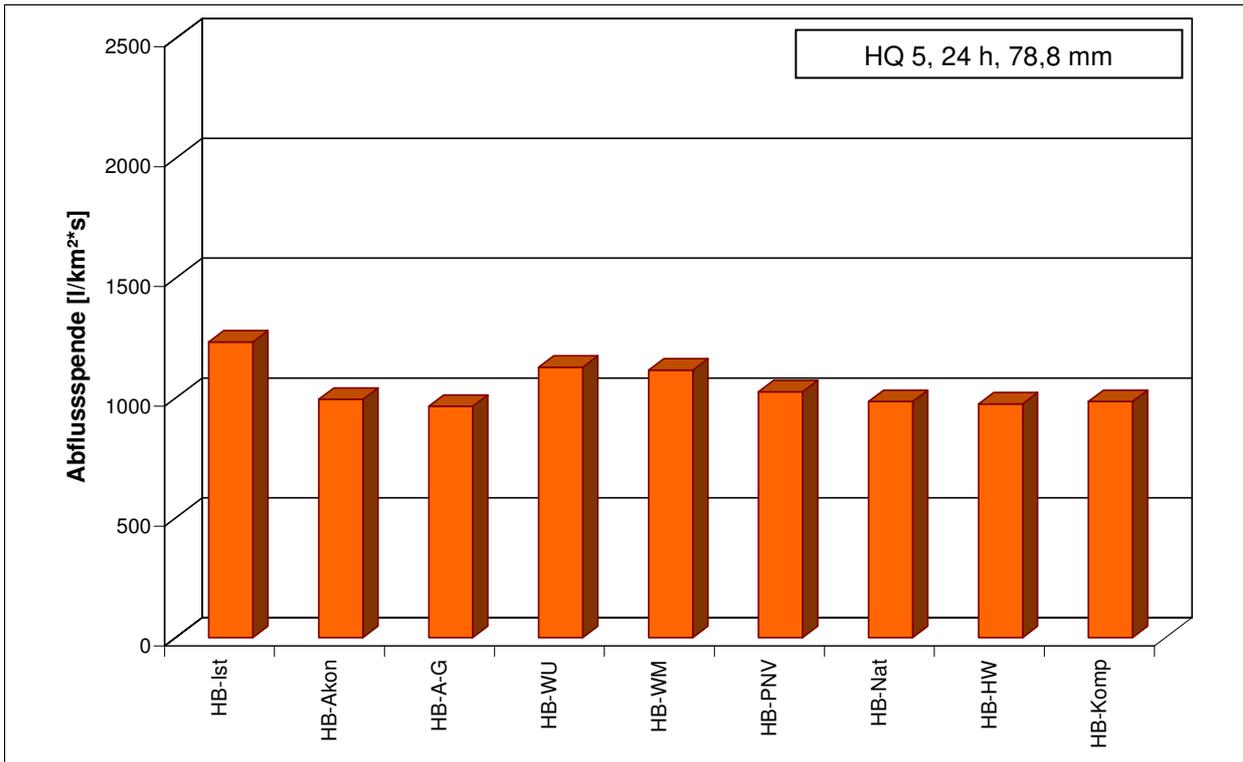


Abb. 44: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (78,8 mm Niederschlag in 24 h, Wiederkehrintervall 5 Jahre)

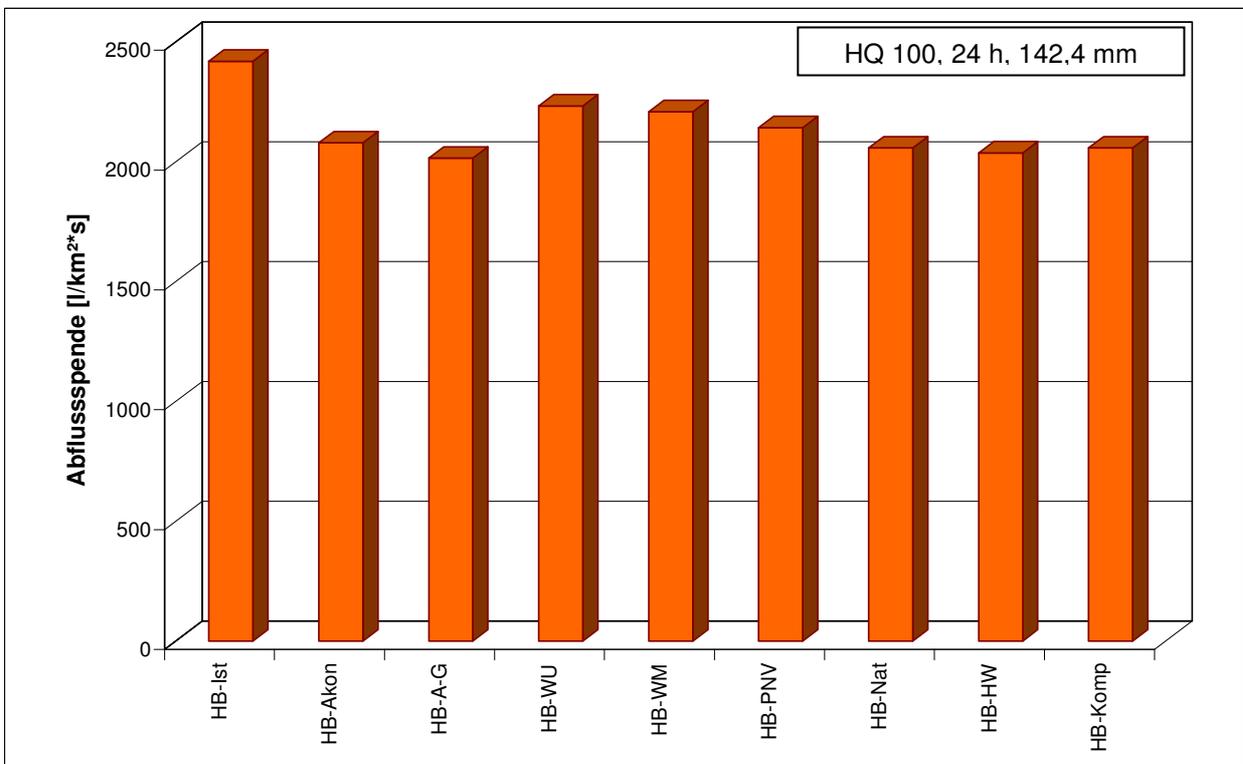


Abb. 45: Vergleich der maximalen Abflusssspende für verschiedene Landnutzungsszenarien aus den einzelnen Teileinzugsgebieten für das EZG des Höckenbaches (142,4 mm Niederschlag in 24 h, Wiederkehrintervall 100 Jahre)

Besonders durch die Maßnahmen der Szenarien HB-PNV, HB-A-G, HB-Akon, HB-Nat und HB-Komp, die zu einer Durchwurzelung der tieferen Schichten der Lößböden führen, können die maximalen Abflussspenden bei kurzen, intensiven Niederschlägen um über 30 % verringert werden (Abb. 42, Abb. 43), wodurch es im Gewässer zu einer Dämpfung der Abflussscheitel von 10 bis 30 % kommt (Abb. A3.18 und A3.19). Auch bei längeren Niederschlagsereignissen führen die Maßnahmen der Szenarien HB-A-G, HB-Akon, HB-Nat, HB-HW und HB-Komp zu einer deutlich verzögerten Sättigung, so dass bei häufig auftretenden Ereignissen (HQ5, Abb. Abb. 44) eine Verringerung der maximalen Abflussspenden um 20 % möglich wird, was zu einer Reduzierung der Abflussspitzen im Fließgewässer von ca. 10 % führt. Im Gegensatz zum Einzugsgebiet des Weißbaches tritt hier auch bei langen, ergiebigen Niederschlägen mit großem Wiederkehrintervall eine Reduzierung des Abflusses auf (Abb. 45).

Bewertung der Etablierung von Ufergehölzen (TEZG Weißbach; Szenario W-Ug)

Neben der Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung der Abflussverhältnisse auf den Flächen des Einzugsgebietes wurde untersucht, welche Auswirkungen die Etablierung von standortgerechten Gehölzen entlang des Ufers des Weißbaches auf die Abflussverhältnisse während Hochwassersituationen besitzt. Aus diesem Grund wurden für das Fließgewässer instationäre hydraulische Berechnungen auf Grundlage der Gefälleverhältnisse, Gewässerprofile und Uferbepflanzung im Ist-Zustand sowie bei naturnaher Gehölzbepflanzung (siehe Abb. 46) für Hochwasserereignisse mit 5- und 100-jährigem Wiederkehrintervall bei einer Starkniederschlagsdauer von 10 Minuten durchgeführt. Für die Uferbepflanzungen wurden die hydraulischen Rauigkeitsbeiwerte PATT et al. (2004) sowie LANGE & LECHNER (1993) entnommen. In Tabelle 19 sind die Ergebnisse für den Mündungsbereich des Weißbaches sowie für den Köhlergrund vor der Mündung in den Richtergrund dargestellt.

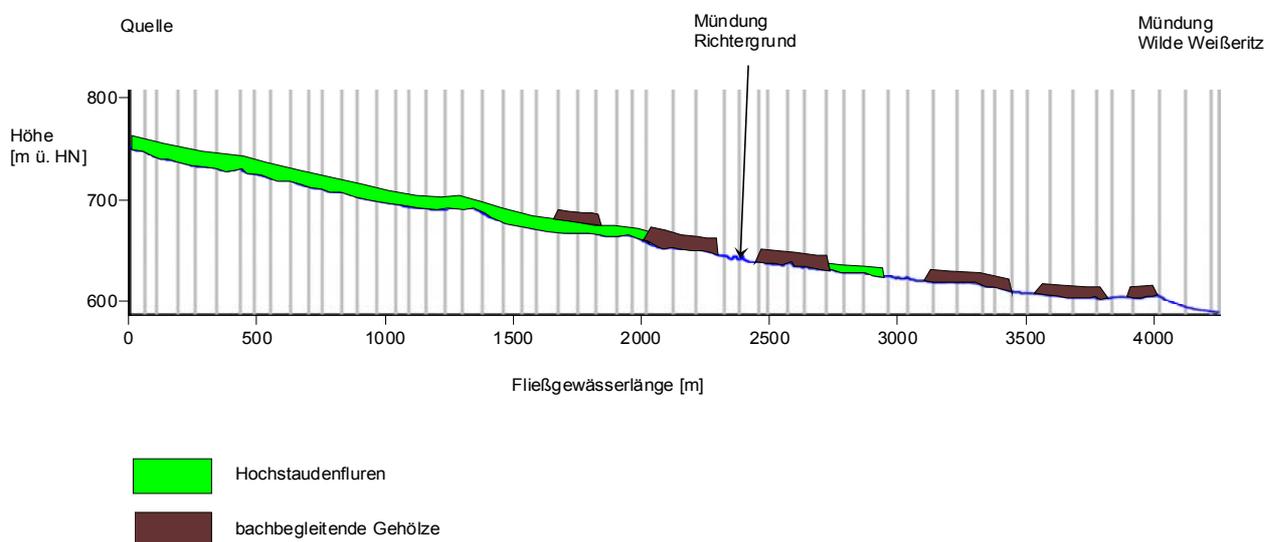


Abb. 46: Längsprofil des Weißbaches mit vorgesehener Uferbepflanzung (Szenario WB-Ug)

Tabelle 19: Abflussscheitel und Fließgeschwindigkeiten des Weißbaches im Köhlergrund und vor der Mündung in die Wilde Weißeritz im Ist-Zustand (HQ 5, HQ100)

	Weißbach vor Mündung in die Wilde Weißeritz	Köhlergrund vor Zusammenfluss mit dem Richtergrund
Abfluss HQ 5 [l/s]	1800	700
Abfluss HQ 100 [l/s]	6800	2690
Fließgeschwindigkeit HQ 5 [m/s]	0,96	3,58
Fließgeschwindigkeit HQ 100 [m/s]	1,16	3.67

Infolge des hohen Geländegefälles im Einzugsgebiet besitzen Mittelgebirgsbäche bereits im Quellbereich ein hohes Fließgefälle. Im Köhlergrund hat der Weißbach bereits ein Gefälle über 5 %, während weiter unterhalb, auf dem Abschnitt zwischen Essigmühle und der Mündung in die Weißeritz, deutlich geringere Gefällewerte auftreten (Abb. 46), was zur Mäandrierung des Fließgewässers führt.

Aufgrund der Gefälleverhältnisse betragen die Fließgeschwindigkeiten im Köhlergrund bei Hochwasserereignissen über 3 m/s und im Unterlauf ca. 1 m/s. Durch die Modellrechnungen wurde nachgewiesen, dass durch die Verbesserung der Strukturgüte, insbesondere durch Hochstaudenfluren im Oberlauf sowie durch bachbegleitende Gehölze im Unterlauf einerseits die Abflussspitzen, aber wesentlich deutlicher die Fließgeschwindigkeiten reduziert werden können, was zu einer Verringerung der Gewässererosion führt (Tabelle 20).

Tabelle 20: Abflussscheitel und Fließgeschwindigkeiten des Weißbaches im Köhlergrund und vor der Mündung in die Wilde Weißeritz mit Uferbepflanzung, Szenario 7 (HQ 5, HQ100)

	Weißbach vor Mündung in die Wilde Weißeritz	Köhlergrund vor Zusammenfluss mit dem Richtergrund
Abfluss HQ 5 [l/s]	1550	580
Abfluss HQ 100 [l/s]	5200	2190
Fließgeschwindigkeit HQ 5 [m/s]	0,41	1,53
Fließgeschwindigkeit HQ 100 [m/s]	0,60	1,58

Bewertung der Renaturierungsmaßnahmen des Grundbaches (TEZG Höckenbach; Szenario HB-Ren)

Für das TEZG Höckenbach wurde untersucht, wie sich Renaturierungsmaßnahmen des Grundbaches auf den Abfluss sowie auf die Fließgeschwindigkeit auswirken, um daraus auf die Geschiebeführung schlussfolgern zu können. Im Mittelpunkt standen Modellrechnungen mit dem Programm SWMM für Niederschlagsereignisse von 10 Minuten Dauer. Ausgehend von den Abflüssen und Fließgeschwindigkeiten im Ist-Zustand (Tabelle 21) wurden die Maßnahmen in DZIANISAVA (2006) (Mäandrierung, Aufweitung von Gewässerabschnitten, Anlegen von Gewässerrandstreifen Bereitstellung von Retentionsräumen durch entsprechende Nutzung zweier Teiche, vgl. Kap. 6.2) in das Modell integriert.

Tabelle 21: Modellierete Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten des Grundbaches an verschiedenen Abschnitten bei Starkniederschlagsereignissen von 10 min Dauer (Ist-Zustand)

	Gewässerabschnitte des Grundbaches entsprechend Abb. A3.5			
	1	4	6	8
Abfluss HQ 5 [l/s]	19,5	670	1780	2200
Abfluss HQ 100 [l/s]	53	1320	4023	5400
Fließgeschwindigkeit HQ5 [m/s]	0,75	1,85	1,4	2,18
Fließgeschwindigkeit HQ100 [m/s]	1,05	2,03	1,45	2,17

Bei kurzen Starkregenereignissen ist eine Reduzierung des Scheitelabflusses um ca. 25-30 % des Grundbaches bis zum Zusammenfließen mit dem Beerwalder Bach durch die von DZIANISAVA (2006) vorgeschlagenen Maßnahmen möglich (Tabelle 22). Neben dem Rückgang des Scheitelabflusses wurde eine deutliche Reduzierung der Fließgeschwindigkeit festgestellt, die in Abschnitten mit besonders steilem Gewässergefälle um bis zu 60 % geringeren Werten führt, sodass die Sohlenerosion stark eingeschränkt wird (FÄH 1997, BEFFA 1994).

Tabelle 22: Modellierete Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten des Grundbaches nach Renaturierung

	Gewässerabschnitte des Grundbaches entsprechend Abbildung A3.5			
	1	4	6	8
Abfluss HQ 5 [l/s]	18	350	1220	1600
Abfluss HQ 100 [l/s]	48	950	3005	4000
Fließgeschwindigkeit HQ5 [m/s]	0,41	0,75	0,62	0,96
Fließgeschwindigkeit HQ100 [m/s]	0,58	0,95	0,65	0,95

Bewertung von Maßnahmen zum Erosionsschutz

Neben der Bewertung der Szenarien zur Reduzierung des Scheitelabflusses im Hochwasserfall wurde untersucht, wie durch Heckenpflanzungen die erosive Wirkung der Abflüsse verringert werden kann. Die Anpflanzung von Hecken und Grasstreifen als Schutzmaßnahme gegen Bodenabtrag ist seit langem bekannt (z.B. RACHMANN et al. 2004, RODRIGUES 1997, KIEPE 1995)

In den Einzugsgebieten der Mittelgebirge treten neben den Schäden durch Ausuferungen der Fließgewässer vor allem Schäden durch flächig unkontrolliert von Hängen abfließende Wässer auf, die zum Bodenabtrag an Hängen und zur Sedimentation in den Tallagen führen. Zum Schutz wurden in der Vergangenheit an den Hanglagen Steinwälle und Hecken angelegt. Im Zuge der Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung wurden diese Hecken und Steinwälle größtenteils beseitigt (GROSCH 2006), so dass in der Folgezeit verstärkter Hangabfluss, sowie Erosionserscheinungen auftraten. An Problemflächen sollten Hecken mit vorgelagerten Mulden bzw. Gräben zur Ableitung von abfließendem Hangwasser errichtet werden, um optimale Verhältnisse für Natur- und Hochwasserschutz zu erreichen (VIAUD et al. 2005, CARLUER & DE MARSILY 2004). Zur Festlegung von hydrologisch/ hydraulisch optimalen Standorten wurde im Projekt das Verfahren von MITASOVA & MITAS (2002) herangezogen und für die TEZG Weißbach und Höckenbach angewendet. In den folgenden Darstellungen sind die potenziell durch Erosion gefährdeten Flächen dieser Einzugsgebiete dargestellt (Abb. 47 und Abb. 48).

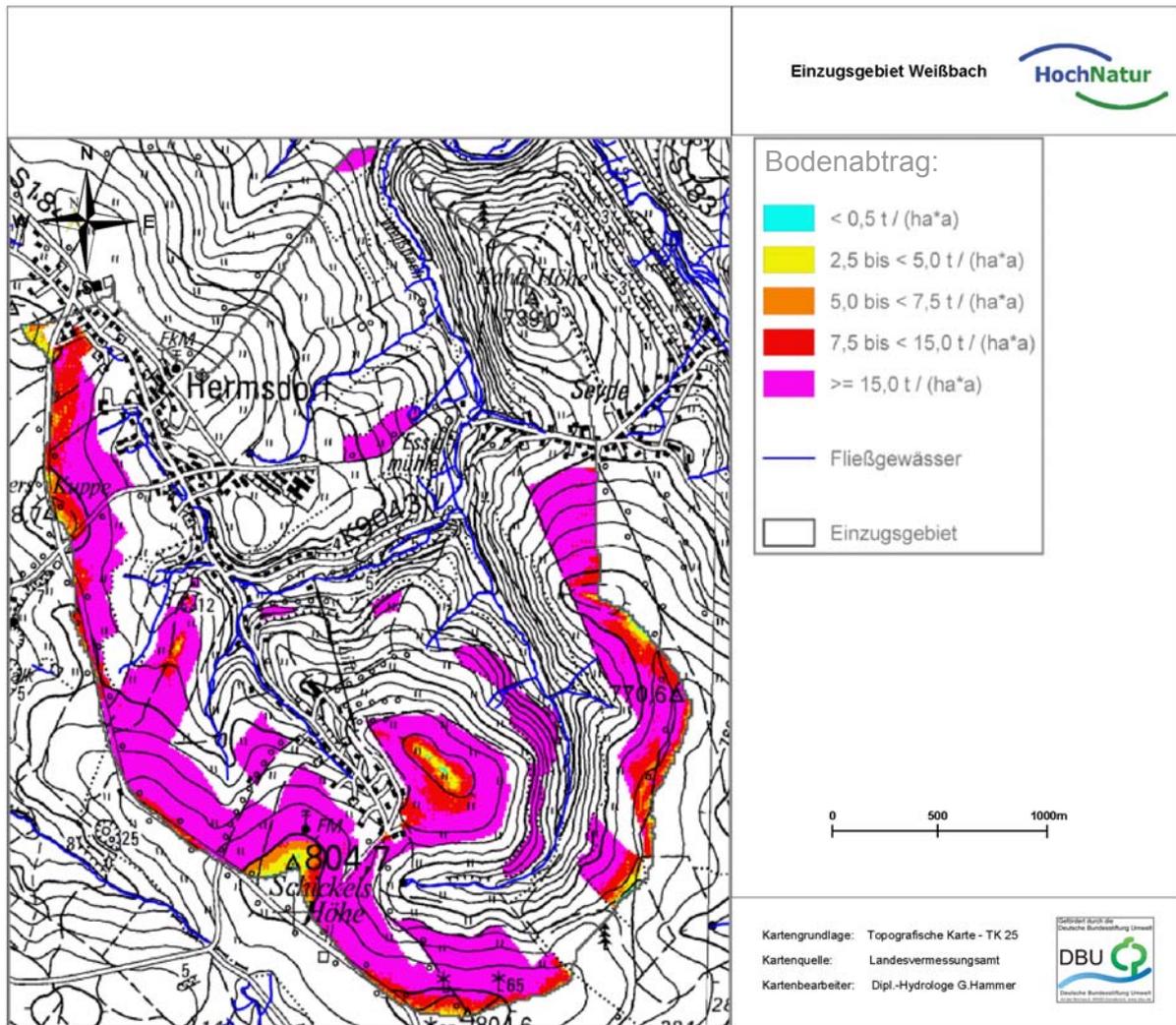
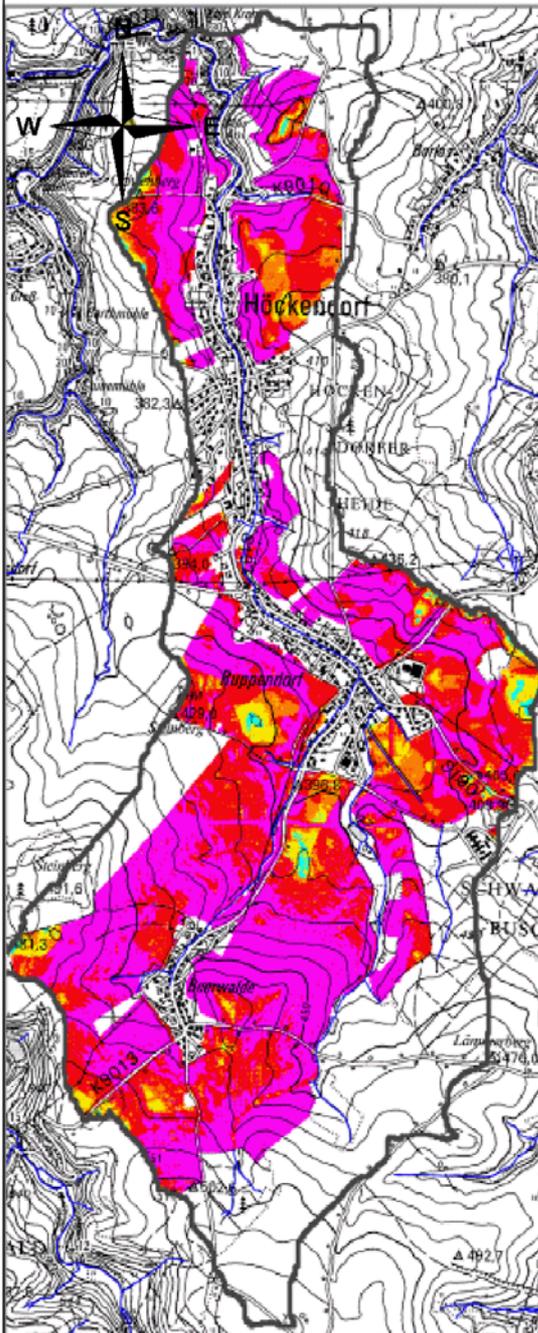


Abb. 47: Darstellung der durch Erosion potenziell gefährdeten Flächen im TEZG Weißbach

Besonders die Rinnensysteme und Geländedepressionen sind von Erosionen betroffen. Um die bevorzugten Fließbahnen zu unterbrechen bzw. die dahinein entwässernden Einzugsgebiete zu verkleinern, wurden durch modellhafte Untersuchungen für das Einzugsgebiet des Weißbaches mehrere Heckenstandorte ermittelt (Abb. 50). Durch die Anlage einer Hecke im Unterlauf des Weißbaches parallel zur Ortslage Hermsdorf wird die größte Erosions- und gleichzeitig auch Abflussminderung erreicht. Wird sie über die nordwestliche Einzugsgebietsgrenze verlängert, kann eine Fläche von 48 ha aus dem Einzugsgebiet ausgegrenzt werden. In diesem Fall wäre eine Minderung der Abflüsse um bis zu 6,5 % möglich. Die Hecke südlich der Ortslage Seyde besitzt ihre Wirkung in der Minderung des Bodenabtrages und Ablenkung der Fließbahnen. Die Reduktion der Abflüsse ist hier nur untergeordnet. Durch Verkürzung der erosiven Hanglängen (und somit Verminderung des LS-Faktors, siehe Kap. 3.4.7) auf die Hälfte kann eine Reduzierung des Bodenabtrags um bis zu 30 % auf den Ackerflächen erzielt werden! Das Gleiche gilt auch für die beiden Hecken im südlichen Einzugsgebiet. Auch hier überwiegt die Erosionsminderung gegenüber der Abflussreduktion.



Bodenabtrag:

-  < 0,5 t / (ha*a)
-  0,5 bis < 2,5 t / (ha*a)
-  2,5 bis < 5,0 t / (ha*a)
-  5,0 bis < 7,5 t / (ha*a)
-  7,5 bis < 15,0 t / (ha*a)
-  $\geq 15,0$ t / (ha*a)
-  Fließgewässer
-  Einzugsgebiet

0 500 1000m

Kartengrundlage: Topografische Karte - TK 25
 Kartenquelle: Landesvermessungsamt
 Kartenbearbeiter: Dipl.-Hydrologe G.Hammer



Abb. 48: Darstellung der durch Erosion potenziell gefährdeten Teilregionen im TEZG Höckenbach

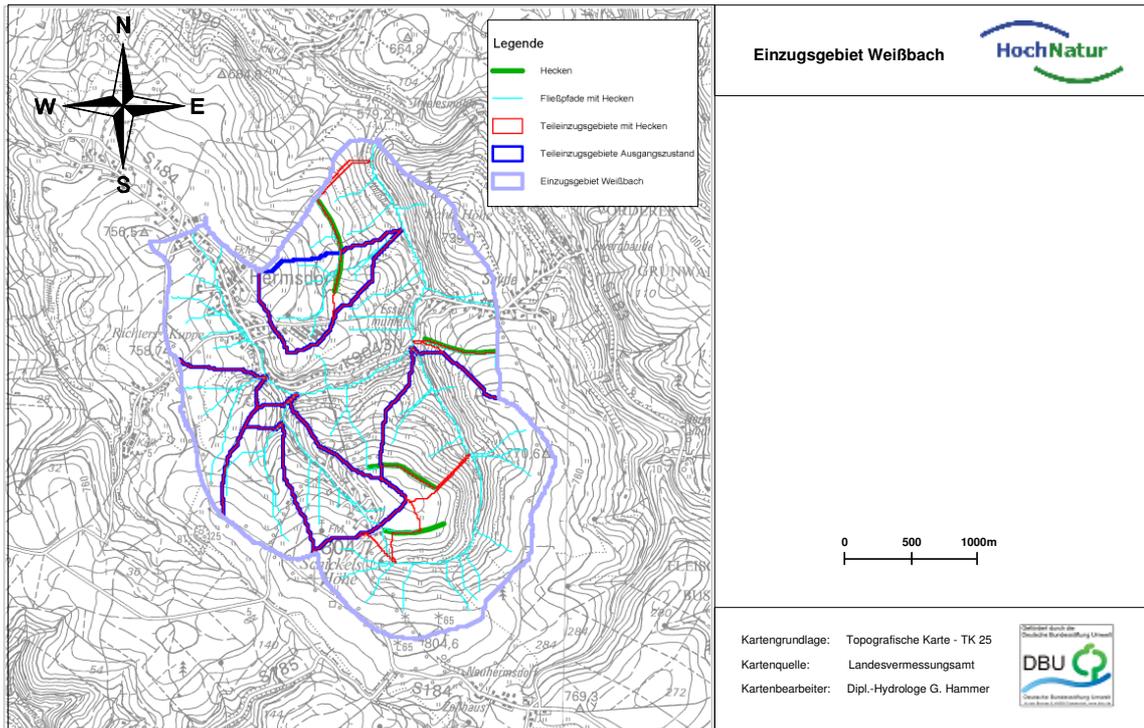


Abb. 49: Heckenstandorte im Teileinzugsgebiet des Weißbaches (WB-Hprak)

In der Gemeinde Höckendorf wurde die Anpflanzung einer Hecke geplant, um Anwohner im Ortsteil Ruppendorf vor abfließendem Hangwasser bzw. Bodenabtrag zu schützen (Abb. 50).

