



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



MinHorLam

**Minderung von Hochwasserrisiken
durch
nicht-strukturelle Landnutzungsmaßnahmen
in
Abflussbildungs- und
Überschwemmungsgebieten**

**– eine transdisziplinäre Studie
zur Effektivität solcher Maßnahmen –**

Ergebnisbericht



Abschlussdokumentation April 2010

Das Verbundforschungsvorhaben MinHorLam wurde im Zeitraum vom 01.02.2008 bis zum 28.02.2010 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF, Projektträger Jülich, gefördert.

Beteiligt waren mit selbständigen Teilvorhaben:

- **Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., (FKZ 0330818A)**
 - **Institut für Landschaftswasserhaushalt (ZALF-LWH)**
 - **Institut für Sozioökonomie (ZALF-SÖ)**
 - mit Auftragsvergabe für eine Teilaufgabe
**Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ),
Zentrales Labor Gewässeranalytik und Chemometrie**
- **Universität Hamburg (UHH), Forschungszentrum für Biotechnologie, Gesellschaft und Umwelt (BIOGUM), (FKZ 0330818B)**
- **Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, (LfULG), Referat Bodenkultur, (FKZ 0330818C)**

Leiter des Verbundvorhabens: Prof. Dr. Hubert Wiggering, ZALF

wissenschaftliche Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Quast

Projektbearbeitung:

ZALF-LWH

**Joachim Quast
Volker Ehlert
Hilmar Messal**

ZALF-SÖ

**Andrea Knierim
Magdalena Sawicka**

LfULG

**Walter Schmidt
Andrè Sbjeschni**

UFZ

**Wolf von Tümpling
Michael Böhme
Anette Jaeckel**

UNIVERSITÄT HAMBURG (BIOGUM)

**Manuel Gottschick
Juliane Ette
Manfred Szerencsits**

Kapitelübersicht

Kapitelübersicht	iii
Inhaltsverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xxiii
1 Einleitung	1
2 Angaben zum Bearbeitungsablauf.....	2
3 Berichte zu den hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Untersuchungen (AP1 und AP2)	5
4 Berichte zu den sozialwissenschaftlichen Untersuchungen (AP3 und AP4)	127
5 AP5 – Optionen für land- und forstwirtschaftliche Minde- rungsstrategien im Gesamtkonzept des Hochwasserrisiko- managements auf Flussgebietsebene.....	255
6 Angaben zum Verwertungsplan	287
7 Schlussfolgerungen für weiterführende Arbeiten	292
Literaturverzeichnis	293
Anlagen	316

Inhaltsverzeichnis

Kapitelübersicht	iii
Inhaltsverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xxiii
1 Einleitung	1
2 Angaben zum Bearbeitungsablauf	2
3 Berichte zu den hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Untersuchungen (AP1 und AP2)	5
3.1 AP1 – Beurteilung Hochwasser mindernder Effekte durch Land- nutzungswandel in Hochwasserentstehungsgebieten	5
3.1.1 Ziel- und Aufgabenstellung	5
a) Thema AP1:	5
b) Leitung:	5
c) Kooperation:	5
d) Ziele:	5
e) Hypothesen:	5
f) Methoden/ Arbeitsschritte:.....	6
g) Ergebnisse:	6
3.1.2 Material und Methoden	7
3.1.2.1 Grundsätzliches.....	7
3.1.2.2 Verwendete Modelle	9
3.1.2.2.1 Infiltration/ Versickerung	9
3.1.2.2.2 Oberflächenabfluss.....	10
3.1.2.2.3 Erosion	11
3.1.2.3 Vorgehensweise bei der Modellierung.....	12
3.1.3 Ergebnisse und Diskussion	16
3.1.3.1 Abflussminderung ausgewählter nicht-struktureller Maßnahmen	16
3.1.3.1.1 Hochwasser auslösende lang anhaltende Starkniederschläge	16
3.1.3.1.2 Lokale kurzzeitige Starkniederschläge	24
3.1.3.1.3 Auswirkungen der ermittelten Abflüsse auf Scheitelwasserständen	28

3.1.3.1.4	Simulation eines realen Niederschlagsereignisses auf Modellflächen.....	32
3.1.3.1.5	Simulation von Niederschlagsereignissen auf Einzugsgebietskala	33
3.1.3.2	Erosionsminderungspotenziale nicht-struktureller Maßnahmen	39
3.1.3.3	Einfluss von Standort- und Ereignisparametern	47
3.1.3.4	Diskussion und Auswertung der Hypothesen	51
3.1.3.5	Schlussfolgerungen	53
3.2	AP2 – Wirkungen nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten als Hochwasserrisiko-Komponenten	55
3.2.1	Ziel- und Aufgabenstellung.....	55
	a) Thema AP2	55
	b) Leitung:	55
	c) Kooperation:.....	55
	d) Ziele:	55
	e) Hypothesen:	55
	f) Methoden/ Arbeitsschritte:.....	56
	g) Anzustrebende Ergebnisse:	57
3.2.2	Material und Methoden	57
3.2.2.1	Interpretation des vorhandenen Wissens	57
3.2.2.2	Eigene hydraulische Untersuchungen	59
3.2.2.2.1	Begründung der Modellauswahl	59
3.2.2.2.2	Grundlagen des „Lamellenmodells“	60
3.2.2.2.3	Verwendete Fließquerschnitte	63
3.2.2.2.4	Untersuchte Szenarien/ Varianten	64
3.2.2.3	Stoffeinträge und Kontamination auf Überschwemmungsflächen	65
	a) Herbizide, Fungizide, andere Pestizide	67
	b) Schwermetalle (Pb, Cd, Hg, Zn, ...) + As.....	67
	c) Persistente organische Stoffe (PCBs, PAKs, DDTs, Dioxine, endokrin wirkende Substanzen)	68
	d) Ölverschmutzungen	68
	e) Sauerstoffdefizit.....	68
3.2.3	Ergebnisse und Diskussion	69
3.2.3.1	Interpretation des vorhandenen Wissens	69

3.2.3.1.1	Ackernutzung und sonstige land- und forstwirtschaftliche Nutzung auf Überschwemmungsflächen.....	69
3.2.3.1.2	Wasserstand beeinflussende Wirkung von Ackerkulturen und Auwald bei Spitzenabflüssen.....	74
3.2.3.1.3	Fließgeschwindigkeiten, Sedimentation und Erosion auf Überschwemmungsflächen	79
	a) Fließgeschwindigkeiten	79
	b) Sedimentation und Erosion	79
	c) Strömungsrelevante Bereiche	81
3.2.3.1.4	Betroffenheit überschwemmter Kulturen und daraus resultierende Schäden	81
3.2.3.1.5	Zusammengefasste Aussagen zum Kenntnisstand.....	84
3.2.3.2	Ergebnisse eigener hydraulischer Untersuchungen	85
3.2.3.2.1	Variation des Reibungsbeiwertes für unterschiedliche geomorphologische Bedingungen	85
3.2.3.2.2	Variation der Vorlandnutzung für verschiedene Anteile von Grünland und Auwald.....	90
3.2.3.2.3	Variation der Vorlandnutzung für verschiedene Anteile von Mais und Grünland.....	97
3.2.3.2.4	Erkenntnisse aus dem Vergleich der Szenarien „Grünland-/ Auwald-Variation“ und „Mais-/ Grünland-Variation“	105
3.2.3.2.5	Variation der Breite lateral horizontaler Vorländer	107
	a) Variation der Vorlandbreite bei homogener Grünlandnutzung	109
	b) Vergleich der Breitenvariationen zweier homogener Vorlandnutzungsarten.....	111
	c) Vergleich der Breitenvariationen einer homogenen mit einer gemischten Vorlandnutzung mit mehreren jeweils konstant breiten Streifen einer Nutzungsart	112
3.2.3.2.6	Vergleichsrechnungen mit einem hydraulischen 2D-Modell (RIVER2D)	113
3.2.3.2.7	Zusammenfassende Wertung der hydraulischen Berechnungen	116
3.2.3.3	Auswirkungen der Schadstoffdynamik auf die Landnutzung im Hochwasserfall	118
3.2.3.3.1	Sortenabhängige Schwermetallaufnahme	118
3.2.3.3.2	Flächenumwidmung	120
3.2.3.3.3	Umwandlung von Ackerland in Grünland	121

3.2.3.3.4	Futtererzeugung	121
3.2.3.3.5	Optimierung des pH-Wertes	121
3.2.3.3.6	Phosphordüngung	122
3.2.3.3.7	Obst- und Gemüseanbau	122
3.2.3.3.8	Nutzungseinschränkungen und Ausgleich.....	122
3.2.3.3.9	Gestufte Bewertung des Schadstoffpotenzials durch eine Wirkungsmatrix	124
3.2.3.3.10	Schlussfolgerungen – Maßnahmen zur Risikoreduzierung bei Bewirtschaftung belasteter Flächen.....	126
4	Berichte zu den sozialwissenschaftlichen Untersuchungen (AP3 und AP4)	127
4.1	AP3 – Interaktionsanalyse zur landwirtschaftlichen Hochwasser- risiko-Minderung im Flusseinzugsgebiet.....	127
4.1.1	Ziel- und Aufgabenstellung.....	127
4.1.1.1	Allgemeine Informationen und Zielvorgaben	127
	a) Thema AP3	127
	b) Leitung:	127
	c) Kooperation:.....	127
	d) Ziele:	127
	e) Hypothesen:	127
	f) Methoden/ Arbeitsschritte:.....	128
	g) Anzustrebende Ergebnisse:	129
4.1.2	Material und Methoden.....	129
4.1.2.1	Theoretisch-konzeptioneller Rahmen	129
4.1.2.2	Recherche politischer Instrumente und Maßnahmen	130
4.1.2.3	Repräsentative Befragung.....	130
4.1.2.3.1	Methodische Herangehensweise	130
4.1.2.3.2	Auswahl der Stichprobe.....	131
4.1.2.4	Leitfadeninterviews.....	132
4.1.2.4.1	Interviewteilnehmer	133
4.1.3	Ergebnisse und Diskussion des Basisprojektes	135
4.1.3.1	Politische Regulation des Hochwasserschutzes	135
4.1.3.1.1	Das 5-Punkte-Programm zum vorbeugenden Hochwasserschutz ..	135
4.1.3.1.2	Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschut- zes.....	136

4.1.3.1.3	EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie (Richtlinie 2007/60/EG)	138
4.1.3.1.4	Förderprogramme.....	139
4.1.3.1.5	Übersicht über agrarische Landnutzungsmaßnahmen	143
4.1.3.1.6	Auswertung zu den einzelnen Bundesländern	144
4.1.3.1.7	Resümee	158
4.1.3.2	Ergebnisse der repräsentativen Befragung	159
4.1.3.2.1	Charakterisierung der Stichprobe	159
4.1.3.2.2	Betroffenheit von Hochwasser.....	163
4.1.3.2.3	Risikowahrnehmung und Rolle der Landwirtschaft.....	171
4.1.3.2.4	Beeinflussung landwirtschaftlichen Handelns.....	175
4.1.3.2.5	Agrarumweltprogramme	176
4.1.3.2.6	Informationsvermittlung an Landwirte.....	177
4.1.3.2.7	Gesetzliche Regelungen	179
4.1.3.2.8	Kooperationen – Bestand und Bedarf.....	180
4.1.3.2.9	Diskussion	184
4.1.4	Ergebnisse und Diskussion der Aufstockungsphase des Projektes.....	185
4.1.4.1	Zur Rolle der Landwirtschaft für das Hochwasserrisikomanagement	186
4.1.4.2	Behördliche Kooperation	187
4.1.4.3	Meinungsbildung und Informationsbeschaffung zu nicht-strukturellen Maßnahmen	187
4.1.5	Schlussfolgerungen	188
4.1.5.1	Schlussfolgerungen aus dem Basisprojekt.....	188
4.1.5.2	Schlussfolgerungen aus der Aufstockungsphase des Projektes	191
4.2	AP4 – Risikowahrnehmung und -bewusstsein von Akteuren in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsregionen.....	193
4.2.1	Ziel- und Aufgabenstellung	193
	a) Thema AP4:	193
	b) Leitung:	193
	c) Kooperation:.....	193
	d) Ziele:	193
	e) Hypothesen:	193
	f) Methoden / Arbeitsschritte:.....	194
	g) Angestrebte Ergebnisse:.....	195

	h) Bemerkungen.....	195
4.2.2	Theoretische und konzeptionelle Verortung	195
4.2.2.1	Vom Sicherheitsdenken zur Risikokultur	195
4.2.2.2	Problembewusstsein und Risikowahrnehmung	196
4.2.2.3	Betroffenheit - Vulnerabilität	197
4.2.2.4	Akteurspezifische Entscheidungslogiken und Veränderungen risikorelevanten Verhaltens	197
4.2.2.5	Entstehen von Verhalten und Bedingungen von Verhaltensänderungen	198
4.2.2.6	Fazit: Risikorelevante Verhaltensselektion	199
4.2.3	Methodisches Vorgehen im AP4	201
4.2.3.1	Auswahl und Anzahl befragter Landwirte	201
4.2.3.1.1	Allgemeine Charakteristika der befragten Landwirte und ihrer Betriebe	202
4.2.3.1.2	Detaillierte Charakteristika der befragten Landwirte in Überschwemmungsgebieten und Flutungspoldern	204
4.2.3.1.3	Charakteristika der befragten Landwirte in den Hochwasserentstehungsgebieten bzw. Mittelgebirgslagen.....	205
4.2.3.2	Durchführung der Befragung	207
4.2.3.2.1	Aufbau der Interviewleitfäden und Befragungsinhalte	208
4.2.3.2.2	Durchführung und Dauer der Interviews	209
4.2.3.2.3	Auswertung der persönlichen Interviews	211
4.2.3.2.4	Quantitative Auswertung	212
4.2.4	Ergebnisse zur Risikowahrnehmung und dem Problembewusstsein von Landwirten.....	213
4.2.4.1	Selektive Wahrnehmung zentraler Wirklichkeitsausschnitte.....	213
4.2.4.2	Unbewusste bzw. intuitive Wahrnehmung.....	214
4.2.4.3	Frühere individuelle Erfahrungen und Kenntnisse	215
4.2.4.4	Sozialer Kontext und ortsübliche Landnutzungspraktiken	216
4.2.4.5	Determinanten HW- Risikowahrnehmung	216
4.2.4.5.1	Sieben Determinanten der Hochwasserrisikowahrnehmung	216
4.2.4.5.2	Vier Determinanten der Risikowahrnehmung in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsgebieten	222
4.2.4.6	Bewertung des Risikos in Abhängigkeit von eigener Betroffenheit und Selbstwirksamkeit.....	224

4.2.4.7	Bewertung des eigenen Hochwasserrisikos in Relation zum Risiko anderer Betroffener.....	225
4.2.4.8	Besonderheiten in Hochwasserentstehungsgebieten und Mittelgebirgslagen.....	225
4.2.4.9	Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten	228
4.2.5	Ergebnisse zu Handlungspraktiken und Handlungsspielräumen in der Landwirtschaft	231
4.2.5.1	Ergebnisse zu den Hypothesen für risikorelevante Verhaltensselektion	232
4.2.5.2	Besonderheiten in Hochwasserentstehungsgebieten.....	235
4.2.5.2.1	Bewertung nicht-struktureller Maßnahmen	235
4.2.5.2.2	Bedingungen für die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen ...	240
4.2.5.3	Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten	242
4.2.5.4	Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten mit Schadstoffkontamination	244
4.2.5.5	Besonderheiten in gesteuerten Flutungspoldern	245
4.2.5.6	Einbettung risikorelevanter Verhaltensselektion in die allgemeine Betriebsführungspraxis und Lebensgestaltung.....	248
4.2.6	Schlussfolgerungen – Politikempfehlungen	251
4.2.6.1	Öffentlicher und politischer Diskurs	251
4.2.6.2	Konsistente politische u. wirtschaftliche Rahmenbedingungen	252
4.2.6.3	Informationsaktivitäten und offener Austausch.....	253
4.2.6.4	Diffusion innovativer nicht-struktureller Maßnahmen.....	253
4.2.6.5	Erarbeitung von Lösungen für Gebiete mit schadstoffbelasteten Flächen.....	254
5	AP5 – Optionen für land- und forstwirtschaftliche Minderungsstrategien im Gesamtkonzept des Hochwasserrisiko-managements auf Flussgebietsebene.....	255
5.1	Einleitung/ Zielstellung.....	255
	a) Thema AP5:	255
	b) Leitung:	255
	c) Kooperation:.....	255
	d) Ziele:	255
	e) Hypothesen:	255
	f) Methoden/ Arbeitsschritte:.....	256
	g) Angestrebte Ergebnisse:.....	256

	h) Bemerkungen.....	257
5.2	Wertung der Ergebnisse aus AP1 bis AP4 als Kriterien für die Ableitung von Optionen zum Hochwasserrisikomanagement.....	257
5.2.1	Einfluss von Vegetation und Landnutzung auf hochwasserrelevante Abflussbildung (Schlussfolgerungen aus AP1)	257
5.2.2	Wirkungen nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten als Hochwasserrisikokomponenten (Schlussfolgerungen aus AP2)	258
5.2.3	Interaktions- und Institutionenanalyse zur landwirtschaftlichen Hochwasserrisikominderung (Ergebnisse aus AP3).....	260
5.2.4	Risikowahrnehmung und Risikobewusstsein von Akteuren in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsgebieten (Schlussfolgerungen aus AP4)	262
5.3	Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Hochwasserentstehungsgebieten.....	265
5.4	Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Überschwemmungsgebieten.....	265
5.5	Integrative Ergebnisdiskussion und Anregungen für Regelungen im Zusammenhang mit nicht-strukturellen agrarischen Maßnahmen im Hochwasserrisikomanagement.....	266
5.5.1	Risikominderungsmaßnahmen in Hochwasserentstehungsgebieten	266
5.5.2	Risikominderungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten	269
5.6	Ergebnisse aus den transdisziplinären Workshops	272
5.6.1	Grundsätze und Methode	272
5.6.1.1	Hintergrund.....	272
5.6.1.2	Vorgehensweise	272
5.6.2	Auswertung des Workshops in Dessau	274
5.6.2.1	Auswertung der Bewertungsbögen.....	274
5.6.2.2	Zu den drei naturwissenschaftlichen Vorträgen.....	274
5.6.2.3	Zu den zwei Vorträgen zu Praxisoptionen und -perspektiven.....	276
5.6.2.4	Zu den zwei Vorträgen zur administrativen Kooperation und zur rechtlichen Lage im Hochwasserrisikomanagement	277
5.6.2.5	Die Gesamtbewertung	278
5.6.2.6	Schlussfolgerungen aus dem Workshop in Dessau	279

5.6.3	Auswertung des Workshops in Mönchengladbach	279
5.6.3.1	Auswertung der Bewertungsbögen.....	280
5.6.3.2	Schlussfolgerungen aus dem Workshop in Mönchengladbach	281
5.6.4	Auswertung des Workshops in Hof/ Feilitzsch.....	282
5.6.4.1	Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse	282
5.6.4.2	Resümee und Schlussfolgerungen aus dem Workshop in Hof/ Feilitzsch	284
6	Angaben zum Verwertungsplan	287
7	Schlussfolgerungen für weiterführende Arbeiten	292
	Literaturverzeichnis	293
	a) Literaturverzeichnis der hydrologischen und wasserwirt- schaftlichen Untersuchungen (AP1 und AP2)	293
	b) Literaturverzeichnis der soziologischen Untersuchungen (AP3 und AP4)	311
	Anlagen	316
A	Kataloge optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnah- men für das Hochwasserrisiko-Management	316
A1	Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Hochwasserentste- hungsgebieten.....	316
A2	Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Überschwemmungs- gebieten.....	316
B	Ergänzende inhaltliche Informationen	316
B1	Ergänzende inhaltliche Informationen - Teil 1: Hydrologische und wasserwirtschaftliche Untersuchungen	316
B2	Ergänzende inhaltliche Informationen - Teil 2: Hydraulische Ver- gleichsrechnungen	316
B3	Ergänzende inhaltliche Informationen - Teil 3: Sozialwissen- schaftliche Untersuchungen	316
C	Dokumentationen zu Workshops und Projekttreffen.....	317
C1	Dokumentation der Workshops (verfügbar für berechnigte Nut- zer)	317
C2	Protokolle der MinHorLam-Projekttreffen (verfügbar für berech- tigte Nutzer).....	317

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: MinHorLam-Arbeitspakete	2
Abb. 2-2: MinHorLam-Projektleitung/ -Projektkoordination.....	3
Abb. 3-1: Schematisierte Modellfläche	8
Abb. 3-2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Modellierung von Hochwasser mindernden Effekten durch Landnutzungswandel.....	13
Abb. 3-3: Kumulative Infiltration auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart sandiger Lehm, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden).....	17
Abb. 3-4: Kumulativer Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: sandiger Lehm, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden).....	17
Abb. 3-5: Infiltrationsraten a) 2 Stunden, b) 4 Stunden, c) 6 Stunden nach Beginn und d) am Ende des Niederschlagsereignisses (Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden).....	19
Abb. 3-6: Kumulative Infiltration auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (intensitätsvariabler Niederschlag, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden Typ Euler 2).....	20
Abb. 3-7: Vergleich der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteile in Relation zur Gesamtniederschlagsmenge für Blockregen und intensitätsvariablen Regen (Niederschlag: Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden)	20
Abb. 3-8: Zusammenhang zwischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit und Oberflächenabflussreduzierung	21
Abb. 3-9: Vergleich der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteile für ein advektives Niederschlagsereignis mit 100-jähriger bzw. 1000-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit	22
Abb. 3-10: Kumulative Infiltration auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: toniger Schluff, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden).....	23
Abb. 3-11: Vergleich zwischen Infiltration und Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen für die Bodenarten toniger Schluff (Ut3) und sandiger Lehm (Ls3); Niederschlagsereignis (100-jährig, 24 Stunden)	24

Abb. 3-12: Kumulativer Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: toniger Schluff, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 1 Stunde).....	25
Abb. 3-13: Kumulativer Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: sandiger Lehm, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 1 Stunde).....	26
Abb. 3-14: Vergleich der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteile für ein konvektives Niederschlagsereignis (Dauer 1 Stunde) mit 100-jähriger bzw. 1000-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit.....	27
Abb. 3-15: Fortschreiten der Tiefe der Feuchtefront im Verlauf eines 1-stündigen Niederschlagsereignisses.....	28
Abb. 3-16: Vergleich von maximal erreichbaren Spitzenabflüssen auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen für die Bodenart sandiger Lehm (LS3), 100-jähriges Niederschlagsereignis.....	30
Abb. 3-17: Unterschiede in den Spitzenabflüssen in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer für die Bodenart sandiger Lehm, 100-jähriges Niederschlagsereignis.....	30
Abb. 3-18: Vergleich von maximal erreichbaren Spitzenabflüssen auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen für die Bodenart toniger Schluff (Ut3), 100-jähriges Niederschlagsereignis.....	31
Abb. 3-19: Unterschiede in den Spitzenabflüssen in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer für die Bodenart toniger Schluff (Ut3), 100-jähriges Niederschlagsereignis.....	31
Abb. 3-20: Infiltration/ Oberflächenabfluss unter Grünlandnutzung für sandigen Lehm, Niederschlagsereignis August 2002.....	32
Abb. 3-21: Infiltration/ Oberflächenabfluss für sandigen Lehm bei verschiedenen Landnutzungsmaßnahmen, Niederschlagsereignis August 2002.....	33
Abb. 3-22: Lage und Ausdehnung des gewählten Einzugsgebietes.....	34
Abb. 3-23: Topographie des Einzugsgebietes.....	36
Abb. 3-24: Landnutzung und Verteilung der mineralischen Bodenarten im Untersuchungsgebiet.....	37
Abb. 3-25: Kreisdiagramme zur Darstellung der Verteilung der Landnutzung und der mineralischen Bodenarten im Untersuchungsgebiet.....	38

Abb. 3-26: Abflussbedingter Bodenabtrag nach a) 2 h, b) 4 h, c) 6 h, d) 8 h, e) 10 h und f) 12 h in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (12-stündiger 100-jähriger Blockregen, Hangneigung: 5 %)	42
Abb. 3-27: Vergleich des abflussbedingten Bodenabtrages auf Grund unterschiedlicher Hangneigungen (Bodenart sandiger Lehm, 12-stündiger, 100-jähriger Blockregen)	42
Abb. 3-28: Abflussbedingter Bodenabtrag auf Grund eines intensitätsvariablen Modellregens bei unterschiedlichen Hangneigungen (Bodenart sandiger Lehm, 12-stündiger, 100-jähriger Modellregen Euler-Typ 2)	44
Abb. 3-29: Abflussbedingter Bodenabtrag nach a) 12 h und b) 24 h in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (24-stündiger, 100-jähriger Blockregen)	45
Abb. 3-30: Vergleich des abflussbedingten Bodenabtrages auf Grund unterschiedlicher Hangneigungen (Bodenart sandiger Lehm, 24-stündiger, 100-jähriger Blockregen)	46
Abb. 3-31: Abflussbedingter Bodenabtrag in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (1-stündiger 100-jähriger Blockregen).....	46
Abb. 3-32: Abflussbedingter Bodenabtrag in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (Bodenart: sandiger Lehm; 1, 12 und 24-stündiger PEN-Blockregen)	47
Abb. 3-33: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenarten für die drei Blockregen (100-jährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit)	48
Abb. 3-34: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenarten für das Niederschlagsereignis 2002.....	49
Abb. 3-35: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenmächtigkeit (Bodenart Ls3) für die drei Blockregen (100-jährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit).....	49
Abb. 3-36: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodemächtigkeit für das Ereignis 2002	50
Abb. 3-37: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Vorfeuchten (5, 10, 15 Tage Vorentwässerung) für die drei Blockregen (100-jährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit)	50
Abb. 3-38: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Vorfeuchten (nahezu gesättigter Boden bzw. Boden bei Feldkapazität) für die Bodenart Ls3 und das Ereignis 2002	51