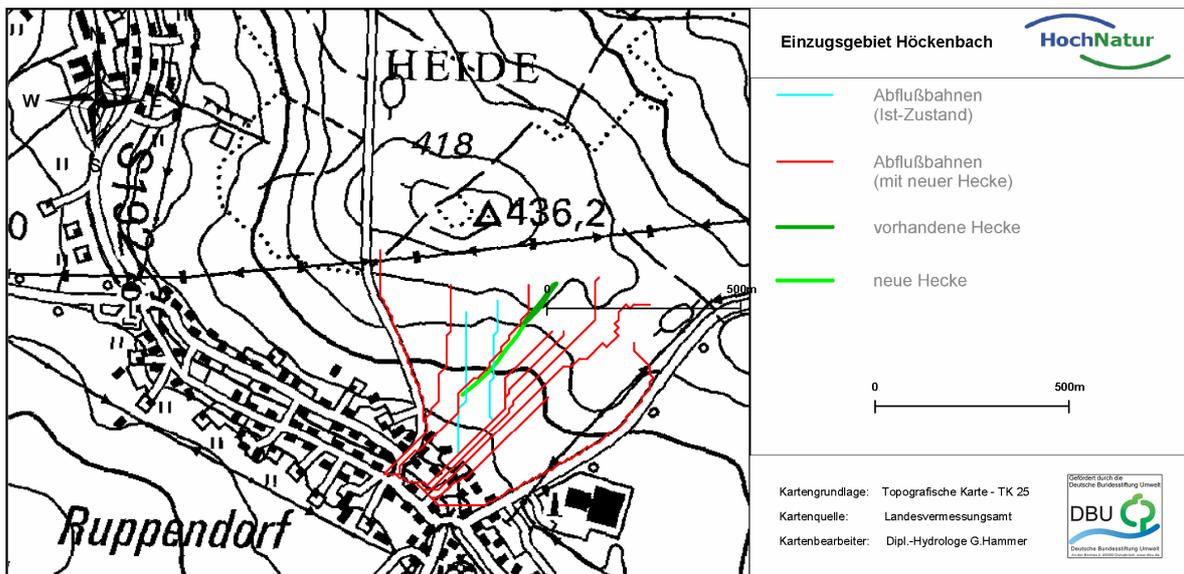


Abb. 50: Abflussbahnen am Heckenstandort in Ruppendorf/ Höckendorf (HB-Hprak)

Durch die Neuanlage der Hecke werden zum Ortsteil Ruppendorf führende Fließpfade unterbrochen, sowie das Einzugsgebiet von 30 ha auf 17 ha verkleinert (Abb. 51), wenn gleichzeitig ein Durchlass durch die den Hang querende Straße zur Wasserableitung errichtet wird.

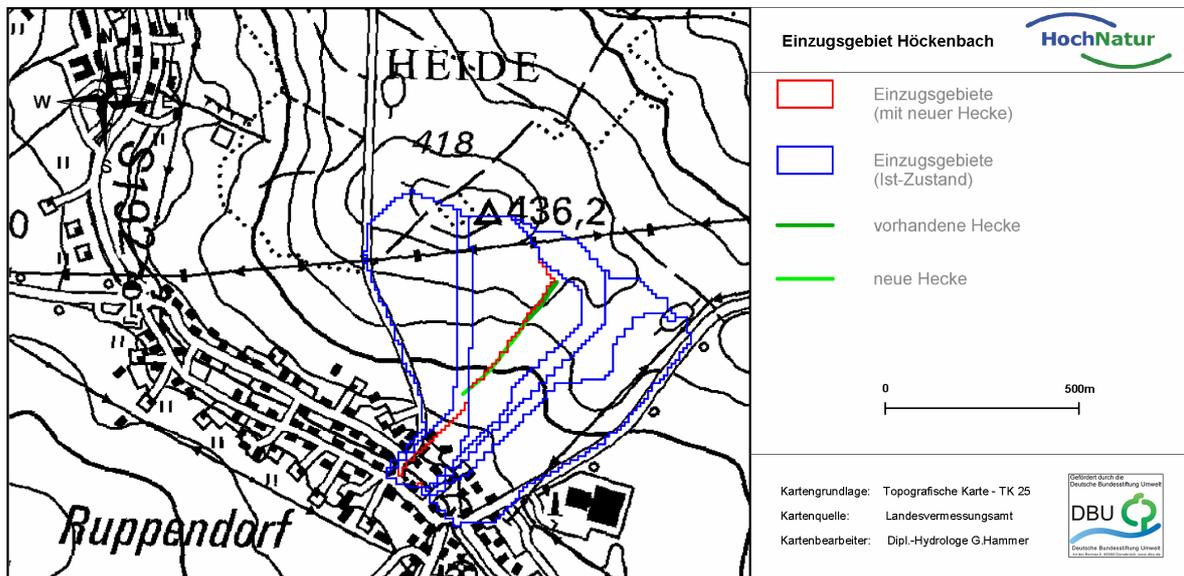


Abb. 51: Einzugsgebiete am Heckenstandort in Ruppendorf/ Höckendorf

Durch hydrologische Modellierung konnte nachgewiesen werden, dass bei einem Starkniederschlag von 10 Minuten Dauer mit 100-jährigem Wiederkehrintervall statt 3.804 l/s nur noch 2.500 l/s und bei relevanten Ereignissen mit 5-jährigem Wiederkehrintervall statt 1.695 nur noch 1.116 l/s abfließen.

Das betroffene Areal der Heckenpflanzung wurde mit den Fruchtfolgen Winterraps-Winterweizen-Wintergerste (Fruchtfolge 1) oder Silomais-Sommergerste-Winterraps-Winterweizen (Fruchtfolge 2) bestellt. Durch die Anlage der Hecke wird die erosive Hanglänge von derzeit 180 m auf 85 m verkürzt. Infolge der Verminderung des Topografie-Faktors (Hanglängenfaktor L und Hangneigungsfaktor S) vermindern sich die Bodenabträge erheblich (Tabelle 23).

Tabelle 23: Berechnete langjährige, mittlere jährliche Bodenabträge [t/(ha*a)] am Beispiel einer Ackerfläche im Einzugsgebiet des Höckenbaches, Szenarien: Ist-Zustand (HB-Ist) und mit Hecke (HB-Hprak)

	Ist-Zustand [t/(ha*a)]	mit Hecke [t/(ha*a)]
Fruchtfolge 1	8,6	5,9
Fruchtfolge 2	12,9	8,9

Bei beiden Fruchtfolgen wird durch Anlage der Hecke der langjährige, mittlere jährliche Bodenabtrag deutlich gesenkt, im Fall der Fruchtfolge 2 unter die Toleranzgrenze von 10 t/(ha*a). Die Toleranzgrenze ermittelt sich basierend auf der Ackerzahl (oder Grünlandzahl) geteilt durch den Faktor 8. Schutzmaßnahmen sind im Allgemeinen bei Unterschreitung der Toleranzgrenze nicht notwendig. Das Bodenschutzziel wird somit durch die Anlage der Hecke erreicht.

5.4 Bewertung der Szenarien EZG Weißeritz

5.4.1 Naturschutzfachliche Bewertung

Bewertung Biotoptypen

Von den 3 Szenarien für das Weißeritz-EZG ist bei der Biotoptypenbewertung bei dem Szenario „Komplettaufforstung entsprechend der PNV“ (W-PNV) der Flächenanteil der Typen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung (81 %) am höchsten (Abb. 52). Die versiegelten und bebauten Flächen des Siedlungsbereiches und der Infrastruktur führen zu einem Flächenanteil von 15,5 % mit sehr geringer naturschutzfachlicher Bedeutung. In diesem Szenario sind im Siedlungsbereich einige unversiegelte Flächen von den Aufforstungen nicht betroffen. Die entsprechenden Biotoptypen nehmen einen Flächenanteil von 4 % ein und werden mit einer mittleren bzw. hohen naturschutzfachlichen Bedeutung bewertet.

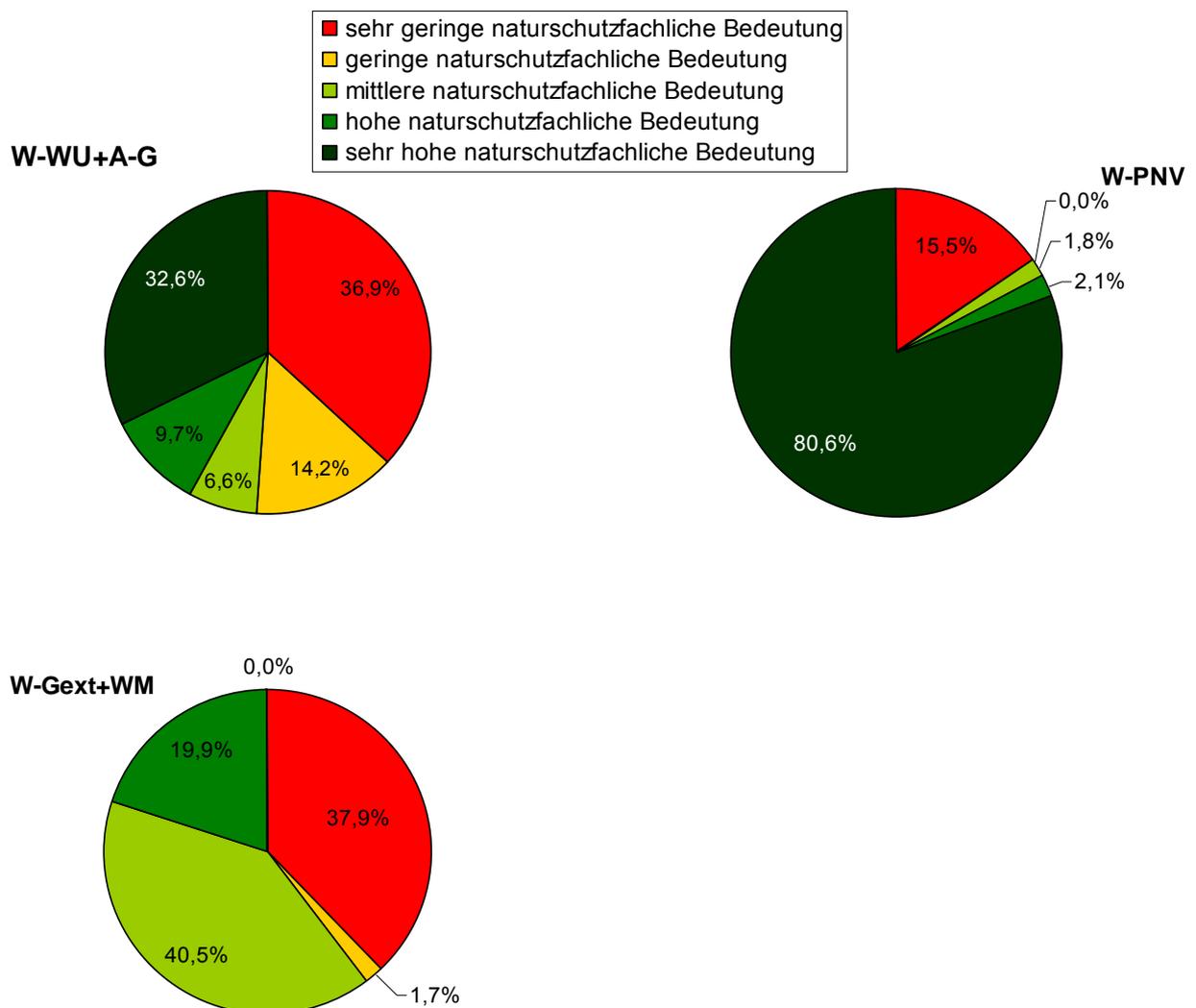


Abb. 52: Ergebnis der naturschutzfachlichen Biotoptypenbewertung verschiedener Landnutzungs-szenarien (Extremszenarien) des EZG Weißeritz (W). Dargestellt sind die relativen Flächenanteile (%) der Biotoptypen in den jeweiligen Bewertungsklassen. WU+A-G = Waldumbau/ Äcker über 500 mNN zu Extensivgrünland, PNV = Komplettbewaldung entsprechend potenzieller natürlicher Vegetation, Gext+WM = Grünlandextensivierung und Waldmehrung (weitere Erläuterungen zu den Szenarien s. Kap. 5.2)

Im Szenario Waldumbau und Acker zu Extensivgrünland (W-WU+A-G) nimmt im Vergleich zum Ist-Zustand (Abb. 18, S. 48) der Anteil der Flächen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung von 0 % auf 33 % zu (Abb. 52). Dies entspricht dem Anteil der vom Umbau betroffenen Wälder. Der Flächenanteil mit sehr geringer naturschutzfachlicher Bedeutung nimmt aufgrund des Rückganges der Ackerflächen ab, wohingegen der Flächenanteil mit einer geringen naturschutzfachlichen Bedeutung, hauptsächlich bedingt durch das Vorkommen von Intensivgrünland, konstant bleibt. Die Biotoptypen mit einer mittleren Bewertung, wie Feuchtfelder, Nasswiesen sowie Hecken und Gebüsche, nehmen einen Flächenanteil von etwa 7 %, die Biotoptypen mit einer hohen Bedeutung, z.B. Feldgehölze, Magerrasen und magere Frischwiesen einen Anteil von knapp 10 % ein.

Da bei dem Szenario W-Gext+WM von Aufforstungen mit Fichte (Flächenanteil 3 %) ausgegangen wurde, kommen in diesem Szenario ebenso wie beim Ist-Zustand (Abb. 18) keine Flächen mit sehr hoher naturschutzfachlicher Bedeutung vor. Aufgrund der Waldzunahme auf Ackerflächen geht der Flächenanteil der Biotoptypen mit sehr geringer naturschutzfachlicher Bedeutung von 39 % des Ist-Zustandes auf 38 % zurück. Hauptsächlich durch die Zunahme von Extensivgrünland aber in geringem Maße auch durch die Zunahme von Fichtenforsten steigt der Flächenanteil mit mittlerer naturschutzfachlicher Bedeutung im Vergleich zum Ist-Zustand von 26 auf 41 %. Der Flächenanteil von knapp 2 % der Biotoptypen mit geringer Bedeutung ist durch das Vorkommen von Ackerbrachen und sonstigen vegetationsarmen Biotoptypen bedingt.

Bewertung Landschaftsstruktur

Die Bewertung anhand der Landschaftsstrukturmaße zeigt für alle Szenarien ein besseres Bewertungsergebnis als für den Ist-Zustand (Abb. 53). Deutlich am besten schneidet das Szenario W-Gext+WM ab. Dieses ist besonders beachtenswert, da die modifizierten Flächenanteile (24 %) im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien (37 und 84 %) deutlich geringer sind. Ursache für die vergleichsweise geringe Wertigkeit dieser beiden Szenarien ist der Verlust an Biotopvielfalt im Bereich der Wälder und die Entstehung von großen, relativ homogenen Flächen bei Waldumbau bzw. Komplettaufforstung entsprechend der PNV. Von der Umwandlung von Äckern zu Grünland (W-WU+A-G) sind darüber hinaus nur Flächen oberhalb 500 mNN betroffen, demzufolge auch nur ein Flächenanteil von etwa 3 %, was auch zu keiner wesentlichen Verbesserung im Vergleich zum Ist-Zustand führte.

Die Ergebnisse zeigen, dass das auf Basis der kleineren TEZG Weißbach und Höckenbach entwickelte Bewertungssystem auch auf größere Landschaftsausschnitte anwendbar ist und zu plausiblen Ergebnissen führt.

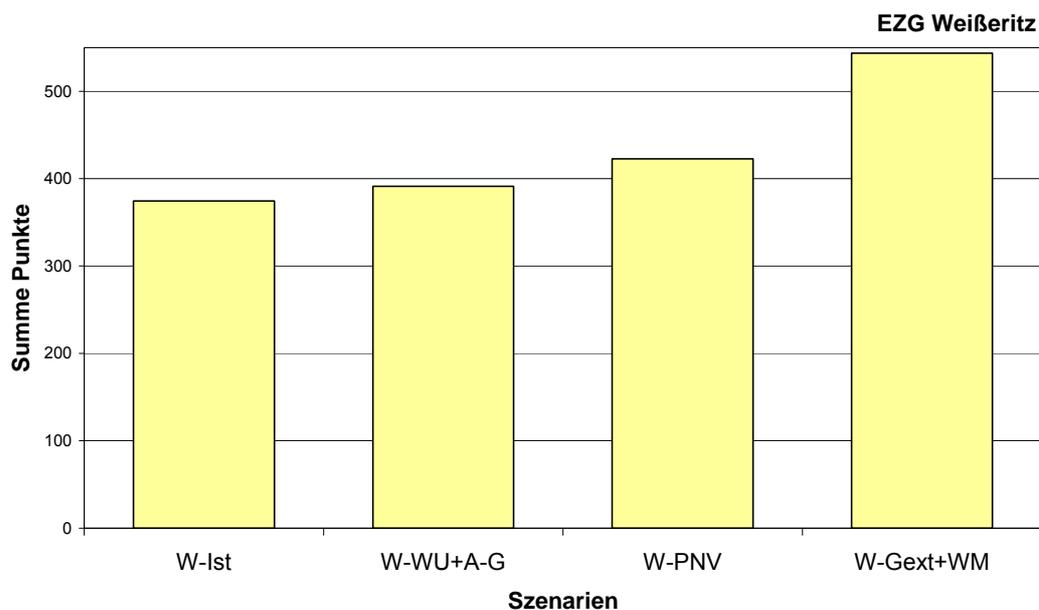


Abb. 53: Ergebnis der vergleichenden naturschutzfachlichen Bewertung der Szenarien des EZG Weißeritz (W).

Dargestellt sind die Ergebnisse der Bewertung anhand von 3 Flächenstrukturindizes (Kap. 3.2.5.2) und der Gewichtung mit dem Flächenanteil der Biotoptypen mit einer mittleren naturschutzfachlichen Bedeutung (Werteklasse 3) und besser (s. Tabelle 6, S. 25). Ist = Istzustand, WU+A-G = Waldumbau/ Äcker über 500 mNN zu Extensivgrünland, PNV = Komplettbewaldung entsprechend potenzieller natürlicher Vegetation, Gext+WM = Grünlandextensivierung und Waldmehrung (weitere Erläuterungen zu den Szenarien s. Kap. 5.2)

5.4.2 Bewertung aus Sicht des Hochwasserschutzes

Die Szenarien wurden mit der gleichen Klassifizierung der Abflusskomponenten (s. Tabelle 8) wie im Kapitel 5.3.2 bewertet. Für den Hochwasserschutz ist die Wirksamkeit des Szenarios W-PNV (s. Kap. 5.2) erwartungsgemäß am höchsten (Abb. 54). Der stärkste Eingriff in die Landnutzungsstruktur reduziert die hochwasserrelevanten Abflusskomponenten um nahezu 40 %-Punkte.

Obwohl die Umstrukturierung der Landnutzung des Szenarios W-WU+A-G (s. Kap. 5.2) fast 37 % der Gesamtfläche betraf, konnte eine Verringerung des Flächenanteils mit schnellen Abflusskomponenten nur um 12 %-Punkte erreicht werden (Abb. 54). Ursache ist die Lage der Waldstandorte im Gesamteinzugsgebiet. Die meisten Wälder des Ist-Zustandes (34,4 % der Gesamtfläche) stocken auf den flachgründigen Böden (s. Abb. 4, S. 17) in stärker geneigten Bereichen (Abb. 3, S. 16). An diesem Beispiel ist deutlich zu sehen, dass die Hochwasserschutzfunktion des Waldes entscheidend durch die Standortbedingungen (Bodeneigenschaften, Geländegefälle) beeinflusst wird. Die Umwandlung aller Ackerflächen in Höhenlagen über 500 m ü NN in extensiv genutztes Grünland reduziert wegen des geringen Flächenanteils (< 3 %) die schnellen Abflusskomponenten nur wenig (Karte A1.50).

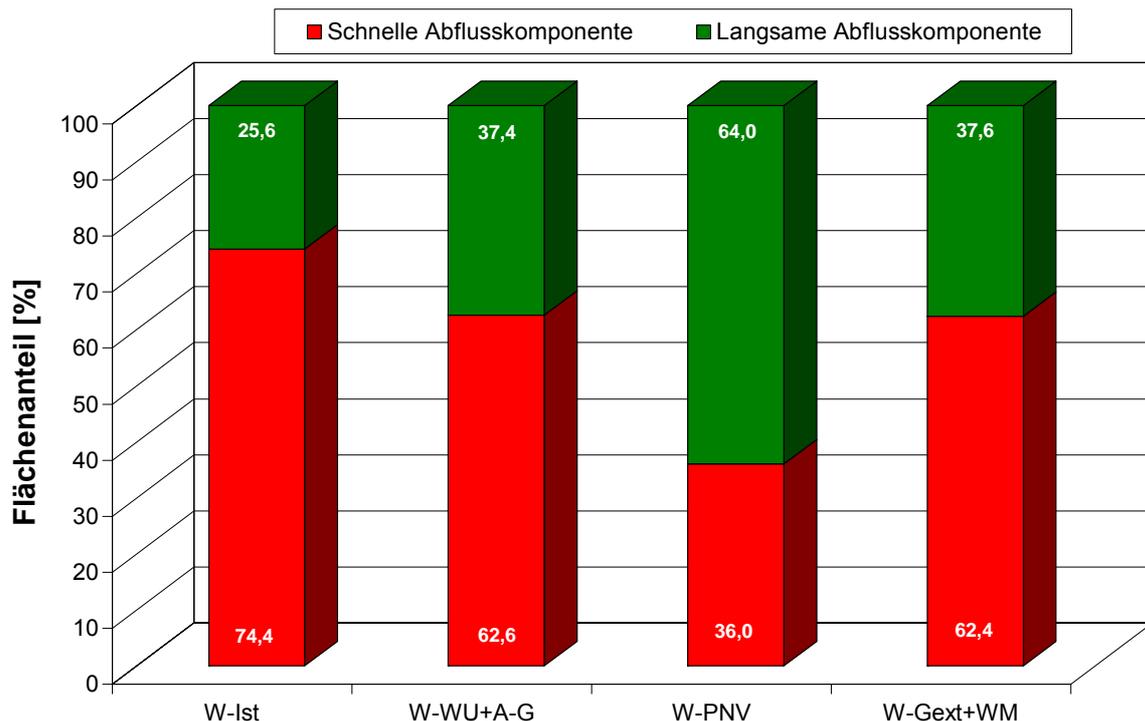


Abb. 54: Vergleich der Abflusskomponenten (WBS FLAB) der Nutzungsszenarien für das EZG Weißeritz (Erläuterung der Szenarien s. Kap.5.2)

Im Gegensatz zu Szenario W-WU+A-G betrifft der Eingriff in die Landschaft beim Szenario W-Gext+WM (s. Kap. 5.2) nur 23 % der Gesamtfläche. Dennoch bewirken die hier vorgeschlagenen Landnutzungsänderungen eine gleiche Abnahme der schnellen Abflusskomponenten im Vergleich zum Ist-Zustand (Abb. 54). Eine gleichzeitige Reduktion des Oberflächenabflusses von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen und Verzögerung des schnellen Zwischenabflusses (Karte A1.51) erfolgt hauptsächlich auf den Lößböden und ist auf die Erhöhung der Infiltrationskapazität und die Verbesserung der Wasserleitung im Bodenprofil zurückzuführen.

Dieses Beispiel zeigt, dass die Größe der Fläche für Landnutzungsänderungen nicht immer eine entscheidende Rolle spielen muss. Viel wichtiger ist eine detaillierte Analyse des Ist-Zustandes unter Berücksichtigung aller Standortparameter und -aspekte. Nur darauf aufbauend können optimale Maßnahmen zur Minderung schneller Abflussprozesse vorgeschlagen werden.

5.5 Fazit Bewertung der Nutzungsszenarien

Die Bewertungsergebnisse zeigen, dass bestimmte Landnutzungsänderungen wie die Etablierung von Hecken besonders auf lokaler Ebene, das heißt an einem konkreten Standort, ihre Wirkung entfalten können (besonders Erosionsschutz). Für die Hochwasser- und Naturschutzsituation des gesamten Einzugsgebietes spielen solche Einzelmaßnahmen aber eine untergeordnete Rolle. Ausnahme bildet die Fließgewässerrenaturierung, da sie einen wesentlichen Einfluss auf das Abflussgeschehen und auch auf die Naturschutzsituation hat. Allerdings kann diese Maßnahme aufgrund der vergleichsweise geringen Flächeninanspruchnahme nicht mit dem System WBSFLAB und dem naturschutzfachlichen Bewertungsverfahren sinnvoll bewertet werden.

Aus diesem Grund werden im folgenden Text nur die Szenarien mit flächenhaften Landnutzungsänderungen betrachtet, die eine Bedeutung für die Hochwasser- und Naturschutzsituation des gesamten Einzugsgebietes haben.

In den Abbildungen 55 und 56 wird die Bewertung der Szenarien aus Naturschutz- und Hochwasserschutzsicht gegenüber gestellt.

Der Vergleich der beiden TEZG Weißbach und Höckenbach hinsichtlich der Flächenanteile der Biotoptypen mit einer mittleren naturschutzfachlichen Bewertung (Werteklasse 3) und besser zeigt (Abb. 17, S. 47), dass die Ausgangssituation im TEZG Weißbach mit 51 % deutlich besser ist als im TEZG Höckenbach (21 %). Demzufolge wurde der Ist-Zustand des Weißbaches (Abb. 55) aus Naturschutzsicht wesentlich besser eingestuft als im TEZG Höckenbach (Abb. 56). Die Anordnung der anderen Szenarien ergibt sich durch den Vergleich der Ergebnisse der Landschaftsstrukturmaße (Abb. 32 und Abb. 33, S. 75). Das Szenario „konservierende Bodenbearbeitung“ (Akons) konnte allerdings nicht sinnvoll mit dem Bewertungsverfahren bewertet werden (Flächenanteil und Flächenverteilung bleiben konstant). Da dieses Bewirtschaftungsverfahren einen erheblichen Beitrag zum Erosionsschutz und damit zum Bodenschutz leisten kann (LÜTKE-ENTRUP & SCHNEIDER 2003, MOLLENHAUER & ORTMEIER 1992), wurden die Szenarien im Vergleich zum Ist-Zustand etwas besser eingestuft. Aufgrund des tendenziell erhöhten Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln erfolgte diese Aufwertung aber nur in geringem Umfang.

Für die Bewertung der Szenarien aus Sicht des Hochwasserschutzes wurden in einem ersten Schritt die Ergebnisse des WBSFLAB, d.h. die Reduktion der Flächenanteile mit schnellen Abflusskomponenten (Abb. 34, 35, S. 77, 78) im Vergleich zum Ist-Zustand mit denen des WaSiM, d.h. der Reduktion der Abflussspitzen im Vergleich zum Ist-Zustand, korreliert. Demnach besteht für beide TEZG ein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern für die beiden ausgewählten Niederschlagsereignisse HQ100/10 min und HQ5/10 min (Spearman Rank Correlation; Weißbach: $n=9$, $r=0,76$ $p=0,03$ bzw. $r=0,73$, $p=0,04$ Höckenbach: $n=8$, $r=0,73$, $p=0,05$ bzw. $r=0,70$, $p=0,06$).

Aufgrund seiner mannigfaltigen Nutzungsstruktur, die sich positiv auf die Abflusskonzentration auswirkt, und des geringen Anteils an der schnellen Komponente Oberflächenabfluss, wurde der Ist-Zustand des Weißbacheinzugsgebiets deutlich besser bewertet als der des Höckenbacheinzugsgebiets. Im Höckenbachgebiet bringen bereits die Szenarien konservierende Bodenbearbeitung auf allen Äckern (HB-Akons) und Acker zu Grünland (HB-A-G) für den Hochwasserschutz und die Erosionsminderung erhebliche Vorteile, weil dadurch auf großen Flächen Oberflächenabfluss weitgehend vermieden wird.

Die hier dargestellten Modellergebnisse zeigen, dass neben der Größe und der Anteile der Flächen mit schnellen Abflusskomponenten vor allem die Bodenbedingungen eine außerordentliche Rolle spielen (vgl. Kapitel 5.4.2). Änderungen der Landnutzung auf 10 % der Einzugsgebietsfläche führten nur zu einer geringen Reduktion der Abflussspitzen im Gewässer. Deutliche Effekte waren erst bei Landnutzungsänderungen auf 15 bis 25 % der Fläche nachweisbar (vgl. auch ECKHARDT et al. 2003).

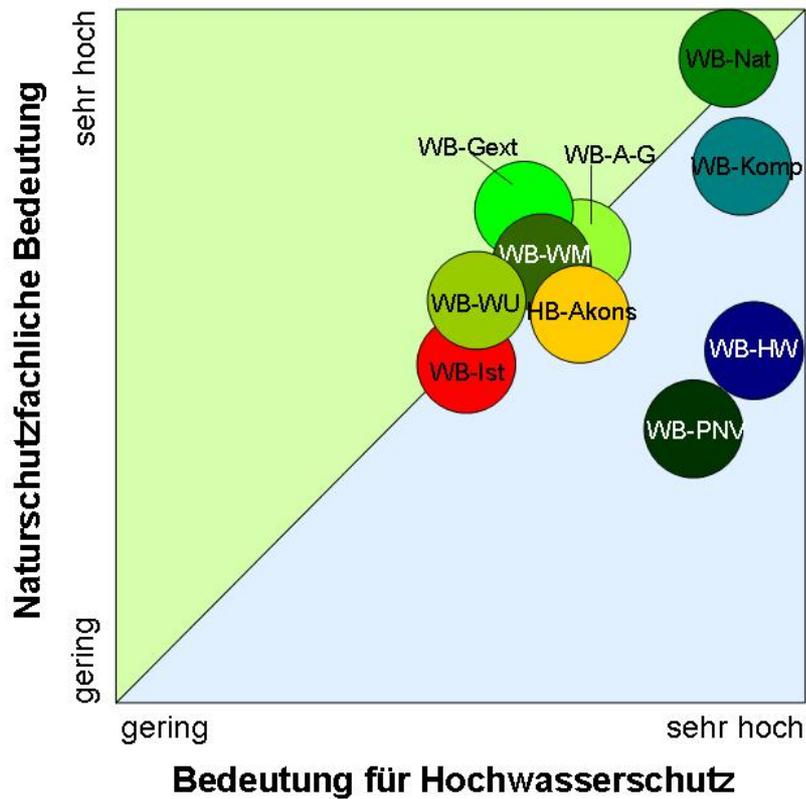


Abb. 55: Komplexbewertung der Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes (TEZG Weißbach)

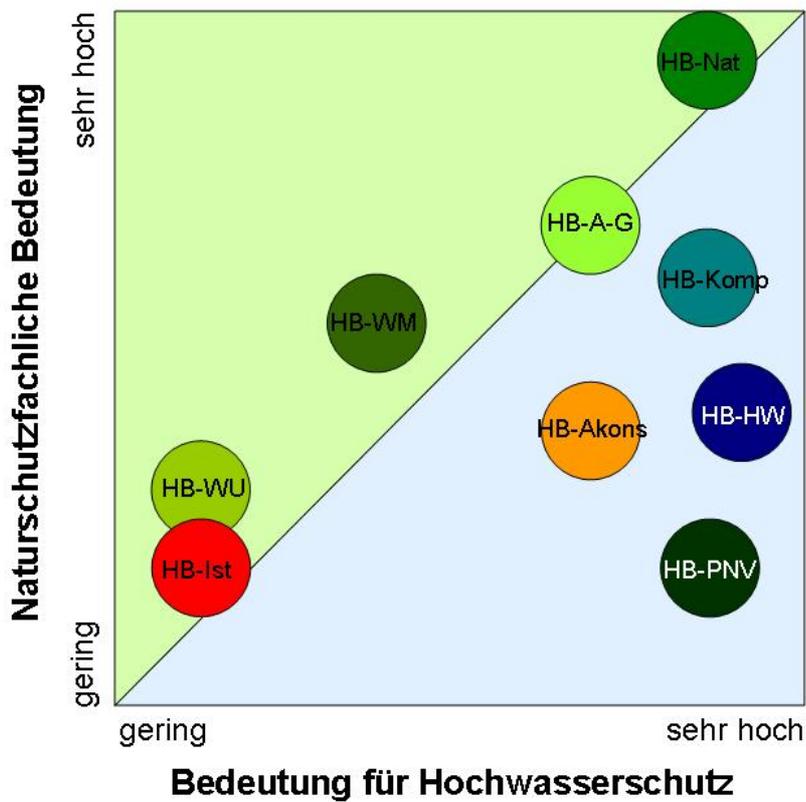


Abb. 56: Komplexbewertung der Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes (TEZG Höckenbach)

Die Bewertungsergebnisse verdeutlichen noch einmal den großen Handlungsbedarf für das TEZG Höckenbach im Vergleich zum TEZG Weißbach. Im Weißbachgebiet sind selbst umfangreiche Landnutzungsänderungen vergleichsweise wenig effektiv, auch wenn mit ihnen eine Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand erreicht werden kann. Eine Ausnahme bildet das Szenario „PNV“, welches aus Sicht des Naturschutzes im Vergleich zum Ist-Zustand schlechter eingestuft wird. Die anderen Extremszenarien (Nat, HW, Komp) mit Landnutzungsänderungen auf etwa 50 % der Fläche (vgl. Tabelle 18, S. 69) zeigen besonders aus Sicht des Hochwasserschutzes die deutlichste Verbesserung im Vergleich zum Ist-Zustand. Dabei können die Szenarien „Naturschutzmaßnahmen“ (Nat) und Kompromiss Naturschutz- und Hochwasserschutzmaßnahmen“ (Komp) die besten Ergebnisse aus beiderlei Sicht erzielen.

Auch im TEZG des Höckenbaches zeigen die Szenarien mit umfangreicheren Landnutzungsänderungen die größten Effekte. Der Waldumbau (WU) dagegen kann aufgrund des kleinen Flächenanteils der Wälder kaum Wirkung zeigen. Mit dem Szenario „dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung“ (Akons) kann aus Sicht des Hochwasserschutzes eine deutliche Verbesserung erzielt werden. Bemerkenswert ist auch für dieses Gebiet, dass mit Maßnahmen, die aus Sicht des Naturschutzes erarbeitet wurden (Nat), der Hochwasserschutz deutlich verbessert werden kann und dass Hochwasserschutzmaßnahmen (HW) im Vergleich zur Ist-Situation aus Naturschutzsicht eine Verbesserung bedeuten.

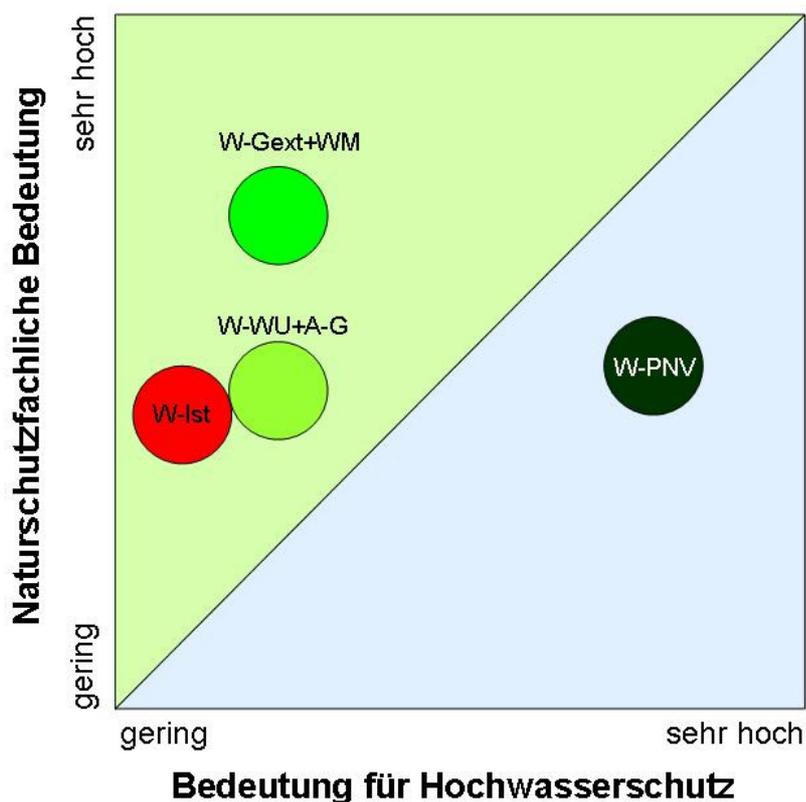


Abb. 57: Komplexbewertung der Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes (EZG Weißeritz)

Im Einzugsgebiet der Weißeritz werden die Flächen mit schnellen Abflusskomponenten um etwa 40 % reduziert, wenn das Gesamtgebiet mit PNV aufgeforstet wird (Siedlungen bleiben erhalten (Abb. A1.12). Der Durchfluss im Gerinne (Pegel Freital – ohne Talsperrenbewirtschaftung) wird jedoch nur um maximal 25 % vermindert (MITURSKI 2006). Die Aufforstung des Gesamteinzugsgebiets ist jedoch in der Praxis unrealistisch, dennoch liefern die erzielten

Ergebnisse wertvolle Erkenntnisse für eine zukünftige Planung. Obwohl die Landnutzungsumstrukturierung der Szenarien W-Gext+WM und W-WU+A-G relativ große Flächenanteile umfassten (23 % bzw. 37 %), zeigen sie lediglich eine Reduzierung der schnellen Abflusskomponenten gegenüber dem Ist-Zustand um knapp über 10 % (MITURSKI 2006). In den simulierten Durchflussganglinien (WaSiM-ETH) am Pegel Hainsberg ist dies nicht mehr zu erkennen (MITURSKI 2006). Aus Sicht des Hochwasserschutzes bringen die beiden Szenarien nur eine leichte Verbesserung im Vergleich zur aktuellen Situation und somit eine geringe Relevanz für das Gesamteinzugsgebiet der Weißeritz. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass optimale Resultate für den Hochwasserschutz nur dann zu erreichen sind, wenn alle Standortparameter und –aspekte berücksichtigt und insbesondere die sensiblen Flächen in die Landnutzungsänderungen einbezogen werden.

Aus Sicht des Naturschutzes bringt lediglich das Szenario „Grünlandextensivierung und Waldmehrung“ im Vergleich zum Ist-Zustand eine deutliche Verbesserung, obwohl der Flächenanteil der modifizierten Landnutzung kleiner ist als bei den anderen Szenarien (vgl. Kap. 5.4.1). Demnach kann keines der aufgestellten Szenarien ohne Einschränkungen für die Umsetzung empfohlen werden. Vielmehr verdeutlicht das Ergebnis, dass pauschale Landnutzungsänderungen, die nicht auf die jeweilige Situation abgestimmt sind, nicht in jedem Fall zum Erfolg führen, sondern die Planungen an die jeweilige Situation angepasst durchgeführt werden sollten. Für große Einzugsgebiete wie das EZG der Weißeritz sind allerdings flächengenaue Planungen generell sehr schwierig und können im Rahmen dieses Projektes nicht durchgeführt werden.

Zusammenfassend können mit den Bewertungen der Szenarien folgende Aussagen getroffen werden:

- Landnutzungsänderungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz können sich positiv auf den Natur- und Landschaftsschutz auswirken
- Landnutzungsänderungen führen besonders in mittleren bis kleinen Einzugsgebieten zur Reduktion der Hochwasserspitzen von bis zu 25 %
- größte Wirkung erreichen die Maßnahmen bei Starkregenereignissen mit einer 5 bis 50jährigen Auftretenswahrscheinlichkeit
- je nach Ausgangssituation sind allerdings angepasste Landnutzungsänderungen auf mindestens 25 bis 50 % der Fläche erforderlich, um einen Effekt auf die Abflussspitzen im Gewässer erreichen zu können
- vorbeugender Hochwasserschutz führt zur Minderung der Bodenerosion
- kleinflächige Maßnahmen wie die Etablierung von Hecken können besonders für einen bestimmten Standort einen erheblichen Beitrag zum Schutz vor Oberflächenabfluss und Bodenerosion liefern
- Fließgewässerrenaturierung führt zu einer deutlichen Verbesserung des Schutzes vor Hochwasser

6 Hinweise für die Maßnahmenumsetzung und Erfolgskontrollen

6.1 Maßnahmesteckbriefe

(in Zusammenarbeit mit den DBU-Projekten „Hochwasserschutz und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche in Durchbruchstätern des Osterzgebirges“ (Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V.) und „Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde Sachsen“ (Universität Hannover))

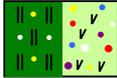
Die enge Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort, insbesondere dem Landschaftspflegeverband, zeigte sehr schnell den hohen Bedarf an Informationen und Argumentationshilfen zur Wirkungsweise, Umsetzung und Dauer bis zur Wirkung von Maßnahmen auf, die innerhalb von HochNatur analysiert und diskutiert wurden. Daher erarbeitete HochNatur für diese Zielgruppe, also für Akteure vor Ort (Landschaftspflegeverbände, Landeigentümer und -nutzer, Landwirtschaftsämter, Forstbezirke u.a.) gemeinsam mit den anderen Projekten des DBU-Projektverbundes „Nachhaltiger Hochwasser- und Naturschutz in Sachsen“ eine Handreichung mit einer einfachen Entscheidungshilfe zur Ableitung von möglichen Maßnahmen für eine konkrete Fläche (Bsp. Kasten 4) und mit Maßnahmesteckbriefen (Bsp. s. nächste S.).

Kasten 4: Beispiel für eine Checkkarte zur Ableitung von Maßnahmen am Beispiel einer konkreten Fläche und damit zur Auswahl von Maßnahmesteckbriefen

Checkkarte Grünland

	trifft zu					
	Extensivierung von Intensivgrünland	Gras- / Krautsäume (dauerhaft)	Hecken	Feldgehölze	Aufforstung	Rückhalteulden in Hanglage
Intensive Nutzung (häufiger Schnitt, hoher Viehbesatz, Düngung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oberflächenabfluss / Erosion sind zu beobachten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hanglänge über 100 m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Artenarmer Bestand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Landschaftselemente fehlen im Umland	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Die Druckvorlage liegt der DBU vor, die die Vervielfältigung der Handreichung übernimmt. Neben einem Druck mit ausgewählten Steckbriefen sollen alle 22 Steckbriefe auf einer Internetseite der DBU und des IÖZ der TU Bergakademie Freiberg zur Verfügung gestellt werden. Durch Öffentlichkeitsarbeit und Verschicken an Landschaftspflegeverbände und weitere potenzielle Nutzer soll auf die Handreichung aufmerksam gemacht werden. Die Handreichung mit den Checkkarten und Steckbriefen wurde aus Platzgründen der DBU gesondert vorgelegt.

	<p>MAßNAHME</p> <p>Extensivierung von Intensivgrünland</p> 
	<p>KURZBESCHREIBUNG</p> <p>Verringerung der Schnitthäufigkeit und Düngintensität bzw. des Viehbesatzes von Intensivgrünland</p>
<p>BEVORZUGTE EINSATZGEBIETE</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • intensiv genutztes Grünland (Schnitthäufigkeit, Viehbesatz, Düngung) • artenarme, grasdominierte Wiesen in Hanglage • Grünland, welches aufgrund des Bodentyps bzw. von Bodenverdichtung zu Oberflächenabfluss neigt 	
<p>WIRKUNGEN DER MAßNAHME</p>	
<p>HOCHWASSERSCHUTZ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Wasseraufnahme des Bodens und der Versickerung durch ein tief reichendes Wurzelsystem mit einem hohen Anteil an Grobwurzeln und durch Reduktion der Bodenverdichtung durch Maschineneinsatz bzw. Viehbesatz • Verringerung der Geschwindigkeit von Oberflächenabflüssen durch Erhöhung der Oberflächenrauigkeit (im Vergleich zu Gräsern setzen die Stängel von Kräutern dem Wasser einen größeren Widerstand entgegen) 	
<p>NATURSCHUTZ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufwertung des Landschaftsbildes durch Blütenreichtum und damit Erhöhung des Erholungs- und Erlebniswertes • Förderung der biologischen Vielfalt in der Landschaft • Verbesserung der Lebensraumfunktion für charakteristische Tier- und Pflanzenarten • Verringerung des Nährstoffeintrages auf die Fläche und in benachbarte Lebensräume 	
<p>SEKUNDÄRWIRKUNGEN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Bodenstruktur durch verstärkte Aktivität der Bodenorganismen • Schutz des Grund- und Oberflächenwassers vor Nährstoffeinträgen • Schutz vor Erosion 	
<p>HINWEISE ZUR UMSETZUNG</p>	
<p>KURZBESCHREIBUNG / SPEZIFIKATION DER MAßNAHME</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Schnitthäufigkeit (zweischürig, im Juni und Herbst), ggf. Beweidung ab September • Reduktion des Viehbesatzes auf unter 2 Großvieheinheiten/ha bzw. Einsatz von leichten Tieren, mögl. kurze Verweildauer auf ein und derselben Fläche, möglichst nicht vor Juni • Verzicht auf den Einsatz von Kunstdüngern, ggf. Einsatz von Hofdünger (vorzugsweise Stallmist, ggf. Gülle (15-25m³/ha*Jahr)) • räumlicher Wechsel der Nutzung auf großen Flächen, d.h. versetzte Mahdtermine, um den Struktur- und Artenreichtum zu erhöhen und bei Niederschlägen einige ungemähte Flächen mit hoher Oberflächenrauigkeit im Gebiet zu haben 	
<p>ALTERNATIVMAßNAHMEN / MAßNAHMENKOMBINATIONEN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alternativmaßnahmen: Waldmehrung • Maßnahmenkombinationen: Aufforstung, Anlage von Feldgehölzen, Anlage von Hecken, Anlage von Gras- und Krautsäumen (extensiv genutzt), Anlage von Speichermulden 	
<p>EINSCHRÄNKUNGEN / AUSSCHLUSSKRITERIEN</p> <ul style="list-style-type: none"> • keine 	
<p>ZEITBEDARF FÜR UMSETZUNG / FUNKTIONSERFÜLLUNG</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hochwasserschutz <u>mittelfristig</u>: abhängig von der Biotopentwicklung (s.u.) • Biotopentwicklung <u>mittelfristig</u>: abhängig vom Ausgangszustand (Artenzusammensetzung der Fläche, Nährstoffgehalt und Aushagerungsfähigkeit des Bodens), dem Vorkommen von Zielarten (Samenspendern) im Umland und dem Nährstoffentzug durch Mahd 	
<p>UNTERHALTUNG / BEWIRTSCHAFTUNG</p> <ul style="list-style-type: none"> • eine Nutzung/Pflege sollte auf jeden Fall erfolgen, um die Funktionsfähigkeit der Wiese zu erhalten 	

6.2 Beispiel Fließgewässerrenaturierung - Höckenbach

6.2.1 Zielstellung und Herangehensweise

Das Ziel des Renaturierungskonzeptes war, für einen ausgewählten Gewässerabschnitt des Bachsystems Höckenbach, den Grundbach, eine ökologische Aufwertung unter besonderer Berücksichtigung von Hochwasserschutzaspekten zu erreichen (DZIANISAVA 2006). Das Konzept basiert auf den Ergebnissen der Gewässerstrukturgütekartierung (Kapitel 4.2) und dem naturschutzfachlichen Leitbild (vgl. Kapitel 4.2.1 und Tabelle A2.18; s. Abb. 58). Die Maßnahmen sollten möglichst kostengünstig geplant werden. Technische Eingriffe in das Ökosystem sollten so gering wie möglich erfolgen, so dass besonders natürliche Prozesse berücksichtigt wurden.

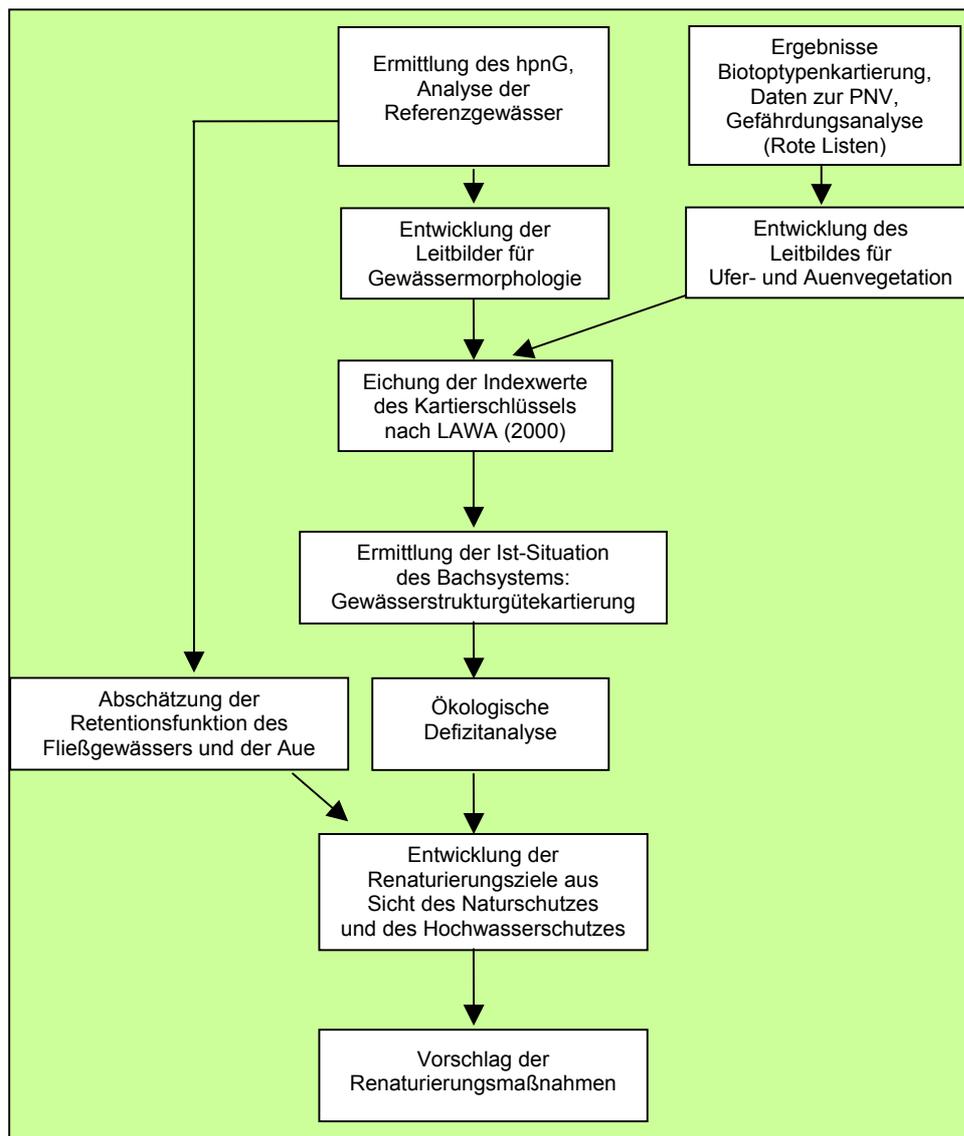


Abb. 58: Abfolge der Arbeitsschritte zur Ableitung eines Renaturierungskonzeptes basierend auf der Gewässerstrukturgütekartierung nach LAWA (2000) (nach DZIANISAVA 2006)
hpnG = heutiger potenzieller natürlicher Gewässerzustand; PNV = potenzielle natürliche Vegetation

Defizite und ihre Ursachen

Die am Grundbach und anderen Gewässern festgestellten gewässermorphologischen Defizite (Kap. 4.2.2.3, vgl. Karte A1.9) sind die Folge von nutzungsorientierten Eingriffen ins Gewässer-Aue-System (z.B. DZIANISAVA 2006, WEIß 2004a, Tabelle 24). Die dadurch verursachten strukturellen Veränderungen (Abb. 59) führen langfristig zu Störungen der Fließgewässerfunktionen. So erhöht Begradigung den Abfluss, was zu einer Verminderung der Wasserretention führt. Aber auch die umgekehrte Kausalität findet statt. Als Beispiel kann die Störung der linearen Gewässerdurchgängigkeit als eine Ökosystemfunktion dienen, welche zur Behinderung des Feststofftransports und folglich zur Erhöhung von Tiefenerosion (ein Strukturdefizit) führt. All diese Ursachen-Folgen-Beziehungen sind auch an den untersuchten Fließgewässern Grundbach, Beerwalder Bach und Höckenbach beobachtet worden (Tabelle 24).



(Foto: Richert 2006)



(Foto aus: DZIANISAVA 2006)

Abb. 59: Beispiele für sehr stark veränderte Gewässerabschnitte des Grundbaches.

Neben dem naturfernen Verlauf und verbauten Ufern fehlen Gewässerrandstreifen mit autotypischer Vegetation.

Für den ausgewählten Gewässerabschnitt werden daher folgende grundsätzliche Renaturierungsziele definiert:

Renaturierungsziele aus Sicht des Naturschutzes:

- Versetzung des Gewässers in einen möglichst naturnahen Zustand
- naturnahe Auenentwicklung
- Wiederherstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Gewässer-Aue-Systems

Renaturierungsziele aus Sicht des Hochwasserschutzes

- Förderung der natürlichen Retentionswirkung
- Reduktion der Fließgeschwindigkeiten im Hochwasserfall

Tabelle 24: Durch Gewässerstrukturgütekartierung ermittelte gewässermorphologische Defizite des Bachsystems Höckenbach, ihre anthropogenen Ursachen und die mit den Defiziten in Verbindung stehenden Störungen der Ökosystemfunktionen des Fließgewässers (nach DZIANISAVA 2006)

Hauptparameter	Defizite	Anthropogene Ursachen	Störungen der Ökosystemfunktion
Laufentwicklung	- verringerte Laufkrümmung - geringe/fehlende Krümmungserosion - hohe Tiefenerosion	- Laufverkürzung durch Begradigung, Ufersicherung - tiefe Sohlenanlage	- Erhöhung der Abflussleistung, Verminderung der Retentionsleistung des Gewässerlaufes - Verhinderung der Ausuferung - Verminderung der Verweilzeit des Wassers und Beeinträchtigung der Selbstreinigungsfunktion - Störung der Geschiebeführung
Längsprofil	- Verringerung der Ausprägung der natürlichen Längselemente - fehlende Durchgängigkeit	- Unterbindung der Ufererosion durch Verbau - Unterbrechung des Feststofftransports durch Stauanlagen (Teiche) - geringer Durchfluss der Umgehungsgerinne der Teiche, Verrohrungen, Abstürze	- Verminderung der strukturellen Vielfalt - Störung des Feststoffhaushaltes - Verhinderung der Ausbreitung der Organismen
Sohle	- verringerte Substratdiversität und fehlende Verbindung zum Interstitial bei den ausgebauten Abschnitten	- Sohlen-, Uferverbau	- Verminderung der strukturellen und biologischen Vielfalt
Querprofil	- Verbreiterung der Regelprofile - verminderte Breitenvarianz - erhöhte Profiltiefe	- Ausbau des Gewässers - Begradigung - tiefe Sohlenanlage	- Verminderung der strukturellen Vielfalt - Absenkung des Grundwasserstandes - Ausbleiben der Ausuferung
Uferstruktur	- Fehlen der natürlichen Uferstrukturen - Fehlen der Gewässerrandstreifen - Ausbreitung der nitrophytischen Ufersäume	- Ufersicherung durch Ausbau - Nutzung der Gewässerrandstreifen - Auennutzung - Nährstoffeintrag aus dem Gewässerumfeld - Fehlen des Baumbestandes	- Verminderung der strukturellen Vielfalt von Biotopen - keine Abpufferung der Einflüsse aus dem Einzugsgebiet - Fehlen der Lebensräume für Pflanzen- und Tierarten - Verlust an Biotop- und Strukturvielfalt
Gewässerumfeld	- Fehlen der natürlichen Auen - Biotopverinselung	- Entwässerung der Aue - Vertiefung der Sohlenlage - Fehlen des durchgehenden Gewässerrandstreifens - intensive Auennutzung	- Störung der Einheit des Gewässerkörpers und seiner Aue - verminderte Retentionsfähigkeit der Aue - fehlende Abpufferung der Einflüsse aus dem Einzugsgebiet - Fehlen d. Lebensräume für Pflanzen- und -tierarten

Unter Einbeziehung des in Kapitel 4.2.1 für das TEZG Höckenbach entworfenen Leitbildes lassen sich Leitlinien zur Erreichung des Soll-Zustandes formulieren (z.B. auch SCHLÜTER 1992):

- Erhalt und Schutz der naturschutzfachlich wertvollen Strecken
- Förderung der Eigendynamik des Gewässers
- Verbesserung der Retention

- Sicherung des natürlichen Abflussgeschehens
- Förderung der Durchgängigkeit des Gewässers
- Schaffung von Uferstreifen
- Etablierung autotypischer Vegetation

6.2.2 Maßnahmen zur naturnahen Gewässerentwicklung

Das Konzept geht davon aus, dass die Dynamik des Grundbaches ausreicht, mittelfristig eine naturraumtypische Ufer- und Sohlenstruktur auszubilden sowie langfristig eine naturnahe Laufform zurück zu erreichen (vgl. KERN 1994), wenn gezielt Initialmaßnahmen im Gewässer durchgeführt werden (DZIANISAVA 2006). Voraussetzung für die dynamische Gewässerentwicklung sind u.a. ausreichende Gewässerrandstreifen, auf denen eine Laufentwicklung möglich ist und eine Gewässerunterhaltung, die nur bedarfsorientiert und objektsichernd eingreift. Entwicklungshemmende Restriktionen dürfen nicht vorhanden sein.