Abb. 3-39: Unterteilung des Fließquerschnittes in 25 Lamellen (10 auf dem linken Vorland, 5 im Flussbett, 10 auf dem rechten Vorland); (Rückansicht)	61
Abb. 3-40: Seitenansicht der <i>i</i> . Lamelle des Profilquerschnitts (Längsschnitt)	63
Abb. 3-41: Veränderungen der Flächennutzung in den Donau-Vorländer zwischen Straubing und Pfelling zwischen 1930 und 2000 (übernommen aus Bay. MfUGW, 2008).....	71
Abb. 3-42: Durchschnittliche Flächenanteile der unterschiedlichen Landnutzungstypen in den Vorlandbereichen von Flüssen in Deutschland (nach BfN, 2009).....	72
Abb. 3-43: Anteile unterschiedlicher Landnutzungen in den für HQ ₁₀₀ ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten an Flüssen (Gewässer I.-III. Ordnung) in Rheinland Pfalz (sortiert nach der durchschnittlichen Breite der Überschwemmungsgebiete, Breite von links nach rechts abnehmend) (nach MUF-RP 2005)	73
Abb. 3-44: Anteile unterschiedlicher Landnutzungen in den für HQ ₅₀ ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten an Flüssen (Gewässer I.-III. Ordnung) in Rheinland Pfalz (sortiert nach der durchschnittlichen Breite der Überschwemmungsgebiete, Breite von links nach rechts abnehmend), (nach MUF-RP 2005).....	73
Abb. 3-45: Wasserstände für Grünland (GL) bzw. Wald (W) bei einem Abfluss von 100 m ³ s ⁻¹ in einem Fluss mit Längsgefälle 0,5-4,0 ‰ und Vorlandbreiten von 50 und 300 m (nach LfW-BY, 2005)	76
Abb. 3-46: Rauigkeitskoeffizienten k_{st} (n. Strickler) für unterschiedlichen Vorlandbewuchs (Min-, Max- und Einzelwerte zusammengestellt nach verschiedenen Literaturquellen).....	77
Abb. 3-47: Veränderung der Rauigkeitskoeffizienten (n. Strickler) von Brachland und unterschiedlichen landwirtschaftlichen Kulturen im Verlauf der Vegetationsperiode	78
Abb. 3-48: Abgrenzungen von Sedimentation, Transport und Erosion von Bodenpartikeln und Geröll (Hjullström)	80
Abb. 3-49: Erosionswiderstand von Böden bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (nach Ad-hoc-AG Boden, 2003).....	80
Abb. 3-50: Überflutungstoleranzen (0 = niedrige Toleranz, 30 = hohe Toleranz) von Bäumen (min. u. max. Werte, 25- und 75-Perzentilen, Median, modifiziert n. Macher, 2008)	84

Abb. 3-51: Abhängigkeit des Wasserstandes vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer breiten Flussaue mit horizontalen Vorländern; Profil 1b.....	86
Abb. 3-52: Abhängigkeit des Wasserstandes vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer breiten Flussaue mit ansteigenden Vorländern; Profil 3b.....	87
Abb. 3-53: Abhängigkeit des Wasserstandes vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer schmalen Flussaue mit horizontalen Vorländern; Profil 6b.....	88
Abb. 3-54: Abhängigkeit der Wasserstandsänderungen vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer breiten Flussaue mit horizontalen Vorländern, bezogen auf mittelraues Grünland; Profil 1b	88
Abb. 3-55: Abhängigkeit der Wasserstandsänderungen vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer schmalen Flussaue mit horizontalen Vorländern, bezogen auf mittelraues Grünland; Profil 6b.....	89
Abb. 3-56: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Querschnitte und einem Durchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$ [Profil 1a] und $B_F = 100 \text{ m}$ [Profil 2a], Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profil 1a] und $T_F = 2 \text{ m}$ [Profil 2a])	91
Abb. 3-57: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Durchflüsse (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	91
Abb. 3-58: Abhängigkeit der Wasserstandsänderung von verschiedenen Anteilen von Auwald /Grünland (flussnah) für verschiedene longitudinale Sohlgefälle (Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile 1a-e]).....	92
Abb. 3-59: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	93

- Abb. 3-60: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „nur Grünland“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....94
- Abb. 3-61: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)94
- Abb. 3-62: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „nur Grünland“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....95
- Abb. 3-63: Relativer Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Abflüsse – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....95
- Abb. 3-64: Relativer Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Abflüsse – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....96
- Abb. 3-65: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für seitlich ansteigende Vorländer ($I_Q = 0,5 \text{ ‰}$) für verschiedene Querschnitte und einem Durchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$ [Profil 3a] und $B_F = 100 \text{ m}$ [Profil 4a], Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profil 3a] und $T_F = 2 \text{ m}$ [Profil 4a])96
- Abb. 3-66: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für seitlich ansteigende Vorländer ($I_Q = 0,5 \text{ ‰}$) für verschiedene Durchflüsse (Profil 3a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$) 97

Abb. 3-67: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Grünland/ Mais (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Querschnittsprofile und einem Durchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$ [Profil 1a] und $B_F = 100 \text{ m}$ [Profil 2a], Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profil 1a] und $T_F = 2 \text{ m}$ [Profil 2a]).....	100
Abb. 3-68: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Grünland/ Mais (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Durchflüsse (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....	100
Abb. 3-69: Abhängigkeit der Wasserstandsänderung von der Nutzungsbreite für Grünland / Mais (flussnah) für verschiedene longitudinale Sohlgefälle (Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile 1a-e])	101
Abb. 3-70: Relativer Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Vorlandbreiten bei einem Durchfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile für Grünland/ Mais (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	101
Abb. 3-71: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss - Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „50 % Grünland/ 50 % Mais“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	103
Abb. 3-72: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „nur Mais“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....	103
Abb. 3-73: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss - Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „50 % Grünland/ 50 % Mais“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	104

Abb. 3-74: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „nur Mais“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 ‰$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$).....	104
Abb. 3-75: Wasserstandsänderungen bei der Nacheinanderausführung der Szenarien „Grünland-/ Auwald-Variation“ und „Mais-/ Grünland-Variation“ für horizontale Vorländer für verschiedene Durchflüsse (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 ‰$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	106
Abb. 3-76: Lineare Abhängigkeitskurve der Wasserstandsänderung von der Nutzungsbreite für Grünland/ Auwald bei einem Scheiteldurchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ und einem speziellen lateralen (symmetrischen) Vorlandgefälle von $I_Q = 0,15 ‰$ im Vergleich mit Kurven anderer Abflüsse (Profil 5b: Sohlgefälle $I_S = 0,25 ‰$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	107
Abb. 3-77: Wasserspiegellagen in Abhängigkeit von der gewählten Vorlandbreite auf horizontalen Vorländern bei homogener Nutzung (Grünland) für unterschiedliche Durchflüsse (Sohlgefälle $I_S = 0,25 ‰$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile Xb])	110
Abb. 3-78: Abhängigkeit der Wasserstandsänderung, bezogen auf den Fall ohne Vorländer, von der gewählten Vorlandbreite auf horizontalen Vorländern bei homogener Nutzung (Grünland) für unterschiedliche Durchflüsse (Sohlgefälle $I_S = 0,25 ‰$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile Xb]).....	110
Abb. 3-79: Relativer Durchflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Vorlandbreiten auf horizontalen Vorländern bei homogener Nutzung (Grünland) für einen Durchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,25 ‰$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile Xb]).....	111
Abb. 3-80: Wasserstandserhöhung durch Mais gegenüber Grünland in Abhängigkeit von der Breite horizontaler Vorländer für verschiedene Flussbettbreiten bei Hochwasser für einen Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; Profile Wa, Ya, Za	112
Abb. 3-81: Wasserstandserhöhung durch konstant breite Mais-Streifen bzw. durch vollständigen Mais-Bewuchs gegenüber Grünland in Abhängigkeit von der Breite horizontaler Vorländer für einen Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 ‰$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$; [Profile Wa])	113

Abb. 3-82: Mit RIVER2D berechnete hydraulische Größen: longitudinale Fließgeschwindigkeit vel_mag (rot), Froude-Zahl Fr (braun) und absolute Sohlrauigkeit k_s (grün) für horizontale Vorländer bei homogener Nutzung (Grünland) für einen Durchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Profil 1b: Sohlgefälle $I_S = 0,25 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)	114
Abb. 3-83: Sortenabhängige Kadmiumaufnahme des Winterweizens (Quelle: Klose, Rank, Marx, 2006: Aueböden der Vereinigten Mulde)	119
Abb. 3-84: Sortenabhängige Kadmiumaufnahme der Sommergerste (Quelle: Klose, Rank, Marx, 2006: Aueböden der Vereinigten Mulde)	119
Abb. 3-85: Logarithmische Funktion des Arsengehaltes der Gesamtpflanze in Abhängigkeit vom Bodengehalt (Quelle: Serfling, Klose, 2008: Arsen-transfer Boden - Pflanze)	120
Abb. 4-1: Zugehörigkeit zu den behördlichen Verantwortungsebenen (Angegeben sind die gültigen Prozentwerte)	161
Abb. 4-2: Verantwortungsbereiche innerhalb der Behörden der Teilnehmer (Angegeben sind die absoluten Zahlen)	162
Abb. 4-3: Bewertung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Maßnahmen im Hinblick auf einen positiven Einfluss auf Hochwasserentstehung (Hochwasserschutz) und auf die Schadenshöhe. (Angaben in den Abbildungen in Prozent.)	175
Abb. 4-4: Einschätzung der Relevanz ökonomischer Anreize, gesetzlicher Regelungen und Informationsvermittlung als Instrumente zum Hochwasserschutz und zur Reduzierung von Hochwasserschäden.	176
Abb. 4-5: Schematische Darstellung des Risikokonzeptes, auf dem die Arbeiten des AP4 basieren (verändert nach Grünewald et al., 2003)	195
Abb. 4-6: Schematische Darstellung der Faktoren, die für die Ermittlung der Motivstärke und damit für die Auswahl der handlungsleitenden Motive bedeutsam sind (Dörner, 1998: 437 ff)	199
Abb. 4-7: Überblick über die Befragungsgebiete und die jeweils bedeutsamen Charakteristika (Punkte und Dreiecke in den Kreisen stehen für die Anzahl der befragten Landwirte und die ungefähre Lage ihrer Betriebe)	201
Abb. 4-8: Von befragten Landwirten durchschnittlich bewirtschaftete Betriebsfläche (n=58)	202
Abb. 4-9: Durchschnittlicher Ackerflächenanteil auf Betrieben der befragten Landwirte (n=58)	203

Abb. 4-10: Durchschnittlicher Pachtflächenanteil auf Betrieben der befragten Landwirte (n=58).....	203
Abb. 4-11: Anwendung konservierender Bodenbearbeitung durch befragte Landwirte in den Befragungsgebieten	206
Abb. 4-12: Von befragten Landwirten in Überschwemmungs- und Hochwasserentstehungsgebieten erwartete künftige Entwicklung des Hochwasser- und Starkregenrisikos.....	217
Abb. 4-13: Maßnahmen, die nach Ansicht von Landwirten in Überschwemmungsgebieten zur Verringerung des Hochwasserrisikos ergriffen werden sollten.....	218
Abb. 4-14: Maßnahmen, die nach Ansicht von Landwirten in Hochwasserentstehungsgebieten zur Verringerung des Erosions- und Starkregenrisikos ergriffen werden sollten	219
Abb. 4-15: Bewertung der Informationsaktivitäten von Behörden durch Landwirte mit besonders hoher Exposition für Hochwasser- oder Starkregenrisiken.....	220
Abb. 4-16: Einschätzung der eigenen Möglichkeiten, das Erosions- und Hochwasserrisiko zu beeinflussen	221
Abb. 4-17: Einsatz des Pfluges und konservierender Bodenbearbeitung in Überschwemmungs- und Hochwasserentstehungsgebieten durch die befragten Landwirte	236
Abb. 4-18: Anteile von Landwirten, die aus Anlass von Hochwasser- oder Starkregen bedingten Schäden ihre Wirtschaftsweise verändert haben	248

Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1: Übersicht zu den simulierten Niederschlagsereignissen (Quelle: DWD).....	16
Tab. 3-2: Ergebnisse des Vergleichs der Direktsaat mit Pflug bezüglich des Oberflächenabflusses unter verschiedenen Niederschlagsereignissen.....	38
Tab. 3-3: Bodenabtragsminderung durch Umstellung von konventioneller Bodenbearbeitung auf dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung bzw. Direktsaatverfahren.....	47
Tab. 3-4: Übersicht zu den verwendeten Fließquerschnitten (Profile)	64
Tab. 3-5: Hochwasserereignisse auslösende Niederschlagssituationen und Jährlichkeiten der resultierenden Abflüsse	70
Tab. 3-6: Tolerierbare Überschwemmungsdauer und -höhe bei unterschiedlichen landwirtschaftlichen Nutzungen (nach Desbos, 1997, zit. in Stahl et al, 2005).....	83
Tab. 3-7: Maximale Wasserstandsänderungen bei einem Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bei der vollständigen Substitution von Auwald durch Grünland auf den Vorländern für verschiedene Sohlgefälle und Querschnittsprofile.....	92
Tab. 3-8: Maximale Wasserstandsänderungen bei einem Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bei der vollständigen Substitution von Grünland durch Mais auf den Vorländern für verschiedene Sohlgefälle und Querschnittsprofile.....	99
Tab. 3-9: Anbauempfehlung für schwermetallbelastete Gebiete (Quelle: Klose, Rank, Marx, 2006: Aueböden der Vereinigten Mulde).....	122
Tab. 3-10: Wirkungsmatrix mit gestufter Bewertung des Schadstoffpotenzials.....	125
Tab. 4-1: Übersicht zu den Teilnehmern der Leitfadeninterviews	135
Tab. 4-2: Übersicht Einzelmaßnahmen (Quellen: Maßnahmenliste zusammengestellt aus Sieker et al., 2007b; Sieker et al., 2007a; Anonym, 2008; Frielinghaus et al., 1998)	143
Tab. 4-3: Überblick über die Maßnahmen der Bundesländer mit Zielausrichtung auf Hochwasser- und Überschwemmungsschutz und Gewässer- und Erosionsschutz	155
Tab. 4-4: Der Rücklauf nach Bundesländern („kontaktiert“ bezieht sich nur auf die gültigen Kontakte).....	160

Tab. 4-5: Einzugsgebiete im Verantwortungsbereich der Teilnehmer in den Bundesländern (Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente)	161
Tab. 4-6: Antworten auf die Frage „Spielt das Thema Hochwasser in Ihrer behördlichen Arbeit eine Rolle?“ (Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente).....	163
Tab. 4-7: Beschreibung des räumlichen Zuständigkeitsgebiets im Hinblick auf die Gebietskulissen Hochwasserentstehungsgebiet bzw. Überschwemmungsgebiet. Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente.....	165
Tab. 4-8: Häufigkeiten der HW-Ereignisse in den letzten 20 Jahren nach Flusseinzugsgebieten und Bundesländern in Prozent (grüner Wert: keine Hochwasser und 1-2 Mal, orangener Wert: 3-5 Mal und 6-10 Mal, roter Wert: 11-20 Mal und häufiger als 20 Mal).....	166
Tab. 4-9: Beschreibung des räumlichen Zuständigkeitsgebiets im Hinblick auf die Gebietskulissen Hochwasserentstehungsgebiet bzw. Überschwemmungsgebiet. (Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente.).....	168
Tab. 4-10: Jährlichkeiten der Hochwasser nach den Bundesländern	169
Tab. 4-11: Einschätzung notwendiger Anpassungsanstrengungen zur Vorbereitung auf Hochwasser	169
Tab. 4-12: Zustandekommen der Hochwasser in Abhängigkeit der Hochwasser Gebietskulissen (Angaben in absoluten Zahlen. Mehrfachnennungen waren möglich.)	170
Tab. 4-13: Häufigkeiten der unterschiedlichen Schadensarten. (Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente.).....	170
Tab. 4-14: Ursachenzuschreibung: Zustimmung zu unterschiedlichen Aussagen zum Hochwasser. (Angaben in Prozent.)	172
Tab. 4-15: Einschätzung des Anteils der Landwirtschaft an der Entstehung und Verschärfung des Hochwasserrisikos in Abhängigkeit des Zuständigkeitsgebiets des Teilnehmers (Angaben in absoluten Zahlen und Prozent)	173
Tab. 4-16: Bewertung des Informationsgrads der Landwirte.....	178
Tab. 4-17: Art der Erfahrungen mit Informationskampagnen nach Bundesländern (Angaben in absoluten Zahlen und Prozenten)	179
Tab. 4-18: Auswahl der als relevant eingestuften und genannte Partner in Behörden und außerhalb. (Angaben in absoluten Zahlen).....	180

Tab. 4-19: Wahrgenommener Bedarf an Zusammenarbeit zwischen Behörden und außerbehördlichen Partnern (Angaben in absoluten Zahlen)	181
Tab. 4-20: Form der Zusammenarbeit zwischen den Behörden und Partnern (Angaben in absoluten Zahlen).....	182
Tab. 4-21: Prozess der Entscheidungsfindung zwischen den Behörden und Partnern (Angaben in absoluten Zahlen)	183
Tab. 4-22: Zufriedenheit mit der Kooperation (Angaben in absoluten Zahlen).....	183
Tab. 4-23: Betriebszweige auf Betrieben befragter Landwirte	204
Tab. 4-24: Zusammenhang zwischen dem Einsatz konservierender Bodenbearbeitung und dem Alter der Landwirte (n=52).....	239
Tab. 5-1: Übersicht der am Workshop in Dessau beteiligten Personen.....	273
Tab. 5-2: Übersicht der am Workshop in Mönchengladbach beteiligten Personen.....	273
Tab. 5-3: Bewertungen zu Vortrag 1 und 2	275
Tab. 5-4: Bewertungen zu Vortrag 3 und 4	276
Tab. 5-5: Bewertungen zu Vortrag 5 und 6	278
Tab. 5-6: Bewertungen der Gesamtveranstaltung	279
Tab. 5-7: Bewertungen der einzelnen Beiträge.....	280
Tab. 5-8: Bewertungen der Gesamtveranstaltung	281

1 Einleitung

Mit dem Projekt MinHorLam wurde das Ziel verfolgt, verlässliche Angaben zum Einfluss von nicht-strukturellen Landnutzungsmaßnahmen auf die Entstehung von Hochwasser bewirkenden Abflüssen und die Ausprägung von Hochwasserrisiken in Überschwemmungsgebieten zu erhalten sowie daraus Optionen abzuleiten für die Minderung von Hochwasserrisiken durch einen gezielten Einsatz solcher nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen bzw. den Verzicht auf solche Landnutzungen. Vor dem Hintergrund von extremen Hochwasserereignissen in den vergangenen zwei Jahrzehnten in fast allen mitteleuropäischen Flussgebieten (Rhein, Donau, Po, Elbe, Oder, Weichsel, Memel, Dnister) mit vielen Menschenopfern und katastrophalen Sachschäden (waren und) sind dabei verallgemeinerungsfähige Aussagen mit Verwertungsmöglichkeiten für einzugsgebietsbezogene Hochwasserrisiko-Managementpläne gemäß EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie von besonderer Dringlichkeit.

Mit Fallstudien, wie sie für konkrete Flusseinzugsgebiete bzw. Teileinzugsgebiete unter Nutzung aufwendiger Einzugsgebietsmodelle in großer Zahl vorliegen, sind solche Aussagen nur sehr unzureichend leistbar. Im Projekt MinHorLam ist deshalb außer der Auswertung des vorhandenen Wissens ein methodisch anderer Weg gewählt worden, bei dem für die hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Untersuchungen zunächst die Prozesse auf den unmittelbaren Abflussbildungsflächen in Hochwasserentstehungsgebieten und auf den Überschwemmungsflächen in den Flussauen im Fokus standen, d. h. jenen Flächen, auf denen nicht-strukturelle Landnutzungsmaßnahmen zur Anwendung kommen (können). In großer Variationsbreite sind typische schematisierte Flächen- und Nutzungsstrukturen mit Hochwasser auslösenden Niederschlagsverläufen bzw. im Falle von Überschwemmungsflächen mit realistischen Hochwasserabflüssen (bis HQ_{100} und größer) beaufschlagt worden und mit solchen Prozessmodellen analysiert worden, die eine Ergebnisinterpretation mit Separation des Einflusses einzelner Struktur- und Randbedingungsparameter auf die Herausbildung von Hochwasserrisiken zulassen. (AP1 u. AP2). Auf dieser Grundlage sind Zuordnungen auf die Ausprägung von Hochwasserrisiken auf Einzugsgebiets-ebene erfolgt.

Parallel dazu sind in interdisziplinärer Abstimmung sozialwissenschaftliche Analysen, Erhebungen und Interviews zur Kooperationspraxis beim Hochwasserrisikomanagement im Agrarbereich (mit Identifizierung von Handlungsspielräumen und institutionellen Barrieren) (AP3) sowie zur Risikowahrnehmung und zum Problembewusstsein von Akteuren in HW-Entstehungs- und HW-Überschwemmungsgebieten (AP4) bearbeitet worden. Die Ergebnisse aus den vier Arbeitspaketen sind in AP5 zu Optionen für land- und forstwirtschaftliche Minderungsstrategien im einzugsgebietsbezogenen Hochwasserrisikomanagement zusammengeführt worden.

2 Angaben zum Bearbeitungsablauf

Das interdisziplinäre/ transdisziplinäre Forschungsvorhaben MinHorLam ist ein Verbundprojekt dreier Antragsteller (ZALF [gleichzeitig Koordinator des Vorhabens], LfULG und UHH [BIOGUM]) mit einer Aufgabenverteilung in 5 Arbeitspaketen gemäß Abb. 2-1 und Abb. 2-2. In AP2 ist das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ) als Auftragnehmer des ZALF für spezifische Arbeitsaufgaben zu Schadstoffeinträgen auf bei Hochwasser überschwemmte landwirtschaftlich genutzte Flächen eingebunden. Durch das BMBF ist mit Zuwendungsbescheid vom 29. November 2007 eine Projektförderung für den Zeitraum vom 01. Februar 2008 bis zum 31. Juli 2009 (18 Monate) bewilligt worden. Für das LfULG (AP1 und anteilig AP5) sind ein späterer Arbeitsbeginn zum 01. Juni 2008 und ein daraus resultierender späterer Abschluss zum 30. November 2009 gewährt worden. Um diese Ergebnisse in das Gesamtvorhaben und in einen gemeinsamen Abschlussbericht/ Abschlusspublikation einarbeiten zu können sowie auch wegen einiger davon beeinflusster, erst im 2. Halbjahr 2009 möglicher Aktivitäten (z. B. Workshops) sind im Juli 2009 durch das BMBF kostenneutrale Verlängerungen für alle drei Teilprojekte des Gesamtvorhabens MinHorLam bis zum 31. Dezember 2009 gewährt worden.

MinHorLam-Arbeitspakete	Leitung Kooperation
AP 1: Beurteilung Hochwasser mindernder Effekte durch Landnutzungswandel in Hochwasserentstehungsgebieten	LfULG ZALF-LWH
AP 2: Wirkungen nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten als Hochwasserrisikokomponenten	ZALF-LWH UFZ
AP 3: Interaktionsanalyse zur landwirtschaftlichen Hochwasserrisikominderung im Flusseinzugsgebiet	ZALF-SÖ LfULG, ZALF-LWH, BIOGUM
AP 4: Risikowahrnehmung und -bewusstsein von Akteuren in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsregionen	BIOGUM
AP 5: Optionen für land- und forstwirtschaftliche Minderungsstrategien im Gesamtkonzept des Hochwasserrisiko-managements auf Flussgebietsebene	ZALF-LWH/SÖ BIOGUM, LfULG, UFZ

BMBF Forschungsprojekt **MinHorLam** 

Abb. 2-1: MinHorLam-Arbeitspakete

Darüber hinaus sind aus den zwischenzeitlich erreichten Arbeitsergebnissen Notwendigkeiten für eine partielle Erweiterung der Arbeitsaufgaben geschlussfolgert worden. In Abstimmung mit dem Projektträger ist dazu ein Aufstockungsantrag gestellt worden, für den zum 01.10.2009 die Bewilligung für einen fünfmonatigen Bearbeitungszeitraum bis zum 28.02.2010 erging. Die neu hinzu gekommenen Arbeitsaufgaben sind in diesem Ergebnisbericht jeweils in den Abschnitten „Ziel- und Aufgabenstellung“ erkennbar ausgewiesen und mit ihren Ergebnissen und Schlussfolgerungen in die entsprechenden Kapitel eingearbeitet worden.

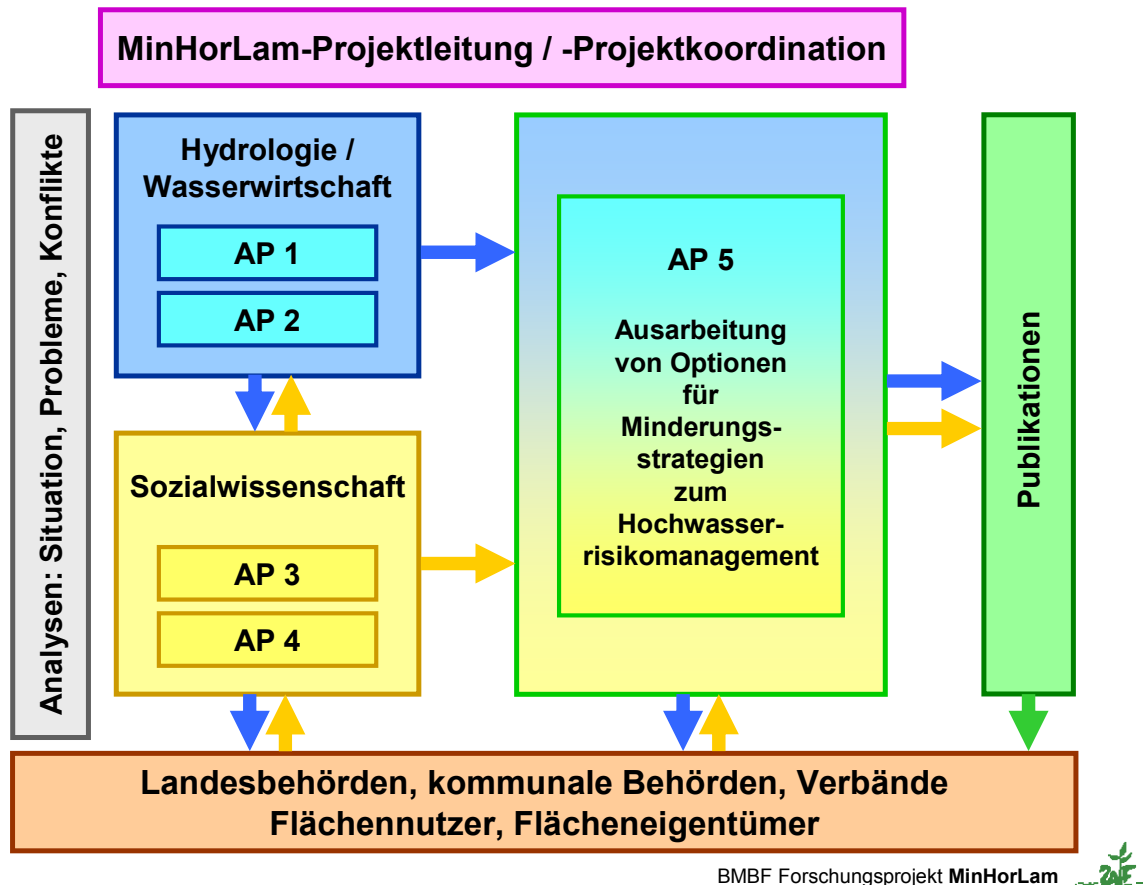


Abb. 2-2: MinHorLam-Projektleitung/ -Projektkoordination

Der Projektantrag wurde 2007 nach den Kriterien der Ausschreibung zur ERA-Net Crue-Förderinitiative „Risikobewertung und Risikomanagement: Wirksamkeit und Effizienz von nicht technischen Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements“ (BMBF, 2005) als nationales deutsches Vorhaben (auf Empfehlung des BMBF) erarbeitet und eingereicht, nachdem ein adäquates gemeinsames Vorhaben mit englischen und österreichischen Partnern (FLORIMA) in der internationalen Vergabekommission aus Prioritätserwägungen der Partnerländer keinen Zuschlag erhalten hatte.