Ein großer Teil der Renaturierungsziele (Tabelle 25) kann durch die Initiierung und Sicherung einer natürlichen, dynamischen Gewässerentwicklung erreicht werden. Hierzu wurden folgende Maßnahmen vorgeschlagen (aus DZIANISAVA 2006):

- Sicherung eines ausreichend breiten Uferstreifens
- Entfernung von Sohl- und Uferverbauen
- Initiierung der Remäandrierung durch Einbringen von Störsteinen (Abb. 60)
- Wiederherstellen der linearen Durchgängigkeit des Gewässers, d.h. Entfernung von Abstürzen bzw. Umbau zu Sohlenrampen
- Entfernung und Umbau von Verrohrungen (z.B. Ersatz durch eine Furt)
- Umgestaltung der Umgehungsgerinne der Teiche (entsprechend Leitbild)

Diese Maßnahmen zur eigendynamischen Gewässerentwicklung fördern auch den Wasserrückhalt im Gewässerbett, ebenso wie hydraulisch wirksame Maßnahmen wie Querbauwerke (Grund- und Sohlschwellen). Mit der Etablierung von Gehölzen im Uferbereich wird langfristig eine deutliche Reduktion der Fließgeschwindigkeiten in diesem Bereich im Hochwasserfall eintreten und damit die zerstörende Energie deutlich herabgesetzt (s. Kap. 5.3.2). Zusätzlich wurde geplant, einen ehemaligen Fischteich als zusätzliche Retentionsfläche zu nutzen, indem der Abfluss baulich so gestaltet wird, dass das Fließgewässer bei Normalwasser als Bach den Teich durchfließt. Bei Hochwasser allerdings kommt es, bedingt durch den entsprechend klein konzipierten Abfluss, zu einem Anstau. Im Anhang sind beispielhaft 2 der jeweils für insgesamt 12 Renaturierungsstrecken erarbeiteten Steckbriefe aus DZIANISAVA (2006) dargestellt (Abbildung A3.22).



treten und damit die zerstörende Energie deutlich herabgesetzt (s. Kap. 5.3.2). Zusätzlich wurde geplant, einen ehemaligen Fischteich als zusätzliche Retentionsfläche zu nutzen, indem der Abfluss baulich so gestaltet wird, dass das Fließgewässer bei Normalwasser als Bach den Teich durchfließt. Bei Hochwasser allerdings kommt es, bedingt durch den entsprechend klein konzipierten Abfluss, zu einem Anstau. Im Anhang sind beispielhaft 2 der jeweils für insgesamt 12 Renaturierungsstrecken erarbeiteten Steckbriefe aus DZIANISAVA (2006) dargestellt (Abbildung A3.22).

Abb. 60: Einleiten der Remäandrierung durch den Einbau von Störsteinen (Pfeile), Beispiel der Renaturierungsmaßnahme am Tetterweinbach, Vogtland (Nov. 2006; aus DZIANISAVA 2006)

Tabelle 25: Übersicht der Renaturierungsziele und -maßnahmen für den Grundbach
(nach DZIANISAVA 2006 und DVWK 1999)

Renaturierungsziele	Maßnahmen
1. Naturnahe Gewässerentwicklung	
1.1. Aufwertung der Gewässerstruktur, Förderung gewässertypischer Morphodynamik	
Naturnahes Längsprofil	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage und Sicherung von Uferstreifen - dynamische Gewässerentwicklung mit unterstützenden wasserbaulichen Maßnahmen
Naturnahes Querprofil/ Verhinderung der Tiefenerosion	<ul style="list-style-type: none"> - Laufverlängerung durch dynamische Gewässerentwicklung mit unterstützenden wasserbaulichen Maßnahmen - lineare Sohlenanhebung durch Einbau von Sohlengleiten - Abflachen der Uferböschung - Maßnahmen zur Verbesserung der Uferstruktur (z.B. Uferabflachung)
Naturnahes Fließverhalten	<ul style="list-style-type: none"> - dynamische Gewässerentwicklung mit unterstützenden wasserbaulichen Maßnahmen - Rückbauen/Umgestalten der Querbauwerke, Durchlässe, Verrohrungen - Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlenstruktur
1.2. Wiederherstellung gewässermorphologischer Funktionen	
Retention: Verbesserung des Wasserrückhaltes im Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> - Laufverlängerung durch dynamische Gewässereigenentwicklung mit unterstützenden wasserbaulichen Maßnahmen
Abflussgeschehen: Gewährleisten des Mindestabflusses	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen zur Wiederherstellung der linearen Gewässerdurchgängigkeit
Durchgängigkeit: Gewährleisten der biologischen Durchgängigkeit des Gewässers	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen zum Wiederherstellen der linearen Gewässerdurchgängigkeit - Auflösen der Fischteiche im Gewässerverlauf bzw. Verbesserung der Durchgängigkeit der Umgehungsgerinne
Feststofftransport: Verbesserung der Geschiebeführung	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerierung, Förderung der Krümmungs-, Breitenerosion durch dynamische Gewässereigenentwicklung - Wiederherstellung der Geschiebedurchgängigkeit durch Förderung der linearen Gewässerdurchgängigkeit
2. Naturnahe Auenentwicklung	
Verbesserter Wasserrückhalt in der Aue	<ul style="list-style-type: none"> - Rücknahme von Dränagen in der Aue - Retentionsräume aktivieren durch Maßnahmen zur Sicherung der Uferrandstreifen, Auenentwicklung - Maßnahmen zur Förderung der Gewässerausuferung
Auentypische Standortverhältnisse	<p>Maßnahmen zur Förderung der Gewässerausuferung durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laufverlängerung - Abflachen der Uferböschung - Sohlenanhebung - Rücknahme von Dränagen - Extensivierung der Landwirtschaft in der Aue
Erhalten der Restauenwälder, Vernetzen von Auenbiotopen	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen zur Erhaltung naturnaher Biotope - Entwickeln der Gewässerrandstreifen von mindestens 5-10 m Breite in freier Landschaft, Saumstreifen von 2-5 m in der Siedlung - Anbinden von Quellbereichen an Uferstreifen und Restauenwälder - Extensivierung der Auenbewirtschaftung
Naturnaher Uferstreifen, standortverträgliche Auenutzung	<ul style="list-style-type: none"> - Sicherung der Uferstreifen - Anpflanzung auentypischer Gehölze - Zulassen von Sukzession - Ersatz für Auen untypischer Vegetation (z.B. Fichtenforste) im Bereich der Uferstreifen - Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in der Aue

6.3 Hinweise zu Erfolgskontrollen der Maßnahmen

Ziel dieses Kapitels ist nicht, ein umfassendes Erfolgskontrolle- und Monitoringkonzept für alle vorgestellten Maßnahmen (vgl. Kap. 6.1) bzw. Szenarien (Kap. 5) zu entwickeln, sondern grundsätzliche Vorschläge zu Zielstellung, Auswahl der Parameter und zur zeitlichen Abfolge für Kontrollen im Rahmen von (a) ersten Maßnahmenkontrollen (Schnellbewertung) und Hinweise für (b) fachliche Wirkungskontrollen (wissenschaftliche Untersuchungen) zu machen (s. Tabelle 26), von denen Handlungsempfehlungen für zukünftige Umsetzungen abgeleitet werden können.

(a) Maßnahmenkontrollen (Schnellbewertung vor Ort)

Der Schwerpunkt der Zusammenstellung in Tabelle 26 bezieht sich auf eine erste Maßnahmenkontrolle vor Ort, bei der in Form einer „Schnellbewertung“ anhand bestimmter Kriterien grundlegende Hinweise auf die Wirksamkeit der Maßnahme, eventuell erforderlicher Nachbesserungen und daraus erste Ableitungen für zukünftige Umsetzungen gewonnen werden können. Diese Kontrollen können von den Betreuern der Maßnahme (z.B. Landschaftspflegeverband) durchgeführt werden, die die eigentliche Maßnahme begleiten. Dabei wird der Frage nachgegangen „Wurde die Maßnahme entsprechend der Planungen umgesetzt und wie ist sie hinsichtlich Umsetzbarkeit und Auswirkungen zu bewerten?“. Für diese Kontrollen ist es notwendig, die Maßnahmen direkt nach der Durchführung und danach in bestimmten zeitlichen Abständen zu kontrollieren (wurden die Maßnahmen wie geplant umgesetzt?), zu dokumentieren (welche Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen wurden umgesetzt?) und zu bewerten (sind evtl. Nachbesserungen erforderlich und welche Erfahrungen ergeben sich hinsichtlich Umsetzbarkeit und Auswirkungen?). Direkt während der Maßnahmendurchführung bzw. nach deren Beendigung zu kontrollieren wären beispielsweise: Standort der Maßnahme, Anwuchserfolg, Zusammensetzung Pflanzgut, Pflanzdichte, Umsetzung begleitender Maßnahmen wie Zäunung, Einhaltung des Mahdregimes. Nach einer gewissen Zeit sollten Erkenntnisse bzgl. Praktikabilität der Umsetzung und der Auswirkungen der Maßnahme gesammelt werden, indem eine Begutachtung vor Ort erfolgt sowie ggf. Landwirte, Anwohner oder Akteure bzgl. ihrer Erfahrungen befragt werden. In Tabelle 26 werden für jede von HochNatur entwickelte Maßnahme (s. Kap. 6.1) Beginn und zeitliches Intervall der Kontrollen sowie wenige, im Feld gut ansprechbare Kriterien genannt, die erste Aussagen über den Erfolg zulassen. Im Vergleich zu Aufforstungen und Waldumbau greifen beispielsweise Nutzungsänderungen im Offenland vergleichsweise schnell (Tabelle 26). Ausgehend von einer anfangs relativ häufigen Beprobung können die Abstände zwischen den einzelnen Untersuchungen i.d.R. mit zunehmendem Alter der Strukturen größer werden.

(b) Hinweise zu fachlichen Wirkungskontrollen (wissenschaftliche Untersuchungen)

Zusätzlich zu den Maßnahmenkontrollen sind für die Verallgemeinerung der Erfahrungen und die Ableitung genereller Handlungsempfehlungen für zukünftige Umsetzungsmaßnahmen sowie für Aussagen zur Wirksamkeit auf Landschafts- oder Einzugsgebietsebene gezielte wissenschaftliche (Begleit-)Untersuchungen für eine fachliche Wirkungskontrolle notwendig. Im Falle des Projekts steht dabei die Frage im Mittelpunkt „In wie weit wurde die angestrebte Wirkung der Maßnahme (hier: aus Sicht von Naturschutz und Hochwasserschutz) erreicht?“. Dafür werden ausgewählte naturschutzfachliche Parameter (z.B. wertgebende Strukturparameter, Artenzahl, Artenzusammensetzung von Vegetation und ausgewählter Tierguppen, Zeiger- und Indikatorarten) sowie hydrologische bzw. bodenkundliche Messgrößen (Abflüsse, Pegel etc.) über

eine gewisse Zeit im Rahmen eines Monitorings verfolgt (Vorschläge für solche Indikatoren s. Tabelle 26). Umfang und inhaltliche Ausgestaltung dieser wissenschaftlichen Untersuchungen müssen sich dabei an tatsächlich vor Ort umgesetzten Maßnahmen orientieren, deren Anzahl ausreichend groß sein muss, um die Analyseergebnisse verallgemeinern zu können. Da diese Voraussetzungen in der Projektlaufzeit von HochNatur nicht zu erfüllen waren, kann ein konkretes Untersuchungskonzept erst innerhalb eines eigenen Projektes erarbeitet werden.

Zu Zielen und Methodik der **naturschutzfachlichen Wirkungskontrolle** liegen zahlreiche Veröffentlichungen auch zu konkreten Fallbeispielen vor (z.B. KLEIJN et al. 2004, MCCOY & MUSHINSKY 2002, ACHTZIGER & RICHERT 1999, ACHTZIGER et al. 1999, BAYLFU 1999, RECK et al. 1999, KRIEGBAUM 1995, BLAB et al. 1994, MARTI & STUTZ 1993, WILMANN & BOGENRIEDER 1987). Die Erhebungen sollten grundsätzlich mit standardisierten, quantitativen Verfahren durchgeführt werden (z.B. PLACHTER et al. 2002). Neben der Erfassung der Artenvielfalt, der Arthäufigkeiten und ggf. dem Vorkommen und der Häufigkeit ausgewählter Zeiger- und Zielarten (z.B. MARTI & STURZ 1993) rückt entsprechend dem Projektziel auch die Analyse von Strukturparametern wie Vegetationsdichte, Durchwurzelungstiefe und –struktur in den Mittelpunkt der fachlichen Wirkungskontrolle, da diese z.B. eine besondere Bedeutung für das Infiltrationsvermögen von Wasser und die Speicherkapazität der Böden besitzen (s.u.). Die Bewertung der aufgenommenen Parameter aus Sicht der Erfolgskontrolle wird sich dabei an der Ausstattung und Struktur in der Region vorhandener Vergleichsbestände orientieren (möglichst mit einer hohen naturschutzfachlichen Bedeutung). Für einige Biotoptypen (extensiv genutzte Wiesen, Hecken, Fließgewässer u.ä.) liegen die dafür erforderlichen Vergleichsgrundlagen für die Modellgebiete Weißbach und Höckenbach zumindest hinsichtlich der Pflanzenartenzusammensetzung und verschiedener Vegetationsparameter (ILLING 2005, JENTZSCH 2005, ARNHOLD 2006, BRANKATSCHK 2006, EBENBECK 2006), der Tagfalterfauna (PALMER 2005) sowie der Gewässerstruktur (DZIANISAVA 2006, WEIß 2004a) aus HochNatur vor. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist darüber hinaus die Analyse der Besiedelung der neuen Strukturen durch Tierarten von Interesse. Die Auswahl der jeweils geeigneten Tierarten(gruppen) sollte sich an deren Repräsentanz und Bindung an den jeweiligen Biotoptyp sowie an dem Indikationswert der Gruppe bzw. Arten (z.B. RIECKEN 1994, PLACHTER et al. 2002) für den Entwicklungszustand besonders der Vegetationsstruktur orientieren (z.B. ACHTZIGER et al. 1999, STICKROTH et al. 2003, NICKEL & ACHTZIGER 2005). In Tabelle 26 werden Vorschläge für Parameter und Tierartengruppen für die fachliche Erfolgskontrolle aus naturschutzfachlicher Sicht gemacht.

Für die **fachliche Wirkungskontrolle aus Sicht des Hochwasser- und Bodenschutzes** bieten sich Messungen des Wasserstandes bzw. Durchflusses, evtl. auch der Trübung an, wobei letztere lediglich etwas zu Oberflächenabfluss/Erosionswirkung aussagt, nicht zur abfließenden Wassermenge. Der Durchfluss an einem Gewässerquerschnitt ist eine integrale Größe für das durch ihn entwässerte Einzugsgebiet, deshalb können damit keine Einzelmaßnahmen sondern lediglich die Summe aller Wirkungen erfasst und bewertet werden. Einige Landnutzungsänderungen bringen erst nach Jahren Erfolg (Waldmehrung, Waldumbau etc.), so dass entweder Messungen über lange Zeiträume oder evtl. periodische Messungen in größeren Zeitabständen notwendig wären. Die Effekte kleinerer bzw. lokaler Eingriffe, wie die Anpflanzung von Hecken, kann durch visuelle Beobachtung (Bestandsaufnahme und Kartierung von Erosionsschäden, Beobachtung hydrologischer Prozesse) eingeschätzt werden.

Von den Maßnahmenkontrollen und ggf. den fachlichen Wirkungskontrollen können **Handlungsempfehlungen** abgeleitet werden, z.B. zur Frage „Welche Konsequenzen ergeben sich für die konkrete Maßnahme vor Ort bzw. grundsätzlich für die Umsetzung derartiger Maß-

nahmen?“. Hier stehen z.B. die Notwendigkeit von Nachpflanzungen bei Gehölzanlagen, Erforderlichkeit von Modifikationen bzw. Optimierungen hinsichtlich der Nutzung oder Pflege (z.B. Mahdhäufigkeit, Mahdtermin, Pflügetyp), Bewertung der generellen Praktikabilität und Konsequenzen für zukünftige Maßnahmen im Mittelpunkt.

Tabelle 26: Hinweise zur Durchführung von Maßnahmenkontrollen und Hinweise auf geeignete Parameter und Indikatoren im Rahmen fachlicher Wirkungskontrollen (ökologische, hydrologische, pedologische Untersuchungen) für die in den Szenarien von HochNatur berücksichtigten Maßnahmen.

Erläuterungen: • Kontrolle: Diese Punkte sollten während bzw. nach der Durchführung der Maßnahme besonders kontrolliert werden; • Kriterien (für Wirksamkeit): wichtige, vor Ort erkennbare Kriterien und Indikatoren, die erste Hinweise auf die Wirksamkeit der Maßnahme geben können; • Rhythmus: Beginn und zeitliches Intervall für die Durchführung von regelmäßigen Erfolgskontrollen; Zeigerwerte: mittlere Zeigerwerte der Vegetation nach ELLENBERG et al. (1992).

Maßnahme	Hinweise zur Erfolgskontrolle	
	aus Sicht des Naturschutzes	aus Sicht des Hochwasserschutzes
LANDWIRTSCHAFTLICHE FLÄCHEN		
Extensivierung von Grünland	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Mahdregime, Düngungsverzicht • Kriterien: Erhöhter Blüten- und Artenreichtum, dichte Vegetationsbedeckung, erhöhter Anteil an Kräutern • Rhythmus: Beginn nach 2-3 Jahren, Intervall 3-5 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Artenzahl, mittlerer Stickstoffzeigerwert; Indikatorgruppen: Heuschrecken, Zikaden, Tagfalter	Bedeckungsgrad, Blattflächenindex, Durchwurzelungstiefe und -intensität, evtl. Bodenfeuchte
Nutzung ehemaliger Äcker als Extensivgrünland	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Zusammensetzung Saatgut, Mahdregime, Düngungsverzicht • Kriterien: Vorkommen von Wiesenarten, Anteil an Kräutern • Rhythmus: Beginn nach 2-3 Jahren, Intervall 3-5 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Artenzahl, mittlerer Stickstoffzeigerwert; Indikatorgruppen: Heuschrecken, Zikaden, Tagfalter	Bedeckungsgrad, Blattflächenindex, Durchwurzelungstiefe und -intensität, evtl. Bodenfeuchte
Konservierende Bodenbearbeitung auf Äckern	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Bodenbearbeitung, Bodendeckung • Kriterien: Zeitdauer Bodenbedeckung, keine Erosion(srinne) • Rhythmus: Beginn nach 1-2 Jahren, Intervall 2-3 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Zeitdauer Bodenbedeckung; Indikatorgruppen: Bodenfauna (z.B. Regenwürmer)	Humusgehalt, Durchwurzelungstiefe und -intensität, Erosionsverhalten, Oberflächenabfluss
Schlaguntergliederung durch Hecken	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Ausrichtung, Pflanzgut, Pflanzdichte, Anwuchserfolg, Zäunung • Kriterien: heimische, standortgerechte Gehölzarten, breite Hecke, blütenreicher Saum, geringere Erosion • Rhythmus: Beginn nach 2-3 Jahren, Intervall 5-8 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Wuchshöhe, Dichte, Struktur, Artenzahl Gehölze, Artenzusammensetzung und Artenzahl des Saums; Indikatorgruppen: Vögel, Wanzen, Laufkäfer	Erosionsverhalten, Oberflächenabfluss

Fortsetzung s. nächster Seite

Maßnahme	Hinweise zur Erfolgskontrolle	
	aus Sicht des Naturschutzes	aus Sicht des Hochwasserschutzes
WÄLDER		
Ökologischer Waldumbau	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Pflanzgut (Herkunft, Artenzusammensetzung), Vitalität, Pflanzdichte, Anwuchserfolg, Zäunung • Kriterien: einheimische Baumarten und viele Altersklassen, Alt- und Totholz, Unterwuchs (Strauch- und Krautschicht) • Rhythmus: Beginn nach ca. 3-5 Jahren, Intervall 5-10 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Dichte, Strukturdiversität, Artenzahl / Artenzusammensetzung Baumschicht und Unterwuchs; Indikatorgruppen: Vögel, Totholzkäfer	Dicke der Streu- und Humusauflage, Durchwurzelungstiefe und -intensität, Oberflächenabfluss, Messung Bodenfeuchte und Matrixpotenzial
Aufforstung / Waldmehrung	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Pflanzgut (Herkunft, Artenzusammensetzung), Vitalität, Pflanzdichte, Anwuchserfolg, Zäunung, Fraßschäden durch Mäuse • Kriterien: standortgerechte, einheimische Baumarten, hoher Anteil an Laubhölzern • Rhythmus: Beginn nach 3-5 Jahren, Intervall 5-10 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Dichte, Strukturdiversität, Artenzahl / Artenzusammensetzung; Indikatorgruppen: Vögel, Totholzkäfer (insbesondere zeitliche Entwicklung)	Dicke der Streu- und Humusauflage, Durchwurzelungstiefe und -intensität, Oberflächenabfluss, Bodenfeuchte, Matrixpotenzial
GEWÄSSER und GEWÄSSERUMFELD		
Renaturierung und Förderung der Eigendynamik von Fließgewässern	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Gewässerstruktur, Ufergehölzpflanzung (Anwuchserfolg) • Kriterien: Laufkrümmung, Längsdurchgängigkeit, Schotterbänke, viele Strukturen im Gewässer, breiter Ufersaum mit Laubgehölzen und Kräutern • Rhythmus: Beginn nach ca. 3 Jahren, Intervall 2-3 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Gewässerstruktur (zeitl. Entwicklung); Vegetation: Artenzahl / Zusammensetzung Uferstreifen; Indikatorgruppen: Libellen, Vögel, Fische	Abflussregime, Fließgeschwindigkeit
Schaffung von Rückhaltemulden in der Aue (z.B. durch Umwandlung von Teichen)	Maßnahmenkontrolle	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle: Standort, Anlage, Gefälle • Kriterien: Vernässung in Muldenbereichen, längerer Wasserstau • Rhythmus: Beginn nach 2-3 Jahren, Intervall 2-3 Jahre 	
	Parameter und Indikatoren für fachliche Wirkungskontrolle:	
	Vegetation: Artenzahl / Artenzusammensetzung (zeitliche Entwicklung), mittlere Feuchtezeigerzahl in Mulden; Indikatorgruppen: Libellen, Heuschrecken, Amphibien	Wasserstandsniveau, hydrologische Verhältnisse

7 Diskussion

7.1 Einfluss der unterschiedlichen Skaligkeit auf die Ergebnisse der Modellierung

Bei der Auswahl der erforderlichen Inputs für die Modellanwendung spielt die Breitenverfügbarkeit der Einzugsgebietsinformationen eine wesentliche Rolle, um die fachübergreifende und nicht an eigene, detaillierte experimentelle Untersuchungen gebundene Anwendung des jeweiligen Modells zu gewährleisten (ETZENBERG 1998).

Für die hydrologischen Modellierungen mit dem Modell WBS FLAB, dem mesoskaligen Modell WaSiM-ETH und dem mikroskaligen Modell SWMM5 werden geografische Daten verwendet, um sowohl die räumliche Struktur als auch die räumlich verteilten, zeitlich konstanten Eigenschaften des zu modellierenden Einzugsgebiets darzustellen. Meistens können diese aus breitenverfügbaren Daten wie z.B. Digitales Geländemodell (DGM), Topografische Karten (TK), Geologische Karten (GK), Bodenkarten (BK), Landnutzungskarten (LN) usw. erfasst werden. Da diese Daten in der Regel aus verschiedenen Quellen stammen und meist in unterschiedlichen Datenformaten und räumlichen Auflösungen vorliegen, müssen sie an die von den Modellen geforderten Schnittstellen angepasst werden (PÖHLER 2006, s. Kap. 3.4.2, 3.4.2 und 3.4.5).

In Abhängigkeit von den zu lösenden Problemen ist es erforderlich diese Datensätze detailliert nach ihrer Qualität, insbesondere dem Erfassungsmaßstab, der geometrischen und inhaltlichen Genauigkeit, der Aktualität und dem zugrunde liegenden Datenmodell zu überprüfen. Das digitale Geofachdatenangebot ist bezüglich Verfügbarkeit, Preis, Qualität und Maßstab sehr heterogen. Deshalb sind seine Einsatzmöglichkeiten maßgeblich durch diese Eigenschaften bestimmt (UHLEMANN 2005).

Die Morphologie eines Einzugsgebiets bestimmt in entscheidendem Maße nicht allein die Bedingungen der Abflusskonzentration, sondern ist auch eine entscheidende Größe für die Abflussbildung. Sie umfasst sowohl makro- und mesoskalige Geländeformen als auch Gestaltung der Geländeoberfläche. Die Geländeformen werden in TK und/oder DGM in unterschiedlich hoher Auflösung dargestellt. Topografische Karten enthalten u. a. Informationen über die flächenspezifische Geländehöhe, den Verlauf und Charakter des Gewässernetzes, Landnutzungsarten und nicht zuletzt über die Lage im Koordinatensystem.

Sie stehen ab dem Maßstab 1:10000 zur Verfügung. Aus dem DGM werden das Relief eines Gebiets (flächenspezifische Hangneigungen, -richtungen und Talformen) sowie daraus resultierende Fließrichtungen und Fließwege abgeleitet und anschaulich dargestellt (ETZENBERG 1998, PESCHKE et al. 1999). Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland werden im Rahmen des ATKIS-Projekts verschiedene Geländemodelle unterschiedlicher Qualitätsstufen aufgebaut (DGM5, DGM25, DGM50, DGM250, DGM1000). Dennoch verfügt nicht jedes Bundesland flächendeckend über alle DGM aus dem Bereich der hohen und mittleren Qualitätsstufe (www.atkis.de 2007).

Die Landnutzungsdaten können aus verschiedenen Quellen erfasst werden. Zur Verfügung stehen die inhaltlich sehr hoch aufgelösten, aber bundeslandspezifisch klassifizierten CIR-Biotypen- und Landnutzungskartierungen, das bundesweit verfügbare und geometrisch sehr genaue aber auch sehr teure Amtliche Topografisch-Kartografische Informationssystem (ATKIS) und die europaweit einheitliche Landnutzungsclassifikation nach CORINE. Daneben kann auf Fernerkundungsdaten wie z.B. Landsat TM5-Aufnahmen zurückgegriffen werden (UHLEMANN 2005). Praktische Einschränkungen ergeben sich nur durch die Verfügbarkeit und die Güte der benötigten Landnutzungsdaten.

Eine Erhöhung der Ergebnisgenauigkeit kann durch Biotoptypenkartierungen gewährleistet werden. Einerseits werden dabei die Probleme der Aktualität sowie der Genauigkeit der Datengrundlage minimiert, andererseits sind die Biotoptypenkartierungen sehr teuer und zeitaufwändig. Somit ist ihr Einsatz nur in kleinen Einzugsgebieten ($< 20 \text{ km}^2$) wie z.B. den bearbeiteten TEZG Weißbach und Höckenbach denkbar. Die Modellierungen im EZG Weißeritz wurden mit CIR-Daten vom Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen durchgeführt. Diese bilden einen in seiner inhaltlichen und räumlichen Differenziertheit und landesweit flächendeckenden Verfügbarkeit einmaligen Geodatenatz zur Bodenbedeckung und sind damit häufig die Grundlage verschiedener Planungsaufgaben. Zwar übersteigt die inhaltliche Auflösung der CIR-Daten die des ATKIS, die geometrische Genauigkeit wird jedoch nicht erreicht (UHLEMANN 2005). Außerdem stellt die mittlerweile äußerst geringe Aktualität des Datensatzes (1992) ein Hauptproblem bei den Modellierungsaufgaben dar. Zum Hindernis kann auch der zum großen Teil inkompatible Klassifizierungsschlüssel für verschiedene Bundesländer werden. Von Vorteil sind hier niedrige Erwerbskosten.

Das Landschaftsmodell des ATKIS basiert inhaltlich auf der TK 1:25000 (zum Teil auch an der TK 1:10000), weist aber für die wichtigsten punkt- und linienförmigen Objekte eine höhere Lagegenauigkeit auf (ILLERT 2001). Die geometrische Genauigkeit wird je nach den Datenquellen und dem Erfassungsmaßstab der Vermessungsverwaltung der Bundesländer mit ± 3 bis 15 m definiert (ADV 2003), was völlig ausreichend für die Modellierungszwecke ist. Eine geplante ständige Aktualisierung des Landschaftsmodells von 3 bis 12 Monaten für Objektarten und Attribute - insbesondere des Objektbereiches Verkehr und Verwaltungs- und Schutzgebiete - bringt eine Spitzenaktualität der Datengrundlage. Laut BKG (2004) gilt für die übrigen Objektarten eine 5jährige Aktualisierung, was für hydrologische Modellierungen im meso- und makroskaligen Bereich völlig ausreicht. Für mikroskalige Gebiete sollte der aktuelle Stand durch eine Gebietsbegehung eingeschätzt werden.

Bei größeren Skalen und vor allem bei grenzüberschreitenden Modellierungen kann auf die europaweit erhobenen CORINE-Daten zurückgegriffen werden, die für Wasserhaushaltsmodellierungen in größeren Rasterweiten in der Regel eine ausreichende Genauigkeit bieten (PÖHLER 2005). Die Grundlage für die CORINE-Daten stellen die Erhebungen der Bedeckungsgraddaten durch Landsat TM - Aufnahmen aus den Jahren 1989 – 1992 dar, wobei nur Szenen aus der Vegetationsperiode zwischen Mai und September berücksichtigt wurden.

Das Datenerhebungskonzept umfasst 44 Bodenbedeckungskategorien. Für Deutschland sind dabei nur 36 Einheiten relevant (DEGGAU 1992). Als Grundlage für die Abgrenzung der Bodenbedeckungseinheiten wurden Fotoabzüge der Satellitenbilder im Maßstab 1:100000 verwendet. Somit liegt der Erfassungsmaßstab entsprechend in diesem Bereich. Die Aufnahmen zu den neuen CORINE-Daten wurden Ende 2004 abgeschlossen (UHLEMANN 2005).

Die Bodenkonzeptkarte (BKkonz 50) vom Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen stellt die genaueste Bodenaufnahme dar (Stand 2002), die in Sachsen flächendeckend aktuell zu beziehen ist. Sie entstand aus der Zusammenführung und Anpassung der Forstlichen Standortkartierung und der Mittelmaßstäblichen Landwirtschaftlichen Bodenkarte. Eine Alternative bieten die Bodenübersichtskarten BÜK200 (1:200 000) und BÜK400 (1:400 000) an. Letztere ist zwar flächendeckend bundesweit verfügbar, jedoch wegen der sehr groben Informationen nur für größere Skalenbereiche geeignet. Da alle diese Datenquellen nur auf Verallgemeinerungen basieren, sind für Modellierungen in kleinen EZG in sehr kleinen Rasterweiten Bodenkartierungen und eine Ermittlung der Bodenkenngößen empfehlenswert (PÖHLER 2006). Für die vorliegenden Zielstellungen (s. Kap. 1.2) ist die Bodenkonzeptkarte ausreichend, obwohl genauere

Karten besonders in den Erkenntnisgebieten Weißbach und Höckenbach wünschenswert wären. Im TEZG Weißbach wurden deshalb eigene Bodenuntersuchungen durchgeführt. Neben den geografischen Daten werden für den Antrieb der NA-Modellen (s. Kap. 3.4.2) sowohl meteorologische als auch hydrologische Daten benötigt. Die meteorologischen Verhältnisse und die Genauigkeit ihrer räumlichen und zeitlichen Wiedergabe in einem Modell entscheiden über die Qualität der Ergebnisse. Je nach Größe des Einzugsgebiets, der Topografie, der räumlichen Verteilung der Messstationen, der Länge des betrachteten Zeitraumes und des regionalen Niederschlagsklimas, ist eine bestimmte Anzahl von Messpunkten zur Berechnung des Gebietsniederschlags erforderlich (UHLEMANN 2005). Meteorologische Daten sollen als Zeitreihen aller benötigten Klimavariablen (z.B. Lufttemperatur, Strahlung, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Niederschlagshöhe u. a.) in einer der hydrologischen Problemstellung angepassten zeitlichen Auflösung vorliegen. Die verwendeten Datensätze müssen nach dem Kriterium Nähe zum Einzugsgebiet sowie Vollständigkeit und Qualität ausgewählt werden. Hydrologische Daten sind in erster Linie die Abflusszeitreihen als integrale Informationen für ganze Teileinzugsgebiete. Sie dienen der Kalibrierung und Validierung des Modells (PÖHLER 2006). Letztlich soll auf die Skalenabhängigkeit einzelner Prozesse eingegangen werden. Bei mesoskaligen Betrachtungen besitzt die Abflussbildung entscheidende Bedeutung. Deshalb wurden zur Modellierung für diese Bereiche das WBS FLAB sowie das Programm WaSiM-ETH angewendet. Mikroskalige Betrachtungen setzen neben der Erfassung der Abflussbildung die deterministische Beschreibung der Abflusskonzentration voraus, deren Erfassung wegen der Komplexität mit mesoskaligen Modellen nicht möglich ist. Es sind Programme notwendig, die die Hydraulik des Abflusses auf der Landoberfläche sowie im Fließgewässer detailliert erfassen wie das Programm SWMM5.

7.2 Übertragbarkeit

7.2.1 Landschaftsökologische Erhebungen, Analysen und Bewertung

Die als Basis für die naturschutzfachliche Bewertung durchgeführten landschaftsökologischen Analysen im Gelände (Biotoptypen- und Gewässerstrukturgütekartierung, Kap. 3.2.1, 3.2.2) sind grundsätzlich für jedes Gebiet anwendbar. Das Hauptproblem wird der hohe Zeitaufwand für die flächendeckenden Kartierungen sein, die zumindest bei Planungen auf Landschaftsebene, d.h. unter Einbeziehung eines größeren Landschaftsausschnittes wie beispielsweise ein Einzugsgebiet, erforderlich sind. Bei Planung einer einzelnen Maßnahme für einen konkreten Standort kann eine Ortsbesichtigung ausreichend sein, um die Lage und räumliche Ausdehnung der Maßnahme festzulegen und ggf. naturschutzfachliche Besonderheiten (z.B. gefährdete Arten) berücksichtigen zu können. Der Landschaftskontext (Isolation, Biotopverbund, Trittstein-, Korridorfunktion) sollte aber auch bei solchen Planungen auf jeden Fall so weit als möglich mit berücksichtigt werden.

Angaben zur Lage und Charakteristik geschützter Lebensräume können auch der selektiven Biotopkartierung entnommen werden, die beispielsweise über die Landratsämter bezogen werden kann.

Der für das Projekt HochNatur erarbeitete Biotoptypenkartierschlüssel (BIANCHINI i. Vorb.) wurde speziell auf die beiden ausgewählten Erkenntnisgebiete (Weißbach, Höckenbach) abgestimmt. Soll er in anderen Gebieten eingesetzt werden, muss er u.U. zur Berücksichtigung lokaler Erfordernisse ergänzt bzw. angepasst werden. Gleiches gilt für die naturschutzfachliche Bewertung der Biotoptypen (Kap. 3.2.5.1). Hier zeigte sich schon innerhalb des Projektes, dass die Bewertung der Biotoptypen für die analysierten TEZG Weißbach und Höckenbach bedingt

durch die unterschiedliche naturräumliche Situation und aufgrund differierender Ausprägungen (z.B. Alter, Störungen) innerhalb der Gebiete angepasst werden musste.

Für die Erarbeitung eines auf einen größeren Landschaftsausschnitt (z.B. EZG) abgestimmtes Maßnahmenkonzept sind fundierte, flächendeckende Kenntnisse der aktuellen Landnutzung und des Vorkommens geschützter und gefährdeter Arten bzw. Vegetationsbestände unerlässlich. Zur Unterstützung der Kartierung vor Ort sollten möglichst aktuelle Luftbilder und die zur Verfügung stehenden digitalen Landnutzungskarten (CIR, ATKIS) eingesetzt werden. Letztere können eine vor-Ort-Erfassung zumindest der vorgesehenen Maßnahmestandorte allerdings nicht ersetzen, da sie nicht aktuell sind und besonders für Landwirtschaftsflächen ein schneller Wandel der Nutzungen typisch ist. Ein weiteres Problem besteht darin, dass Biotoptypen, die aus naturschutzfachlicher Sicht von besonderem Interesse sind, wie beispielsweise Hecken und Feuchtbiootope, häufig aufgrund ihrer geringen Flächengröße nicht abgebildet werden. In analoger Weise gilt für die Gewässerstrukturgütekartierung, dass die Ergebnisse des sogenannten Übersichtsverfahren (LAWA 2002) aufgrund der niedrigeren räumlichen Auflösung und des geringeren Parameterumfanges wesentlich von denen des Vor-Ort-Verfahrens (LAWA 2000) abweichen (WEIß 2006). Vor allem werden durch das Übersichtsverfahren zahlreiche Kleinstrukturen wie Uferverbau und Querbauwerke im Gewässer nicht erfasst, die für den Gewässerzustand und auch aus naturschutzfachlicher Sicht von großer Bedeutung sind.

Für die Bewertung mit Hilfe der in diesem Vorhaben eingesetzten Landschaftsstrukturindices (Kap. 3.2.5.2) ist der Einsatz teurer Software (GIS) erforderlich, wodurch auch mit einem relativ hohen Zeitaufwand zu rechnen ist. Der Einsatz erscheint besonders für die Maßnahmenplanung innerhalb größerer Vorhaben sinnvoll, wenn die Erstellung und vergleichende Bewertung verschiedener Landnutzungsszenarien für einen größeren Landschaftsausschnitt (z.B. EZG) eine Rolle spielt. Bei entsprechend zur Verfügung stehender Datengrundlage ist das Verfahren auch um weitere Bewertungsindices, wie beispielsweise zu Artendiversität und Durchlässigkeit (Konnektivität) der Landschaft, erweiterbar. So kann durch die Ermittlung landschaftsökologischer Parameter und die Definition von das Ausbreitungsverhalten von Pflanzen oder Tieren bestimmender Faktoren wie „Bewegungskosten“ der Vernetzungsgrad bestimmter durch verschiedene Landnutzungsszenarien charakterisierter Landschaftselemente und die Korridorfunktion linearer Strukturen wie Hecken modelliert werden (LANGE 2007). Zusätzlich ist die Einbeziehung weiterer Fachdaten (z. B. Boden, Geologie, Klima) möglich. Damit können beispielsweise aufgrund bekannter Standortansprüche durch Überlagerung der Informationen in einem GIS potenzielle Standorte für spezifische Naturschutzmaßnahmen definiert und selektiert werden (NOUBACTEP 2006).

7.2.2 Modelle Hydrologie

7.2.2.1 WBS FLAB

Da es sich beim WBS FLAB um ein GIS-gestütztes Bewertungssystem handelt, werden flächenverteilte Gebietsinformationen in Form von Rasterkarten benötigt (s. Kap. 3.4.3). Als Standardkarten sind für das Expertensystem die Karten des Gewässernetzes, der Hangneigung und der Landnutzung unerlässlich. Je nach zur Verfügung stehenden Daten überlässt das System dem Anwender die Wahl zwischen der Bodenkarte und der Karte der geologischen Einheiten. Da die Vegetation beim Prozessgeschehen Abflussbildung eine hohe Relevanz besitzt (z.B. MARKART et al. 2004, HUNZIKER 2002, DOBMANN 2002), können detaillierte Informationen zu den Vegetationstypen z.B. aus den Biotoptypenkartierungen (s. Kap. 3.2.1) in die Landnutzungskarte integriert und somit als zusätzliche Datengrundlage für die Erstellung der

Raumgliederung verwendet werden. Um eine Anwendung des Expertensystems in unterschiedlichen geografischen Regionen mit variablem Angebot an Eingangsinformationen (Kap. 3.4.3) gewährleisten zu können, war eine Klassifizierung der Eingangsdaten notwendig. Diese sind an eine feste Codierung (Übertragungsschlüssel) gebunden, die zur Erstellung der Rasterkarten im GIS dient (s. Tabelle A2.20, Tabelle A2.21, Tabelle A2.22, Tabelle A2.23). Die Sorgfalt bei der Datenbeschaffung und -aufbereitung hat elementaren Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse.

Innerhalb des Systems erfolgt eine Klassifizierung der Geländegefälle in dem Maße, wie sich für die Bildung abflusswirksamer Abflusskomponenten signifikante Umschlagspunkte bzw. Wertespanssen ergeben. Für die Differenzierung der Hangneigung stehen im WBS FLAB neun Klassen unterschiedlicher Klassenbreite zur Verfügung (SEIDLER et al. 2005). Als Datengrundlage für die Erstellung der Hangneigungskarte wird ein DGM verwendet.

Die Gestaltung der Landfläche bzgl. der Förderung oder Hemmung der Bildung schneller Abflusskomponenten wird maßgeblich durch die Art der Landnutzung bestimmt. Anhand einer detaillierten Analyse aller möglichen Datenquellen (Kap. 3.4.2) (z.B. Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem (ATKIS), Color-Infrarot-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (CIR), CORINE Land Cover, Landsat, Fernerkundungsdaten, usw.) wurde eine Gliederung der Landnutzung vorgenommen, wobei jede Landnutzungs-kategorie durch entsprechende Spezifikationen untersetzt wird (s. Tabelle A2.23). Da die Nutzung von Landschaften einem ständigen Wechsel unterliegt, spielt die Aktualität der Datengrundlage eine entscheidende Rolle für die Qualität der Modellergebnisse. Für die Erhöhung der Ergebnisgenauigkeit, was vor allem im Bereich der Planung von höchster Priorität ist, sind eine zeitnahe Erfassung und genaue Nachbildung des Ist-Zustandes erforderlich. Im Rahmen des Projekts wurden deshalb hochauflösende flächendeckende Biotoptypenkartierungen in den Erkenntnisgebieten Weißbach und Höckenbach durchgeführt (s. Kap. 3.2.1).

Da die dynamischen Abflussprozesse hauptsächlich in den oberen Bodenhorizonten stattfinden (SCHÄDEL 2003, IHW 2000, BORMANN et al. 1996), sind räumlich verteilte Informationen zu den Böden die wesentlichen Komponenten für die Erstellung der Raumgliederung. Es wurde eine Bodenklassifikation geschaffen, die sich an die internationale und nationale Systematik anlehnt, gleichzeitig aber eigene experimentelle Erfahrungen und detaillierte Untersuchungen zu Böden in anderen Versuchs- und Repräsentativgebieten berücksichtigt. Dabei standen die Bodenprofile der Einzugsgebiete Mandau (Oberlausitz), Wernersbach, Rotherdbach (Tharandter Wald), Löhnersbach (Alpen) und Brachtpe (Sauerland) zur Verfügung (z.B. CHIFFLARD 2006). Die komplexe Charakteristik der Böden wurde notwendigerweise auf die hydrologische Wirksamkeit der Bodenarten und -typen reduziert. Gleichzeitig war es notwendig, einen Detaillierungsgrad zu erreichen, welcher der Informationsdichte der breitenverfügbaren Gebietsdaten entspricht. Somit wurden charakteristische Bodenprofile erstellt und den entsprechenden Bodenklassen zugeordnet. Diese bestehen aus typischen Horizontfolgen mit Informationen zu den hydrologischen Besonderheiten jedes Horizonts. Ausgehend von den vorherrschenden Bodenarten wurden die hydraulischen Bodenkennwerte, wie Porosität, Feldkapazität und gesättigte hydraulische Leitfähigkeit als Wertespanssen definiert. Wenn für ein Untersuchungsgebiet genauere Informationen über den Boden vorliegen oder weitere relevante Bodentypen auftreten, sind sie entweder den vorhandenen Bodentypen zuzuordnen oder als spezielle Bodenprofile in das System einzufügen.

In Abhängigkeit von der vorhandenen Datenbasis und ihrer Auflösung ist die Anwendung des WBS FLAB sowohl in mikro- als auch mesoskaligen Bereichen möglich. Je nach Gebietsgröße

und Güte der Eingangsdaten kann die Rasterweite für die Bearbeitung dementsprechend gewählt werden.

Für mesoskalige EZG liegen die Eingangsdaten oft nur in großen Maßstäben vor. Außerdem ist der Rechenaufwand bei Nutzung kleiner Rasterweiten erheblich. Deswegen wurde der Einfluss der Rastergröße auf die Qualität der Raumgliederung am Beispiel EZG Weißeritz untersucht.

Die Eingangskarten für das Expertensystem im 25 m-Raster wurden durch Zellenaggregation im GIS (Raster-Resampling) zu 100 m- und 500 m-Raster konvertiert und danach überlagert. Ein Vergleich zeigt eine Verschiebung der Verteilung der vom WBS FLAB ausgewiesenen Abflussprozesse (Abb. 61).

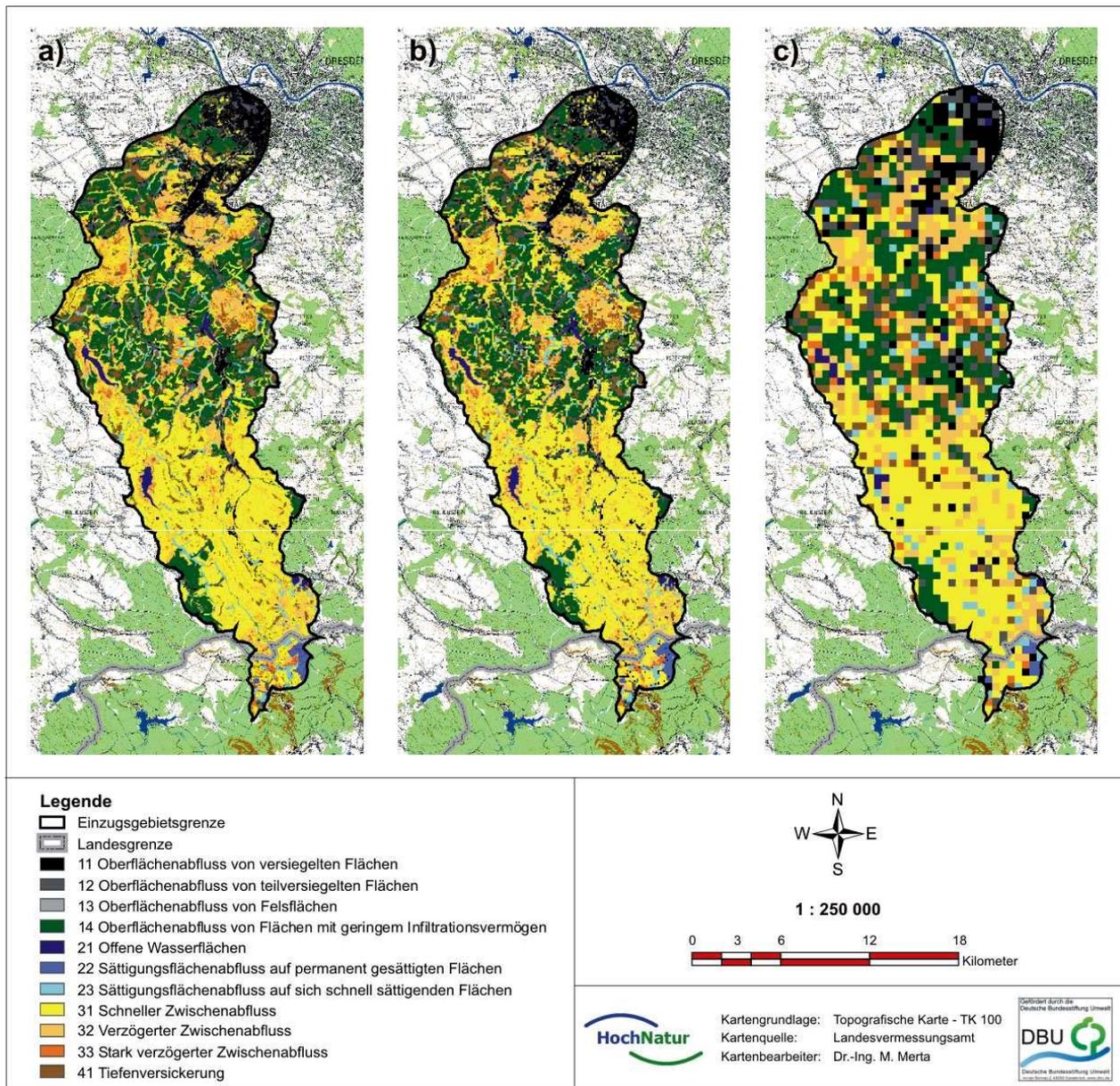


Abb. 61: Einfluss der Rastergröße auf die Raumgliederung, EZG Weißeritz. (a) Rasterweite 25 mx25 m, (b) Rasterweite 100 mx100 m, (c) Rasterweite 500 m x500 m

Durch die Zellenaggregation der einzelnen Eingangskarten wurden Veränderungen der Eigenschaften der jeweiligen Rasterzellen verursacht. Somit entstand bei der Überlagerung der Karten eine veränderte Kombination von Gebietseigenschaften. Die Prozesse mit prozentual

geringem Raumanteil, ausgenommen Oberflächenabfluss von Felsflächen (Flächenanteil < 1 %), sind unabhängig von der Rastergröße weiterhin vertreten. Das generelle Muster der Flächenverteilung der Abflusskomponenten bleibt erhalten. Die Ergebnisse zeigen, dass zwar mit zunehmender Rastergröße ein Verlust an Informationen zu verzeichnen ist, dieser hält sich aber in akzeptablen Grenzen (Tabelle 27).

Der Detaillierungsgrad und die Treffsicherheit der WBS FLAB-Ergebnisse sind von der Auflösung und der Genauigkeit der Inputs sowie der Komplexität der zur Verfügung stehenden EZG-Daten abhängig.

Mit dem WBS FLAB steht dem künftigen Anwender ein nutzerfreundliches System zur Verfügung, das eine räumliche Gliederung von Einzugsgebieten bezüglich der Abflussbildungsprozesse erlaubt. Das System ist so konzipiert, dass eine ständige Erweiterung des Regelwerks und der integrierten Fakten möglich ist (s. Kap. 3.4.3). Das System wurde erfolgreich in unterschiedlichen Naturräumen mikro- und mesoskaliger Einzugsgebiete getestet (Tabelle 28). Die Qualität der WBS FLAB-Ergebnisse wurde in ausgewählten Erkenntnisgebieten sowohl durch eigene hydrologische Messungen (Rotherdbach, Weißbach, Brugga, Dreisam, Grundbach, Mandau, Löhnersbach, Brachtpe) als auch durch die N-A-Modellierungen (z.B. TAC^D, WaSiM-ETH u.a.) überprüft (CHIFFLARD 2006, SEIDLER & MERTA, 2005, MERTA et al. 2003, SCHÄDEL 2003, PESCHKE et al. 1999, UHLENBROOK 1999).

Die Anwendungsgrenzen des Expertensystems sind sowohl in der Modellstruktur als auch in der Zielstellung der Entwicklung begründet (PESCHKE et al. 1999, ETZENBERG 1998). Das WBS FLAB bewertet Flächen hinsichtlich ihrer Bereitschaft, bestimmte Abflusskomponente zu bilden. Dabei wird jede Fläche separat von den umliegenden untersucht. Die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Flächen in Form von Zu- oder Abflüssen bleiben unberücksichtigt. Es wird keine zeitliche Abfolge der Abflussbildung innerhalb eines Niederschlagsereignisses berücksichtigt. Der Prozessverlauf wird, ähnlich wie bei konventionellen Speichermodellen, auf einen bestimmten Zeitschritt abstrahiert. Das WBS FLAB identifiziert Flächen gleicher Prozessdominanz und simuliert keine resultierende Abflussganglinie des Untersuchungsgebiets. Die dafür notwendige Betrachtung der Abflusskonzentrationsprozesse ist nicht Bestandteil des Modellregelwerks. Im WBS FLAB werden die Eingangsinformationen über die Gebietscharakteristika als „wahr“ behandelt. Es liegt in der Verantwortung des Bearbeiters, die Güte des Inputs bzw. ihre systematischen und zufälligen Fehler abzuschätzen und für die Beurteilung der Simulationsgüte heranzuziehen (s. Kap. 3.4.2). Die Anwendung des Expertensystems erfolgt mit dem Ziel, prinzipielle Flächenreaktionen zu erfassen und nicht mit Messdaten vergleichbare quantitative Komponentenbestimmungen vorzunehmen. Sie bereitet gezielte hydrologische Modellanwendung vor und kann in einer Voranalyse von Abflussbildungsflächen die Fehlerspanne des Modellinputs verringern (s. Kap. 3.4.5). Darin liegt ein Vorteil, aber auch eine wichtige Grenze des Systems (PESCHKE et al. 1999).

Tabelle 27: Einfluss der Rastergröße auf die Raumgliederung, EZG Weißeritz

Abflusskomponenten	Rastergröße					
	25 m x 25 m		100 m x 100 m		500 m x 500 m	
	Flächenanteil		Flächenanteil		Flächenanteil	
	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
Oberflächenabfluss von versiegelten Flächen	26,3	6,7	26,4	6,7	27,5	7,0
Oberflächenabfluss von teilversiegelten Flächen	32,8	8,3	32,9	8,3	33,0	8,4
Oberflächenabfluss von Felsflächen	0,4	0,1	0,4	0,1	-	-
Oberflächenabfluss von Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen	81,6	20,7	81,1	20,5	84,5	21,4
offene Wasserflächen	4,6	1,2	4,6	1,2	4,5	1,1
Sättigungsflächenabfluss auf permanent gesättigten Flächen	2,6	0,7	2,5	0,6	2,0	0,5
Sättigungsflächenabfluss auf sich schnell sättigenden Flächen	15,6	4,0	15,8	4,0	14,8	3,7
schneller Zwischenabfluss	129,8	32,9	130,1	33,0	129,0	32,7
verzögerter Zwischenabfluss	57,9	14,7	57,4	14,6	59,0	15,0
stark verzögerter Zwischenabfluss	10,0	2,5	9,9	2,5	9,5	2,4
Tiefenversickerung	33,1	8,4	33,4	8,5	30,8	7,8

Tabelle 28: Mit dem WBS FLAB bearbeitete Einzugsgebiete

Einzugsgebiet	Naturraum	Größe (km ²)	Rasterweite (m)
Altenberg/Geising	Osterzgebirge (D)	145,8	25 100
Brachtpe	Sauerland (D)	2,9	10
Breitenburg/Rittersgrün	Erzgebirge (D)	53,4	25 100
Brugga	Südschwarzwald (D)	40	10
Dreisam	Südschwarzwald (D)	258	50
Friedrichsbach	Dresdner Elbtalweitung (D)	4,3	20
Greiz	Vogtländisches Oberland Thüringen (D)	845,4	100
Grundbach	Zittauer Gebirge (D)	11	25
Höckenbach	Osterzgebirge (D)	16,4	10
Keppbach	Dresdner Elbtalweitung (D)	6,1	20
Löhnersbach	Kitzbüheler Alpen (A)	20	10
Mandau	Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge (D, CZ)	294	25 100 500
Mulde		2352	50
Rotherdbach	Osterzgebirge (D)	0,09	5
Sachsen	Freistaat Sachsen (D)	18415,7	100
Schwarze Pokau	Erzgebirge (D)	22,4	25
Sulm	Gäuplatten im Neckar- und Tauberland (D)	122	30
Weißbach	Osterzgebirge (D)	7,4	4,2 10 25
Wernersbach	Tharandter Wald (D)	4,6	10
Wernigerode	Harz, Sachsen Anhalt (D)	770,9	25
Weißeritz	Osterzgebirge (D)	374	25

7.2.2.2 WaSiM-ETH und SWMM5

Die Übertragbarkeit einer hydrologischen Methodik auf unbeobachtete Gebiete ist gegeben, wenn die wesentlichen hydrologischen Prozesse erfasst und eine Regionalisierung durchgeführt werden kann (WAGENER et al. 2004).

Mit dem vorliegenden Verfahren wurden die meteorologischen, hydrologischen Prozesse im mesoskaligen Bereich für das Einzugsgebiet der Weißeritz erfasst. Für die kleinen Einzugsgebiete wie das Einzugsgebiet des Weißbaches und des Höckenbaches wurden zusätzlich die hydraulischen Verhältnisse erfasst, die bei der Abflusskonzentration dominant sind. Angewendet wurden in diesem Zusammenhang die Programme WaSiM-ETH sowie SWMM5, mit denen die Berücksichtigung nahezu aller bekannten meteorologischen, pedologischen sowie hydraulischen Randbedingungen möglich ist, sodass die Methodik für unterschiedliche Klimaregionen, morphologische und bodenkundliche Verhältnisse sowie unter Berücksichtigung von bestimmten Nutzungsszenarien einsetzbar ist.

Weiterhin ist die Übertragbarkeit einer Methodik nur möglich, wenn die für ein Gebiet charakteristischen Prozesse identifiziert werden, um diese später analysieren zu können. Im vorliegenden Fall wurde die Regionalisierung mit dem WBS FLAB vorgenommen, mit dem eine Identifikation von dominanten Abflussprozessen in einem Einzugsgebiet möglich ist.