Der Forschungsbedarf für wissenschaftliche Untersuchungen zu den Wirkungen nicht-struktureller land- und forstwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Ausprägung von (extremen) Hochwasserereignissen mit hohem Schadensrisiko wurde aus der Vielzahl sehr kontrovers geführter Debatten zu diesem Problemkreis nach dem Oder-

Hochwasser 1997 und dem Elbe-Hochwasser 2002 deutlich. Dazu gehörten vor allem auch nicht belegte spekulative Behauptungen zu vermeintlichen Minderungsmöglichkeiten von Hochwasser auslösenden Abflüssen durch Landnutzungswandel zugunsten verbesserter Infiltrationskapazität der Böden und der Drosselung von Oberflächenabflüssen durch die Retardationseffekte der Vegetation. Hinsichtlich der vielerorts in den Überschwemmungsbereichen der Flüsse üblichen Ackernutzung wurde gemeinhin unterstellt, dass Ackerkulturen bei extremen HW-Abflüssen (z. B. HQ₁₀₀) zu kritischen Wasserstandserhöhungen führen und damit maßgeblich zu einem hohen Schadensrisiko beitragen würden. Als weitere Risiken infolge Ackernutzung in Überschwemmungsgebieten wurden Erosionsgefährdung und diffuse Stoffeinträge in Gewässer unterstellt. Alle diese Behauptungen erlangten hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit. Eigene Argumente einer kritischen Differenzierung und Relativierung konnten nicht hinreichend mit gesicherten Ergebnissen belegt werden. Aus der Einbeziehung in Expertengruppen, Podiumsdiskussionen, Fachtagungen, Flusskonferenzen der Bundesregierung (Quast, 1998, 2005) und als Sachverständiger im Umweltausschuss des Deutschen Bundestages zum Hochwasser-Artikelgesetz (Deutscher Bundestag 2004) hat J. Quast das dem Projekt MinHorLam zugrundeliegende Forschungskonzept abgeleitet. Dieses Konzept zielte auf verallgemeinerbare Analysen zu maßgebenden Abflussbildungs- und Überschwemmungsprozessen für schematisierte Wirkungsflächen und deren Beaufschlagung mit realistischen Randbedingungen extremer Niederschläge und Abflüsse. Fallstudien mit Einzugsgebietsmodellen sind von vornherein als nicht Ziel führend ausgeschlossen worden.

Es gelang, für diese Projektidee Partner zu gewinnen, die zu den ihnen angetragenen Teilaufgaben bereits langjährig ausgewiesen waren und zwischen denen es in früheren Projekten schon erfolgreiche Kooperationen gegeben hatte.

Zu den fünf Arbeitspaketen von MinHorLam wurden detaillierte Aufgabenblätter zu Zielen, Hypothesen, Methoden und anzustrebenden Ergebnissen erarbeitet, die im Folgenden (nach der Vorhabensbewilligung) verbindliche Richtschnur der Projektarbeit waren und auch im hier vorgelegten Ergebnisbericht jeweils den Berichten zu den Arbeitspaketen vorangestellt sind. Zur Regelung der Kooperationsbeziehungen wurde zwischen den Partnern eine Konditionalvereinbarung geschlossen.

Seit dem Projektstart zum 01.02.2008 hat es neun Projekttreffen gegeben. Besonders hervorzuheben ist das Projekttreffen am 16./17. Februar 2009, bei dem nach einem Jahr Bearbeitungszeit Zwischenergebnisse bei Beteiligung der vormaligen Projektpartner aus England und Österreich (FLORIMA) vorgestellt und diskutiert wurden.

MinHorLam Konzepte und Zwischenergebnisse wurden auf internationalen Konferenzen präsentiert und publiziert, im Mai 2008 zur International Environmental Conference, TU Vilnius/ Lithuania (Quast et al., 2008), im Mai 2009 zur 23th European Regional Conference of ICID, Lviv/ Ukraine (Sbjeschni und Schmidt, 2009; Messal et al., 2009; Sawicka und Knierim, 2009, Szerencsits und Gottschick, 2009).

3 Berichte zu den hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Untersuchungen (AP1 und AP2)

3.1 AP1 – Beurteilung Hochwasser mindernder Effekte durch Landnutzungswandel in Hochwasserentstehungsgebieten

3.1.1 Ziel- und Aufgabenstellung

Die Arbeiten und die Zusammenstellung der Ergebnisse zum Arbeitspaket 1 sind an den im Projektantrag formulierten Zielen und Hypothesen orientiert.

a) Thema AP1:

- Beurteilung Hochwasser mindernder Effekte durch Landnutzungswandel in Hochwasserentstehungsgebieten – Systematische Erfassung, Katalogisierung und Analyse der Wirksamkeit von nicht-strukturellen Maßnahmen auf Abflussbildung und Erosion

b) Leitung:

- LfULG

c) Kooperation:

- ZALF-LWH, ZALF-SÖ, Uni Hamburg (BIOGUM), UFZ

d) Ziele:

- Klassifizierung von Abflussminderungspotenzialen land- und forstwirtschaftlicher Maßnahmen bei hochwasserrelevanten Niederschlagssituationen für systematisierte Strukturen von Abflussbildungsflächen
- Einzugsgebietsbezogene Interpretation des Minderungspotenzials nicht-struktureller Maßnahmen im Hochwasserentstehungsgebiet auf Scheitelwasserstände in Überschwemmungsgebieten unter Zugrundelegung prinzipieller Einzugsgebietsstrukturen mit Beispielscharakter
- Charakterisierung der Auswirkung Erosion mindernder Maßnahmen auf die Erosionsfrachten von Abflussbildungsflächen in unterhalb liegende Oberflächengewässer und Überschwemmungsgebiete

e) Hypothesen:

- Die Reduzierung bzw. Dämpfung von schnellen Abflüssen durch Infiltrationseffekte oder durch Oberflächenrauigkeit nimmt mit ansteigender Niederschlagsintensität und -dauer und bei entsprechend hoher Bodenfeuchte ab und ist bei hochwasserrelevanten Extremniederschlägen in Hochwasserentstehungsge-

bieten nur noch gering. Entsprechend gering sind auch die Einwirkungs-/Minderungsmöglichkeiten von Landnutzungsmaßnahmen auf derartige Abflüsse in Einzugsgebieten, die durch schnelle Abflusskomponenten dominiert werden

- Versickerungsfördernde Maßnahmen einer angepassten Landnutzung können auch in Gebieten außerhalb der maßgebenden Hochwasserentstehungsgebiete (mit Extremniederschlägen) infolge Verzögerung des Gebietsabflusses einen Beitrag zur Hochwasserminderung im unterhalb gelegenen Hauptstrom leisten
- Dichte Vegetationsbedeckung und fest verwurzelte Pflanzenbestände bieten bei extremen Niederschlägen noch einen guten Erosionsschutz und mindern so das Schadensrisiko infolge abflussbedingter Erosionsfrachten in angrenzenden Unterliegergebieten (lokale Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen)

f) Methoden/ Arbeitsschritte:

- Interpretation verfügbarer Ergebnisse von Untersuchungen zu Abflussbildung und Erosion in Deutschland
- Sichtung der Daten zu Niederschlagsereignissen in Deutschland (räumliche und zeitliche Verteilung, Intensitäten) hinsichtlich Abflussbildungsrelevanz; Typisierung repräsentativer Niederschlagsereignisse
- Simulation typischer Szenarien für Abfluss- und Erosionsprozesse in Hochwasserentstehungsgebieten unterschiedlicher Charakteristik (auf Flussgebietsebene)
- Diskussion der Ergebnisse mit beteiligten Interessengruppen zur Entwicklung von Managementoptionen

Aus dem Aufstockungsantrag neu hinzugekommene Arbeitsaufgabe:

- Übertragung der Ergebnisse von Untersuchungen schematisierter Einzelflächen auf ein mesoskaliges Einzugsgebietsmodell und Interpretation der Modellergebnisse

Beitrag zur Erreichung des Projektziels (durch o. g. Arbeitsaufgaben):

- Interpretation der Übertragbarkeit von Ergebnissen der Einzelflächensimulationen auf Einzugsgebietsmodelle

g) Ergebnisse:

- Ausweisung der Wirkungen zur Abflussminderung von nicht-strukturellen Maßnahmen im landwirtschaftlichen Sektor; Abschätzung der maximal erreichbaren relativen Abflussminderung
- Hydrologisch basiertes Ranking und Katalog der Anwendungsbereiche und -grenzen von Abfluss mindernden und Erosionsschutzmaßnahmen
- Leitfaden zu Abfluss und Erosion mindernden nicht-strukturellen agrarischen Maßnahmen im Hinblick auf die EU-Hochwasser-Richtlinie

- Eingereichte wissenschaftliche Veröffentlichungen

3.1.2 Material und Methoden

3.1.2.1 Grundsätzliches

Ziel der im AP1 des Projektes MinHorLam durchgeführten Analysen war es, Potenziale von nicht-strukturellen Landnutzungsänderungen für einzelne Abflussbildungsflächen zu ermitteln, d. h. bis zu welchem Ausmaß unter den für Hochwasserentstehungsgebiete gegebenen Standort-, Boden- und Vegetationsbedingungen eine Abflussminderung bzw. -dämpfung durch Infiltrationseffekte oder Oberflächenrauigkeiten im Zusammenwirken mit nicht-strukturellen Landnutzungsmaßnahmen eintritt und bei welchem Niederschlagsereignis bzw. welchem Niederschlagsverlauf diese Effekte ausgeschöpft sind und so überschritten werden, dass weitere Niederschläge überwiegend an der Oberfläche des bewirtschaftbaren Schlages zum Abfluss kommen und unterhalb zu Hochwasser führen bzw. beitragen können.

Solche Niederschläge sollten dann als Schwellenwerte in Relation zu realen Niederschlagsereignissen gesetzt werden, die in Flusseinzugsgebieten in Deutschland zu Hochwasser geführt haben. Dabei war zwischen der Beeinflussbarkeit des Oberflächenabflusses und dem damit verbundenen lokalen Hochwasserrisiko unmittelbar unterhalb der einzelnen Abflussbildungsfläche bzw. einer Gruppierung solcher in einer Region und der Beeinflussbarkeit von Hochwasserabflüssen in größeren Flusseinzugsgebieten zu unterscheiden.

Weiterhin sollten auch die Auswirkungen nicht-struktureller land- und forstwirtschaftlicher Maßnahmen auf die abflussbedingten Erosionsfrachten von einzelnen Abflussbildungsflächen und dem damit verbundenen Schadensrisiko in unterhalb angrenzende Unterliegergebiete charakterisiert werden.

Im Sinne von nicht-strukturellen Landnutzungsänderungen wurden im Arbeitspaket 1 einerseits die Effekte von Bodenbearbeitung und Pflanzenbau auf Ackerflächen sowie die Effekte veränderter Landnutzung mit Grünland oder Wald analysiert und bewertet.. Hinsichtlich der Bodenbearbeitung wurde unterschieden zwischen:

- Konventioneller Bodenbearbeitung, deren wesentliches Kennzeichen die Lockerung und Wendung des Bodens mit dem Pflug bis auf Krumentiefe (in der Regel bis 30 cm Bodentiefe) ist,
- Konservierender Bodenbearbeitung, welche unter Einsatz nichtwendender Bodenbearbeitungsgeräte, die den Boden weitgehend in seinem Aufbau belassen, auf den Pflugeinsatz verzichtet und
- Direktsaat, der Bestellung mit spezifischen Direktsämaschinen, ohne jegliche Bodenbearbeitung seit der vorangegangenen Ernte

Ziel war es, die Wirkung verschiedener Bodenbearbeitungs- und Landnutzungsszenarien bei unterschiedlichen Anfangs- und Randbedingungen auf Abflussbildung und damit verbundenem Bodenabtrag vergleichend zu untersuchen und Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Erosions- und Hochwasserschutzes abzuleiten.

In Ergänzung zur Interpretation des verfügbaren Wissens wurden dazu eigene systematische Modelluntersuchungen für schematisierte Abflussbildungsflächen gemäß Abb. 3-1 durchgeführt. Eine Beeinflussung der Abflussbildung ist durch Änderung der Bewirtschaftungsform (Acker- und Pflanzenbau) ausschließlich auf der einzelnen Anwendungsfläche, also dem betreffenden Acker- bzw. Grünlandschlag möglich. Das gesamte übrige Abflusssystem, welches angrenzende linienförmige Landschaftselemente wie Wege, Wegraine, Gräben, Bäche oder Unterlieger-Gewässer umfasst, bleibt von diesen Maßnahmen unbeeinflusst. Schlüsse auf das Einzugsgebiet können durch summarische Betrachtung der Einzelflächen gezogen werden.

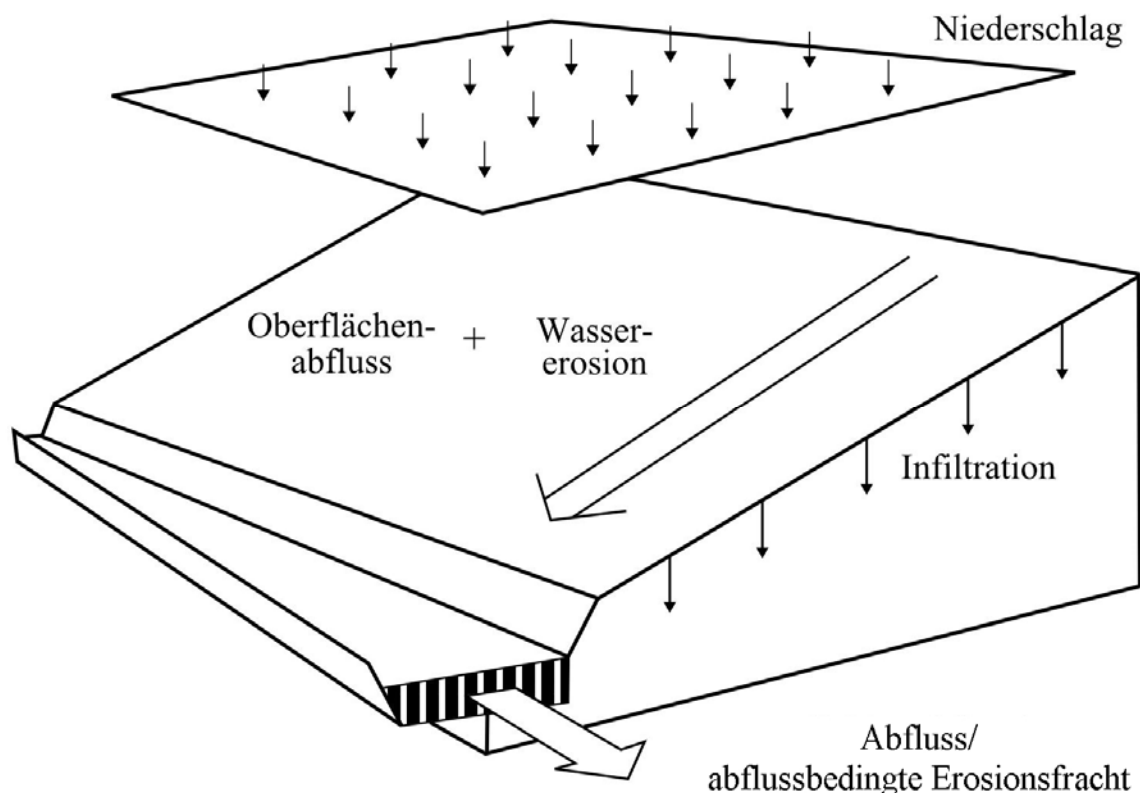


Abb. 3-1: Schematisierte Modellfläche

Für die Simulationen wurde zunächst ein fiktives Geländemodell manuell über eine ASCII-Datei erzeugt, welches anschließend mit Hilfe eines GIS-Moduls in eine digitale Rasterkarte umgewandelt wurde. Die Kantenlänge des digitalen Geländemodells wurde mit 100 m festgelegt, mit einer Rasterauflösung von 2 m und verschiedenen Hangneigungen (5 %, 10 % und 15 %).

Für die so erzeugten fiktiven Abflussbildungsflächen können bei der Modellierung je nach Bedarf verschiedene Randbedingungen definiert werden, um so z. B. den Ein-

fluss unterschiedlicher Hangneigungen oder unterschiedlicher Bodenbedeckungsgrade auf den Oberflächenabfluss und der damit verbundenen unterschiedlichen Ablöse- und Transportkapazität desselbigen beurteilen zu können.

Annahmen für die Modellierung

- geschichtete Bodenprofile von 70 cm Mächtigkeit mit A-B-C-Horizontierung
- Modellierung von Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteil an horizontal geschichteten Bodensäulen (1D-Infiltrationsmodell)
- Modellierung von Verschlämmung und Makroporen über veränderte bodenhydraulische Parameter innerhalb eines ansonsten unveränderten Bodenmodells
- Keine Berücksichtigung von Zwischen- und Basisabfluss
- Keine Berücksichtigung von Fremdwasserzufluss
- Keine Berücksichtigung von Interzeption und Evapotranspiration
- Homogene Bodenwassergehalte nach vorgegebener Entwässerungszeit innerhalb der einzelnen Horizonte
- Homogene Verteilung der bodenkundlichen Kennwerte, der Vegetationsbedeckung und des Niederschlages über gesamte Modellfläche
- Niederschlagsintensitätsverteilung als Blockregen bzw. Modellregen nach Euler-Typ 2 auf Basis von KOSTRA-DWD 2000 Daten

3.1.2.2 Verwendete Modelle

3.1.2.2.1 Infiltration/ Versickerung

Für die Bestimmung der Niederschlagsanteile, die unter gegebenen Strukturparametern und Randbedingungen in den Boden infiltrieren können bis Sättigung erreicht wird und Oberflächenabfluss auftritt, ist der Ansatz nach Green und Ampt, (1911) geeignet. Durch verschiedene Autoren wurden Modifikationen des Green-Ampt-Ansatzes vorgenommen, um diesen z. B. für geschichtete Bodenprofile anwendbar zu machen. Neuere Ansätze stammen z. B. von Hachum und Alfaro (1980), Beven (1984) Flerchinger et al. (1988) und Selker et al. (1999). Für die vorliegenden Modellierungen wurde ein modifizierter Ansatz des Green-Ampt-Modells nach Chu und Marino (2005) verwendet, der in der Lage ist, neben Schichtungen im Bodenprofil und unterschiedlichen Feuchteverteilungen auch Ungleichmäßigkeiten im Niederschlagsverlauf zu berücksichtigen. Das Modell wurde unter anderem auch bei Wilcke (2008) angewandt und zeigte, insbesondere auch beim direkten Vergleich mit einem numerischen Modell für den ungesättigten Wassertransport, gute Ergebnisse. Einen Über-

blick über die Modellvalidierung und eine detaillierte Beschreibung des Modellansatzes findet sich bei Chu und Marino (2005).

Bei der Green-Ampt-Infiltration wird das Versickern von Niederschlag in Form einer sich kolbenförmig von der Erdoberfläche vertikal ausbreitenden Feuchtefront im Boden betrachtet. Es wird angenommen, dass der Boden oberhalb der Feuchtefront, welche sich zu einer Zeit t in einer Tiefe L befindet, gesättigt ist, darunter ungesättigt und dass die Feuchtezunahme an der Front sprunghaft erfolgt. Nach dem Gesetz von Darcy ergibt sich für die Infiltrationsrate i (in cm/hr) zu diesem Zeitraum:

$$(3-1) \quad i = K_E \left[\psi \frac{\theta_s - \theta_i}{I(t)} + 1 \right] \quad \text{mit} \quad I(t) = L(\theta_s - \theta_i)$$

mit: K_E - effektive hydraulische Leitfähigkeit in [cm/hr]

ψ - Matrixpotential an der Feuchtefront in [cm]

θ_s - Sättigungsfeuchte in [cm³/cm³]

θ_i - Anfangswassergehalt in [cm³/cm³]

L - Tiefe der Feuchtefront in [cm]

$I(t)$ - kumulative Infiltration in [cm] in Abhängigkeit von der Zeit t

Die Modellierung der Infiltration erfolgte mit dem Programm HYDROL-INF, Version 3.00 (Chu und Marino, 2006), nach der Bestimmung der Eingabeparameter K_E , ψ , θ_s und θ_i (Einzelheiten siehe Anlage B1 (Abschnitt 1.2)). Des Weiteren wurden mit dem Programm HYDROL-INF auch die zu dem ermittelten abflusswirksamen Niederschlag gehörigen Abflussganglinien für schematisierte Modellflächen in Abhängigkeit von der Fließlänge, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit bestimmt

3.1.2.2 Oberflächenabfluss

Nach Welle und Woodward (1986) ist die Bestimmung der Konzentrationszeit für den Oberflächenabfluss nach dem Ansatz der kinematischen Welle die am besten geeignete. Wird von einem Hanglängsstreifen der Länge L ausgegangen, der gleichförmig mit der Intensität i überregnet wird, erhält man die Volumenbilanz am Hangfuß, wo eine Wasserschicht der Stärke H mit der Geschwindigkeit v abfließt, zu $vH = iL$. Die Konzentrationszeit T_c ergibt sich zu L/v . Wird v nach der Formel von Manning-Strickler bestimmt und die Rauigkeit nach Manning eingesetzt erhält man nach dem Ansatz der kinematischen Welle:

$$(3-2) \quad T_c = \frac{0.93(nL)^{0.6}}{i^{0.4} S^{0.3}}$$

- mit: n - Reibungsbeiwert nach Manning in [$m^{1/3}s^{-1}$]
 L - Hanglänge in [ft]
 i - Niederschlagsintensität in [$inch/hr$]
 S - Hangneigung in [%].

Bei Berechnungen mit dieser Formel gilt zu beachten, dass sowohl die Konzentrationszeit als auch die Niederschlagsintensität unbekannt sind und deshalb ein iterativer Lösungsprozess vonnöten ist. Die Rauigkeitsbeiwerte der Bodenoberfläche wurden von den aktuellen Verknüpfungsregeln, Regel 5.22 der bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 übernommen.

3.1.2.2.3 Erosion

Die Simulation von typischen Szenarien für Erosionsprozesse für schematisierte Abflussbildungsflächen in Hochwasserentstehungsgebieten erfolgte mit dem Programm Erosion 3 D, Version 3.15 (Schmidt et al., 1996). Das Programm EROSION 3D ist ein physikalisch rasterbasiertes Prozessmodell zur Prognose der durch natürliche Einzelregen oder Niederschlagsreihen verursachten Bodenerosion in Wassereinzugsgebieten. Es basiert im Wesentlichen auf dem von Schmidt (1994) entwickelten und in der Hangprofilversion EROSION 2D realisierten Modellansatz und simuliert den durch Oberflächenabfluss und Tropfenaufschlag entstehenden Feststoffabtrag von der Bodenoberfläche sowie die Feststoffdeposition innerhalb des Hangprofils für einzelne Niederschlagsereignisse. Das Gesamtmodell besteht aus drei Komponenten: einem digitalen Hangmodell, einem Infiltrationsmodell und dem eigentlichen Erosionsmodell. Die Infiltration wird auch hier unter Zuhilfenahme des Green-Ampt-Ansatzes berechnet. Einflüsse der Bodenbearbeitung auf die natürlichen Infiltrationseigenschaften der Böden werden im Modell mit Hilfe eines Korrekturfaktors ausgeglichen, der sich als Funktion der Bodenart und des jeweiligen Bearbeitungszustandes ermitteln lässt. Das Erosionsmodell beschreibt die Teilprozesse der Partikelablösung von der Bodenoberfläche und des Partikeltransports mit dem Oberflächenabfluss über einen Impulsstromansatz nach Schmidt et al. (1996). Erosion tritt auf, wenn die Summe der Impulsströme aus Oberflächenabfluss und Tropfenaufprall den Erosionswiderstand bzw. kritischen Impulsstrom des Bodens überschreitet (Schmidt et al., 1996). Begrenzt wird die Erosion durch die Transportkapazität des Abflusses, die wiederum von der Turbulenz und der Sinkgeschwindigkeit der transportierten Partikel abhängig ist. Die Prozesse werden für jedes Rasterelement untersucht und bilanziert. Demnach gilt für die Erosion bzw. Deposition γ :

$$(3-3) \quad \gamma = \left[\frac{q_{s,in} - q_{s,out}}{\Delta x} \right] * \Delta T$$

- mit: γ - Erosion/ Deposition [kg]
- $q_{s,in}$ - Sedimenteintrag aus dem oberhalb gelegenen Hangsegment
[$kg^l m^{-l} s^{-l}$]
- $q_{s,out}$ - Sedimentaustrag aus dem Segment [$kg^l m^{-l} s^{-l}$]
- Δx - Länge des Hangsegmentes [m]
- ΔT - Zeitintervall [s]

3.1.2.3 Vorgehensweise bei der Modellierung

Einen allgemeinen Überblick zur Vorgehensweise bei der Modellierung gibt Abb. 3-2. Es wird in diesem Zusammenhang auch auf die Anlage B1 (Abschnitt 1.2) verwiesen, wo eine detaillierte Beschreibung der Herangehensweise vorliegt.

Die Parametrisierung der bodenphysikalischen bzw. -hydraulischen Kennwerte fand ausgehend vom deutschen Bodenartendreieck unter Verwendung verschiedener Pedotransferansätze (van Genuchten, 1980; Adams, 1973; Zacharias und Wessolek, 2007; Rawls, 1983, Rawls et al. 1989 u. a.) in Abhängigkeit der Landnutzung und Bewirtschaftungsform statt. Dabei wurde jeweils ein angepasster Parametersatz für die Bodenbewirtschaftungsformen konventionell, konservierend und Direktsaat sowie für Grünland und Wald generiert, der alle wichtigen Einflussfaktoren zur Bestimmung des Wasserretentionsvermögens berücksichtigt.