7.2.3 Übertragbarkeit von Waldentwicklungstypen auf ausgesuchte Forstbestände

(A. Schroiff, AG Biologie/Ökologie der TU Bergakademie Freiberg in Zusammenarbeit mit Dr. Eckehard-Gunter Wilhelm und Steffen Hilpert, TU Dresden)

Dieses Kapitel wurde gemeinsam mit Mitarbeitern des Projektes „Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirges“ (Hauptphase, Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V.) erarbeitet. Ziel ist, die Übertragbarkeit der im oben genannten Projekt erarbeiteten Waldentwicklungstypen auf ausgewählte Forstflächen im Einzugsgebiet des Weißbaches zu prüfen. Unterschiede in der Herangehensweise beider Projekte sind schon mit den unterschiedlichen Zielstellungen vorgegeben (vgl. Kap. 1.2, SCHMIDT & WILHELM 2003) Dennoch ergeben sich gemeinsame Schnittstellen, an denen Methoden und/oder Ergebnisse übertragen werden können.

Im Projekt HochNatur werden flächendeckend die Teileinzugsgebiete Weißbach und Höckenbach betrachtet und deren aktuelle Landnutzung hinsichtlich Optimierungsmöglichkeiten für den Hochwasser- und Naturschutz untersucht. Dabei werden grundsätzliche Szenarien für eine sowohl dem Hochwasser- als auch dem Naturschutz dienende Landnutzung erarbeitet. Konkrete Umsetzungsschritte für einzelne Flächen spielten dabei eine eher untergeordnete Rolle (Ausnahme beispielsweise Fließgewässerrenaturierung Kap. 6.2). Die Umsetzung von Maßnahmen im Wald wurde ausgeklammert, da dieser Aspekt vertiefend vom Projekt des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz bearbeitet wurde. Dieses beschäftigt sich u. a. mit der **Umsetzung** eines bestandesbezogenen Handlungskonzeptes für einzelne Waldflächen des Landesvereins unter den Prämissen Natur- und Hochwasserschutz. Für diese Flächen wurden erstmals im Freistaat Sachsen Waldentwicklungstypen (WET) erarbeitet. Dabei handelt es sich um „Bestände mit gleichartigem Ausgangszustand und Entwicklungsziel, wobei unterstellt wird, dass dann auch das naturschutzfachliche Management oder die forstliche Bewirtschaftung (waldbauliche Bestandesbehandlung, einzusetzende Technik) ähnlich sind“ (SCHMIDT & WILHELM 2003, S. 30). Durch die Kombination von Ausgangszustand und Zielzustand sowie

dem prinzipiellen Weg zum Erreichen des Zieles in WET ergeben sich operationale und nachvollziehbare Zielvorgaben für die naturschutz- und hochwasserschutzgerechte Behandlung aktueller Bestandestypen.

Da in beiden Projekten die Hochwasser- und Naturschutzfunktion der betrachteten Waldbestände die wichtigsten Ziele bei deren zukünftiger Entwicklung sind, wird im Folgenden der Versuch unternommen, die erarbeiteten WET auf ausgewählte Waldbestände des TEZG Weißbach zu übertragen. Beispielhaft wurde dafür in Absprache mit dem zuständigen Forstbezirk Bärenfels eine Waldfläche unterhalb der Kahlen Höhe im Norden des TEZG ausgewählt (Abteilung 201 - Teilflächen a¹ bis a⁵ und Abteilung 202 - Teilflächen a¹ und a²; siehe Karte A1.52).

Im Rahmen der eigenen Begehungen wurden auf dieser Waldfläche 3 verschiedene Biotoptypen erfasst. Ordnet man diese entsprechend des Tharandter Vorgehens den Ausgangszuständen der WET zu, ergeben sich daraus drei Ist-Zustände (vgl. Tabelle A2.24:

- (überwiegend) **Fichtenbestände**: Abt. 201 a¹, 201 a³, 201 a⁵, 202 a¹, 202 a²,
- (**Ebereschen**)-**Birkenbestand** (mit Gemeiner Fichte): 201 a⁴, und
- **Lärchenbestand** (mit Birke, Eberesche): 201 a².

Als PNV werden für die ausgewählten Waldbestände montane Hangwaldkomplexe ausgewiesen (Abb. 5, S. 21), die auf der gesamten zu betrachtenden Fläche als Hainsimsen-(Tannen-Fichten-)Buchenwald ausgebildet wären. Bei Zugrundelegung des Natürlichen Vegetationspotenzials (NVP) erweitert sich das PNV-Konzept u.a. um Pionier- und Zwischenwaldstadien (SCHERZINGER 1996, SCHMIDT 1997, 1998). Damit kämen für das Beispielwaldgebiet auch Birken-, Fichten- und Birken-Ebereschen-Pionier- und –Zwischenwälder als Ziel in Frage. Naturschutzfachlich relevante Besonderheiten, die u.U. zu anderen Zielbeständen führen können, wurden auf den zu betrachtenden Teilflächen nicht festgestellt.

Auch im Bearbeitungsgebiet des Projektes des Landesvereins traten im Vorkommensbereich des Hainsimsen-(Tannen-Fichten-)Buchenwaldes aktuell Fichten- und Lärchenforste sowie Birken-Ebereschen-Pionierwald auf. Damit lassen sich die folgenden, für diese Bestände aufgestellten WET auf die Beispielflächen im TEZG Weißbach übertragen:

- WET: Fichtenbestand ⇒ Montaner (Ta-Fi-)Buchenwald
- WET: Lärchenbestand ⇒ Montaner (Ta-Fi-)Buchenwald
- WET: (Ebereschen-)Birkenbestand → Montaner (Ta-Fi-)Buchenwald

So sollen z.B. die Fichtenbestände mittels Waldumbau („⇒“) und (Ebereschen-) Birkenbestände durch Ausnutzung der natürlichen Sukzession (→) zu montanen (Tannen-Fichten-) Buchenwäldern entwickelt werden.

Demnach ist die Anwendbarkeit der WET auf die ausgewählten Forstbestände im TEZG Weißbach ohne größere Schwierigkeiten möglich. Wenn das Konzept der WET im Untersuchungsgebiet zur Anwendung kommen soll, müssen diese in die mittelfristige forstliche Betriebsplanung (Forsteinrichtung) aufgenommen werden.

8 Öffentlichkeitsarbeit

8.1 Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern und anderen Projekten

Die Zusammenarbeit mit dem Landschaftspflegeverband mittleres Erzgebirge sowie mit dem Projekt „Weißeritz-Regio“ (Koordination Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung e. V., Dresden, IÖR) war sehr zufriedenstellend und gewinnbringend. Hierdurch konnte HochNatur sehr gut Kontakte zu Bürgermeister*innen und anderen Akteuren und Multiplikatoren vor Ort bekommen und anlässlich mehrerer Veranstaltungen Projektergebnisse präsentieren.

Ebenfalls gut verlief die Zusammenarbeit innerhalb des Projektverbundes. Die vom IHI mit dem WBS FLAB durchgeführte Analyse des Einzugsgebietes der Mulde ist wichtiger Bestandteil des Projektes HoNaMu. Ergänzend richtete das IHI einen Workshop zum WBS FLAB aus, an dem Vertreter des Projektes HoNaMu teilnahmen. Darüber hinaus erfolgte ein Informationsaustausch durch verschiedene Vorträge und die 3 Projekte erarbeiteten gemeinsam eine Broschüre mit Maßnahmesteckbriefen für „Akteure vor Ort“ (Kap. 6.1).

8.2 Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen

Die Bearbeiter von HochNatur haben bereits seit Projektbeginn eine intensive Öffentlichkeitsarbeit geleistet (s. Kapitel 12.4 bis 12.6.). Um HochNatur in den Modellgebieten bekannt zu machen, wurden verschiedene Zeitungsartikel und Beiträge in Amtsblättern veröffentlicht und es fanden verschiedene Treffen mit Akteuren vor Ort statt. Über eine Aktion zum „Tag der Artenvielfalt“ im Projektgebiet mit Schülern einer Mittelschule (als Multiplikatoren) wurde versucht, den Schülern grundlegende Kenntnisse zu Methoden und Möglichkeiten des naturschutzkonformen Hochwasserschutzes zu vermitteln.

Neben Vorträgen anlässlich unterschiedlicher Veranstaltungen in der Projektregion (nicht dargestellt) wurden die Vorgehensweise und Ergebnisse von HochNatur auf verschiedenen wissenschaftlichen Tagungen und in Fachzeitschriften präsentiert (Kap. 12.3-12.5).

9 Maßnahmenumsetzung

9.1 Stand der Umsetzung

Um die Umsetzung von Maßnahmen zu initiieren, führten die Mitarbeiter von HochNatur bereits ab Projektbeginn intensive Gespräche mit Akteuren sowohl in Hermsdorf (TEZG Weißbach) als auch in Höckendorf/Ruppendorf (TEZG Höckenbach). Dabei war der Landschaftspflegeverband Sächsische Schweiz/Osterzgebirge e.V. (Dippoldiswalde; LPV) ein sehr wichtiger Partner, der HochNatur wesentlich unterstützte und Kontakte herstellte. Gemeinsam mit dem Verband wurde zu Projektbeginn eine Übersicht der in Frage kommenden Förderprogramme erarbeitet (SCHUCKNECHT 2005). Hierbei wurde klar, dass zahlreiche Programme 2005/2006, also während der Projektlaufzeit, ausliefen und die Fördergelder für einige Programme in Sachsen bereits aufgebraucht waren. Die finanziellen Möglichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen waren damit teilweise eingeschränkt.

Bei den Diskussionen mit den Akteuren benannten die Gemeinden Hermsdorf und Höckendorf nicht vordergründig den nachhaltigen Schutz vor Sommerhochwässern, sondern primär den Erosionsschutz (v.a. Höckendorf) und den Schutz vor Hochwasser bzw. Erosion bedingt durch Schneeschmelze (Hermsdorf) als ein wichtiges Ziel von Maßnahmen für ihre Gemeinden. Der Hochwasserschutz spielt hier offensichtlich keine primäre Rolle. Ursache ist vermutlich, dass in beiden Gemeinden 2002 nur begrenzt Schäden durch das Augusthochwasser 2002 auftraten. Die Ortschaft Hermsdorf liegt außerhalb der Aue und damit des Überschwemmungsbereiches und Höckendorf sowie Ruppendorf liegen zum großen Teil flussaufwärts der von den Hochwässern stark betroffenen Gebiete. Die Mitarbeiter von HochNatur versuchten die Wünsche der Akteure bei den Planungen einzubeziehen (z. B. Berechnung Bodenabträge durch Erosion Kap. 5.3.2).

Maßnahmen TEZG Weißbach

Nach Auskunft des Bürgermeisters und nach eigenen Erfahrungen sind in diesem Gebiet „Ermüdungserscheinungen“ bei den Akteuren bzgl. des Themas „Hochwasser“ zu beobachten, da nach dem Hochwasser 2002 zahlreiche Behörden und Büros an die ortsansässige Landwirtschaftsgenossenschaft Hermsdorf mit unterschiedlichen Anliegen (Besichtigung im Gelände, Daten zur Bewirtschaftung usw.) herantraten, ohne dass dies offensichtlich bisher befriedigende Konsequenzen erbrachte.

Trotzdem war der Bürgermeister von Hermsdorf sehr kooperativ und wählte gemeinsam mit HochNatur im Gemeindegebiet potenzielle Standorte für Maßnahmen (besonders Heckenpflanzungen) aus, deren Umsetzung er aus Gründen des Bedarfs (Erosionsschutz, Verringerung von Bodenabtrag) und der Praktikabilität (akzeptable Einschränkung bei der Bewirtschaftung angrenzender Flächen) als realistisch einschätzte (vgl. Abb. 49, S. 91). Trotz intensiver Zuarbeiten und mehrerer Treffen im Bürgeramt konnte die Umsetzung dieser Maßnahmen leider trotzdem nicht erreicht werden. Bei einer Ortsbegehung mit der Landwirtschaftsgenossenschaft Hermsdorf, die fast alle Offenlandflächen im Untersuchungsgebiet bewirtschaftet, dem LPV und dem Bürgermeister konnte leider keine Einigung bei der Auswahl von Standorten für Heckenpflanzungen erreicht werden.

Maßnahmen TEZG Höckenbach

Im Gemeindegebiet Höckendorf/Ruppendorf werden fast ausschließlich alle Flächen von der Agrargenossenschaft Höckendorf/Ruppendorf bewirtschaftet. Nachdem HochNatur Projektergebnisse mit Schwerpunkt Erosionsschutz durch Hecken und konservierende Bodenbearbei-

tung vorstellen konnte, ergab sich die Gelegenheit, sich in die Planungen zur Pflanzung einer Hecke und der Anlage eines Grünlandstreifens zur Reduktion von Erosionsabträgen einzubringen (vgl. Abb. 50, S. 91 und Abb. 62). 2006 stellte die Genossenschaft ihre Flächen auf konservierende Bodenbearbeitung um. Auch eine Renaturierungsmaßnahme an einem Fließgewässerabschnitt (vgl. Kap. 6.2) befindet sich in der Planung und wird 2007 umgesetzt. Auch wenn nicht der von HochNatur bearbeitete Abschnitt renaturiert wird, flossen doch zahlreiche Anregungen aus diesem Konzept in die aktuelle Maßnahmenplanung ein.



Abb. 62: Im Herbst 2004 gepflanzte Hecke zur Reduktion der Erosion im TEZG Höckenbach. Zusätzlich wurde hangabwärts ein Streifen Grünland angelegt (Foto E. Richert, 2005)

2006 ergab sich durch den Kontakt zu einem Landeigentümer im benachbarten Stieflitz-Tal die Gelegenheit zu einer Ortsbegehung und Diskussion der Möglichkeiten, durch die Anlage von Grünlandstreifen und Gehölzpflanzungen die Bodenabträge durch Erosion in die Stieflitz zu reduzieren und das Gewässerumfeld ökologisch aufzuwerten. Da die Genossenschaft aber im gleichen Jahr auf konservierende Bodenbearbeitung umstellte, war sie zumindest in diesem Jahr leider nicht zu weiteren Erosionsschutzmaßnahmen bereit.

Positiv ist, dass aufgrund der umfangreichen Öffentlichkeitsarbeit (s. Kap. 8) weitere Landkreise (z.B. Annaberg) Kontakt mit HochNatur aufgenommen und Interesse an dem Konzept und an der Umsetzung von Maßnahmen bekundet haben. Allerdings bestehen hier Probleme hinsichtlich der Finanzierung der erforderlichen Gebietsanalysen und Planungsarbeiten. Dies wäre im Rahmen der Erstellung einer Hochwasserschutzkonzeption für Gewässer 2. Ordnung generell machbar. An der Erstellung entsprechender Konzepte arbeiten verschiedene Gemeinden etwa seit 2006, so auch die Gemeinde Höckendorf/Ruppendorf. Die Ergebnisse von HochNatur liegen den Behörden vor.

Ebenfalls arbeitet HochNatur eng mit dem Projekt *Weißeritz Regio*¹ zusammen, in dem zahlreiche Gemeinden sowie land- und forstwirtschaftliche Verbände und Behörde aus dem gesamten EZG Weißeritz aktiv sind. Vertreter von HochNatur nahmen an den regelmäßigen Treffen teil und stellten im November 2006 Projektergebnisse gemeinsam mit Vertretern des Projektes EMTAL (Projektleitung TU Freiberg²) anlässlich der "Landwirtschaftlichen Fachtagung

¹ http://www.ioer.de/ioer_projekte/p_219.htm (Stand 20.03.2007)

² <http://www.ioez.tu-freiberg.de/emtal/> (Stand 20.03.2007)

der Initiative Weißeritz-Regio" vor. In wie weit die Teilnehmer die Projektergebnisse bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen berücksichtigen, ist schwer abschätzbar.

9.2 Probleme bei der Maßnahmenumsetzung und Lösungsansätze

Als das wesentliche Problem bei der Umsetzung von Maßnahmen hat sich im Projekt HochNatur die **Flächenverfügbarkeit** herausgestellt (s. 9.1). Folgende Ursachen sind hierfür zu nennen:

- a) Die Hochwässer entstehen in den höher liegenden Gebieten des Erzgebirges – die Betroffenen wohnen dagegen überwiegend flussabwärts in den unteren Gebirgslagen bzw. den Gebirgsvorländern. Gerade die Betroffenen, bei denen eine große Akzeptanz zur Umsetzung von Maßnahmen angenommen werden kann, haben demnach häufig keinen direkten Zugriff auf die Flächen mit hohem Handlungsbedarf (Hochwasserentstehungsflächen).
- b) Es können keine ausreichenden finanziellen Anreize geboten werden, gerade auf den Hochwasserentstehungsflächen Landnutzungsänderungen als Hochwasserschutzmaßnahme vorzunehmen. Neben versiegelten Flächen liefern insbesondere auch intensiv land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen schnelle Abflusskomponenten. Soll auf solchen Flächen vorbeugender Hochwasserschutz betrieben werden, müssen die zu erwartende Ertragsminderung und die eventuellen Mehrkosten für Einschränkungen bei der Bewirtschaftung entsprechend honoriert werden, um einen Anreiz zu schaffen.
- c) Das zur Verfügung stehende Instrument der Hochwasserschutzkonzepte (Sachsen) bietet zwar formal die Möglichkeit, Maßnahmen für den vorbeugenden Hochwasserschutz in der Fläche zu berücksichtigen, leider wird dies aktuell aber kaum praktiziert (s. auch SMUL
http://www.smul.sachsen.de/de/wu/downloads/051206_HwskMaListe_GU_HswskRang_051206.pdf; Stand 20.07.2007).

Mögliche Lösungsansätze:

- a) **Konsequente Berücksichtigung der Hochwasserentstehungsflächen bei Planungsvorhaben/Landnutzungsplanungen:** Für das Weißeritzgebiet wurden entsprechende Flächen detailliert durch das Projekt HochNatur erarbeitet. Für Sachsen liegt dem LfUG (Dresden) eine entsprechende Übersicht vor (HORN et al. 2006).
- b) Überprüfung der Möglichkeiten zur Schaffung eines Instrumentes, mit dem auf den Hochwasserentstehungsflächen Landnutzungsänderungen zum verbesserten Wasserrückhalt erreicht werden können bzw.
- c) Schaffung einer Möglichkeit, die im Fall einer durch anthropogene Eingriffe (Baumaßnahmen etc.) verursachten Verringerung des Wasserrückhaltes in den Hochwasserentstehungsgebieten einen entsprechenden **Ausgleich** erzwingt (räumliche Nähe sollte gegeben sein).
- d) Ergänzend zu den technischen Maßnahmekonzepten **konsequente Berücksichtigung nicht technischer Maßnahmen** (Landnutzungsänderungen) bei den Hochwasserschutzkonzepten (insbesondere für Gewässer 2. Ordnung), um schnelle Abflüsse zu mindern, die Speicherkapazität zu erhöhen und die Abflusskonzentration zu verlangsamen.
- e) Auflage eines **speziellen Förderprogrammes für den vorbeugenden Hochwasserschutz durch eine angepasste Landnutzung** auf den Hochwasserentstehungsflächen, um finanzielle Anreize zu schaffen.

10 Zusammenfassung

Das Projekt „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“ (HochNatur), gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), hat die Erarbeitung und Bewertung von Maßnahmen zum Ziel, die gleichermaßen dem Naturschutz und dem Hochwasserschutz dienen. Am Beispiel des vom Augusthochwasser 2002 besonders stark betroffenen Einzugsgebietes der Weißeritz (Osterzgebirge, Sachsen) und zwei ausgewählter Teileinzugsgebiete (TEZG) Weißbach und Höckenbach mit unterschiedlicher Landnutzungs- und Biotoptypenausstattung, wurden eine detaillierte Ist-Zustandsanalyse durchgeführt und verschiedene Landnutzungsszenarien aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes aufgestellt, analysiert und bewertet. In den Szenarien wurden Landnutzungsänderungen wie die Waldmehrung und der ökologische Waldumbau, die Extensivierung von Intensivgrünland, die Umwandlung von Äckern in Extensivgrünland, die konservierende Bodenbearbeitung, die Gewässerrenaturierung sowie die Etablierung von Kleinstrukturen (z.B. Hecken) berücksichtigt. Für die Bewertungen kamen landschaftsökologische und hydrologische Systemanalysen und Modelle zum Einsatz. Das Vorgehen wurde so konzipiert, dass es auch auf andere Gebiete übertragbar ist, vorausgesetzt es stehen entsprechende Eingangsdaten (Boden, Morphologie, Vegetation, Durchflüsse usw.) zur Verfügung.

Schwerpunkt der landschaftsökologischen Analysen der Teileinzugsgebiete war eine hochauflösende Biotoptypenkartierung mit daran anschließender naturschutzfachlicher Bewertung. Die Biotoptypen wurden anhand der Kriterien Entwicklungsdauer/Ersetzbarkeit, Seltenheit/Gefährdung und Naturnähe bewertet. Um auch die Biotopvielfalt und räumliche Verteilung der Biotoptypen innerhalb der Einzugsgebiete in die Bewertung einfließen zu lassen, wurden anschließend der Shannon Diversitäts-Index, die mittlere Patch-Größe und der Interdispersion/Juxtaposition-Index eingesetzt. Für die Bewertung der Fließgewässer und ihrer Uferbereiche wurde das LAWA-Vor-Ort-Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Gewässerstrukturgüte verwendet.

Für die Untersuchungen der hydrologischen Gebietsreaktionen wurden drei Modelle genutzt. Zunächst erfolgte mit Hilfe eines Expertensystems (WBS FLAB) die Identifikation von Flächen, die auf Grund ihrer Eigenschaften (Bodentyp, Landnutzung, Hangneigung) schnelle Abflusskomponenten (Oberflächenabfluss, Sättigungsflächenabfluss, schneller Interflow) liefern. Die Ergebnisse flossen in die Parametrisierung der anschließend eingesetzten Niederschlag-Abfluss-Modelle WaSiM-ETH und SWMM ein, mit denen die quantitative Bestimmung der Abflüsse aus den entsprechenden Einzugsgebieten erfolgte.

Aufbauend auf der Analyse der Ist-Situation wurden für die Einzugsgebiete verschiedene Landnutzungsszenarien erarbeitet. Neben praktikablen Szenarien auf Wunsch von Akteuren vor Ort wurden Referenz- und Extremszenarien analysiert. Schwerpunkt dieser Arbeiten waren die Teileinzugsgebiete Weißbach und Höckenbach. Bei den Szenarien wurden flächenhafte Landnutzungsänderungen wie Grünlandextensivierung, ökologischer Waldumbau, Waldmehrung entsprechend der potenziellen natürlichen Vegetation (PNV), Umstellung konventioneller zu konservierender Bodenbearbeitung und Nutzungsänderung von Äckern zu Grünland berücksichtigt. Daneben wurden weniger flächenintensive Naturschutzmaßnahmen wie die Renaturierung von Fließgewässern und die Anlage von Hecken hinsichtlich ihrer Hochwasserschutzwirkung analysiert.

Die landschaftsökologischen und hydrologischen Analysen zeigen, dass die Ausgangssituation in beiden Teileinzugsgebieten sehr unterschiedlich ist. Während das TEZG Weißbach zahlreiche naturschutzfachlich bedeutende Biotoptypen besonders im Grünland aufweist, Acker-

flächen vergleichsweise selten sind und Grünland und Forsten etwa zu gleichen Flächenanteilen vorkommen, dominieren im EZG Höckenbach große Ackerschläge und Grünland, wohingegen Forsten relativ geringe Flächenanteile einnehmen. Für das TEZG des Höckenbaches besteht daher aus Sicht des Naturschutzes ein deutlich höherer Handlungsbedarf als für das TEZG des Weißbaches. Das trifft gleichermaßen für die Hochwasser- und Erosionsprävention zu. Die landwirtschaftlich genutzten Böden weisen schlechte Infiltrationseigenschaften auf und neigen zur Bildung von Oberflächenabfluss. Die vielfältige Landschaftsstruktur des TEZG Weißbach dagegen wirkt sich bezüglich des Hochwasserschutzes positiv aus. Der Anteil schneller Abflusskomponenten ist kleiner als im TEZG Höckenbach. Das betrifft insbesondere den auch für die Erosion verantwortlichen Oberflächenabfluss.

Die naturschutzfachliche Bewertung der Landnutzungsszenarien ergibt für alle Szenarien beider TEZG eine Verbesserung im Vergleich zum Ist-Zustand. Ausnahme bildet die komplette Bewaldung der TEZG entsprechend der PNV, da diese mit einem Verlust an Biotopvielfalt einhergeht und die wenigen Biotoptypen großflächig und wenig divers verteilt in der Fläche vorkommen. Die besten Bewertungsergebnisse erzielten Szenarien mit umfangreichen Landnutzungsänderungen wie die Szenarien „Naturschutzmaßnahmen“, und „Kompromiss Hochwasser- und Naturschutzmaßnahmen“ oder auch „Grünlandextensivierung“ und „Umwandlung von Äckern zu Extensivgrünland“. Das entwickelte Bewertungsverfahren konnte auch erfolgreich für verschiedene Landnutzungsszenarien im Gesamteinzugsgebiet der Weißeritz eingesetzt werden.

Die Bewertungsindices der Kartieranleitung zur Gewässerstrukturgüte nach LAWA (2000) wurden entsprechend den Ausprägungen von ausgewählten Referenzgewässern angepasst und durch eine hohe Gewichtung der naturschutzfachlich besonders wertvollen Offenlandvegetation im Uferbereich modifiziert. Auch diese Analysen zeigen für den Höckenbach einen deutlich größeren Handlungsbedarf aus Naturschutzsicht auf als für den Weißbach. Für einen ausgewählten Gewässerabschnitt des Höckenbaches wurde ein Renaturierungskonzept unter Berücksichtigung von Hochwasserschutzaspekten erarbeitet.

Die hydrologischen Simulationen zeigen, dass für die Wirksamkeit der einzelnen Szenarien bzgl. des Hochwasserschutzes die Flächengröße und die Bodenbedingungen eine entscheidende Rolle spielen. Wenn nur geringe Flächenanteile von einer Änderung betroffen sind, wie bei den Szenarien Waldmehrung, Waldumbau zu PNV oder auch der Etablierung von Hecken, bleibt die Wirkung auf die Abflussprozesse klein bzw. ist sie sehr lokal auf kleine Flächen im TEZG beschränkt. Des Weiteren entscheidet besonders die Dicke der Bodenschicht über die Wirksamkeit der Landnutzungsänderung. Auf flachgründigen und skelettreichen Böden wie in den oberen Lagen des Osterzgebirges bleibt der Effekt zwangsläufig klein. Gute präventive Maßnahmen aus Sicht der Hochwasser- und Erosionsvorsorge sind alle Eingriffe, die den Oberflächenabfluss großflächig mindern. Deshalb zeigt im Gebiet des Höckenbaches bereits der Übergang zur konservierenden Bodenbearbeitung deutliche Effekte. Bei der konservierenden Bodenbearbeitung verbleibt das organische Material in der oberflächennahen Schicht und führt zur Humusanreicherung sowie zur Aktivierung des Bodenlebens, was letztlich zur verstärkten Makroporenbildung und damit zur Verbesserung der bodenphysikalischen und hydrologischen Eigenschaften der Böden beiträgt. Im Einzugsgebiet des Höckenbaches mit vorwiegenden Lößböden wäre bei kurzen Starkniederschlägen infolge der verstärkten Infiltration durch die konservierende Bodenbearbeitung eine Reduzierung der Abflussscheitel um 20 % und eine deutliche Verringerung der Bodenerosion möglich.

Für das Einzugsgebiet des Höckenbaches konnte nachgewiesen werden, dass vor allem bei häufig auftretenden kurzen Starkniederschlägen deutliche Reduzierungen der Abflussscheitel durch extensive Nutzungen möglich sind. Verringerungen bis 25 % sind nach diesen Ergebnissen in betroffenen Regionen (auf Vorgebirgsflächen) bei entsprechenden Nutzungsänderungen möglich.

Eine vollständige Bewaldung des Einzugsgebietes der Weißeritz mit PNV ist nicht nur als in der Umsetzung unrealistisch anzusehen, sondern bringt auch aus hydrologischer Sicht keine deutliche Minderung der Abflüsse. Dagegen wirkt sich eine gut strukturierte Landschaft mit extensiver Nutzung besonders in kleinen Einzugsgebieten positiv auf die Reduzierung der schnellen Abflussprozesse aus.

Die Projektergebnisse zeigen, dass der vorbeugende Hochwasserschutz sehr gut mit den Anforderungen des Naturschutzes vereinbar ist. Die Analyse und Bewertung der Szenarien belegen, dass sogar Landnutzungsänderungen, die allein aus Sicht des Naturschutzes aufgestellt wurden, eine Verbesserung der Hochwasserschutzsituation bedingen können und umgekehrt eine Landnutzung, die optimal den Anforderungen des Hochwasserschutzes dient, auch positive Effekte für den Naturschutz haben kann.