Für die Beschreibung der Wasserretentionseigenschaften wurde die Wasserspannungs-Wassergehalts-Funktion nach van Genuchten (1980) ausgewählt:

$$(3-4) \quad \theta(h) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha h)^n]^{\left(\frac{1-1}{n}\right)}}$$

- mit: $\theta(h)$ - Wassergehalt in Abhängigkeit vom Matrixpotential h in [cm^3/cm^3]
- θ_r - Restwassergehalt in [cm^3/cm^3]
- θ_s - Sättigungswassergehalt in [cm^3/cm^3]
- α - Optimierungsparameter in [cm^{-1}].
- n - Optimierungsparameter [-]

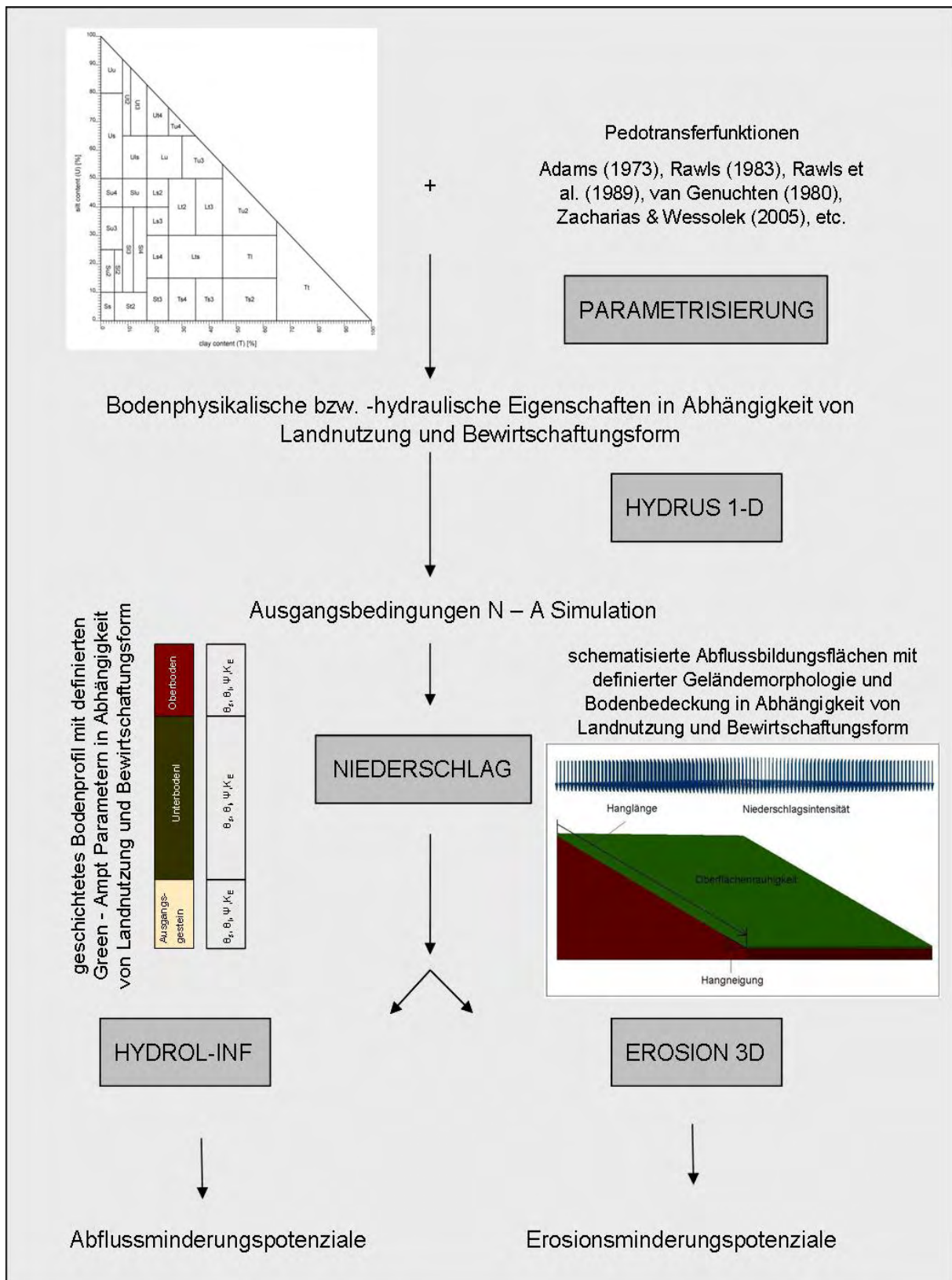


Abb. 3-2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Modellierung von Hochwasser mildernden Effekten durch Landnutzungswandel

Die Berücksichtigung der Bewirtschaftung in der Parametrisierung der Wasserretentionseigenschaften erfolgte unter Nutzung der Pedotransferfunktion von Zacharias und Wessolek (2007), die eine Schätzung der sogenannten van Genuchten-Para-

meter θ_s , θ_r , α und n in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung und der Lagerungsdichte ermöglicht. Für die konservierend bearbeiteten Böden wurde eine Lagerungsdichte, vergleichbar denen natürlicher unbearbeiteter Böden in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung in Anlehnung an Rawls (1983) angenommen. Für gepflügte Standorte erfolgte eine Schätzung der Lagerungsdichte nach Rawls et al. (1983). Zusätzlich erfolgte eine Berücksichtigung differierender Gehalte an organischem Kohlenstoff in Abhängigkeit von der jeweiligen Landnutzungsmaßnahme auf der Grundlage der Pedotransferfunktionen von Adams (1973) und Rawls (1983) und deren Einfluss auf die Lagerungsdichte.

Ein weiterer Einflussfaktor bei der Abbildung des Entwässerungsverhaltens ist die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit. Für die Bestimmung dieses Parameters steht eine Reihe von Pedotransferfunktionen zur Verfügung (z. B. Saxton et al., 1986, Vereecken et al., 1990). Um die in Abhängigkeit von der Korngrößenverteilung jeweils am besten geeignete auszuwählen, wurden die Ergebnisse von Tjetie und Hennings (1996) genutzt. Nach der Parametrisierung der bodenartenspezifischen Wasserretentionsfunktion (Gl. (3-4)) und der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit erfolgte die Bestimmung des Anfangswassergehaltes bzw. der Vorgeuchte mit der Software HYDRUS-1 D, Version 4.xx (Simunek et al., 2008). Unter Nutzung der Software fand eine Berechnung des gravitativen Sickerwasserabflusses zur Bestimmung der Bodenwassergehalte in Abhängigkeit von der Entwässerungszeit für alle 31 Bodenarten gemäß deutschem Bodenartendreieck statt. Die Berechnung erfolgte für jede Bodenart separat für die vorher definierten Parametersätze für die Bodenbewirtschaftungsformen konventionell, konservierend und Direktsaat sowie für Grünland und Wald. Die auf diese Weise ermittelten Bodenwasservorräte in Abhängigkeit von Textur, Lagerungsdichte und der Entwässerungszeit bildeten den Ausgangswert für die zu berechnende Green-Ampt-Infiltration.

Da sowohl das Model HYDROL-INF als auch EROSION 3D nicht in der Lage sind, den Makroporenfluss im Sinne eines „dual permeability“-Ansatzes zu beschreiben oder Makroporen explizit getrennt zu behandeln, wurde die Makroporosität durch veränderte Bodenparameter innerhalb eines ansonsten unveränderten Bodenmodells unter Nutzung eines von der Korngrößenverteilung und der Lagerungsdichte abhängigen Makroporositätsfaktors beschrieben. Auch die Parametrisierung der Verschlämmung erfolgte durch einen von Bodenart und Lagerungsdichte abhängigen Verschlämmungsfaktors, da dieser in beiden Modellen nicht als dynamische Prozessgröße beschrieben wird, sondern vielmehr als eine Zustandsgröße behandelt wird. Zur Bestimmung dieser Faktoren wurden Pedotransferfunktionen von Rawls et al. (1989) genutzt und von der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit die effektive hydraulische Leitfähigkeit in der Art und Weise bestimmt, dass durch Vegetationsbedeckung und nicht-wendende Bodenbearbeitungsverfahren, wie der konservierenden Bodenbearbeitung/ Direktsaat die effektive hydraulische Leitfähigkeit durch Multipli-

kation der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit mit einem Bodenart und Lagerungsdichte abhängigen Makroporen-Faktor vergrößert wird, während die effektive hydraulische Leitfähigkeit bei Böden ohne schützende Vegetationsbedeckung durch einen Verschlämmungsfaktor herabgesetzt wird.

Nach der Ableitung aller erforderlichen Green-Ampt-Parameter erfolgte die Modellierung von Abflussminderungspotenzialen mit dem Programm HYDROL-INF, Version 3.00 (Chu und Marino, 2006). Nach der Separierung von Oberflächenabfluss und Infiltration für ausgewählte Niederschlagsverläufe wurden Abflussbildungsflächen definiert (siehe Abschnitt 3.1.2.1) und die dem entstehenden Oberflächenabfluss zugehörigen Abflussganglinien in Abhängigkeit von der Fließlänge, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit (Rauigkeitsbeiwert der Bodenoberfläche nach Manning in Abhängigkeit von Nutzung und Bodenbearbeitung) der schematisierten Modellflächen bestimmt.

Die der Modellierung zugrundeliegenden Niederschlagsereignisse sind mit Hilfe der Software KOSTRA-DWD 2000 einer vom Deutschen Wetterdienst autorisierten digitalen Datenbank des ITWH (Institut für technisch wissenschaftliche Hydrologie) bestimmt worden. Die Datenbank stellt regionalisierte, statistische Starkniederschlagshöhen in Deutschland in Abhängigkeit von der Dauerstufe und Wiederkehrzeit zur Verfügung. Die Modellierung von Infiltration/ Oberflächenabfluss und der damit verbundenen abflussbedingten Bodenabträge erfolgte unter Verwendung typischer Niederschlagswerte im Bereich der Hochwasserentstehungsgebiete in Sachsen für die 100-jährigen Wiederkehrzeiten für die Dauerstufen 1, 12 und 24 Stunden als Blockregen. Um den Einfluss der Niederschlagscharakteristik zu verdeutlichen, wurden zusätzlich intensitätsvariable Modellregen nach Euler-Typ II generiert. Weiterhin wurden mit Hilfe des sogenannten PEN-Verfahrens Werte für die 1000-jährigen Wiederkehrzeiten für die Dauerstufen 1, 12 und 24 Stunden generiert und als Blockregen simuliert sowie ein reales extremes Niederschlagsereignis (August 2002, Station Zinnwald-Georgenfeld) als Grundlage für die Berechnungen herangezogen (Quelle: DWD). Einen Überblick zu den simulierten Niederschlagsereignissen (Wiederkehrzeit, Dauer und Gesamtregenmenge) gibt Tab. 3-1.

Auch zur Bestimmung der Erosionsminderungspotenziale wurden die betreffenden Bodenparameter nach der weiter oben beschriebenen Herangehensweise bestimmt und dementsprechend für das Modell EROSION 3D übernommen. Des Weiteren wurden in EROSION 3D auch dieselben Niederschlagsverläufe wie in HYDROL-INF simuliert. Die Erstellung von landnutzungs- und bodenbearbeitungsabhängigen Parametern, wie Rauigkeitsbeiwert nach Manning, Bedeckungsgrad und Erosionswiderstand der Bodenoberfläche, fand mit der Software DPROC Ver. 1.50 statt. Als Datengrundlage stützt sich das Programm dabei auf den Digitalen Parameterkatalog für Sachsen, der je nach Bodenbearbeitungsart differenzierte Werte enthält.

Tab. 3-1: Übersicht zu den simulierten Niederschlagsereignissen (Quelle: DWD)

KOSTRA-Atlas (Wiederkehrzeit 100 Jahre)	Niederschlagsmenge (mm)
1 Stunde	60
12 Stunden	95
24 Stunden	130
PEN-Werte (Wiederkehrzeit 1000 Jahre)	
1 Stunde	85
12 Stunden	135
24 Stunden	190
Zinnwald 2002 (12.8. 0 Uhr bis 14.8. 0 Uhr)	387

3.1.3 Ergebnisse und Diskussion

3.1.3.1 Abflussminderung ausgewählter nicht-struktureller Maßnahmen

3.1.3.1.1 Hochwasser auslösende lang anhaltende Starkniederschläge

In den folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse des Green-Ampt-Infiltrationsmodells für die Bodenart Ls3 (sandiger Lehm) dargestellt. Diese Bodenart wurde nach einer GIS-gestützten Auswertung vorhandener Bodenkarten/ Bodenkonzepkarten als Ergebnis der digitalen und inhaltlichen Altdatenvalidierung von Kartierungen landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzter Flächen Sachsens (Quelle: LfULG) ausgewählt, da sie innerhalb der definierten Hochwasserentstehungsgebiete in Sachsen vorherrschend ist.

Ausgangsbedingung für die Modellierung war ein geschichtetes Bodenprofil von 70 cm Mächtigkeit mit einer geringdurchlässigen Schicht im Liegenden, als Startwassergehalt wurde der unter Nutzung der Software HYDRUS-1D bestimmte Bodenwassergehalt nach 15-tägiger gravitativer Entwässerung und als Regenereignis ein 12-stündiger Blockregen mit 100-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit nach KOSTRA-DWD 2000 (Niederschlagsmenge 95 mm) gewählt.

Die Modellierungsergebnisse zeigen in diesem konkreten Fall Unterschiede in den kumulativen Anteilen von Infiltration und Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen. So beträgt z. B. der Anteil der Infiltration bei Grünlandnutzung etwa 55 % des Gebietsniederschlages, bei konventioneller Bodenbearbeitung hingegen nur noch etwa 46 % (Abb. 3-3). Für den Gesamtanteil des Oberflächenabflusses in Relation zum Gebietsniederschlag ergeben sich dadurch für die beiden Extreme Grünland und konventionelle Bodenbearbeitung Werte von 45 %

bzw. 54 %. Weiterhin fällt auf, dass der Oberflächenabfluss bei konventioneller Bodenbearbeitung schon etwa 50 min nach Beginn des Niederschlagsereignisses einsetzt, während dieser bei Grünland mit einer deutlichen zeitlichen Verzögerung erst nach etwa 2 Stunden 50 min einsetzt (Abb. 3-4).

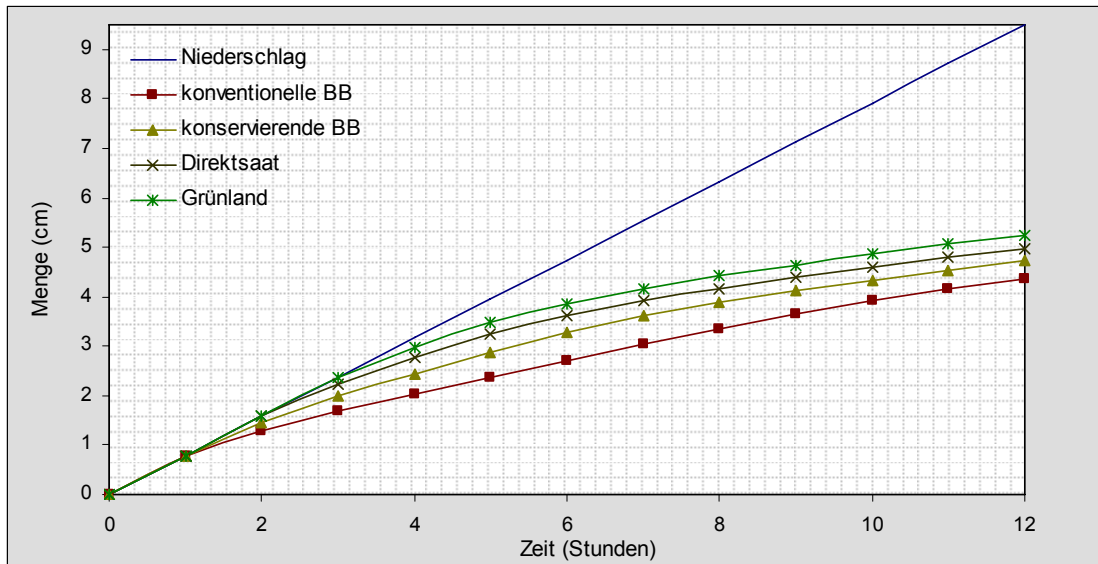


Abb. 3-3: Kumulative Infiltration auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart sandiger Lehm, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden)

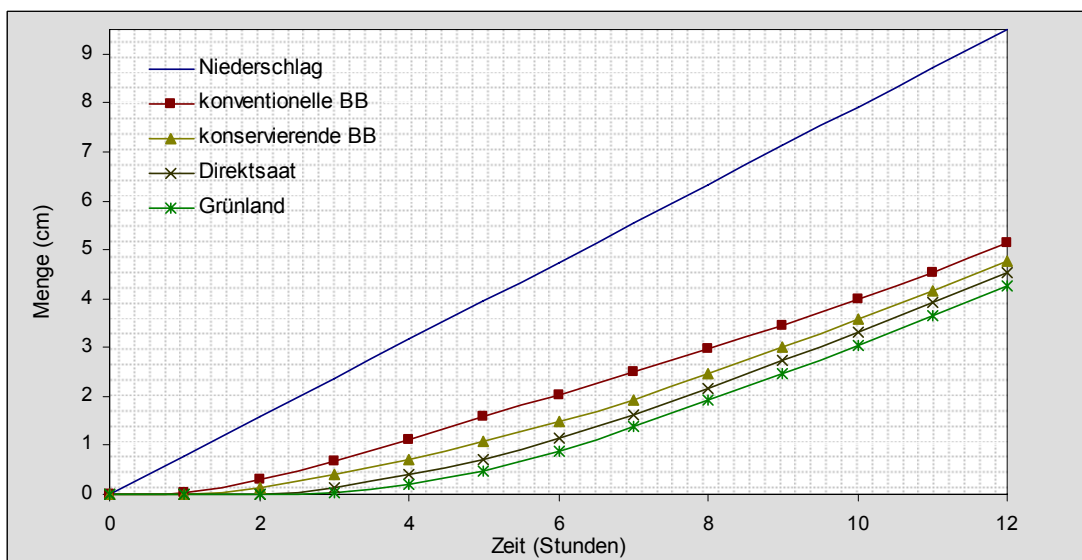


Abb. 3-4: Kumulativer Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: sandiger Lehm, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden)

Vergleicht man hingegen – für dasselbe Niederschlagsereignis – die Infiltrationsraten, die sich zu bestimmten Zeiten nach Beginn des Niederschlagsereignisses in Abhängigkeit von der Landnutzung einstellen, ergibt sich ein anderes Bild, wie auf den Abb. 3-5 a bis Abb. 3-5 d deutlich wird.

So sind in der Anfangsphase des Niederschlagsereignisses noch deutliche Unterschiede in den Infiltrationsraten auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen zu erkennen (Abb. 3-5 a und Abb. 3-5 b), doch mit länger anhaltendem Niederschlag sinkt die Infiltrationskapazität des Bodens immer weiter ab, bis sich schließlich das Verhältnis von Infiltrationsrate und dem sich daraus ergebenden Oberflächenabfluss unabhängig von der Nutzungsform ausgleicht und somit ab diesem Punkt der Einfluss verschiedener Landnutzungsmaßnahmen bzw. Bodenbewirtschaftungsformen keine Rolle mehr spielt. Infolgedessen existiert bei weiter fallendem Niederschlag und dadurch bedingter Auffüllung des Bodenspeichers keine Möglichkeit mehr, den Oberflächenabfluss durch die angeführten Bodenbearbeitungs- bzw. Landnutzungsmaßnahmen zu mindern und weiter auf die Fläche fallender Niederschlag kommt unabhängig von der Landnutzung zu gleichen Anteilen zum Abfluss. Wie bereits erwähnt, ist mit Hilfe der KOSTRA Software die Generierung von Modellregen möglich. Als Modellregen wird dabei – im Gegensatz zum Blockregen – ein intensitätsvariabler Regenverlauf, bestehend aus Intervallen gleicher Dauer innerhalb der vorgegebenen Gesamtdauer verstanden, für den sowohl bezüglich der Gesamtregenhöhe als auch der Regenhöhen von darin enthaltenen Teilabschnitten die vorgegebene Wiederkehrzeit gilt (Barthels et al., 1995).

Um die oben getroffenen Aussagen auch für einen intensitätsvariablen Regenverlauf zu prüfen, wurde nach den Vorgaben der KOSTRA Software zunächst ein Modellregen vom Typ Euler 2 strukturiert (Abb. 3-6) und anschließend eine Simulation unter Nutzung sonst gleicher Ausgangsbedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 3-6 dargestellt und es ist deutlich zu erkennen, dass die vorhin getroffenen Aussagen auch für den Fall eines intensitätsvariablen Regenverlaufes ihre Gültigkeit besitzen. So betragen z. B. die prozentualen Unterschiede in Infiltration und Oberflächenabfluss auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen bzw. Bodenbewirtschaftungsformen wie für das Blockregen-Ereignis für die beiden Extreme Grünlandnutzung und konventionelle Bodenbearbeitung etwa 9 %. Gleichzeitig wird aber in Abb. 3-7 auch deutlich, dass sich der relative Anteil an der Infiltrationsmenge in Abhängigkeit zur Gesamtniederschlagsmenge für den Fall des intensitätsvariablen Regens um etwa 10 % unabhängig von der jeweiligen Landnutzungsform verringert. Dies ist durch die kurzzeitig stark erhöhte Intensität des Niederschlags, die konsequenterweise auch zu mehr Oberflächenabfluss führt, zu erklären. Das bedeutet, dass die Abhängigkeit des Abflussgeschehens in starkem Maße durch die Intensitätsverteilung des auf die Fläche auftreffenden Niederschlages geprägt wird. So ergeben sich beispielweise für die konservierende Bodenbearbeitung je nach der Verlaufsform des Niederschlagsereignisses für den Oberflächenabflussanteil in Relation zur Gesamtniederschlagsmenge Werte von 54 % für den Blockregen, dagegen aber 64 % für den intensitätsvariablen Regen.

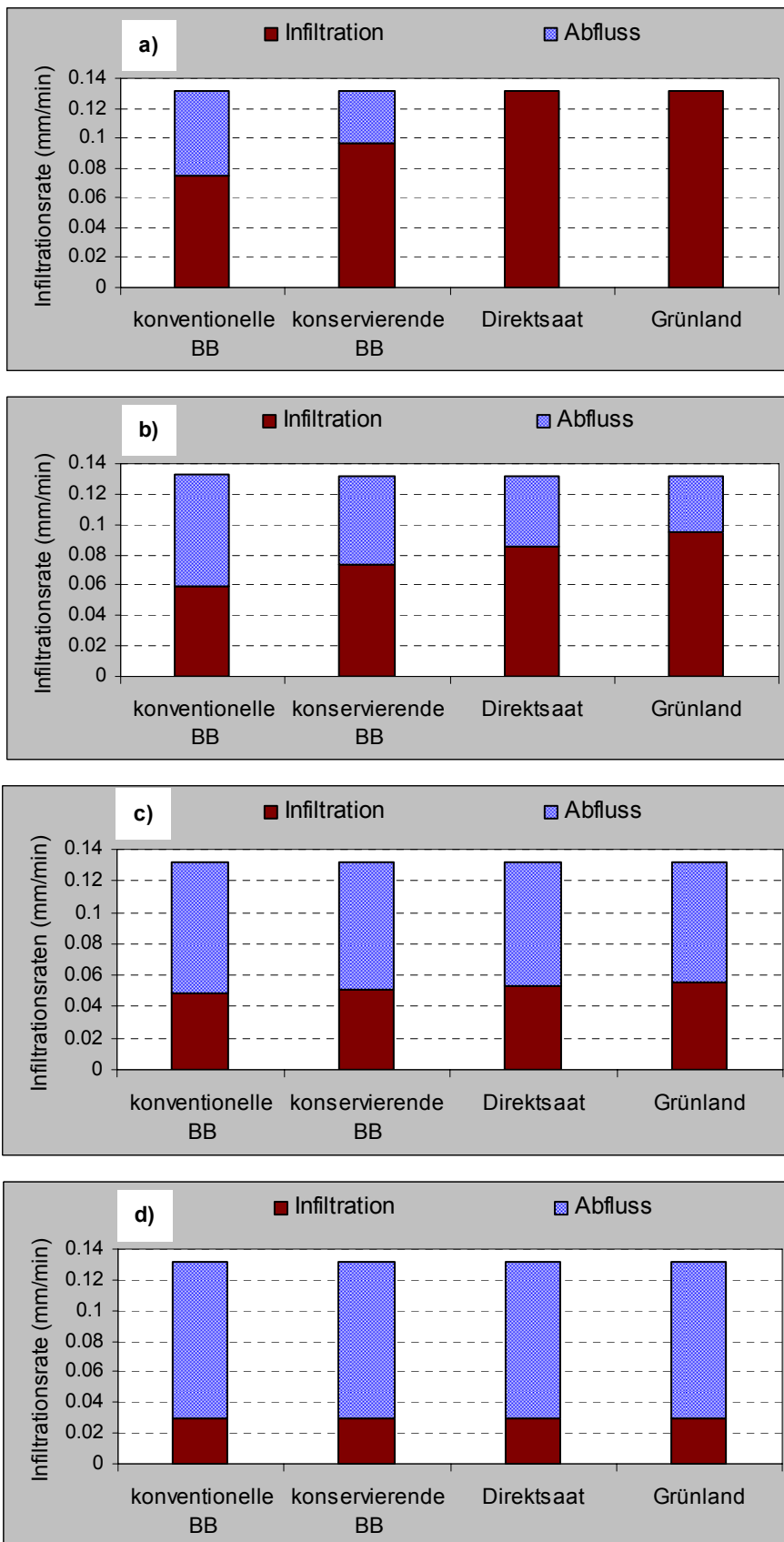


Abb. 3-5: Infiltrationsraten a) 2 Stunden, b) 4 Stunden, c) 6 Stunden nach Beginn und d) am Ende des Niederschlagsereignisses (Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden)

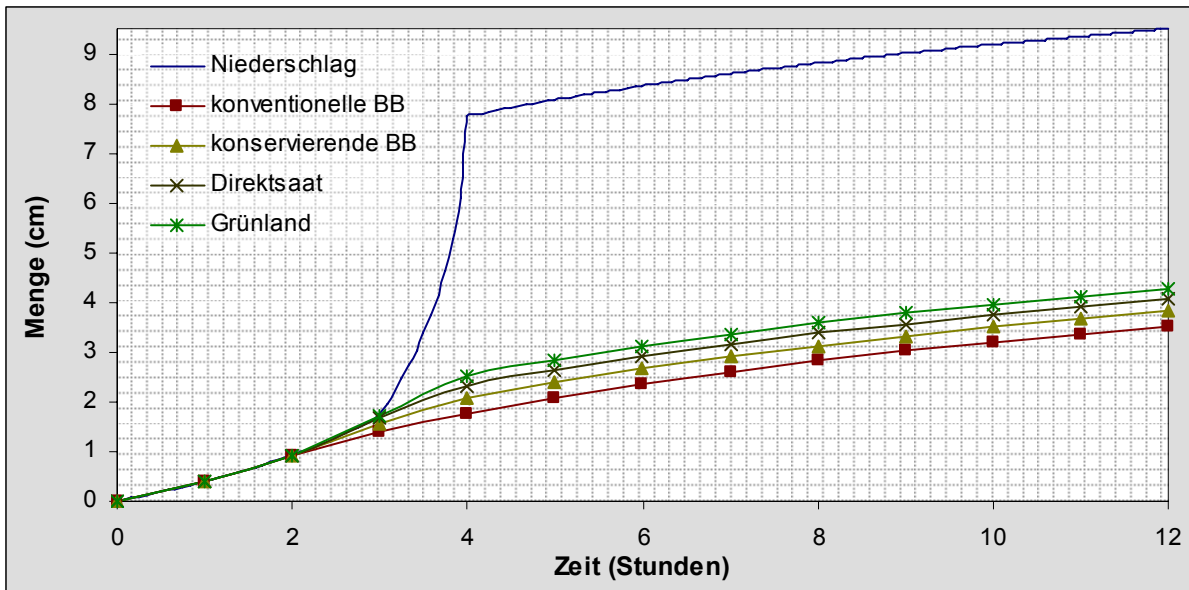


Abb. 3-6: Kumulative Infiltration auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (intensitätsvariabler Niederschlag, Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden Typ Euler 2)

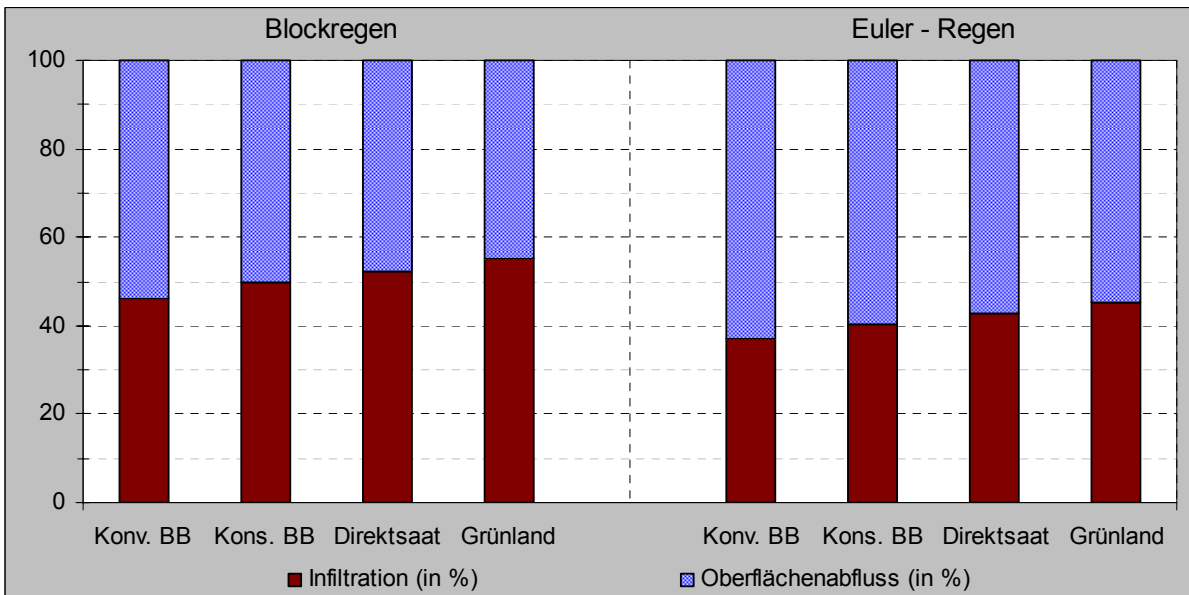


Abb. 3-7: Vergleich der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteile in Relation zur Gesamtniederschlagsmenge für Blockregen und intensitätsvariablen Regen (Niederschlag: Wiederkehrzeit: 100 Jahre, Dauer: 12 Stunden)

Mit Hilfe dieses Vergleichs wird deutlich, dass bestimmte ereignisspezifische Faktoren, wie z. B. die Niederschlagsverteilung oder -intensität einen größeren Einfluss auf die Abflussbildung haben können als einzelne nicht-strukturellen Maßnahmen.

Um die - für das Szenario Blockregen - anfangs vorhanden Unterschiede im Infiltrations-/ Abflussverhalten noch einmal deutlich zu machen, wurde für dieselben Gebietsparameter das zuvor simulierte 100-jährige Niederschlagsereignis zeitbezogen differenziert und die Gesamtniederschlagsmenge zu bestimmten Zeiten mit der laut

KOSTRA-DWD 2000 für diese Niederschlagsintensität (0.132 mm / min) vorgegebenen Wiederkehrwahrscheinlichkeit verglichen (Abb. 3-8). So hat z. B. ein Niederschlagsereignis mit der vorgegebenen Intensität und einer Gesamtdauer von etwa 6 Stunden eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 5 Jahren, bei einer Gesamtdauer von etwa 9 Stunden dagegen eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 20 Jahren.

In der Abb. 3-8 ist deutlich der Zusammenhang zwischen ansteigender Niederschlagsdauer bzw. sich verringernder Wiederkehrwahrscheinlichkeit und abnehmenden Unterschieden in der Reduzierung von Oberflächenabflüssen auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen bzw. Bodenbewirtschaftungsformen zu erkennen.

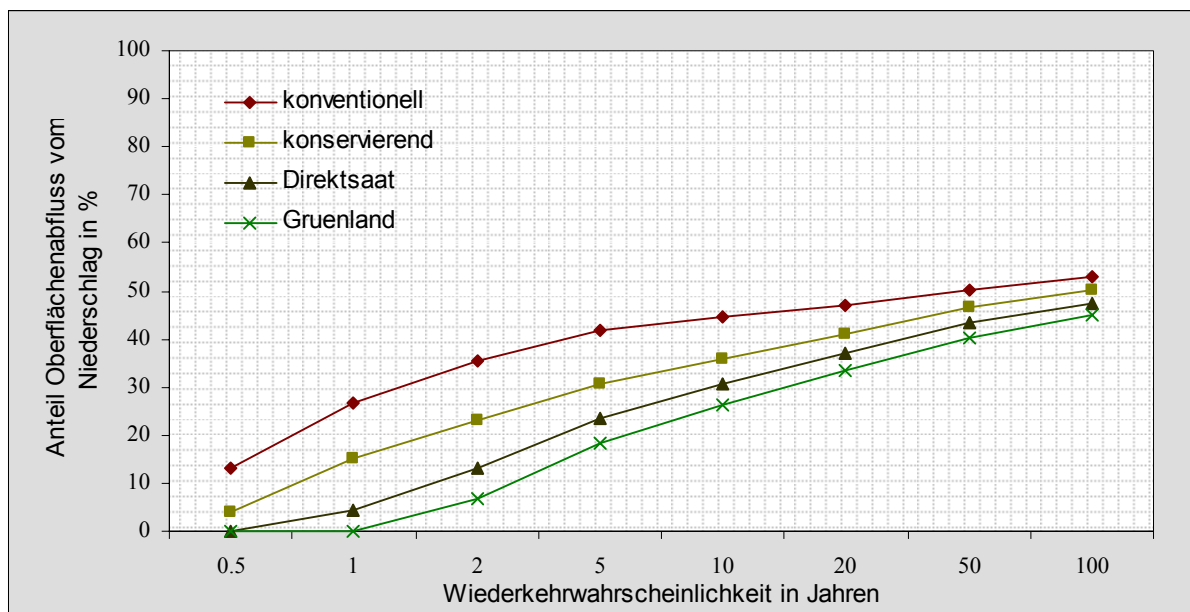


Abb. 3-8: Zusammenhang zwischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit und Oberflächenabflussreduzierung

Um diesen Effekt noch deutlicher zu machen, wurde für diese Niederschlagsintensität ausgehend von den KOSTRA-Daten mit Hilfe des sogenannten PEN-Verfahrens (siehe Anlage B1 (Abschnitt 1.2)) die Niederschlagsmenge für die Wiederkehrzeit $T = 1000$ Jahre extrapoliert und anschließend eine Simulation mit dem ermittelten PEN-Wert durchgeführt (Abb. 3-9).

Die Ergebnisse zeigen signifikant, dass sich die Anteile der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussmenge in Relation zum Gesamtniederschlag unabhängig von verschiedenen nicht-strukturellen Maßnahmen noch stärker angleichen. Der für den PEN-Wert ermittelte prozentuale Unterschied zwischen den beiden Extremen Grünland und konventionelle Bodenbearbeitung beträgt lediglich 4 Prozent und kann somit als vernachlässigbar gering eingestuft werden.

Die bisher gezeigten Ergebnisse beziehen sich auf ein advektives Niederschlagsereignis mit einer Dauer von 12 Stunden für die Bodenart-Ls3 (sandiger Lehm). Um

noch differenziertere Aussagen zu erhalten, wurde dieses Niederschlagsereignis (95 mm in 12 Stunden als Blockregen) zusätzlich für eine zweite Bodenart – Ut3 (toniger Schluff) – simuliert (Abb. 3-10). Die Ausgangsbedingung für die Modellierung war wiederum ein geschichtetes Bodenprofil von 70 cm Mächtigkeit mit einer geringdurchlässigen Schicht im Liegenden und ein Anfangswassergehalt nach 15-tägiger gravitativer Entwässerung.

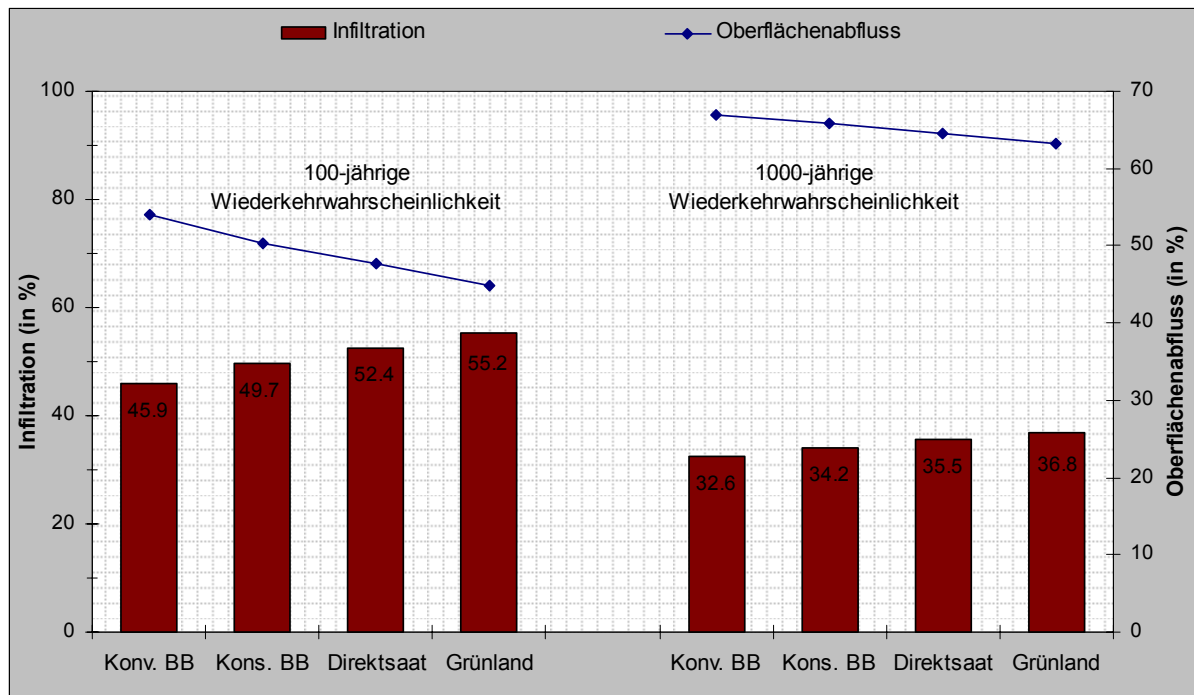


Abb. 3-9: Vergleich der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteile für ein advektives Niederschlagsereignis mit 100-jähriger bzw. 1000-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit

Im Gegensatz zu der relativ geringen hydraulischen Leitfähigkeit des lehmigen Bodens zeigen Schluffböden infolge ihres hohen Mittelporenanteiles deutlich größere ungesättigte hydraulische Leitfähigkeiten, was auch durch den generell höheren Anteil der Gesamtinfiltration deutlich wird. Weiterhin ist in Abb. 3-10 zu erkennen, dass die Unterschiede im Anteil der Infiltrations- und Oberflächenabflussmenge in Relation zum Gesamtniederschlag auf Grund verschiedener nicht – struktureller Maßnahmen für die Bodenart Ut3 noch geringer ausfallen als bei der Bodenart Ls3 und für die beiden Extreme Grünlandnutzung und konventionelle Bodenbearbeitung lediglich 3 Prozent betragen

Anschließend wurde unter Zugrundelegung der gleichen Ausgangsbedingungen für die beiden Bodenarten Ls3 und Ut3 ein weiteres advektives Niederschlagsereignis, in diesem Falle ein 24-stündiger Blockregen ebenfalls mit 100-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit nach KOSTRA – DWD 2000 (Niederschlagsmenge 130 mm) simuliert. Die Ergebnisse sind in Abb. 3-11 dargestellt und untermauern zusätzlich die postulierte These, dass eine Abflussminderung in potenziellen Hochwasserentste-

ungsgebieten bei Hochwasser auslösenden lang anhaltenden Starkniederschlägen auf Grund verschiedener nicht-struktureller Maßnahmen nur noch sehr bedingt gegeben bzw. vernachlässigbar gering ist. Deutlich zu erkennen ist einerseits, dass die relativen Unterschiede zwischen den einzelnen Maßnahmen für das 24-stündige Ereignis noch geringer ausfallen als für das 12-stündige Ereignis und andererseits aber auch, dass die zugrundeliegende Bodenart einen deutlich höheren Einfluss auf die Abflussbildung hat als die einzelnen Maßnahmen.

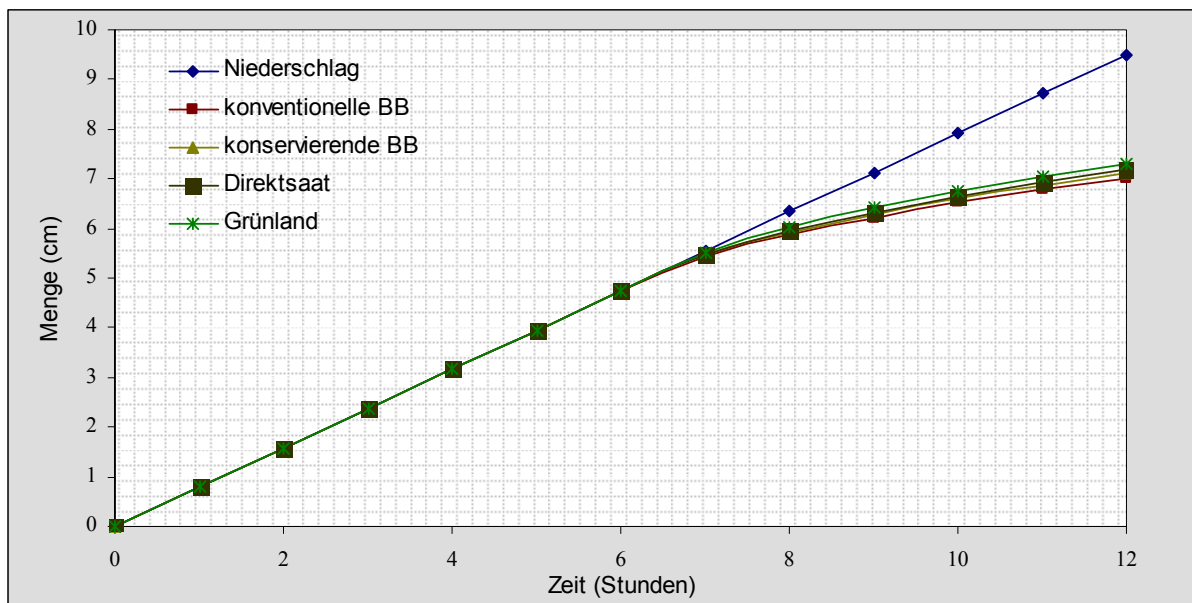


Abb. 3-10: Kumulative Infiltration auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: toniger Schluff, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit:100 Jahre, Dauer: 12 Stunden)

Die Ergebnisse zeigen neben einer deutlich verminderten bzw. nicht vorhandenen Effektivität nicht-struktureller Maßnahmen bei lang anhaltenden Hochwasser auslösenden Niederschlägen insbesondere auch die Abhängigkeit des Abflussgeschehens einerseits von der Bodenart, andererseits aber auch von der Niederschlagscharakteristik (siehe dazu auch Abschnitt 3.1.3.1.2).

Während das 24-stündige Regenereignis zwar eine insgesamt größere Gesamtmengenmenge bringt, ist die Regenintensität jedoch geringer als für das 12-stündige Ereignis gleicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Diese Eigenschaft resultiert aus einer generell besseren Wasseraufnahme der Böden unabhängig von der jeweiligen Nutzungsform (z. B. durch eine geringere Verschlammungsneigung, die vor allem durch Niederschlagsereignisse hoher Intensität gefördert wird). Der verfügbare Speicher-raum der Böden ist aber besonders in Hochwasserentstehungsgebieten auf Grund der vorwiegend flachgründigen Böden jedoch nur beschränkt in der Lage, die insgesamt höheren Wassermengen aufzunehmen. Deshalb zeigt sich für solch ein Regenereignis auch eine viel höhere Abhängigkeit der Abflussbildung von der Wetter-

Vorgeschichte (insbesondere Dauer der Vor-Regen-Entwässerung) als auf Grund einzelner nicht-struktureller Maßnahmen.

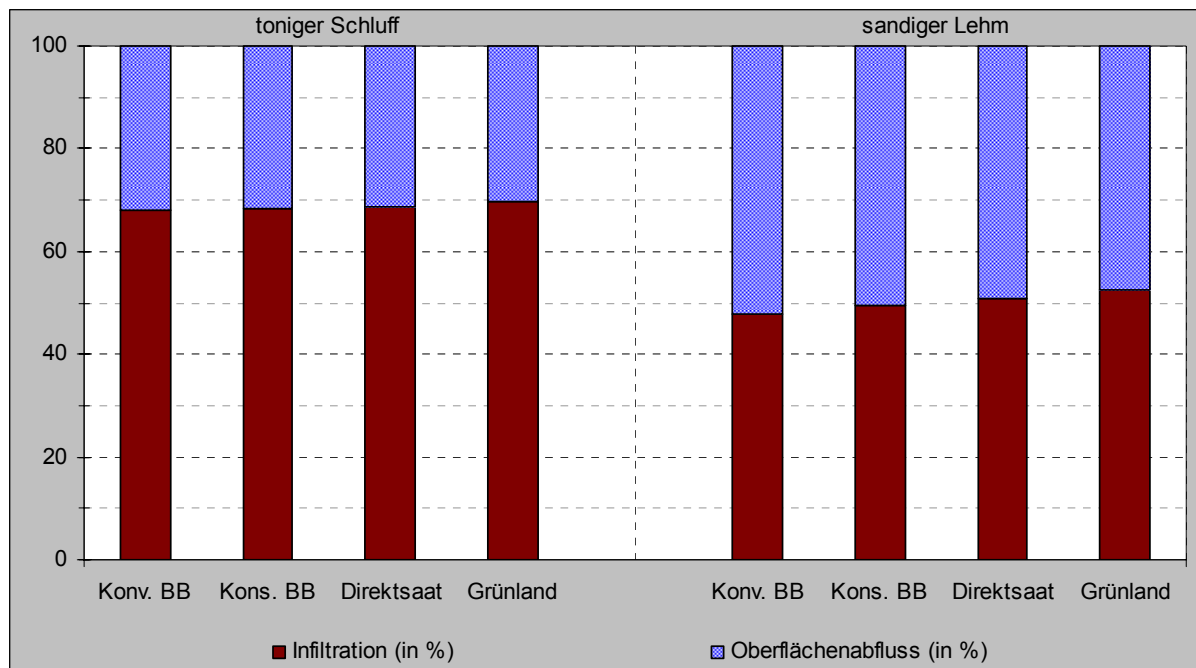


Abb. 3-11: Vergleich zwischen Infiltration und Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen für die Bodenarten toniger Schluff (Ut3) und sandiger Lehm (Ls3); Niederschlagsereignis (100-jährig, 24 Stunden)

3.1.3.1.2 Lokale kurzzeitige Starkniederschläge

Um den Einfluss der Niederschlagscharakteristik auf das Abflussgeschehen noch deutlicher herauszustellen, wurde im nächsten Schritt unter Nutzung der gleichen Ausgangsbedingungen (geschichtetes Bodenprofil von 70 cm Mächtigkeit, gering-durchlässige Schicht im Liegenden, Anfangswassergehalt nach 15-tägiger gravitativer Entwässerung) für beide Bodenarten (sandiger Lehm und toniger Schluff) ein konvektives Regenereignis simuliert, d. h. ein kurzzeitiger Starkniederschlag, der beispielsweise ein lokal auftretendes sommerliches Gewitter mit einer dementsprechend hohen Intensität repräsentiert (Abb. 3-12 und Abb. 3-13).

Für die Simulation wurde ein 1-stündiger Blockregen mit 100-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit nach KOSTRA-DWD 2000 (Niederschlagsmenge 60 mm) gewählt. In Abb. 3-12 sind die Modellierungsergebnisse für die Bodenart Ut3 dargestellt und diese zeigen einen signifikanten Einfluss von einzelnen nicht-strukturellen Maßnahmen auf die Abflussbildung für das simulierte konvektive Regenereignis. So beträgt beispielsweise der Anteil des Oberflächenabflusses am Gesamtniederschlag bei angenommener konventioneller Bodenbearbeitung etwa 60 %, bei konservierender Bodenbearbeitung dagegen nur etwa 43 % und für Grünlandnutzung ergibt sich ein Wert von etwa 30 %.

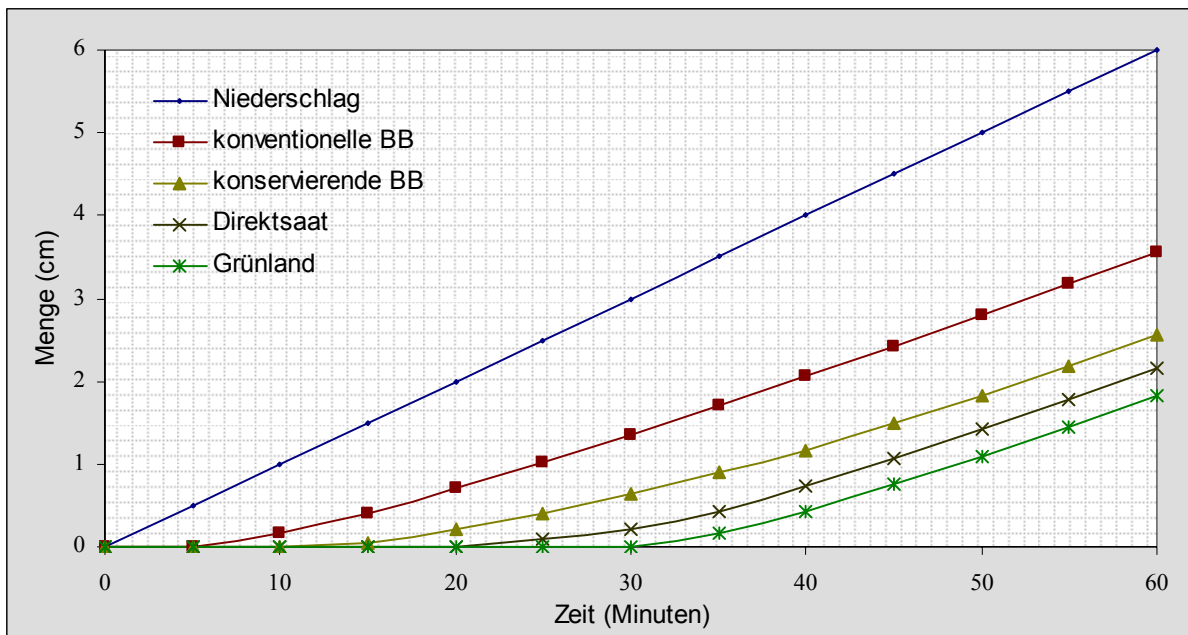


Abb. 3-12: Kumulativer Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: toniger Schluff, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit:100 Jahre, Dauer: 1 Stunde)

Die Ursache dieser Unterschiede ist vor allem durch den von der Landnutzung und Bodenbewirtschaftung abhängigen Prozess der Verschlämmung von Böden bei Niederschlagsereignissen mit hoher Intensität begründet. Besonders bei Schluffböden mit geringen bis mittleren Tongehalten, die ohnehin schon durch eine hohe Verschlammungsneigung gekennzeichnet sind, übt die Art der Bewirtschaftung bzw. Flächennutzung und der davon abhängige Grad der Vegetations- bzw. Mulchbedeckung einen sehr hohen Einfluss auf die Verschlammungsanfälligkeit der jeweiligen Bodenoberfläche aus. Hohe Bedeckungsgrade bewirken, dass das Verschlammungsrisiko reduziert wird. Die Pflanzen und Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche reduzieren die Aufprallenergie der auftreffenden Regentropfen und wirken damit einer Verschlammung entgegen. Bei der Parametrisierung wurde dieser Sachverhalt durch die Implementierung eines von der Bodenart und dem Bedeckungsgrad abhängigen Verschlammungsfaktors berücksichtigt, der zu einer Abnahme der aktuellen hydraulischen Leitfähigkeit der obersten Bodenschicht und damit zu einer Reduzierung der Infiltrationsrate führt, was wiederum einen erhöhten Oberflächenabfluss zur Folge hat (siehe Anlage B1 (Abschnitt 1.2)).

Weniger deutlich ausgeprägt, aber dennoch vorhanden, sind diese Unterschiede im Infiltrationsverhalten in Abhängigkeit von der zugrundeliegenden Niederschlagsintensität auch für die Bodenart Ls3 zu erkennen (Abb. 3-13). Während die Unterschiede in den Anteilen des Oberflächenabflusses vom Gebietsniederschlag für das 100-jährige advective Niederschlagsereignis zwischen den beiden Extremen Grünlandnutzung (45 %) und konventioneller Bodenbearbeitung (54 %) etwa 9 % betragen, sind diese Unterschiede im Falle des 100-jährigen konvektiven Niederschlagsereignisses

mit etwa 16 % (Grünlandnutzung etwa 72 % und konventionelle Bodenbearbeitung etwa 88 % Oberflächenabfluss) nahezu doppelt so hoch. Dass die Unterschiede generell geringer ausfallen als bei der Bodenart Ut3 ist vor allem dadurch begründet, dass sandige Lehme weniger verschlammungsanfällig sind als Schluffböden und dadurch auch der Verschlämmungsfaktor eine geringere Drosselung der effektiven hydraulischen Leitfähigkeit bewirkt. Der insgesamt deutlich höhere Anteil des Oberflächenabflusses ist durch die geringere hydraulische Leitfähigkeit der Bodenart Ls3 bedingt, infolgedessen wird die Infiltrationskapazität des Bodens durch die Regenintensität viel eher überschritten als bei der Bodenart Ut3 und der Oberflächenabfluss setzt dadurch bei Grünlandnutzung unter Ls3 schon nach etwa 5 min ein, während dies bei Grünlandnutzung unter Ut3 erst nach etwa 31 min der Fall ist.