Die Wirkung der hier analysierten Landnutzungsänderungen ist in kleinen bis mittelgroßen Einzugsgebieten und bei Niederschlagsereignissen mit einer 5 bis 50jährigen Auftretenswahrscheinlichkeit am größten. In Abhängigkeit von der Ausgangssituation sind nach diesen Simulationsergebnissen dafür Landnutzungs- bzw. Bewirtschaftungsänderungen auf etwa 25 bis 50 % der Fläche erforderlich. Besonders hervorzuheben sind die weiteren positiven Synergieeffekte wie verbesserter Bodenschutz, ausgeglichener Gebietswasserhaushalt sowie Aufwertung des Landschaftsbildes. Maßnahmen wie die Etablierung von Hecken und Grünstreifen wirken besonders auf lokaler Ebene, für die Situation des gesamten EZG spielen solche Einzelmaßnahmen dagegen eine untergeordnete Rolle. Durch eine Fließgewässerrenaturierung und die Nutzung von vorhandenen Teichen im Auenbereich als Wasserrückhaltebecken könnte im Höckenbach der Scheitelabfluss erheblich reduziert werden. Der zweite positive Effekt allgemein durch Renaturierung wäre, dass die Fließgeschwindigkeit herabgesetzt wird; denn Gebirgsbäche besitzen in der Regel ein erhebliches Gefälle. Ein wassertechnischer Ausbau dieser Gewässer führt hingegen zu hohen Fließgeschwindigkeiten und starker Geschiebeführung, sodass der Betrieb von Rückhaltebecken mit großem Wartungsaufwand verbunden wäre. Mit Renaturierungsmaßnahmen wie im Oberlauf des Höckenbaches kann jedoch die Fließgeschwindigkeit und damit die Geschiebeführung entscheidend reduziert und die Wirksamkeit von Retentionsmaßnahmen deutlich gesteigert werden.

Um die Umsetzung von Maßnahmen zu initiieren, erfolgte eine intensive Öffentlichkeitsarbeit durch das Projekt. Gemeinsam mit zwei weiteren DBU-Projekten wurde eine Handreichung für Akteure vor Ort erarbeitet, in der Checkkarten die Auswahl von Maßnahmen für eine konkrete Fläche erleichtern. In Form von Steckbriefen werden die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkungen, der Zeitdauer bis zur Wirksamkeit und bevorzugter Einsatzgebiete vorgestellt und durch Hinweise zur Umsetzung ergänzt. Ebenfalls erarbeitet wurden Bewertungskriterien und zeitliche Angaben für eine Maßnahmenkontrolle und für eine wissenschaftliche Wirkungskontrolle.

Das Hauptproblem für die Umsetzung von Maßnahmen ist die Flächenverfügbarkeit. Demzufolge müssen Anreize geschaffen werden, mit denen die Landeigentümer und –nutzer für eine möglichst dauerhafte Umsetzung von Maßnahmen gewonnen werden können. Im Bericht werden die zur Projektlaufzeit bestehenden Probleme dargestellt und Hinweise zu möglichen Verbesserungen gegeben.

11 Summary

The project "Flood Prevention and Nature Conservation in the Weißeritz Area" ("HochNatur"), funded by the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), developed and assessed measures which both prevent floods and support nature conservation. Driven by the flood event of August 2002, the badly affected area of the Weißeritz catchment (Eastern Erzgebirge, Saxony) and two selected sub-catchments (Weißbach and Höckenbach), which differ in terms of land use and biotope structure, were analysed to assess the present state and derive various scenarios for flood and nature protection.

A detailed survey of the present state with respect to landscape ecology and hydrology via systems analysis and modeling was undertaken using a method transferable to other mountainous regions. On this foundation different land use scenarios were developed and evaluated both from the flood prevention and nature conservation perspective.

These scenarios considered land use changes such as extensification of grasslands, transformation of arable fields into grasslands, ecological transformation of forests, afforestation and conservation tillage, watercourse rehabilitation and the establishment of small landscape structures like hedgerows.

The main focus of the ecological analysis was high-resolution biotope mapping and the assessment of the present state and the developed scenarios. To assess the watercourses and their banks a method called LAWA-Vor-Ort-Verfahren (on-site stream habitat survey according to the German Federal Working Group on Water Issues) was applied to register and assess the stream habitat quality.

For the analysis of the hydrological situation in the project area, three tightly coupled models were used. First the expert system WBS FLAB - area of equal runoff components - identified areas with fast runoff components (surface runoff, saturation overland flow, fast interflow) on the basis of landscape characteristics such as soil type, land use and slope angle. The results were used to parametrise the afterwards following runoff-precipitation models WaSIM-ETH and SWMM, which were used to quantify the runoff of the respective sub-catchments.

The results of the project show that flood prevention is highly compatible with the demands of nature protection. Even land use changes, which consider nature conservation interests only, show an improvement in terms of flood prevention. Conversely, a land use scenario which perfectly fits the requirements for flood prevention can also substantially contribute to nature protection.

The analysed effects of land use changes are the greatest in small to medium-sized catchments and in the case of precipitation events with 5 to 50 years reoccurrence intervals. A reduction as high as 5 to 10 per cent on average and 25 per cent at the most is possible. Based on these results and in relation to the present state, land use changes and alterations in cultivation practises are necessary on 25 to 50 per cent of the catchment area. Further positive synergetic effects include improved soil protection, balanced water supply as well as enriched natural scenery.

12 Literatur- und Schriftenverzeichnis

12.1 Literatur

- ACHTZIGER, R. & NICKEL, H. (1997): Zikaden als Bioindikatoren für naturschutzfachliche Erfolgskontrollen im Feuchtgrünland. Beiträge zur Zikadenkunde 1: 2-16.
- ACHTZIGER, R. & RICHERT, E. (1997): Aufbau reichgegliederter Waldränder - Überlegungen zu Schutz und Entwicklung. - In: Ö.B.O. (Hrsg.): Naturschutzforschung in Franken II. Materialien der Ökologischen Bildungsstätte Oberfranken. S. 47-50.
- ACHTZIGER, R., NIGMANN, U., RICHERT, E. & SCHOLZE, W. (1999): Ökologische Untersuchungen zur Erfolgskontrolle und naturschutzfachlichen Bewertung von Streuobstbeständen - Durchführungskonzept und erste Ergebnisse. Effizienzkontrollen im Naturschutz. Schriftenr. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 150, Beiträge zum Artenschutz 22: 227-243.
- ACKERMANN, W. & DURKA, W. (1998): SORT 4.0 - Programm zur Bearbeitung von Vegetationsaufnahmen und Artenlisten, Handbuch.
- ADV (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER UND DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND) (2003): ATKIS - Objektartenkatalog, Teil D0 [Version 3.2, 01.07.2003]. http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo2.start_d0?dst_oar=1000&inf_sprache=deu&1&d1=2&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=ADV (eingesehen: 19.5.2004).
- AMLER, K., BAHL, A., HENLE, K., KAULE, G., POSCHLOD, P. & SETTELE, J. (1999): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- ANDREASSIAN, V. (2004): Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. J. Hydrol. 291: 1-27.
- BASTIAN, O. & SCHREIBER, K.-F. (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- BAYLFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ) (1999): Effizienzkontrolle im Naturschutz. Schriftenr. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 150, Beiträge zum Artenschutz 22.
- BEFFA, C.J. (1994): Praktische Lösung der tiefengemittelten Flachwassergleichungen. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich 133.
- BEVEN, K.J. (1996): A discussion of distributed hydrological modeling. Water Science and Technology Library 22: 255-278.
- BEVEN, K.J. & KIRKBY, M.J. (1979): A physically based variable contributing area model of basin hydrology. Hydrological Sciences Bulletin 24: 43-69.
- BIANCHIN, S. (in Vorb.): Untersuchungen von Kleinstrukturen und deren Einfluss auf Hochwasser und Naturschutz unter Berücksichtigung agrarökonomischer Belange im Naturraum Erzgebirge. Dissertation, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- BKG (BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE) (2004): Beschreibung des Basis-DLMs. http://www.bkg.bund.de/GI/Produkte_nat/Vektor/Vektordaten_basis_dlm.htm (eingesehen am: 19.5.2004).
- BLAB, J., SCHRÖDER, E. & VÖLK, W. (Hrsg.) (1994): Effizienzkontrollen im Naturschutz. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 40.
- BORMANN, H., CONRAD, R., ONIGKEIT, J. & SEPPELT, R. (1996): Modellanwendung: Simulation des Gebiets-Wasserhaushalts für das Untersuchungsgebiet Nienwohlde sowie der Stickstoff- und Bestandesdynamik für das Untersuchungsgebiet Neuenkirchen. In: RICHTER, O., SÖNDEGERATH, D. & DIEKKRÜGER, B. (Hrsg.): Sonderforschungsbereich 179 „Wasser- und Stoffdynamik in Agrarökosystemen“ Abschlußbericht Band 1, Landschaftsökologie und Umweltforschung, 24: 268-277.
- BORNHOLDT, G., HAMM, S., KRESS, J.C., BRENNER, U. & MALTEN, A. (2000): Zoologische Untersuchungen zur Grünlandpflege in der Hohen Röhn. Schriftenreihe für Landschaftsökologie 39.
- BRAUN-BLANQUET (1964): Pflanzensoziologie. Springer, Wien.
- BREUER, L., HUISMAN, J.A., KELLER, T. & FREDE, H.-G. (2006): Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related soil properties: Analysis of a 60-year chronosequence. Geoderma. in Druck.

- BRIEMLE, G. & ELLENBERG, H. (1994): Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. *Natur und Landschaft* 69: 139-147.
- BRÖRING, U. & WIEGLEB, G. (1999): Leitbilder in Naturschutz und Landschaftspflege. In: KONOLD, W., BÖCKER, R. & HAMPICKE, U. (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Kap. V-1.2 1-18. ecomed, Landsberg.
- BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE:
http://www.atkis.de/metainfo/metainfo.meta_start_produk?prod_id=53&inf_sprache=deu (Stand 25.01.2007).
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (Hrsg.) (2005): *Bodenübersichtskarte Bundesrepublik Deutschland, Blatt Dresden Maßstab 1:200.000 (BÜK 200)*. Hannover.
- BVB (2006): *Bodenerosion durch Wasser. Bewertungsmethodik und Instrumente der deutschen Bundesländer*. Bundesverband Boden, BVB-Materialien Band 14. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin.
- CARLUER, N. & DE MARSILY, G. (2004): Assessment and modelling of the influence of man-made networks on the hydrology of a small watershed: implications for fast flow components, water quality and landscape management. *J. Hydrol.* 285: 76-95.
- CHIFFLARD, P. (2006): *Der Einfluss des Reliefs, der Hangsedimente und der Bodenvorfeuchte auf die Abflussbildung im Mittelgebirge*. Dis. Bochumer Geographische Arbeiten 79, Ruhr-Univ. Bochum.
- DANNOWSKI, M. (2004): Erfassung und Quantifizierung der Strukturen von Wurzelsystemverbänden heterogener Pflanzengesellschaften mittels Bild- und Fraktalanalyse. In: MERBACH, W., EGGLE, K. & AUGUSTIN, J. (Hrsg.): *Wurzelinduzierte Bodenvorgänge*. 14. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraums. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden.
- DEGGAU, M. (1992): Die Projekte STABIS und CORINE Land Cover. In: GRÜNREICH, D. & BUZIEK, G. (Hrsg.): *Gewinnung von Basisdaten für Geo-Informationssysteme*. Vorträge des 28. DVW-Seminars Hannover/Dresden. Schriftenreihe des DVW 4.
- DESMET, P.J.J. & GOVERS, G. (1996): A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *J. Soil Water Conservation* 51: 427-433.
- DIEPOLDER, M., SCHRÖBEL, R., BRANDHUBER, R., BAUCHHENß, J. & JACOB, B. (2005): Wie wirkt sich zunehmende mechanische Belastung im Grünland aus? Erste Versuchsergebnisse aus Bayern. *SuB Heft* 8-9.
- DIERSCHKE, H. (1994): *Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden*. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- DOBMAN, J. (2002): *Untersuchung der Abflussbildungsprozesse mittels Beregnungsversuchen im Baachli und Fulwasser, Spissibach, Leissigen – Eine Einschätzung zur Beurteilung von Reaktionsweisen von Wildbacheinzugsgebieten*. Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern. CD-Ausgabe.
- DOUSSAN, C., PAGES, L. & PIERRET, A. (2003): Soil exploration and resource acquisition by plant roots: an architectural and modelling point of view. *Agronomie* 23: 419-431.
- DURKA, W. & ACKERMANN, W. (1993): SORT 4.0 - Ein Computerprogramm zur Bearbeitung von floristischen und faunistischen Artentabellen. *Natur und Landschaft* 68: 16-21.
- DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU e.V) (1999): *Gewässerentwicklung: Begriffe, Ziele, Systematik*. Wirtschafts- und Verl.Ges. Gas und Wasser, Bonn.
- DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU e.V.) (1984): *Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten – Teil 2: Synthese*. DVWK, Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 113.
- DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST) (1997): *KOSTRA – Starkniederschlagshöhen für Deutschland*. Geschäftsfeld Hydrometeorologie, Offenbach.
- ECKHARDT, K., BREUER, L. & FREDE, H.-G. (2003): Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects. *J. Hydrol.* 273: 164-176.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULIßEN, D. (1992): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica* 18.
- ETZENBERG, C. (1998): *Zur Regionalisierung der Abflussbildung. Bestimmung flächenspezifischer Abflussbeiträge aus Gebietseigenschaften*. Dissertation, Internationales Hochschulinstitut Zittau.
- FÄH, R. (1997): *Numerische Simulation der Strömung in offenen Gerinnen mit beweglicher Sohle*. Mitt. d. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich 153.

- FARINA, A. (2000): Landscape ecology in action. Kluwer Verlag, Dordrecht.
- FRIESE, H. (schr. Mitteilung 2002): Gebietskennzahlen Weißeritz. Auszug aus dem Sächsischen Wasserlaufverzeichnis. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie/Ref. 33, Stand: 26.04.2002.
- GOLDBERG, V., FRÜHAUF, C., BERNHOFER, C., WIENHAUS, O., ZIMMERMANN, F. & SEELIG, U. (1998): Regional- und Lokalklima des Osterzgebirges. In: NEBE, W., ROLOFF, A. & VOGEL, M. (Hrsg.): Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt - Untersuchungen von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau. Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden, Tharandt. S. 28-38.
- GOLDSMITH, F.B. (Hrsg.) (1991): Monitoring for conservation and ecology. Chapman and Hall, London.
- GREEN, W.H. & AMPT, G.A. (1911): Studies on Soil Physics I: The flow of air and water through soils. *Journal of Agricultural Sciences* 4: 1-24.
- HAASE, G. & Mannsfeld, K. (Hrsg.) (2002): Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. *Forschungen zur deutschen Landeskunde* 250, Dt. Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, Flensburg: Textband, 1 CD.
- HACHMÖLLER, B. (2000): Vegetation, Schutz und Regeneration von Bergwiesen im Osterzgebirge. Eine Fallstudie zur Entwicklung und Dynamik montaner Grünlandgesellschaften. *Diss. Bot.* 336.
- HEGG, C. (2006): Waldwirkung auf Hochwasser. http://www.lwf.bayern.de/imperia/md/content/lwf-internet/wald_und_mensch/hochwasserschutz/5_hegg_hochwasser.pdf (letzte Einsicht 24.05.2006).
- HEGG, C., BADOUX, A., LÜSCHER, P. & WITZIG, J. (2004): Zur Schutzwirkung des Waldes gegen Hochwasser. *Forum für Wissen* 2004: 15-20.
- HENRY, J.-B., MALET, J.-P., MAQUAIRE, O. & GRUSSENMEYER, P. (2002): The use of small-format and low-altitude aerial photos for realization of high-resolution DEMs in mountainous areas: application to the Super-Sauze Earthflow (Alpes-de-haute-provence, France). *Earth Surface Processes and Landforms* 27: 1339-1350.
- HOFMANN, G. (1997): *Mitteleuropäische Wald- und Forst-Ökosysteme in Wort und Bild*. BLV Verlagsgesellschaft, München.
- HORN, S., KAUTZ, A., MERTA, M., SEIDLER, C. & WALTHER, J. (2006): Entwicklung einer Methodik zur Identifizierung von Hochwasserentstehungsgebieten. Unveröff. Kurzbericht an das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- HORSTKÖTTER, J. (2003): Untersuchungen zur Landschaftsstruktur des Regierungsbezirks Leipzig mit Methoden der Fernerkundung und Geoinformation. Diplomarbeit, Fachbereich Geowissenschaften, Westfälische Wilhelms-Universität.
- HUISMAN, J.A., BREUER, L. & FREDE, H.-G. (2004): Sensitivity of simulated hydrological fluxes towards changes in soil properties in response to landuse change. *Physics and Chemistry of the Earth* 29: 749-758.
- HUNDT, R. (1964): *Die Bergwiesen des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- HUNZIKER, S. (2002): Hydrologische Raumgliederung aufgrund vegetationsgeografischer und bodenkundlicher Befunde in den Teileinzugsgebieten Baachli und Fulwasser, Spissbach, Leisingen. Eine Einschätzung der Reaktionsweisen von Wildbacheinzugsgebieten. Diplomarbeit der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- IHRINGER, J. & KRON, W. (1993): Softwarepaket für Hydrologie und Wasserwirtschaft. Anwenderhandbuch, Bd. 1: Hochwasseranalyse. Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe.
- IHW (2000): Die Beurteilung von Einzugsgebieten und ihren Teilflächen nach der Abflussbereitschaft unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Nutzung – aufgezeigt auf drei Einzugsgebieten in Rheinland-Pfalz, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft ETH Zürich, Bericht Nr. B003.
- ILLERT, A. (2001): ATKIS aus Anwendersicht: Stand und Entwicklung. In: ARL (AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG) (Hrsg.) (2001): *GIS in der Regionalplanung*. Arbeitsmaterial 284: 12-18.

- JOHNSON-MAYNARD, J.L., GRAHAM, R.C., WU, L. & SHOUSE, P.J. (2002): Modification of soil structural and hydraulic properties after 50 years of imposed chaparral and pine vegetation. *Geoderma* 110: 227-240.
- JORDAN, H. & WEDER, H.-J. (Hrsg.) (1995): Hydrogeologie. Grundlagen und Methoden. Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. 2. Aufl., Enke, Stuttgart.
- KASSER, M. & EGELS, Y. (2002): Digital Photogrammetry. Taylor & Francis, London.
- KERN, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung. Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- KIEPE, P. (1995): Effect of *Cassia siamea* hedgerow barriers on soil physical properties. *Geoderma* 66: 113-120.
- KLEIJN, D., BERENDSE, F., SMIT, R., GILISSEN, N., SMIT, J., BRAK, B. & GROENEVELD, R. (2004): Ecological effectiveness of agri-environment schemes in different agricultural landscapes in the Netherlands. *Conservation Biology* 18: 775-786.
- KIRNBAUER, R., TILCH, N., MARKART, G., ZILLGENS, B., KOHLBECK, F., LEROCH, K., SEIDLER, C., HAAS, P., UHLENBROOK, S., DIDSZUN, J., LEIBUNDGUT, C., MERZ, B., CHWATAL, W. & FÜRST, J. (2004): Runoff generation in the Northern Greywack zone of the Alps. Field studies and mathematical modelling. Proceedings of the conference: Protection of human habitats against floods, debris flows, snow avalanches and slope movements. INTRAPRAEVENT 24.-28.5.04, Trient.
- KNOSPE, F. (2001): Handbuch zur argumentativen Bewertung – Methodischer Leitfaden für Planungsbeiträge zum Naturschutz und zur Landschaftsplanung. 2. Aufl., Dortmundener Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- KOENZEN, U., WERMTER, P. & HERDA, J. (2005) Die Entwicklung von Leitbildern für Flussauen – ein Beitrag zur ökologischen Zustandsbewertung von Auen. *NNA Ber.* 18: 123-127.
- KRAUS, K. (1997): Photogrammetrie. Bd. 1: Grundlagen und Standardverfahren. 6. Aufl., Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- KRIEGBAUM, H. (1995): Erfolgskontrollen von Naturschutzmaßnahmen in Bayern aufgezeigt am Beispiel einiger Insektengruppen (Orthoptera, Lepidoptera [Rhopalocera], Homoptera [Auchenorrhyncha]). - *Verh. Westd. Entom. Tag*: 227-247.
- KURZ, I., O'REILLY, C.D. & TUNNEY, H. (2006): Impact of cattle on soil physical properties and nutrient concentrations in overland flow from pasture in Ireland. *Agric. Ecosys. Environ.* 113: 378-390.
- KUTSCHERA, L. & LICHTENEGGER, E. (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünpflanzen, Band I: Monocotyledoneae, Band II: Dicotyledoneae. Fischer Verlag, Stuttgart.
- KUTSCHERA, L. & LICHTENEGGER, E. (2002): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart.
- LAF (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN) (1996): Waldbiotopkartierung in Sachsen – Kartieranleitung Stand: September 1996. Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Forsten Dresden.
- LANGE, G. & LECHNER, K. (1993): Gewässerregulierung, Gewässerpflege. 3. Aufl., Verlag Paul Parey.
- LANE, P.N.J., BEST, A.E., HICKEL, K. & ZHANG, L. (2005): The response of flow duration curves to afforestation. *J. Hydrol.* 310: 253-265.
- LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2000): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer – Empfehlung. 1. Aufl., Kulturbuch-Verlag, Berlin.
- LFL (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2006): Hochwasserschutz durch konservierende Bodenbearbeitung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 16.
- LFU (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (1997): Arten, Biotope, Landschaften – Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben, Bewerten. 2. Aufl. Karlsruhe.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (1998): Biotopkartierung in Sachsen. Freistaat Sachsen, Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (1999a): Rote Liste Farn- und Samenpflanzen. Freistaat Sachsen, Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (1999b): Rote Liste Biotoptypen. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsische Druck- und Verlagshaus AG, Dresden.

- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (2000): Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung, Freistaat Sachsen. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (2001): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Sachsens. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege, Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (2002): Materialien zur Wasserwirtschaft. Hydrologisches Handbuch. Landesamt für Umwelt und Geologie, Sächsische Druck- und Verlagshaus AG, Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT GEOLOGIE) (2004a): Ereignisanalyse. Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. Saxoprint Dresden.
- LFUG (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE) (2004b): Biotoptypenliste für Sachsen. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Freistaat Sachsen Dresden.
- LUA NRW (LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN) (Hrsg.) (1999a): Leitbilder für kleine bis mittelgroße Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen. Gewässerlandschaften und Fließgewässertypen. LUA-Merklätter 17. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- LUA NRW (LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN) (Hrsg.) (1999b): Referenzgewässer der Fließgewässertypen Nordrhein-Westfalens, Teil 1: Kleine bis mittelgroße Fließgewässer. LUA-Merkblätter 16. WAZ-Druck, Duisburg.
- LUA NRW (LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN) (Hrsg.) (2001): Vegetationskundliche Leitbilder und Referenzgewässer für die Ufer- und Auenvegetation der Fließgewässer von Nordrhein-Westfalen. LUA-Merblätter 32, Albersdruck, Düsseldorf.
- LÜSCHER, P. & ZÜRCHER, K. (2002): Wald schützt nicht immer vor Hochwasser. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Inf.bl. Forsch.bereich Wald 9.
- LÜSCHER, P. & ZÜRCHER, K. (2003): Hochwasserschutz im Wald. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Bericht Nr. 40.
- LÜTKE-ENTRUP, N.L. & SCHNEIDER, M. (2003): Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Systeme der Bodennutzung durch Fruchtfolgegestaltung und konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat. In: UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung - Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung. Texte 35/04: 7-35.
- MAGURRAN, A.E. (2004): Measuring biological diversity. Blackwell Publications, Oxford.
- MANNSFELD, K. & RICHTER, H. (Hrsg.) (1995): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde 238. Zentralausschuss für deutsche Landeskunde, Trier.
- MARKART, G., KOHL, B., SOTIER, B., SCHAUER, T., BUNZA, G. & STERN, R. (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). BFW-Dokumentation, Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrum für Wald, Nr. 3/2004, Wien.
- MARTI, F. & STUTZ, H.-P.B. (1993): Zur Erfolgskontrolle im Naturschutz. Literaturgrundlagen und Vorschläge für ein Rahmenkonzept. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft 336.
- MCGARIGAL, K. & HOLMES, C. (2000): FRAGSTATS-Spatial pattern analysis program for categorical maps. Version 3.3. Corvallis.
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B.J. (1995): FRAGSTATS-Spatial pattern analysis programm für quantifying landscape structure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.
- MCCOY, E.D. & MUSHINSKY, H.R. (2002): Measuring the success of wildlife community restoration. Ecological Applications 12: 1861-1871.
- MERTA, M., SEIDLER, C., HELLIE, F., UHLENBROOK, S., TILCH, N., ZILLGENS, B. & KIRNBAUER, R. (2003): Das Wissensbasierte System FLAB als Instrument zur prozessbezogenen Raumgliederung von mesoskaligen Einzugsgebieten. In: KLEEGERG (Hrsg.): Klima-Wasser-Flussgebietsmanagement – im Lichte der Flut. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 20./21. März 2003 in Freiburg. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 1: 171-178.
- METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR (1987): Klimadaten der DDR - Ein Handbuch für die Praxis. Reihe B, Bd. 14: Klimatologische Normalwerte 1951-1980. Potsdam

- MITASOVA, H. & MITAS, L. (2001): Multiscale soil erosion simulations for land use management, In: HARMON, R.S. & DOE, W.W. (Hrsg.): Landscape erosion and landscape evolution modeling. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: 321-347.
- MITASOVA, H. & MITAS, L. (2002): Modeling Physical Systems, In: CLARKE, K.C., PARKS, B. & CRANE, M. (Hrsg.): Geographic Information Systems and Environmental Modeling. Prentice Hall: 189-210.
- MITASOVA, H., HOFIERKA, J., ZLOCHA, M., & IVERSON, L.R. (1996): Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. J. of Geogr. Inf. Sci.* 10: 629-641.
- MITURSKI, D. (2006): Der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Abflussprozesse im Einzugsgebiet der Weißeritz im Osterzgebirge. Diplomarbeit, Internationales Hochschulinstitut Zittau.
- MOLLENHAUER, K. & ORTMEIER, B. (1992): Zum Einfluss der konservierenden Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion. In: SOMMER, C. & BRUNOTTE, J. (Hrsg.): 4. Zwischenbericht zum FuE-Vorhaben Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis: 94-101.
- MOORE, I.D. & BURCH, G.J. (1986): Modeling erosion and deposition: Topographic effects. *Transactions ASAE* 29: 1624-1640.
- MOORE, I.D. & WILSON, J.P. (1992): Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation* 47: 423-428.
- MOUSSA, R., VOLTZ, M & ANDREUX, P. (2002): Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment. *Hydrol. Process.* 16: 393-412.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. 3. Aufl. Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
- MÜLLER, F. (1998): Struktur und Dynamik von Flora und Vegetation (Gehölz-, Saum-, Moos-, Flechtengesellschaften) auf Lesesteinwällen (Steinrücken) im Erzgebirge. Diss. Bot 295.
- NEEF, E. (1966): Das Osterzgebirge (Geographischer Überblick). In: AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR (1966): Werte der deutschen Heimat, Bd. 14: Östliches Erzgebirge, 123-130, Akademie-Verlag Berlin.
- NEITSCH, S.L. ARNOLD, J.G., KINIRY, J.R. & WILLIAMS, J.R. (2005): Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation, Version 2005, Grassland, Soil and Water Research Laboratory Agricultural Research Service, Texas.
- NETELER, M. (2000): GRASS-Handbuch. Der praktische Leitfaden zum Geographischen Informationssystem GRASS. Geosynthesis 11, Geographisches Institut der Universität Hannover.
- NETELER, M. & MITASOVA, H. (2004): OPEN SOURCE GIS: A GRASS GIS Approach. 2nded. Springer Science+Business Media, Inc.
- NICKEL, H. & ACHTZIGER, R. (2005): Do they ever come back? Responses of leafhopper communities to extensification of land use. *Journal of Insect Conservation* 9: 319-333.
- NIEHOFF, D. (2001): Modellierung des Einflusses der Landnutzung auf die Hochwasserentstehung in der Mesoskala. Dissertation, Mathem.-Naturw. Fakultät der Universität Potsdam.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV Wälder und Gebüsch. Textband. 2. Aufl., Gustav Fischer, Jena, Stuttgart.
- PATT, H., JÜRGING, P. & KRAUS, W. (2004): Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- PESCHKE, G., SEIDLER, C., DITTRICH, A., NIEDEL, D. & FJODOROWA, T. (2001): Menge, Dynamik und Qualität des Sickerwassers im Zittauer Becken. *IHI-Schriften* 15.
- 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.
- PLACHTER, H., BERNOTAT, D., MÜSSNER, R. & RIECKEN, U. (2002): Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. *Schriftenr. f. Landschaftspflege und Naturschutz* 70.
- PÖHLER, H. (2006): Anpassung von WaSiM-ETH und die Erstellung und Berechnung von Landnutzungs- und Klimaszenarien für die Niederschlag-Abfluss-Modellierung am Beispiel des Osterzgebirges. Dissertation. AG Hydrologie, TU Bergakademie Freiberg.
- POLOMSKI, J. & KUHN, N. (1998): Wurzelsysteme. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL/FNP), Birmensdorf, Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien.