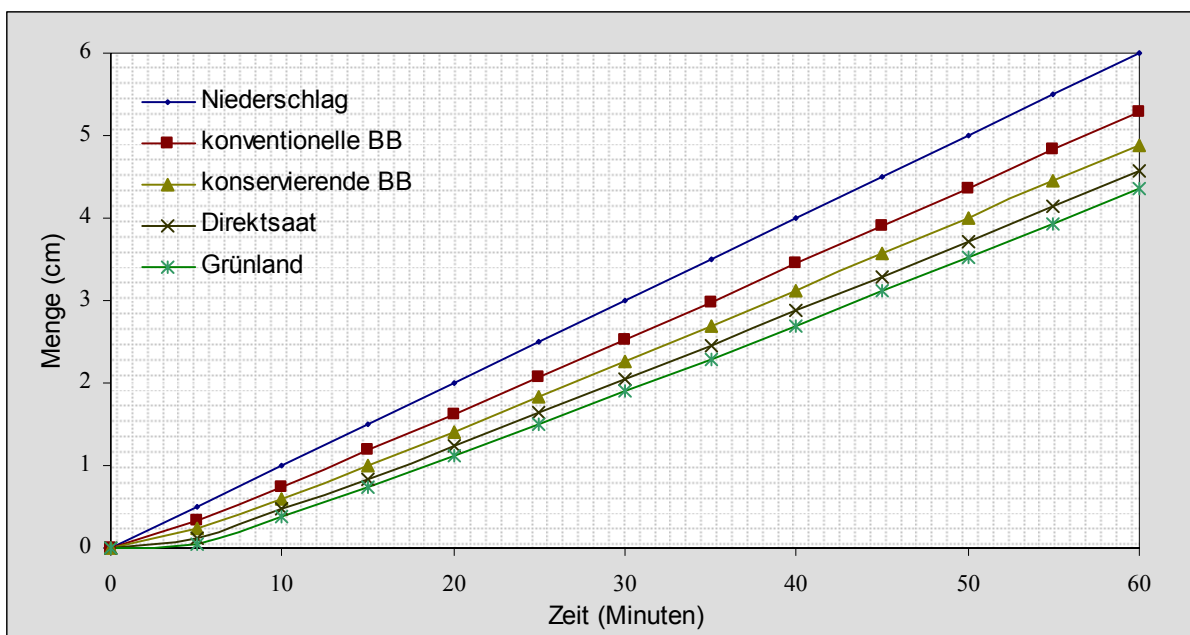


Abb. 3-13: Kumulativer Oberflächenabfluss auf Grund verschiedener Landnutzungsmaßnahmen (Bodenart: sandiger Lehm, Niederschlag: Blockregen, Wiederkehrzeit:100 Jahre, Dauer: 1 Stunde)

Um die Effektivität nicht-struktureller Maßnahmen auch für den Fall eines konvektiven Ereignisses bei einem noch extremeren Niederschlagsverlauf zu überprüfen, wurde auch hier mit Hilfe des PEN-Verfahrens die Niederschlagsmenge für die Wiederkehrzeit $T = 1000$ Jahre extrapoliert und anschließend eine Simulation mit dem ermittelten PEN-Wert durchgeführt. In Abb. 3-14 sind die Ergebnisse der Simulation im Vergleich zu dem 100-jährigen Niederschlagsereignis für die Bodenart Ls3 dargestellt. Im Gegensatz zum advektiven Ereignis ist hier selbst bei diesem simulierten Extremfall noch eine gewisse Abhängigkeit des Abflussgeschehens von der jeweiligen Landnutzung bzw. Bewirtschaftungsform zu erkennen. So betragen die Unterschiede in den Anteilen der Infiltrationsmenge in Relation zum Gesamtniederschlag zwischen den beiden Extremen Grünlandnutzung und konventionelle Bodenbearbeitung immerhin noch etwa 12 % - für die Simulation mit der Bodenart Ut3, auf de-

ren Darstellung hier verzichtet wurde ergaben sich sogar für die beiden Extreme Unterschiede von etwa 20 %.

Das der Einfluss der Landbewirtschaftung und die damit verbundenen Effekte auf die Abflussbildung für die kurzzeitigen Starkniederschläge auch für solche extremen Niederschlagsereignisse noch nachweisbar sind, kann vor allem dadurch erklärt werden, dass die Durchfeuchtung innerhalb des Bodenprofils während der kurzen Niederschlagsdauer auf Grund gegebener hydraulischer Leitfähigkeiten weitaus weniger fortschreiten kann als bei lang anhaltenden Niederschlagsereignissen. So ist z. B. die Feuchtefront und die damit verbundene Wassersättigung des Bodens nach einem 1-stündigen Starkniederschlag bei der Bodenart Ls3 gerade einmal bis auf etwa 25 cm Tiefe vorgerückt, was wiederum bedeutet, dass der darunter befindliche Teil des Bodenkörpers durchaus noch in der Lage wäre, ein gewisses Wasservolumen aufzunehmen, während bei lang anhaltenden Niederschlägen der Boden nach und nach bis zu der hier gewählten Tiefe des Profils von 70 cm vollständig gesättigt ist und die weitere Wasseraufnahme alleine durch den darunter liegenden Horizont determiniert wird, welcher längst nicht mehr von Bewirtschaftungseffekten geprägt ist. Deshalb wirkt bei den kurzfristigen Ereignissen im Gegensatz zu advektiven Niederschlagsereignissen die Bodenmächtigkeit nicht als limitierender Faktor und somit haben landbewirtschaftungsinduzierte Effekte einen auch bei extremen Niederschlägen noch einen nachweisbaren Einfluss auf die Abflussbildung.

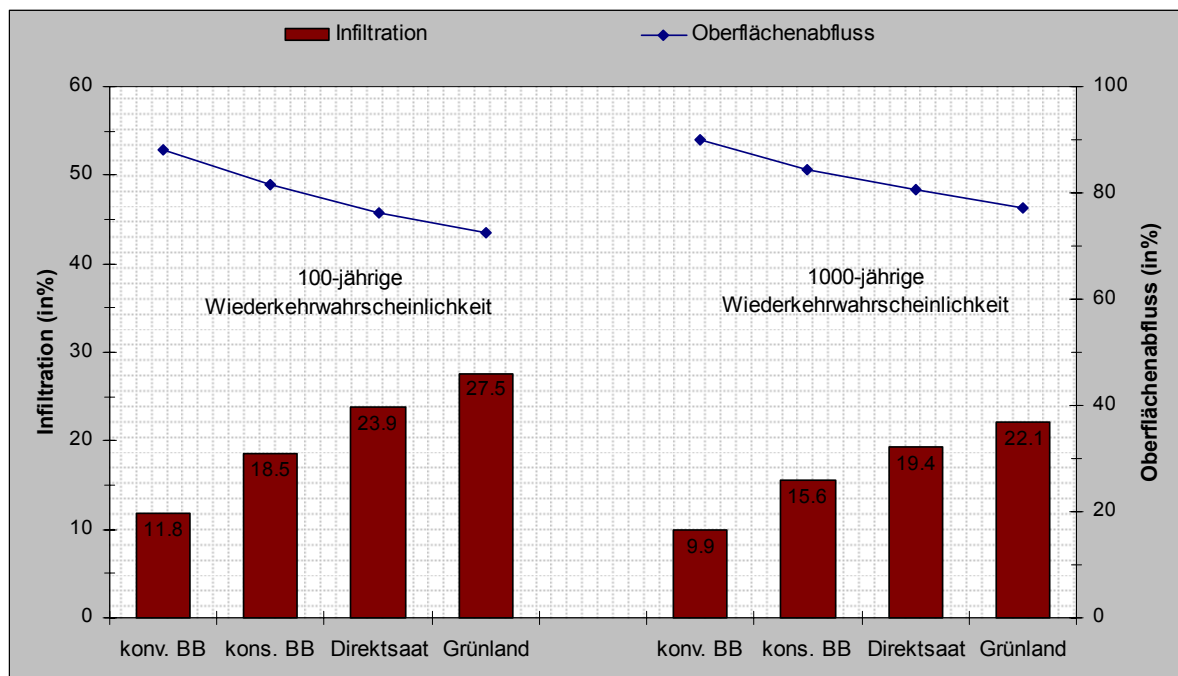


Abb. 3-14: Vergleich der Infiltrations- bzw. Oberflächenabflussanteile für ein konvektives Niederschlagsereignis (Dauer 1 Stunde) mit 100-jähriger bzw. 1000-jähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit

Das Vordringen der Feuchtefront in den Boden ist für das konvektive Niederschlagsereignis für die Bodenart Ls3 auf Abb. 3-15 schematisch dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Feuchtefront am Ende des Niederschlagsereignisses noch nicht einmal den Unterboden (ab 30 cm Tiefe) erreicht hat.

Im Vergleich dazu ist der gesamte Bodenkörper mit der gewählten Mächtigkeit von 70 cm bei den vorhin simulierten advektiven Ereignissen für die Bodenart Ls3 nach etwa 5 Stunden für das 12-stündige und nach etwa 6 Stunden für das 24-stündige Niederschlagsereignis vollständig gesättigt.

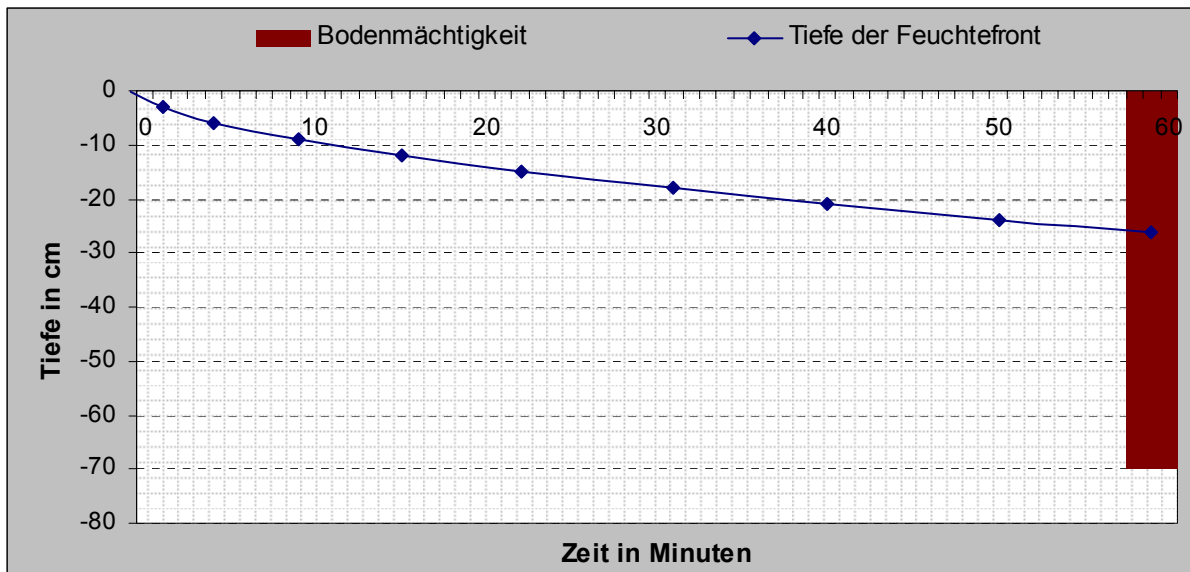


Abb. 3-15: Fortschreiten der Tiefe der Feuchtefront im Verlauf eines 1-stündigen Niederschlagsereignisses

3.1.3.1.3 Auswirkungen der ermittelten Abflüsse auf Scheitelwasserstände

Für die in Abhängigkeit von Landnutzung und Bewirtschaftungssystem mit dem Green-Ampt-Modell simulierten Oberflächenabfluss für die Bodenart sandiger Lehm (Ls3) wurde im nächsten Schritt der zugehörige Spitzenabfluss von einer schematisierten quadratischen Modellfläche mit einer Kantenlänge von 100 m und einer durchschnittlichen Hangneigung von 5 % berechnet. Die dazu erforderlichen Rauigkeitsbeiwerte der Bodenoberfläche wurden der Verknüpfungsregel 5.22 der Ad-hoc-AG Boden (Ad-hoc-AG Boden, 2006) entnommen, die durchschnittliche Rauigkeitsbeiwerte nach Manning als Funktion der Nutzungsart und des jeweiligen Bodenbearbeitungszustands aus Literaturquellen und Ergebnissen des Bodenerosionsmessprogrammes Sachsen bereitstellt. Abb. 3-16 zeigt die maximal erreichbaren Spitzenabflüsse eines Regenereignisses mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren, wobei die Dauer und damit auch die Intensität des Ereignisses in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform genau der jeweiligen Konzentrationszeit der Modellfläche entspricht, d. h. der Zeit, die ein Wasserteilchen benötigt, um die Modellfläche

vom hydraulisch am weitesten entfernten Bereich bis zum Gebietsauslass zu durchfließen.

Die Ermittlung dieser beiden Größen erfolgte mit Hilfe eines iterativen Prozesses. Zunächst wurde mit dem Ansatz der kinematischen Welle die Konzentrationszeit bestimmt (siehe Anlage B1 (Abschnitt 1.2)). Da diese von der Niederschlagsintensität abhängig ist, wurde die ermittelte Konzentrationszeit anschließend als Ausgangswert für die Dauer des 100-jährigen Niederschlagsereignisses eingesetzt und mit Hilfe der Intensitäts-Dauer-Frequenz-Kurve die dazugehörige Niederschlagsintensität ermittelt, welche wiederum als Ausgangswert für die Berechnung der Konzentrationszeit verwendet wurde. Dieser Prozess wurde solange wiederholt, bis sich die beiden Werte entsprachen. Die auf diese Weise ermittelten Konzentrationszeiten betragen für die konventionelle Bodenbearbeitung etwa 5 min, für die konservierende Bodenbearbeitung etwa 7 min, für die Direktsaatfläche etwa 12 min und für Grünland etwa 19 min. Dementsprechend ergeben sich auch Unterschiede im maximal erreichbaren Spitzenabfluss, wie auf Abb. 3-16 dargestellt.

Es gilt aber zu beachten, dass auf der gewählten Modellfläche mit einer Kantenlänge von 100 m, der Oberflächenabfluss auf Grund von Pflanzen- bzw. Vegetationsbedeckung und unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen nur im Bereich von einigen Minuten verzögert bzw. abgebremst wird. Mit ansteigender Niederschlagsdauer nehmen diese Effekte und damit auch die Unterschiede in den Spitzenabflüssen auf Grund verschiedener Oberflächenrauigkeiten sehr schnell ab, d. h. da die Fließzeiten bis zum Erreichen des jeweiligen Schlagrandes ohnehin nur im Minutenbereich liegen, ist bei länger andauernden Niederschlägen kaum noch eine nach unterhalb wirkende Abflussverzögerung auf den einzelnen Abflussbildungsflächen zu erwarten.

Dieser Effekt wird auch in Abb. 3-17 deutlich, welche die relativen Unterschiede in den Spitzenabflüssen in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer bezogen auf den höchsten Wert, der Fläche mit konventioneller Bodenbearbeitung, darstellt. Die Modellierung erfolgte ebenfalls für Regenereignisse mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren, die jeweiligen Niederschlagsintensitäten in Abhängigkeit von der Dauer wurden wiederum mit Hilfe der Intensitäts-Dauer-Frequenz Kurve für das 100-jährige Niederschlagsereignis ermittelt. Die weiteren Randbedingungen entsprechen den obigen (Bodenart Ls3, Modellfläche mit Kantenlänge 100 m, durchschnittliche Hangneigung von 5 %).

Wie auf Abb. 3-17 zu erkennen ist beträgt der Unterschied im Spitzenabfluss bei der Bodenart Ls3 für die beiden Extreme Grünland und konventionelle Bodenbearbeitung bei einer Niederschlagsdauer von 10 min noch fast 50 %, dagegen nach 3 Stunden Regendauer weniger als 10 % und ist damit bei einem 100-jährigen Niederschlagsereignis dieser Dauer schon als vernachlässigbar gering einzustufen.

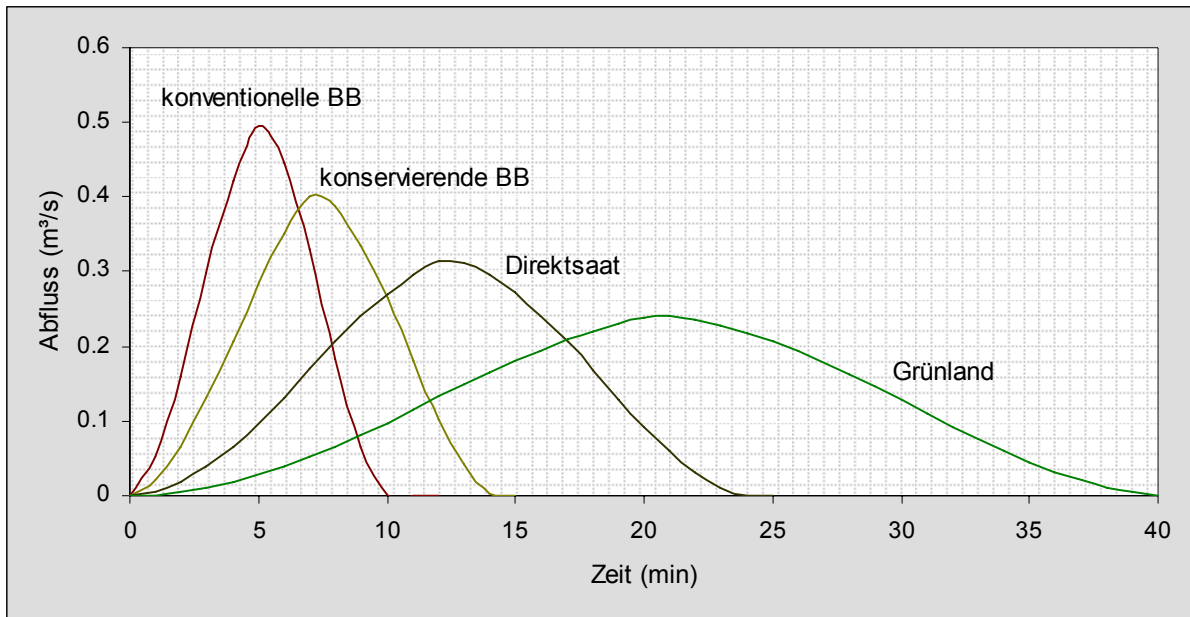


Abb. 3-16: Vergleich von maximal erreichbaren Spitzenabflüssen auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen für die Bodenart sandiger Lehm (LS3), 100-jähriges Niederschlagsereignis

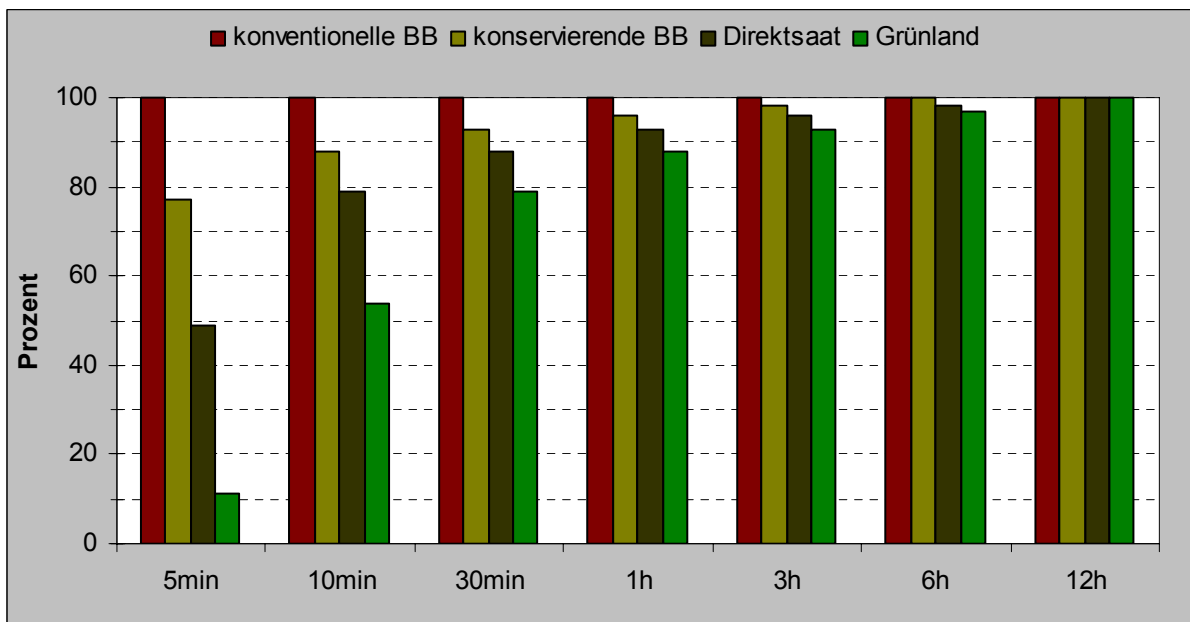


Abb. 3-17: Unterschiede in den Spitzenabflüssen in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer für die Bodenart sandiger Lehm, 100-jähriges Niederschlagsereignis

Zu Vergleichszwecken wurden auch hier unter sonst gleichen Ausgangsbedingungen (Modellfläche mit Kantenlänge 100 m, durchschnittliche Hangneigung von 5 %, Rauigkeitsbeiwerte nach Manning) Simulationen für die Bodenart toniger Schluff (Ut3) durchgeführt.

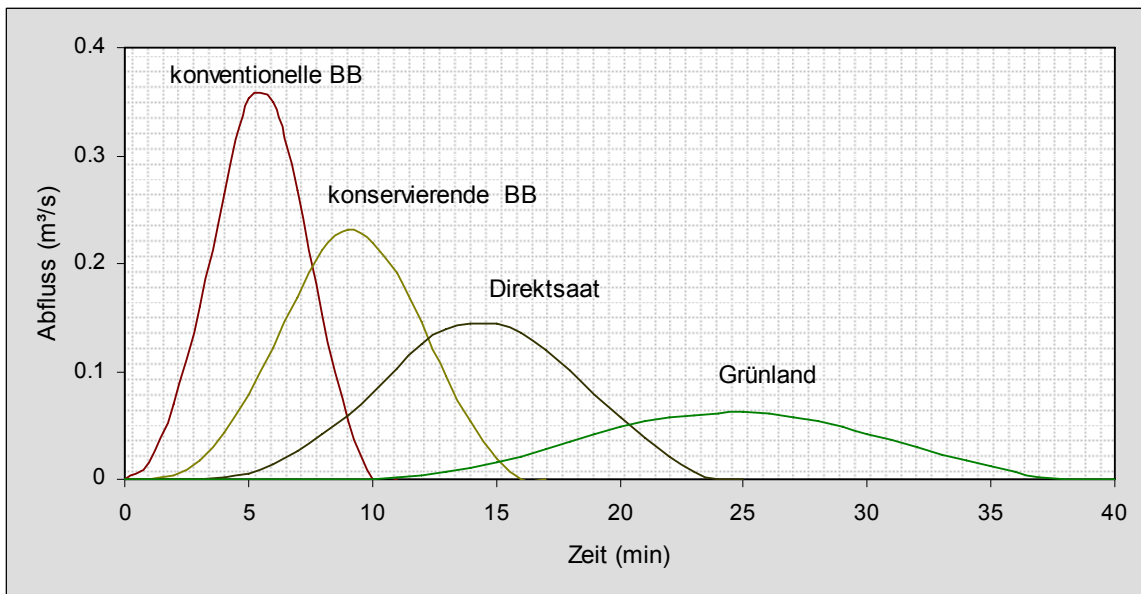


Abb. 3-18: Vergleich von maximal erreichbaren Spitzenabflüssen auf Grund unterschiedlicher Landnutzungsmaßnahmen für die Bodenart toniger Schluff (Ut3), 100-jähriges Niederschlagsereignis

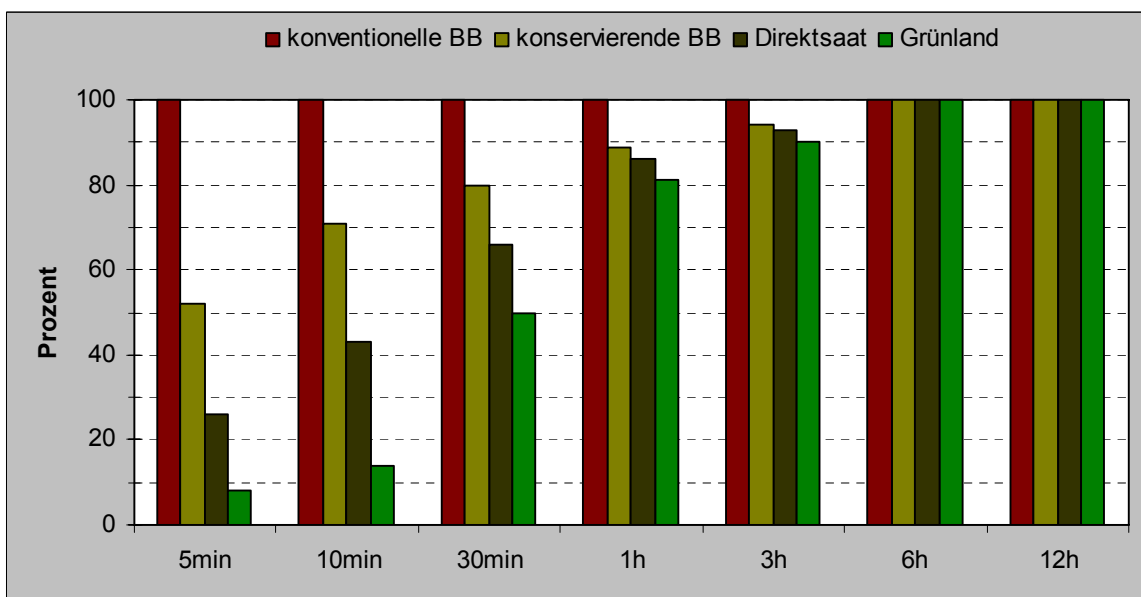


Abb. 3-19: Unterschiede in den Spitzenabflüssen in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer für die Bodenart toniger Schluff (Ut3), 100-jähriges Niederschlagsereignis

Die Ergebnisse sind in den Abb. 3-18 und Abb. 3-19 dargestellt und verdeutlichen, dass sich an den eben beschriebenen Verhältnissen grundlegend nichts ändert. Zu beachten ist aber, dass die in Abhängigkeit von Landnutzung und Bewirtschaftungssystem maximal erreichbaren Spitzenabflüsse von der gewählten Modellfläche für die zugrundeliegende Bodenart Ut3 deutlich geringer ausfallen als für die Bodenart Ls3. So wird bei dem Szenario konventionelle Bodenbearbeitung über sandigem Lehm ein Spitzenabfluss von $0.49 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht, während dieser für tonigen Schluff nur etwa $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Begründet werden diese Unterschiede durch die höhere hy-

draulische Leitfähigkeit von Schluffböden, die über die Infiltrationsgeschwindigkeit des Bodenspeichers entscheidet.

3.1.3.1.4 Simulation eines realen Niederschlagsereignisses auf Modellflächen

Die Simulation eines realen Hochwasser auslösenden Niederschlagsereignisses hatte das Ziel, die Einflussmöglichkeiten nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Hochwasserentstehungsgebieten auf extreme Hochwasserabflüsse zu prüfen. Gewählt wurden die extremen Niederschläge, die von der Klimastation Zinnwald-Georgenfeld an der deutsch-tschechischen Grenze in Sachsen vom 12.08.2002 0 Uhr bis zum 14.08.2002 0 Uhr aufgezeichnet wurden (Quelle: DWD). Insgesamt fielen innerhalb der 48 Stunden 387 mm Niederschlag.

Auf Abb. 3-20 sind die entsprechenden Anteile an Infiltration und Oberflächenabfluss unter Grünlandnutzung für die Bodenart Ls3 dargestellt. Der Anteil des Niederschlagswassers, der innerhalb der 48 Stunden zur Versickerung gelangt, beträgt etwa 18,4 %.

Auf Abb. 3-21 sind die absoluten Werte für Infiltration bzw. Oberflächenabfluss für die verschiedenen Landnutzungsmaßnahmen dargestellt und es ist sehr gut zu erkennen, dass für solche Extremniederschläge praktisch keine Möglichkeiten zur Abflussminderung durch nicht-strukturelle agrarische Maßnahmen mehr gegeben sind (während der Versickerungsanteil bei Grünlandnutzung bei etwa 18,4 % liegt, beträgt dieser Wert für die Fläche unter konventioneller Bodenbearbeitung etwa 16,5 %, d. h. der Unterschied beträgt lediglich 1,9 % – das sind weniger als 8 mm Niederschlag bei knapp 39 cm Gesamtniederschlag).

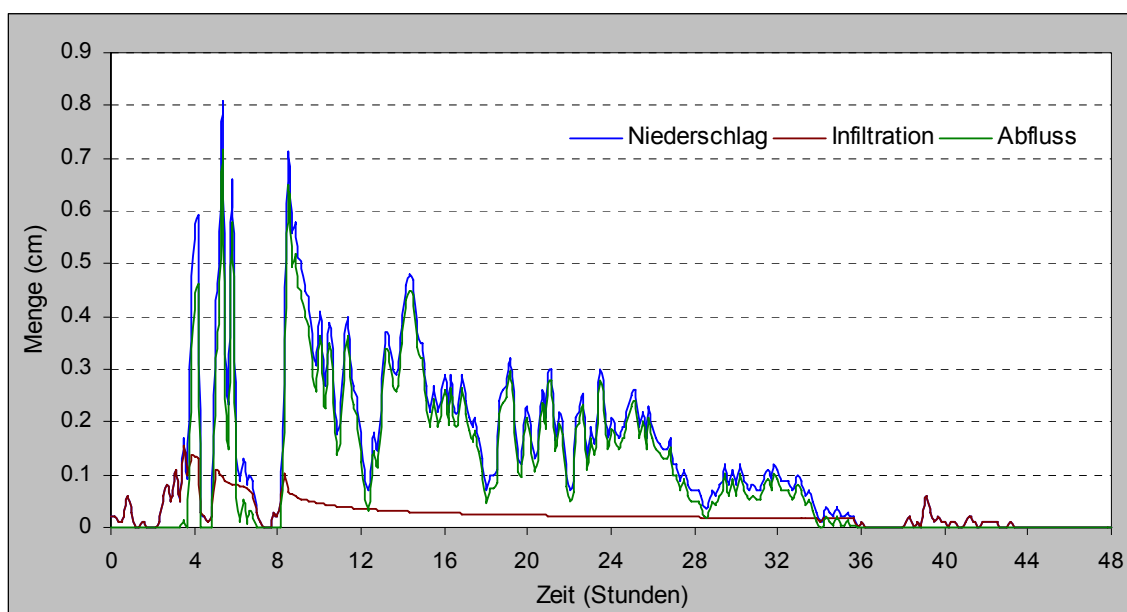


Abb. 3-20: Infiltration/ Oberflächenabfluss unter Grünlandnutzung für sandigen Lehm, Niederschlagsereignis August 2002

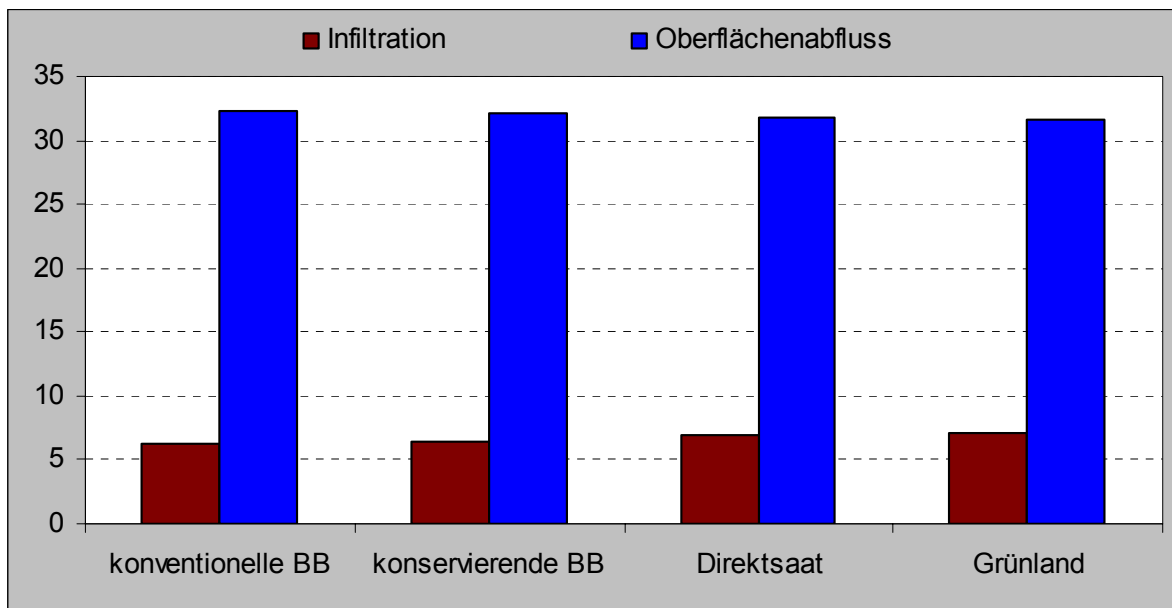


Abb. 3-21: Infiltration/ Oberflächenabfluss für sandigen Lehm bei verschiedenen Landnutzungsmaßnahmen, Niederschlagsereignis August 2002

3.1.3.1.5 Simulation von Niederschlagsereignissen auf Einzugsgebietskala

In Ergänzung zu den auf einzelnen schematisierten Abflussbildungsflächen durchgeführten Simulationen wurden, unter Nutzung der gleichen Herangehensweise bei der Parametrisierung, mit Hilfe eines mesoskaligen Einzugsgebietsmodells Simulationen für die gleichen Niederschlagsverläufe wie auf den einzelnen Modellflächen in einem realen Einzugsgebiet durchgeführt. Ziel war eine Überprüfung der Übertragbarkeit von den anfangs postulierten Hypothesen und Ergebnissen der Einzelflächensimulationen auf Einzugsgebietsmodelle. Dabei sollte die Berechnung im Einzugsgebiet insbesondere die Hypothese der abnehmenden Bedeutung nicht-struktureller Landnutzungs- bzw. Bewirtschaftungsmaßnahmen bei zunehmender Niederschlagsdauer bzw. -menge auf den Oberflächenabfluss prüfen.

Das gewählte Einzugsgebiet umfasst den in Sachsen befindlichen Bereich des Oberlaufs der Zschopau bis zum Pegel Tannenberg im mittleren Erzgebirge. Die Zschopau ist ein linker Nebenfluss der Elbe, entspringt am Nordabhang des Fichtelberges in ca. 1100 m Höhe und überwindet bis zum Gebietsauslass am Pegel Tannenberg einen Höhenunterschied von über 600 m.

Die maximale Nord-Süd-Ausdehnung des Einzugsgebietes beträgt ca. 19.5 km, die maximale Ost-West-Ausdehnung ca. 7.3 km. Die Gesamtfläche beträgt etwa 90.6 km². Einen Überblick zur Lage des Untersuchungsgebietes gibt Abb. 3-22.

Die Wahl des Einzugsgebietes im Bereich der oberen Zschopau begründet sich durch mehrere Faktoren. Zum einen sind große Bereiche des Einzugsgebietes nach Sächsischem Wassergesetz § 100 als klassische Hochwasserentstehungsgebiete

ausgewiesen, d. h. Gebiete, in denen bei Starkniederschlägen in kurzer Zeit starke oberirdische Abflüsse eintreten können, die zu einer Hochwassergefahr in den Fließgewässern führen können. Zum anderen ist im gesamten Einzugsgebiet der auch für die Modellflächen (0.7 m mächtiges Bodenprofil) angenommene Profilaufbau eines 0.5 m bis maximal 1 m mächtigen Bodens über einer nahezu undurchlässigen Schicht, im Einzugsgebiet metamorphes Festgestein, realisiert. Weiterhin sind die Lehme die dominierende Bodenart, wobei die Bodenart Ls3 (sandiger Lehm), die auch Grundlage für die Simulationen auf den einzelnen Abflussbildungsflächen war, mit einem Anteil von 56.5 % an der Gesamtfläche des Einzugsgebietes (Abb. 3-25), die dominierende Bodenart darstellt. Nicht zuletzt ist es, durch das Augusthochwasser 2002 mit seinen katastrophalen Schäden am Unterlauf der Zschopau, von Interesse, welche Abflussminderungspotenziale zum Beispiel die konsequente Umstellung auf Direktsaat im gesamten Einzugsgebiet für dieses konkrete Ereignis bringen würde.

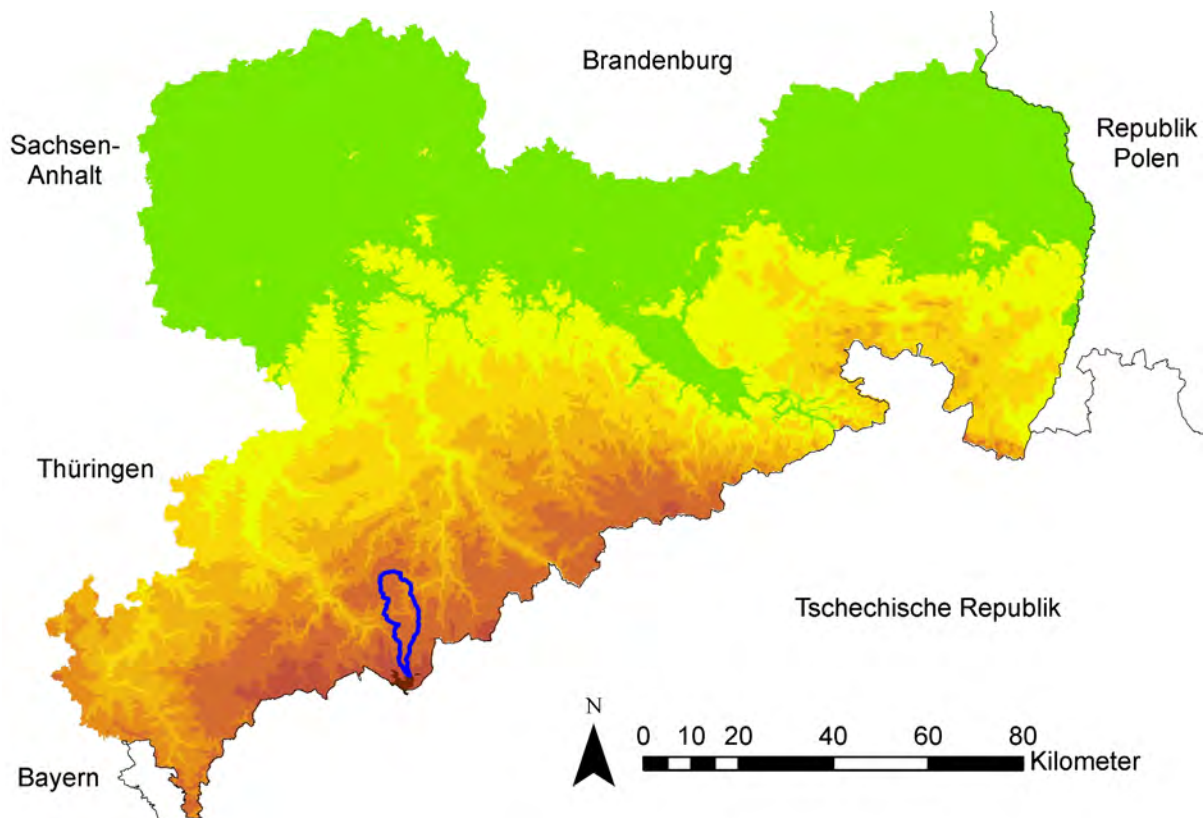


Abb. 3-22: Lage und Ausdehnung des gewählten Einzugsgebietes

Zur Charakterisierung der Topographie sowie daraus abgeleiteter Größen wie Hangneigung, Einzugsgebietsgrenzen oder Fließzeiten wurde das digitale Höhenmodell des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie verwendet, welches in Form von Rasterdaten mit einer Gitterauflösung von 20 x 20 m bereitgestellt wird (Abb. 3-23). Für die Landnutzung stand das ATKIS – DLM (Digitales Landschaftsmodell) des Landesvermessungsamtes Sachsen zur Verfügung (Abb. 3-24), welches in seinem Informationsumfang in etwa dem Inhalt

der topographischen Karte 1:25.000 entspricht. Zusätzlich wurden die Invekos-Feldblockdaten (Stand 2006) genutzt. Als Datengrundlage für die Böden im Einzugsgebiet (Abb. 3-24) dient die digitale Bodenkonzeptkarte (BKkonz) 1:50.000 des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Grundlage dieses Kartenwerkes bilden die digital aufbereiteten Altdatenbestände der MMK (Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Kartierung) und der WBK (Waldbodenkarte der forstlichen Standortkartierung). Die bodenrelevanten Daten aus beiden Kartenwerken wurden nach der KA4 (Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Hannover 1994) verschlüsselt. Als Niederschlagsereignisse wurden wie bei der Simulation auf den einzelnen Abflussbildungsflächen die KOSTRA-Daten und PEN-Werte sowie das Niederschlagsereignis vom August 2002 verwendet (Tab. 3-1).

Zur Modellierung des Abflussverhaltens im Einzugsgebiet wurde das Modell Erosion 3 D genutzt. Die Erstellung von modellverwendbaren Parameterdateien (z. B. Angaben zum Bedeckungsgrad) fand mit der Software DPROC Ver. 1.50 (GEOGNISTICS, 2006) statt. Die Abfrage der berechneten Daten fand immer am Gebietsauslass, d. h. am Pegel Tannenberg statt.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass mit Erosion 3 D keine exakt quantifizierbaren Modellrechnungen generierbar sind. So können z. B. hydrodynamische Prozesse in Fließgewässern mit Erosion 3 D auf Grundlage des hier angewandten für Landoberflächen geeigneten Dünnschichtenabflusses nur ansatzweise beschrieben werden. Trotzdem besteht mit Erosion 3 D die Möglichkeit, die Wirkungen von nicht-strukturellen Maßnahmen in Einzugsgebieten auf den Oberflächenabfluss anhand von relativen Änderungen im Gesamtvolumen des entstehenden Oberflächenabflusses abzuschätzen.

Der Blick auf das linke Kreisdiagramm in Abb. 3-25 zeigt, dass die Wald- und Forstflächen mit 41.1 % den größten Anteil an der Landnutzung im gewählten Einzugsgebiet einnehmen. Dass die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen im Einzugsgebiet ebenfalls ein herausragender Faktor ist, zeigt sich in deren Anteil von 30.3 % der Gesamtfläche. Die Grünflächen nehmen einen Anteil von 21.1 % ein, während der Anteil der Siedlungsflächen mit 6.8 % als gering einzustufen ist.

Nach der Bodenkonzeptkarte 1:50.000 sind die vorherrschenden Bodenarten im Untersuchungsgebiet die Lehme, wobei die Bodenart Ls3 (sandiger Lehm) mit ca. 56.5 % Anteil an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes, die dominierende Bodenart darstellt, gefolgt von der Bodenart Lts (sandig-toniger Lehm) mit ca. 21.5 % und Ls2 (schwach sandiger Lehm) mit ca. 4.8 %. Von untergeordneter Bedeutung sind die Sande mit ca. 12 % Anteil an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes.

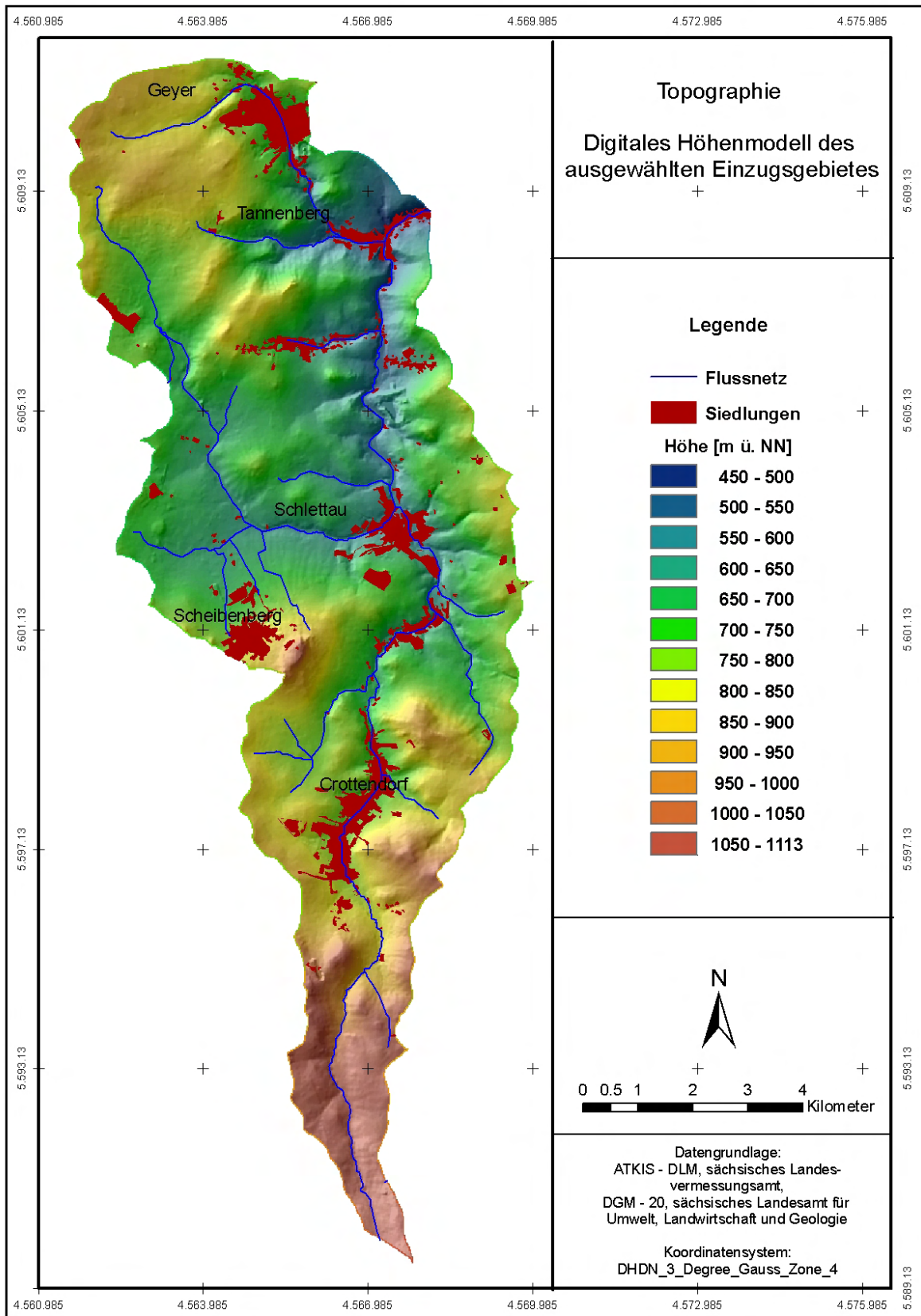


Abb. 3-23: Topographie des Einzugsgebietes

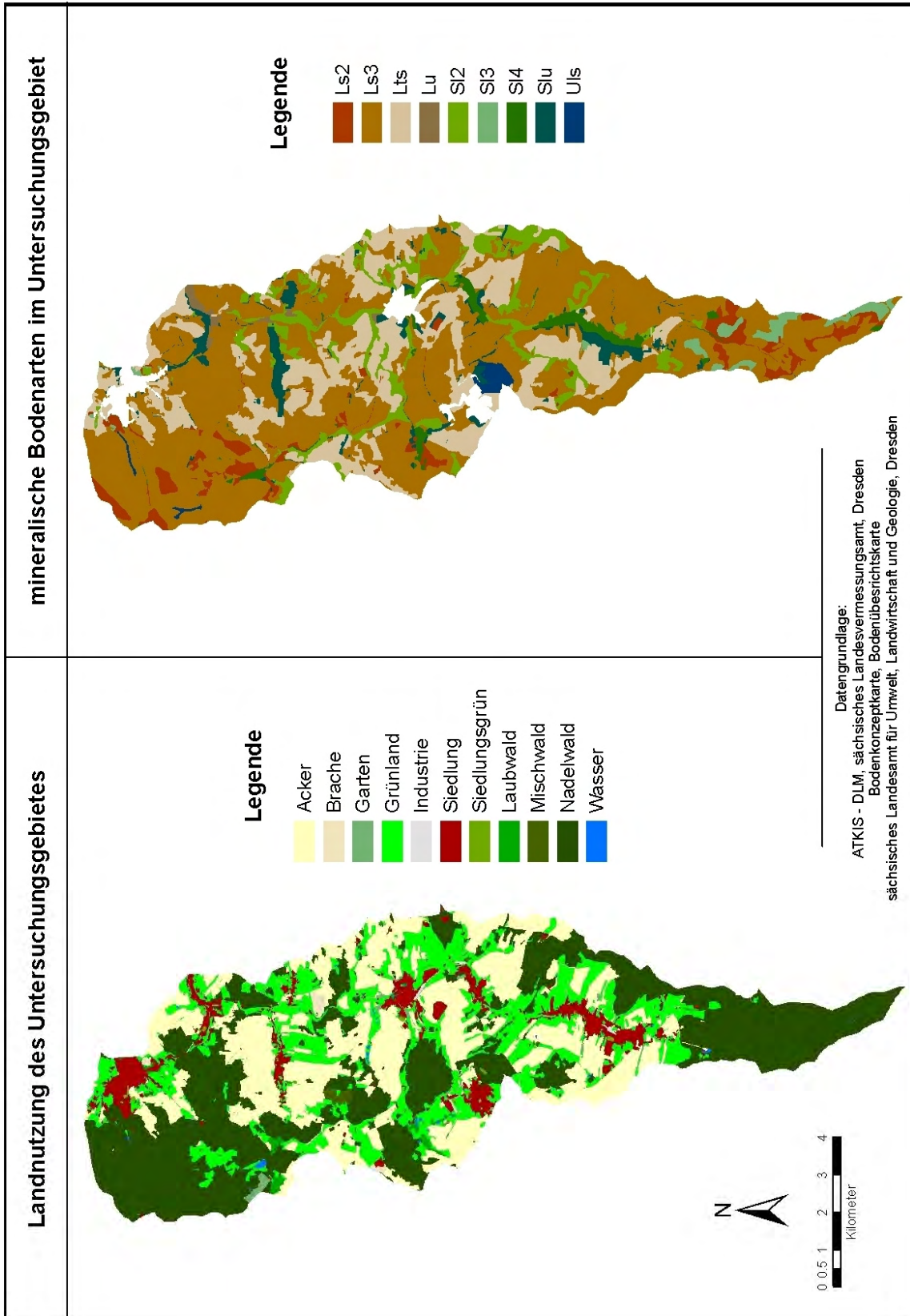


Abb. 3-24: Landnutzung und Verteilung der mineralischen Bodenarten im Untersuchungsgebiet

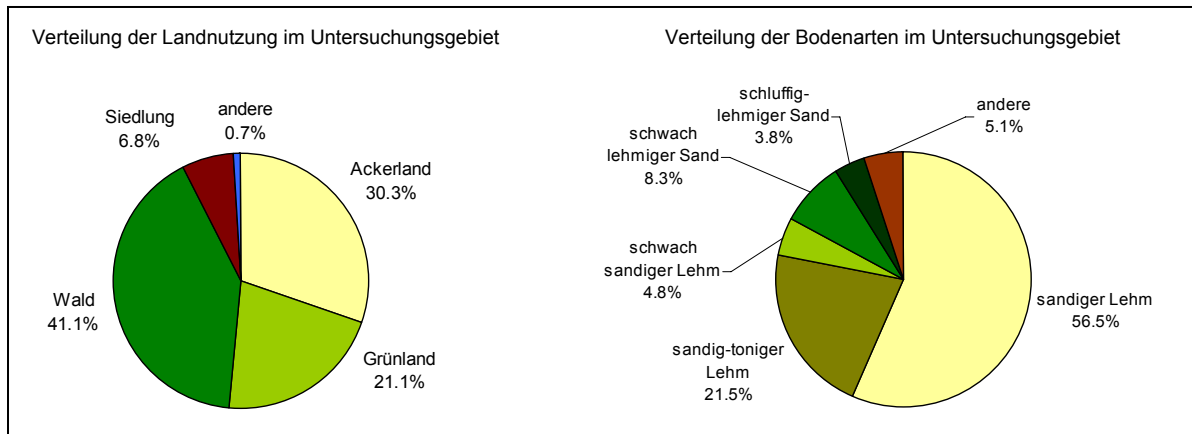


Abb. 3-25: Kreisdiagramme zur Darstellung der Verteilung der Landnutzung und der mineralischen Bodenarten im Untersuchungsgebiet

In Abhängigkeit des Ausgangsgesteins finden sich im Untersuchungsgebiet vielfältige Bodentypen. Podsol-Bildungen treten häufig bei nährstoffarmen Ausgangsgesteinen auf. Typisch sind ebenfalls Braunerden und Gley-Bildungen in Hangfuß- und Hangnässezonen. Insgesamt sind die Böden laut BKkonz im Einzugsgebiet steinreich und geringmächtig. Die Abfrage der Mächtigkeit der Böden aus der BKkonz ergab, dass diese vielfach nur 60 cm beträgt. Für die unterlagernden Schichten (60 cm und tiefer) werden fast ausnahmslos Skelettgehalte von 93 % angegeben.

Tab. 3-2: Ergebnisse des Vergleichs der Direktsaat mit Pflug bezüglich des Oberflächenabflusses unter verschiedenen Niederschlagsereignissen.

Niederschlagswerte	konventionelle BB Abfluss (m ³)	Direktsaat Abfluss (m ³)	relativer Unterschied
60mm (1Stunde)	1427731	1275650	10,65 %
95mm (12Stunden)	1632000	1511215	7,4 %
95mm Euler-Typ 2	3135080	2995720	4,4 %
135mm (12Stunden)	4408525	4297350	2,5 %
190mm (24Stunden)	7204631	7119473	1,2 %
Zinnwald 2002	22341440	22305120	0,2 %

In Tab. 3-2 sind die mittels Erosion 3 D errechneten Abflusswerte für ausgewählte Niederschlagsverläufe angegeben. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei den ermittelten Abflusswerten um das Gesamtvolumen des entstehenden Oberflächenabflusses handelt, der mittels Erosion 3 D am Pegel Tanenberg, d. h. am Gebietsauslass berechnet wurde. Laut Tab. 3-2 gelten damit die auf einzelnen Abflussbildungsflächen getroffenen Aussagen auch auf der Einzugsgebietsskala. Während bei dem konvektiven Starkregenereignis mit einer Gesamtre-

genmenge von 60 mm noch eine relative Abflussminderung bei Umstellung von konventioneller Bodenbearbeitung auf Direktsaat von über 10 % berechnet wurde, wird diese Abflussminderung mit steigender Niederschlagsdauer und –volumen immer geringer und ist bei den extremen Niederschlägen, die von der Klimastation Zinnwald-Georgenfeld aufgezeichnet wurden (siehe Abschnitt 3.1.3.1.4) praktisch nicht mehr nachweisbar.