- POTTGIESSER, T. & SOMMERHÄUSER, M. (2004): Die Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. <http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727/?lang=de/> (Stand 6.08.2007).
- RACHMAN, A., ANDERSON, S.H., GANTZER, C.J. & THOMPSON, A.L. (2004): Influence of Stiff-Stemmed Grass Hedge Systems on Infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 2000-2006.
- RAWLS, W.J. & BRAKENSIEK, D.L. (1989): Estimation of Soil Water Retention and Hydraulic Properties Unsaturated Flow in Hydrologic Modeling: Theory and Practice. Kluwer Academic Publishers Boston.
- RECK, H., MÖRSDORF, S., TRAUTNER, J., KAULE, G., CASPARI, S., HERMANN, G., SCHWENNINGER, H.R. & WOLF-SCHWENNINGER, K. (1999): Die Entwicklung neuer Lebensräume auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Ergebnisse eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens des Bundesamtes für Naturschutz. *Angewandte Landschaftsökologie* 21.
- REGIONALER PLANUNGSVERBAND OBERES ELBTAL/OSTERZGEBIRGE (Hrsg.) (2001): Regionalplan Oberes Elbtal/Osterzgebirge.
- REIF, A. (1983): Nordbayerische Heckengesellschaften. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* 41: 3-204.
- RIECKEN, U. (1994): Fachliche Anforderungen an Effizienzkontrollen im tierökologischen Bereich. *Schriftenr. f. Landschaftspflege und Naturschutz* 40: 51-68.
- RODRIGUEZ, O.S. (1997): Hedgerows and mulch as soil conservation measures evaluated under field simulated rainfall. *Soil Technol.* 11: 79-93.
- ROSSMANN (2005): Storm Water Management Model - User's Manual Version 5.0. EPA, United States Environmental Protection Agency, EPA/600/R-05/040.
- ROTH, L. (Hrsg.) (2001): Grenzwerte. Kennzahlen zur Umweltbelastung in Deutschland und in der EG. Tabellenwerk. 14. Erg.-Lieferung. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. *ecomod.*
- SCHÄDEL, W. (2003): Bodenfeuchtemessung und Bodenfeuchtereionalisierung zur Verbesserung der Hochwasserwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten. *Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis, Karlsruhe* 3.-4.07.2003
- SCHERZINGER, W. (1996): *Naturschutz im Wald.* Ulmer, Stuttgart.
- SCHLÜTER, U. (1992): Renaturierung von Fließgewässern. *Nat.schutz Landsch.plan* 24: 230-237.
- SCHMIDT, P.A. (1997): Naturnahe Waldbewirtschaftung: Ein gemeinsames Anliegen von Naturschutz und Forstwirtschaft? *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 75-83.
- SCHMIDT, P.A. (1998): Potentielle natürliche Vegetation als Entwicklungsziel naturnaher Waldwirtschaft? *Forstw. Cbl.* 117: 193-205.
- SCHMIDT, P.A., GEROLD, D., HILPERT, S. & WILHELM, E.-G. (2007): Erläuterungen zu den Waldentwicklungstypen im Projekt Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirge (Hauptphase) Entwurf Stand Januar 2007, TU Dresden – Tharandt (Mskr.).
- SCHMIDT, P.A., HEMPEL, W., DENNER, M., DÖRING, N., GNÜCHTEL, A., WALTER, B. & WENDEL, D. (2002): Potentielle Natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1 : 200000. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Dresden.
- SCHMIDT, P.A. & WILHELM, E.-G unter Mitwirkung von DENNER, M., DÖRING, N., GLASER, T., LIEBIG, L., OPFERMANN, M., WALCZAK, C., WENDEL, D. & ZIEVERINK, M. (2003): Erarbeitung eines wissenschaftlich begründeten Konzeptes unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Aspekte für die naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder eines privaten Naturschutzverbandes in den Durchbruchstälern des Osterzgebirges (Vorphase). Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben an den Landesverein Sächsischer Heimatschutz, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und den Freistaat Sachsen.
- SCHMIDT, W. (2003): Bodenschonende Bearbeitung. LfL-Broschüre, SMUL Sachsen.
- SCHOBEL, S., ALTMEIER, J., SCHNEIDER, R. & SCHRÖDER, D. (2001): Infiltrations- und Bodenabflussprozesse bei unterschiedlicher Landnutzung und verschiedenen Substraten. *Mitteilungen der Bodenkundlichen Gesellschaft* 96: 119-120.
- SCHUBERT, R., HILBIG, W. & KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena.

- SCHUCKNECHT, A. (2005): Zusammenstellung von Förderprogrammen zur Umsetzung von Maßnahmen des Projektes HochNatur. Praktikumsarbeit beim Landschaftspflegeverband Osterzgebirge und Vorland e.V., Dippoldiswalde.
- SCHULLA, J. (1997a): Wasserhaushalts-Simulations-Modell WaSiM-ETH - Anwenderhandbuch. ETH Zürich.
- SCHULLA, J. (1997b): Hydrogeologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folge von Klimaänderungen. Züricher Geographische Schriften 69.
- SCHULLA, J. & JASPER, K. (1998): Modellbeschreibung WaSiM-ETH. ETH Zürich.
- SCOTT SLOCOMBE, D. (1992): Environmental monitoring for protected areas: Review and prospect. Environ. Monit. Assess. 21: 49-78.
- SEIDLER, C. & MERTA, M. (2005): Prozess- und skalenbezogene Erfassung und Modellierung der Bildung schneller Abflusskomponenten. Abschlussbericht zum DFG-Bündelprojekt „Abflussbildung und Einzugsgebietsmodellierung“. Internationales Hochschulinstitut Zittau.
- SLOBODA, B. & LEUSCHNER, C. (2002): Numerische Simulation des hydraulischen Systems Baum-Boden bei der Traubeneiche (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), Abschlussbericht zum Forschungsprojekt, Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Forstliche Biometrie und Informatik, Göttingen.
- STICKROTH, H., SCHMITT, G., ACHTZIGER, R., NIGMANN, U., RICHERT, E. & HEILMEIER, H. (2003): Konzept für ein naturschutzorientiertes Tierartenbestandsmonitoring am Beispiel der Vogelfauna. Angew. Landschaftsökologie 50.
- SVEISTRUPA, T.E., HARALDSEN, T.K., LANGOHR, R., MARCELINO, V. & KVÆRNER, J. (2005): Impact of land use and seasonal freezing on morphological and physical properties of silty Norwegian soils. Soil & Tillage Research 81: 39-56.
- SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C. & SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000. Schriftenr. f. Landschaftspf. u. Naturschutz 53.
- TU DRESDEN (2006): Klimadaten der Station Tharandt. Schriftliche Mitteilung von U. Eichelmann am 11.01.06, siehe auch http://web-redaktion.tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifhm/meteorologie/forschung/stationen/station_thakli.
- TURNER, M., GARDNER, R.H., & O'NEILL, R.V. (2001): Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern and Process. Springer Verlag, New York.
- UCHIDA, T., KOSUGI, K. & MIZUYAMA, T. (2001): Effects of pipeflow on hydrological process and its relation to landslide: a review of pipeflow studies in forested headwater catchments. Hydrol. Process. 15: 2151-2174.
- UCHIDA, T., TROMP, I., MEERVELD, V. & MC DONELL, J. (2005): The role of lateral pipe flow in hillslope runoff response: an intercomparison of non-linear hillslope response. J. Hydrol. 311: 117-133.
- UHELMANN, S. (2005): Auswirkung unterschiedlicher Landnutzungsdaten auf die regionale Wasserhaushaltsmodellierung. Diplomarbeit. AG Geochemie/Geoökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- UHLENBROOK, S. (1999): Untersuchung und Modellierung der Abflussbildung in einem mesoskaligen Einzugsgebiet. Diss. Freiburger Schr. Hydrol. 10.
- UHLENBROOK, S., SEIBERT, J., LEIBUNDGUT, C. & ROHDE, A. (1999): Prediction uncertainty of conceptual rainfall-runoff models caused by problems to identify model parameters and structure. Hydrological Sciences Journal 44: 279-299.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) (2005): SWMM. STORM WATER MANAGEMENT MODEL – User's Manual Version 5.0. EPA/600/R-05/040.
- USHER, M.B. & ERZ, W. (1994): Erfassen und Bewerten im Naturschutz - Probleme - Methoden - Beispiele. Quelle & Meyer, Heidelberg Wiesbaden.
- VIAUD, V., DURAND, P., MEROT, P., SAUBOUA, E. & SAADI, Z. (2005): Modelling the impact of the spatial structure of a hedge network on the hydrology of a small catchment in a temperate climate. Agric. Water Man. 74: 135-163.
- WAGENER, T., WHEATER, H.S. & GUPTA, H.V. (2004): Rainfall-Runoff Modelling in gauged and ungauged Catchments. Imperial College Press, London.
- WALDENMEYER, G. (2003): Abflussbildung und Regionalisierung in einem forstlich genutzten Einzugsgebiet (Dyrreychtal, Nordschwarzwald). Diss. Karlsr. Schr. Geogr. Geoök. 20.

- WEIGERT, A. & SEIDEL, N. (2005): Vergleichende Modellierung des Abflussverhaltens und des erosiven Stoffaustrags für die Einzugsgebiete der Roten und Wilden Weißeritz. In: MATSCHULLAT, J. (Hrsg.): Workshop Interdisziplinäres BMBF-Verbundprojekt EMTAL. Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ) der TU Bergakademie Freiberg: 113-123.
- WEIß, A. (2004a): Gewässerstrukturgütekartierung Weißbach. unveröff. Bericht Projekt HochNatur, TU Bergakademie Freiberg.
- WEIß, A. (2004b): Ist-Zustandsanalyse im Hinblick auf den ökologischen Gewässerzustand am Beispiel der hydromorphologischen Qualitätskomponenten. In: MÖLTGEN, J. & PETRY, D. (Hrsg.): Interdisziplinäre Methoden des Flussgebietsmanagements. Workshopbeiträge 15./16. März 2004. Schriftenreihe des Instituts für Geoinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster. IfGI prints 21: 151-160.
- WEIß, A. (2006): Integrierte Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern in Mittelgebirgsregionen - Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Flusseinzugsgebieten des Erzgebirges, Dissertation, Fakultät Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, TU Bergakademie Freiberg.
- WIEGLEB, G. (1989): Theoretische und praktische Überlegungen zur ökologischen Bewertung von Landschaftsteilen, diskutiert am Beispiel der Fließgewässer. *Landschaft und Stadt* 21: 15-20.
- WILMANN, O. & BOGENRIEDER, A. (1987): Zur Nachweisbarkeit von Vegetationsveränderungen. *Verhandl. der GfÖ* 16: 35-44.
- WISCHMEIER, W.H. (1976): Use and misuse of the universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 31: 5-9.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Ulmer, Stuttgart.
- WOLF, G. (1979): Veränderungen der Vegetation und Abbau der organischen Substanz in aufgegebenen Wiesen des Westerwaldes. *Schr. Reihe Vegetationskunde* 13.
- ZIMMERMANN, S. (1999): Regionalisierung in der Hydrologie. Dissertation, Internationales Hochschulinstitut Zittau.
- ZIMMERMANN, B., ELSENBEEER, H. & DE MORAES, J.M. (2006): The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. *For. Ecol. Manage.* 222: 29- 38.

12.2 Studentische Qualifizierungsarbeiten

- ARNHOLD, S. (2006): Entwicklung von Methoden zur Mikrostrukturerfassung in Hecken des östlichen Erzgebirges. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- BIANCHIN, S. (in Vorb.): Untersuchungen von Kleinstrukturen und deren Einfluss auf Hochwasser und Naturschutz unter Berücksichtigung agrarökonomischer Belange im Naturraum Erzgebirge. Dissertation, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- BRANKATSCHK, R. (2006): Struktur und Artenzusammensetzung von Hecken des östlichen Erzgebirges. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- BUCHHOLZ, A. (2005): Untersuchungen zum Säurehaushalt der Streuschicht von Fichtenforsten im Erzgebirge. Diplomarbeit, Internationales Hochschulinstitut Zittau.
- DZIANISAVA, N. (2006): Renaturierungskonzept für einen Mittelgebirgsbach aus Sicht des Naturschutzes und des Hochwasserschutzes am Beispiel des Höckenbaches/Erzgebirge. Diplomarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- EBENBECK, L. (2006): Pflanzengesellschaften des Grünlandes im Einzugsgebiet des Höckenbaches und ihre Bedeutung für den Naturschutz. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- FOLTYN, M. (2007): Landschaftsökologische Analyse des Einzugsgebietes des Höckenbaches (Erzgebirge) auf Grundlage einer Biotoptypenkartierung. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- GROSCH, J. (2006): Geschichte der Landnutzung an ausgewählten Teileinzugsgebieten der Wilden Weißeritz in den letzten Jahrhunderten. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.

- HÖHLIG, S. (2005): Untersuchung der Abhängigkeit der Landnutzung von verschiedenen Standortparametern im Osterzgebirge mittels Fernerkundung und Statistik. Diplomarbeit, AG Biologie/Ökologie und AG Fernerkundung, TU Bergakademie Freiberg.
- ILLING, S. (2005): Vegetation der Wald- und Heckengesellschaften im Einzugsgebiet des Weißbachs (Erzgebirge). Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- JENTZSCH, H. (2005) Vegetation der Offenlandgesellschaften – Artenzusammensetzung, Struktur und Bedeutung für den Oberflächenabfluss. Diplomarbeit, AG Biologie/Ökologie der TU Freiberg.
- LANGE, M. (2007) Untersuchung der Korridorwirkung der Hecken im Osterzgebirge. Entwicklung und Erprobung von Methoden zur Vernetzungsanalyse. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- NOUBACTEP, C. (2006): Identifikation naturräumlicher Parameter für das Vorkommen von Bergwiesen und Voraussage potentieller Standorte im Einzugsgebiet der Weißeritz. Diplomarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- PALMER, M. (2005): Analyse der Tagfaltergemeinschaften auf ausgewählten Offenlandbiotoptypen des Weißbachtals (Osterzgebirge). Diplomarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- SCHWENDEL, A. (2004): Beziehung zwischen Durchflussschwankungen, Bodenfeuchte und Verdunstung im Einzugsgebiet des Weißbachs (Osterzgebirge). Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- SCHWENDEL, A. (2006): Fließgewässer und Aue - Kartierung und Bewertung hydromorphologischer und ökologischer Komponenten am Beispiel der Weißeritz (Osterzgebirge, Sachsen). Diplomarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg.
- STANASZEK, A. (2005): Veränderung der Bodeneigenschaften durch Wurzelsysteme. Diplomarbeit, Internationales Hochschulinstitut Zittau.

12.3 Veröffentlichungen

- BIANCHIN, S., RICHERT, E. & HEILMEIER, H. (2005): A multifunctional approach to flood and nature protection in the Weisseritz catchment (Eastern Erzgebirge). Abstract zur Präsentation auf der International Conference Multifunctionality of Landscapes Analysis, Evaluation and Decision Support, Tagungsband, Giessen 2005.
- BIANCHIN, S., RICHERT, E., HEILMEIER, H., SEIDLER, C., MERTA, M. & HAMMER, G. (2005): A multifunctional approach to flood and nature protection in the Weisseritz catchment (Eastern Erzgebirge). Abstract zur Präsentation auf der 35th Annual Conference of the Ecological Society of Germany, Switzerland and Austria (GfÖ), Tagungsband, Regensburg 2005.
- MERTA, M., SEIDLER, C. & HAMMER, G. (2005a): Tagungsband - EMTAL Workshop - Interdisziplinäres BMBF-Verbundprojekt. Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis. Ein Expertensystem als Entscheidungshilfe für das Flächenmanagement in Einzugsgebieten.
- MERTA, M., SEIDLER, C. & HAMMER, G. (2005b): A knowledge based system as decision support for landscape management in catchments. Abstract zur Präsentation auf der International Conference Multifunctionality of Landscapes Analysis, Evaluation and Decision Support, Tagungsband, Giessen 2005.
- MERTA, M., SEIDLER, C. & BIANCHIN, S. (2006): A knowledge based system as decision support for landscape management in catchments. International Conference BIOHYDROLOGY 2006. Impact of biological factors on soil hydrology, Prag, Tschechische Republik, 20.-22.09.2006, Conference transcript.
- MERTA, M. & SEIDLER, C. (2006): Ein Expertensystem als Entscheidungshilfe für das Flächenmanagement in Einzugsgebieten. Tagungsband zum SYNAP-Symposium (im Druck).
- MERTA, M., SEIDLER, C., BIANCHIN, S. & RICHERT, E. (2006): Analysis of land use change in the Eastern Ore Mountains Regarding both nature protection and flood prevention. In: DKW-Series (2007) 'Progress in Hydro Sciences and Engineering', Dresden Water Center. TU Dresden (im Druck).
- MERTA, M., HAMMER, G., SEIDLER, C., RICHERT, E. & BIANCHIN, S. (2007, angenommen): Analyse von Landnutzungsänderungen unter hochwasser- und naturschutzfachlichen Aspekten im Einzugsgebiet der Weißeritz (Osterzgebirge). Abstract zum Tag der Hydrologie 2007 - Einfluss

von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern. 22-23.03.2007, Rostock.

- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007a): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis - Interdisziplinäre Bewertung von Landnutzungsszenarien. Abstract zum Posterbeitrag Tag der Hydrologie 2007 - Einfluss von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern. 22-23.03.2007, Rostock.
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007b): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis - Interdisziplinäre Bewertung von Landnutzungsszenarien. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. (eingereicht).
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007c): Flood prevention and nature conservation in the Weisseritz area. Interdisciplinary evaluation of land use scenarios. International scientific conference bioclimatology and natural hazards, Zvolen, Slovakia, Publikation zum Posterbeitrag, CD, (angenommen).

12.4 Vorträge auf Tagungen/Workshops und bei Akteurstreffen (Auswahl)

- BIANCHIN, S. (2005): Landschaftsökologische Analysen und Bewertungen, 2. Statusseminar „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“. 13./14.10.2005, Bad Gottleuba.
- BIANCHIN, S., RICHERT, E. & HEILMEIER, H. (2005): A multifunctional approach to flood and nature protection in the Weisseritz catchment (Eastern Erzgebirge). International Conference Multifunctionality of Landscapes Analysis, Evaluation and Decision Support, Giessen.
- BIANCHIN, S., RICHERT, E. & HEILMEIER, H. (2007): Landschaftsstrukturmaße zur naturschutzfachlichen Bewertung von Szenarien zum Hochwasser- und Naturschutz. IALE Workshop „Landschaftsstrukturmaße und deren Bedeutung für multitemporale Analysen von Landschaftsfunktionen“, Hamburg.
- HAMMER, S. (2005): Niederschlagsabfluss- und Erosionsmodellierung im Einzugsgebiet Weißbach und Höckenbach. 2. Statusseminar „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“. 13./14.10.2005, Bad Gottleuba.
- MERTA, M. (2005a): Hydrologische Messungen und Modellierung im EZG Weißeritz. 2. Statusseminar „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“. 13./14.10.2005, Bad Gottleuba.
- MERTA, M. (2005b): Hydrologische Messungen und Modellierung im EZG Weißbach. Präsentation der Projektergebnisse „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“. 23.03.2005, Ruppendorf.
- MERTA, M. (2005c): Das Wissensbasierte System FLAB als Instrument zur prozessbezogenen Raumgliederung von Einzugsgebieten - Überblick. Benutzeroberfläche des WBS FLAB. Anwendung des Wissensbasierten Systems FLAB in mikro-, meso- und makroskaligen Einzugsgebieten. WBS FLAB – Workshop. 17.-18.08.2005, IHI Zittau.
- MERTA, M. & SEIDLER, C. (2005): Hydrologische Messungen und Modellierung im EZG Weißbach. Akteurentreffen im Projekt „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“. 28.01.2005, Hermsdorf.
- MERTA, M. & SEIDLER, C. (2006a): Entwicklung und Bewertung von Landnutzungsszenarien für Teileinzugsgebiete der Weißeritz (Weißbach und Höckenbach). Präsentation der Projektergebnisse „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“. 10.03.2006, Langebrück.
- MERTA, M. & SEIDLER, C. (2006b): Analyse und Modellierung der Niederschlags–Abfluss–Prozesse. Bewährte Techniken und neue Ansätze. Ein Expertensystem als Entscheidungshilfe für das Flächenmanagement in Einzugsgebieten. Symposium aus Anlass des 80. Geburtstages von Herrn Prof. Dr.- Ing. habil. Siegfried Dyck und des 40-jährigen Bestehens der Dresdner Schule der Hydrologie. 05.-06.10.2006, TU Dresden.
- MERTA, M. & SEIDLER, C. (2006c): Ein Expertensystem als Entscheidungshilfe für das Flächenmanagement in Einzugsgebieten. TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Kolloquium. 31.01.2006, TU Dresden.

- MERTA, M., SEIDLER, C. & HAMMER, G. (2005a): A knowledge based system as decision support for landscape management in catchments. International Conference Multifunctionality of Landscapes Analysis, Evaluation and Decision Support, 18./19.05.2005, Giessen.
- MERTA, M., SEIDLER, C. & HAMMER, G. (2005b): Hochwasser und Naturschutz im Weißeritzkreis - Ein Expertensystem als Entscheidungshilfe für das Flächenmanagement in Einzugsgebieten. Vortrag Workshop EMTAL – Einzugsgebietsmanagement von Talsperren in Mittelgebirgen, 6./7. Oktober 2005. Freiberg.
- MERTA, M., SEIDLER, C. & BIANCHIN, S. (2006): A knowledge based system as decision support for landscape management in catchments. Biohydrology – Symposium: Impact of Biological Factors on Soil Hydrology. Prag.
- MERTA, M., SEIDLER, C., BIANCHIN, S. & RICHERT, E. (2006): Analysis of land use change in the Eastern Ore Mountains Regarding both nature protection and flood prevention. Sino-German-Symposium. The Role of Forests and Forest Management in the Water Cycle, TU Dresden.
- MERTA, M., HAMMER, G., SEIDLER, C., RICHERT, E. & BIANCHIN, S. (2007): Analyse von Landnutzungsänderungen unter hochwasser- und naturschutzfachlichen Aspekten im Einzugsgebiet der Weißeritz (Osterzgebirge). Tag der Hydrologie 2007 - Einfluss von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern. 22-23.03.2007, Rostock.
- PÖHLER, H., RICHERT, E., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2006): Möglichkeiten und Grenzen des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Landwirtschaftliche Fachtagung der Initiative Weißeritz-Regio. 08.11.2006, Ruppendorf.
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007a): Möglichkeiten und Grenzen des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Grünen Liga e.V. 22.02.2007, Dippoldiswalde.
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007b): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis. Zuarbeit eines Vortrages mit Erläuterungen an die DBU, Osnabrück.
- SEIDLER, C. & MERTA, M. (2006): Naturraumfaktoren und Hochwasserentstehung im Osterzgebirge. Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum, TU Bergakademie Freiberg.

12.5 Posterbeiträge auf Tagungen/Workshops

- BIANCHIN, S., RICHERT, E. & HEILMEIER, H. (2007): Landscape metrics as a tool for conservation assessment of scenarios for flood and nature protection. 37. Jahrestagung Gesellschaft für Ökologie (GfÖ). 10-14.09.2007, Marburg, (angenommen).
- BIANCHIN, S., RICHERT, E. & HEILMEIER, H. (2005): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis - Ableitung von Maßnahmen. Workshop EMTAL – Einzugsgebietsmanagement von Talsperren in Mittelgebirgen. Oktober 2005, Freiberg.
- BIANCHIN, S., RICHERT, E., HEILMEIER, H., SEIDLER, C., MERTA, M. & HAMMER, G. (2005): A multifunctional approach to flood and nature protection in the Weisseritz catchment (Eastern Erzgebirge). 35. Jahrestagung Gesellschaft für Ökologie (GfÖ). September 2005, Regensburg.
- GROSCH, J., BIANCHIN, S. & RICHERT, E. (2005): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis - Historische Entwicklung der Landnutzung. Workshop EMTAL – Einzugsgebietsmanagement von Talsperren in Mittelgebirgen. Oktober 2005, Freiberg.
- MERTA M., SEIDLER, C. & HAMMER, G. (2005): A knowledge based system as decision support for landscape management in catchments. Conference of Multifunctionality of Landscapes - Analysis, Evaluation, and Decision Support. 18.-19.05.2005, Giessen.
- MERTA, M., SEIDLER, C. & BIANCHIN, S. (2006): A knowledge based system as decision support for landscape management in catchments. Biohydrology – Symposium: Impact of Biological Factors on Soil Hydrology. 20.-22.09.2006, Prag.
- MERTA, M., SEIDLER, C., BIANCHIN, S. & RICHERT, E. (2006): Analysis of land use change in the Eastern Ore Mountains Regarding both nature protection and flood prevention. Sino-German-Symposium. The Role of Forests and Forest Management in the Water Cycle. 29.11.2006, TU Dresden.
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., SEIDLER, C., HAMMER, G., HEILMEIER, H. & MATSCHULLAT, J. (2005): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis - Ein interdisziplinärer Forschungsansatz.

Workshop EMTAL – Einzugsgebietsmanagement von Talsperren in Mittelgebirgen. Oktober 2005, Freiberg.

- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HAMMER, G., MERTA, M., SEIDLER, C. & HEILMEIER, H. (2007a): Flood Protection and Nature Conservation in the Weisseritz Area. 50tes Symposium der International Association for Vegetation Science (IAVS). 23.-27.07.2007, Swansea (Wales).
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007b): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis. Interdisziplinäre Bewertung von Landnutzungsszenarien. Tag der Hydrologie 2007 - Einfluss von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern. 22.-23.03.2007, Rostock.
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007c): Flood prevention and nature conservation in the Weisseritz area. Interdisciplinary evaluation of land use scenarios. International scientific conference bioclimatology and natural hazards. 17.-20.09.2007, Zvolen (Slovakai), (angenommen).
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., HAMMER, G., MERTA, M. & SEIDLER, C. (2007d): Flood prevention and nature conservation in the Weisseritz area. Interdisciplinary evaluation of land use scenarios. Jahrestagung Gesellschaft für Ökologie. 10.-14.09.2007, Marburg, (angenommen).

12.6 Zeitungsartikel und Flyer

(Artikel können unter <http://www.ioez.tu-freiberg.de/hochnatur/presse.html> (Stand 10.08.2007) eingesehen werden)

Flyer (2004): „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzgebiet“

Amtsblatt Hermsdorf (August 2004): „Das Projekt Hochwasser- und Naturschutz im Weißbachgebiet“

Freie Presse (1. Oktober 2004) „Journalisten auf Recherchetour – Regensburger und Geraer Schüler besuchen Bergakademie und informieren sich über Hochwasserschutz“

Amtsblatt Hermsdorf (Oktober 2004): „Erste Ergebnisse des Projektes Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“

Sächsische Zeitung (28. Oktober 2004): „Tiefe Wurzeln als Bremse – Forschungsprojekt im Weißeritzkreis soll Hochwasser- und Naturschutz in Einklang bringen“

REPORT der TU Bergakademie Freiberg (Nr. 34) (Dezember 2004): „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritz-Einzugsgebiet“

WochenSpiegel (März 2005): „Neuer Ansatz für Hochwasserschutz - Forschungsprojekt der TU Bergakademie soll Hochwasser- und Naturschutz in Einklang bringen“

Freie Presse (Juni 2005): „Schüler untersuchen die Wassergüte des Weißbaches im Hermsdorfer Richtergrund – TU Bergakademie unterstützt Naturschutzprojekt der Mittelschule Rechenberg-Bienenmühle“

Höckendorfer Gemeindeinfo (August 2005): „Hochwasserschutz und Naturschutz im Höckenbachtal – TU Bergakademie benötigt alte Fotos“

Grünes Blätt 1 (Januar 2007): „Sind Hochwasser- und Naturschutz miteinander vereinbar? Analyse und Bewertung verschiedener Landnutzungsänderungen“

Wochenkurier Freital (Februar 2007): „Hochwasser – Die Natur im Visier,“

Freie Presse (Februar 2007): „Forschungsprojekt zum Hochwasserschutz wird vorgestellt“

Sächsische Zeitung (März 2007): „Wurzeln halten Wasser auf“