3.1.3.2 Erosionsminderungspotenziale nicht-struktureller Maßnahmen

Nach den Abschätzungen der Wirkung verschiedener nicht-struktureller Maßnahmen auf den Oberflächenabfluss von Abflussbildungsflächen, wurden mit Hilfe des Modells EROSION 3 D die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die abflussbedingten Erosionsfrachten in angrenzende Unterliegergebiete charakterisiert.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Simulationen mit EROSION 3 D für eine quadratische Elementarfläche mit einer Kantenlänge von 100 m und einer durchschnittlichen Hangneigung einerseits von 5 % sowie einer Hangneigung von 10 % dargestellt. Die zugrundeliegende Bodenart war wie bei der Infiltrationsmodellierung sandiger Lehm (Ls3).

Wie bereits in Abschnitt 3.1.2.2 erwähnt, werden die durch Einflüsse der Bodenbearbeitung veränderten Infiltrationseigenschaften im Modell EROSION 3 D mit Hilfe eines Korrekturfaktors ausgeglichen. Dies betrifft unter anderem auch die Verschlämmung von Bodenoberflächen, die in EROSION 3 D nicht als dynamischer Prozess berechnet wird, der erst im Zuge des Niederschlagsereignisses in Abhängigkeit verschiedener Prozessgrößen, wie Niederschlagsintensität, aktueller Bodenfeuchte, Bodenart und Vegetationsbedeckungsgrad eine Abnahme der aktuellen hydraulischen Leitfähigkeit und damit eine Reduzierung der Infiltrationsrate bewirkt. Vielmehr wird die Verschlämmung von Bodenoberflächen in EROSION 3 D dadurch abgebildet, dass der Korrekturfaktor dementsprechend angepasst wird und dadurch die Infiltrationsrate von Anfang an reduziert ist. Dazu ist im Datenbankprozessor des Programms für den aktuellen Bodenzustand eine Auswahl zwischen „normal“ und „verschlämmt“ möglich. Damit kann das Programm also wohl den Zustand eines verschlämmten Ackers in der Simulation abbilden, nicht aber den Prozess der Verschlämmung. Bei der Modellierung wurde daher für die als konventionell bearbeitet angenommene Modellfläche sowohl die Variante „verschlämmt“ als auch die Variante „unverschlämmt“ simuliert

Die gewählten Niederschlagsereignisse entsprechen ebenfalls denen, die zur Ermittlung der Abflussminderungspotenziale verwendet wurden. Im ersten Fall ein 12-stündiges Niederschlagsereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren einerseits als Blockregen und andererseits als intensitätsvariabler Modellregen nach Euler-Typ 2. Des Weiteren wurden ein 24-stündiger Blockregen und ein

kurzfristiges Niederschlagsereignis mit der Dauer von 60 Minuten, ebenfalls als Blockregen gewählt – beide mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren. Weiterhin wurden für die 1000-jährigen Wiederkehrzeiten die Dauerstufen 1, 12 und 24 Stunden als Blockregen simuliert (Tab. 3-1).

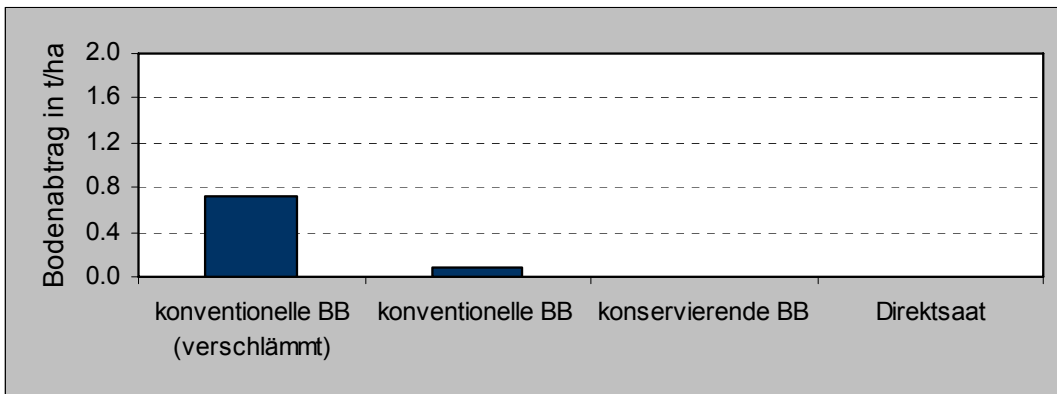
In Abb. 3-26 sind die abflussbedingten Bodenabträge von der Modellfläche für das 12 h dauernde 100-jährige Niederschlagsereignis (Blockregen) dargestellt. Um den Unterschied in der lokalen Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen zu den sich mit zunehmender Dauer des Niederschlagsereignis immer mehr angleichenden Abflusswerten deutlich zu machen, wurden die abflussbedingten Bodenabträge von der gewählten Modellfläche für mehrere Zeitschritte dargestellt (Abb. 3-26a bis Abb. 3-26f). Dabei entsprechen die dargestellten Werte jeweils der Gesamtsumme der abflussbedingten Bodenabträge von der gewählten Modellfläche, die sich zu den verschiedenen Zeiten nach Beginn des Niederschlagsereignisses ergeben. Es ist deutlich zu erkennen, dass die lokale Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen im Gegensatz zur reinen Abflussminderung auch bei länger anhaltenden Niederschlägen noch gegeben ist. Bei den Flächennutzungen Wald und Grünland kommt es auch bei solch einem extremen Niederschlagsereignis zu keiner wasserbedingten Erosion, während diese bei der konventionellen Bodenbearbeitung am höchsten ist.

In Abb. 3-26 wird auch die Bedeutung des Korrekturfaktors zur Beschreibung der Verschlammung auf gepflügten Flächen deutlich. Während im Falle einer „unverschlammten“ Bodenoberfläche der Bodenabtrag bei dem simulierten Niederschlagsereignis 2,15 t/ha beträgt, steigt dieser Wert auf das Doppelte (4,3 t/ha) im Falle einer „verschlammten“ Bodenoberfläche an.

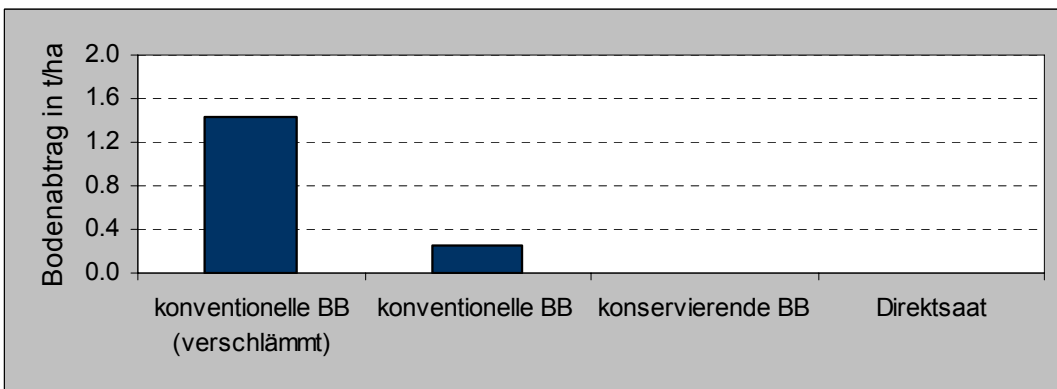
Die in Abb. 3-26 dargestellten Werte beziehen sich auf eine Modellfläche mit einer durchschnittlichen Hangneigung von 5 %. Wie bereits weiter oben erwähnt, wurden dieselben Simulationen auch auf einer Modellfläche mit einer Hangneigung von durchschnittlich 10 % durchgeführt.

In Abb. 3-27 sind die Gesamtsummen des von der Modellfläche abgetragenen Oberbodens für das 12 h dauernde 100-jährige Niederschlagsereignis (Blockregen) für beide angenommenen Hangneigungen dargestellt. Für die konventionelle und konservierende Bodenbearbeitung beträgt die prozentuale Zunahme des Gesamtbodenabtrages etwa 22 %, während bei der Direktsaatfläche die Zunahme des Bodenabtrages auf Grund der höheren Hangneigung mit etwa 30 % etwas höher ausfällt. Insgesamt ist der Bodenabtrag von dieser Fläche mit etwa 320 kg/ha im Vergleich zu der Fläche mit konventioneller Bodenbearbeitung aber immer noch um über 90 % geringer.

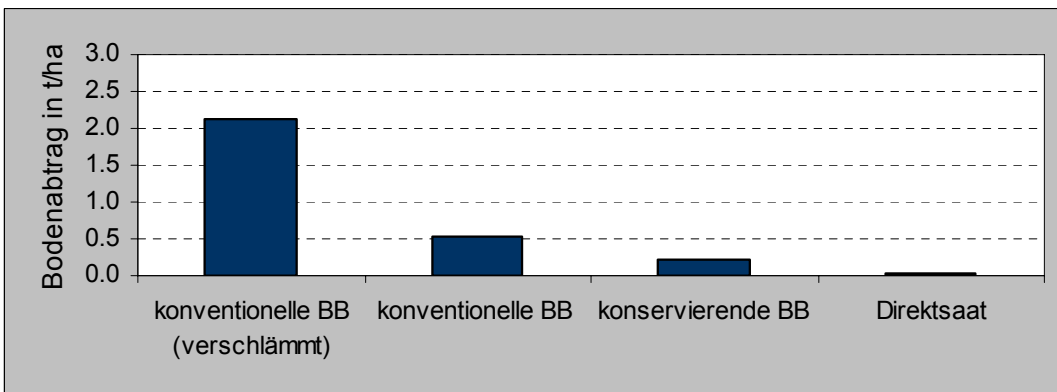
a) abflussbedingter Bodenabtrag nach 2 Stunden



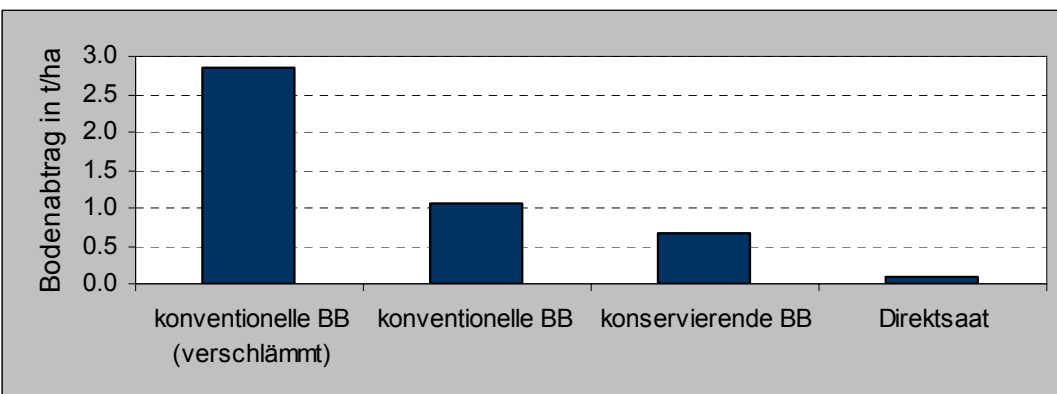
b) abflussbedingter Bodenabtrag nach 4 Stunden



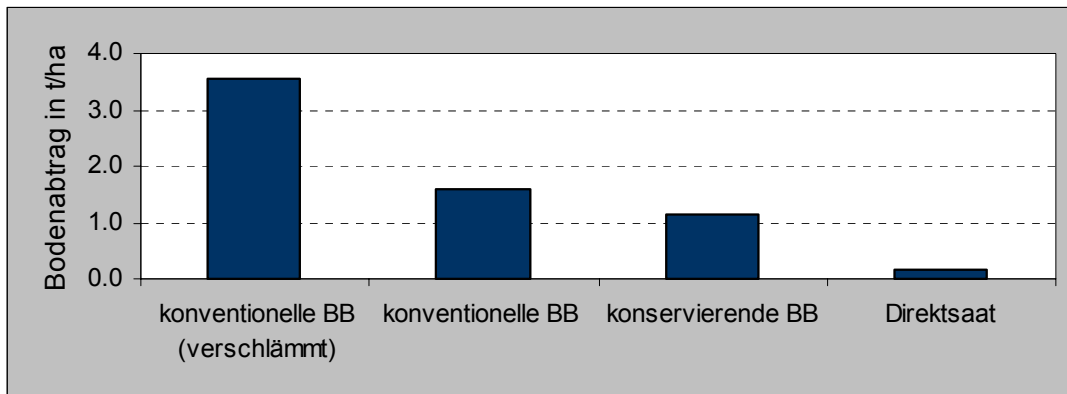
c) abflussbedingter Bodenabtrag nach 6 Stunden



d) abflussbedingter Bodenabtrag nach 8 Stunden



e) abflussbedingter Bodenabtrag nach 10 Stunden



f) abflussbedingter Bodenabtrag nach 12 Stunden

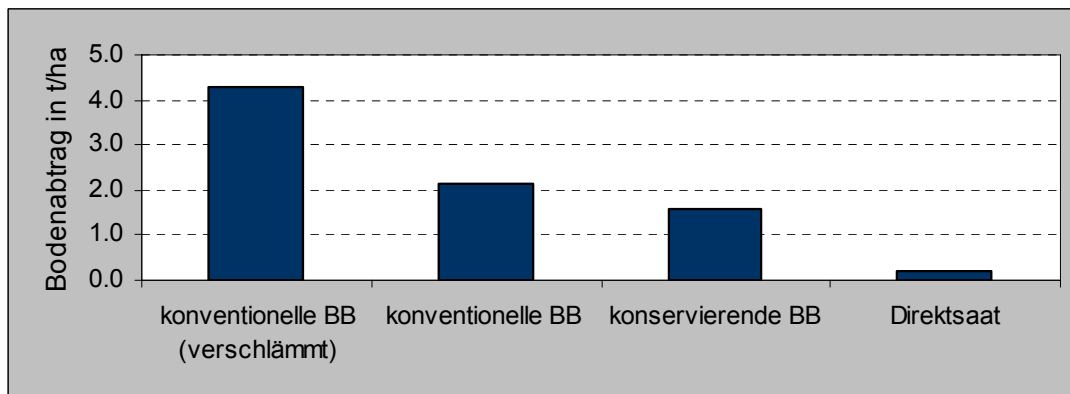


Abb. 3-26: Abflussbedingter Bodenabtrag nach a) 2 h, b) 4 h, c) 6 h, d) 8 h, e) 10 h und f) 12 h in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (12-stündiger 100-jähriger Blockregen, Hangneigung: 5 %)

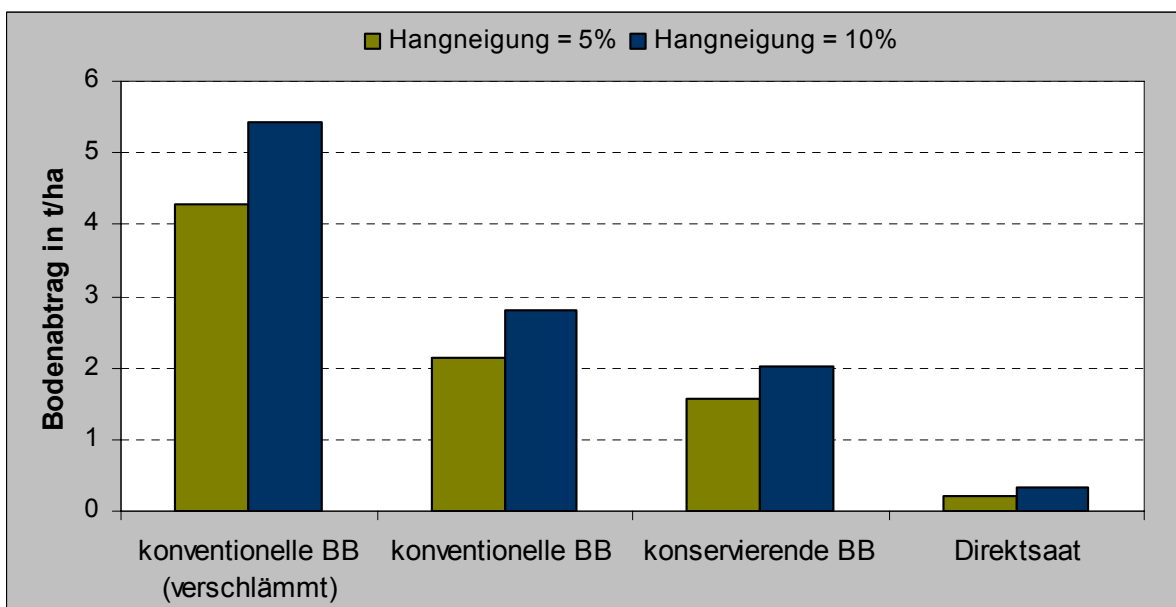


Abb. 3-27: Vergleich des abflussbedingten Bodenabtrages auf Grund unterschiedlicher Hangneigungen (Bodenart sandiger Lehm, 12-stündiger, 100-jähriger Blockregen)

Um den Einfluss der Niederschlagscharakteristik auf die Ablösungs- und Transportprozesse von Bodenmaterial auf landwirtschaftlich genutzten Flächen deutlich zu machen, wurden anschließend unter Zugrundelegung sonst gleicher Randparameter die abflussbedingten Bodenabträge von den Modellflächen ermittelt, die sich als Folge eines intensitätsvariablen Modellregens nach Euler-Typ 2 für das 12 h dauernde 100-jährige Niederschlagsereignis ergeben. Die Ergebnisse der Simulation für die Modellflächen mit 5 % und 10 % Hangneigung sind in Abb. 3-28 dargestellt. Grundsätzlich bleiben die prozentualen Verhältnisse zwischen den einzelnen Landnutzungs- bzw. Bewirtschaftungsformen erhalten, auch die Zunahme des Bodenabtrages von der Fläche um etwa 20 % auf Grund der höheren Hangneigung entspricht in etwa den Verhältnissen in Abb. 3-27.

Wie entscheidend die ausgelösten Erosionsprozesse aber von der Intensitätsverteilung des auf die Fläche auftreffenden Niederschlages geprägt werden, wird bei einem Vergleich der ermittelten Gesamtsummen der Bodenabträge deutlich. So hat das intensitätsvariable Niederschlagsereignis einen etwa dreimal höheren abflussbedingten Bodenabtrag von der Fläche zur Folge – während z. B. auf einer gepflügten Fläche im Falle einer „verschlämmten“ Bodenoberfläche und einer Hangneigung von 5 % der Bodenabtrag bei dem simulierten Blockregen etwa 4.3 t/ha beträgt (Abb. 3-27), steigt dieser Wert bei dem intensitätsvariablen Modellregen auf etwa 12 t/ha an (Abb. 3-28).

In Abb. 3-29 ist der abflussbedingte Bodenabtrag für das 100-jährige Niederschlagsereignis mit einer Dauer von 24 Stunden dargestellt. Interessant sind hier die durch die geringere Niederschlagsintensität hervorgerufenen veränderten Verhältnisse in den abflussbedingten Bodenabträgen. Während im Falle der Direktsaat eine Bodenerosion auf der Modellfläche im Gegensatz zum 12-stündigen Ereignis gänzlich verhindert werden kann und bei der konventionellen Bodenbearbeitung (verschlämmte Bodenoberfläche) nahezu unverändert bleiben (4,24 t/ha im Vergleich zu 4,3 t/ha bei dem 12-stündigen Ereignis), sind die Bodenabträge bei der konservierenden Bodenbearbeitung leicht erhöht (1,86 t/ha im Vergleich zu 1,58 t/ha bei dem 12-stündigen Ereignis).

Weiterhin fällt auf, dass die abflussbedingten Bodenabträge mit längerer Dauer des Niederschlagsereignisses in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform mehr oder weniger zunehmen. Für die Direktsaatfläche kann unter diesen Bedingungen, wie bereits erwähnt eine Bodenerosion gänzlich verhindert werden. Im Falle der „verschlämmten“ Variante der konventionellen Bodenbearbeitung sind nach 12 Stunden bereits 2 t/ha Boden erodiert, im Falle der konservierenden Bodenbearbeitung nur etwa 0,5 t/ha. Nach 24 Stunden betragen diese Werte dagegen 4,24 t/ha bzw. 1,84 t/ha, was einer Zunahme des Bodenabtrages um 2,24 t/ha bzw. 1,34 t/ha in der zweiten Hälfte des Niederschlagsereignisses bedeutet. Dieser Effekt wird auch in Abb. 3-26 deutlich, hier betragen diese Werte nach 6 Stunden für die verschlammte

Variante der konventionellen Bodenbearbeitung 2,13 t/ ha, für die konservierende Bodenbearbeitung 0,23 t/ ha und nach 12 Stunden 4,3 t/ ha bzw. 1,58 t/ ha, was damit einem abflussbedingten Bodenabtrag in der zweiten Hälfte des Niederschlagsereignisses von 2,17 t/ ha bzw. 1,35 t/ ha entspricht. Im Gegensatz dazu sind auf der Direktsaatfläche nach 6 Stunden etwa 0,03 t/ ha Boden erodiert, nach 12 Stunden etwa 0,21 t/ ha, was einer Zunahme von nur 0,18 t/ ha entspricht.

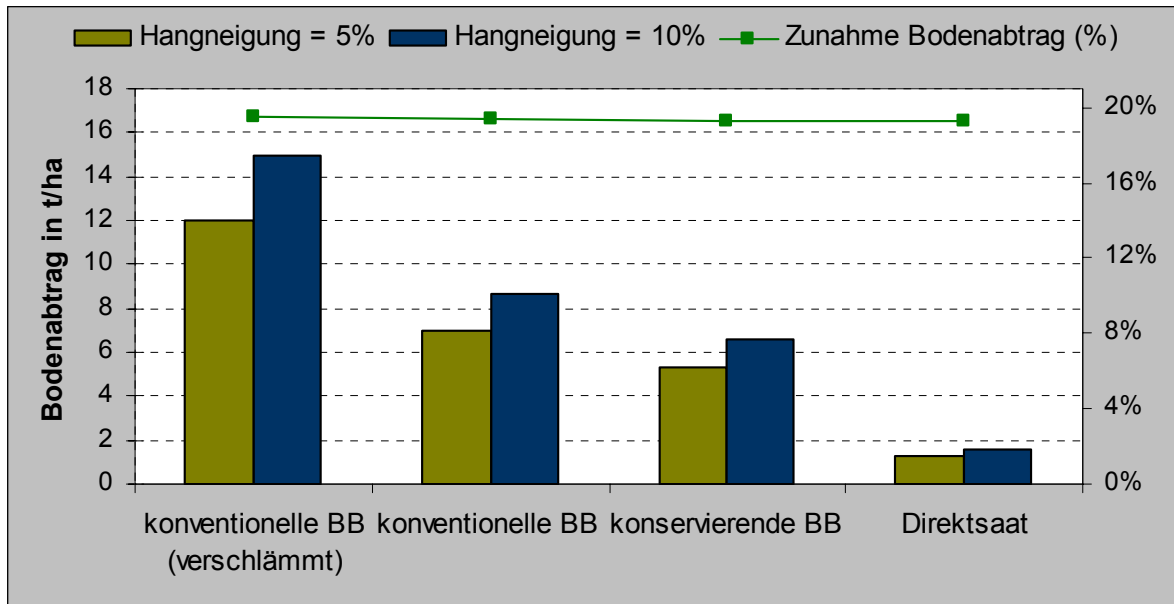
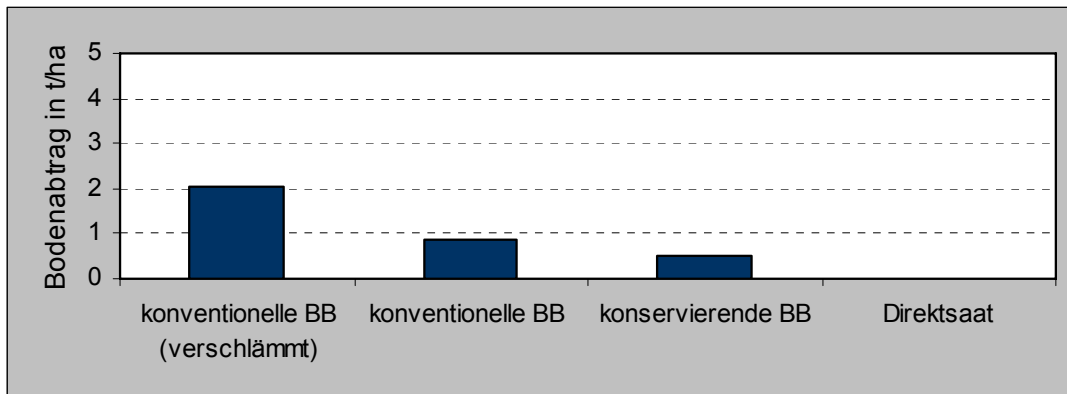


Abb. 3-28: Abflussbedingter Bodenabtrag auf Grund eines intensitätsvariablen Modellregens bei unterschiedlichen Hangneigungen (Bodenart sandiger Lehm, 12-stündiger, 100-jähriger Modellregen Euler-Typ 2)

Zu erklären sind diese Effekte durch den Zusammenhang von Infiltration/ Oberflächenabfluss und Erosion, der im Programm EROSION 3 D unter Vernachlässigung der Bodenbedeckung nahezu linear ist. Dieser Zusammenhang wird vor allem bei lang anhaltenden Niederschlägen deutlich, da, wie weiter oben gezeigt, mit zunehmender Dauer des Niederschlagsereignisses, die Unterschiede im Oberflächenabfluss in Abhängigkeit von Landnutzung und Bewirtschaftungsform immer geringer werden. Somit beschränkt sich der durch die Reduzierung von Oberflächenabfluss und Vegetationsbedeckung hervorgerufene Erosionsschutz auf der Fläche bei extremen, lang anhaltenden Niederschlagsereignissen auf die Dauer allein auf die Vegetationsbedeckung und da diese im Falle der konservierenden Bodenbearbeitung mit 40 %, im Falle der Direktsaat dagegen mit 90 % definiert wurde, erklären sich letztendlich auch die hier beschriebenen Effekte und verstärken die anfangs postulierte These, dass auch bei extremen Niederschlägen allein eine dichte Vegetationsbedeckung noch einen guten Erosionsschutz bietet. Zum Vergleich sind auch für dieses Niederschlagsereignis die Bodenabträge für Modellflächen mit 10 % Hangneigung ermittelt worden. Die relative Zunahme des Bodenabtrages auf Grund der höheren Hangneigung beträgt etwa 24 % (Abb. 3-30).

a) abflussbedingter Bodenabtrag nach 12 Stunden



b) abflussbedingter Bodenabtrag nach 24 Stunden

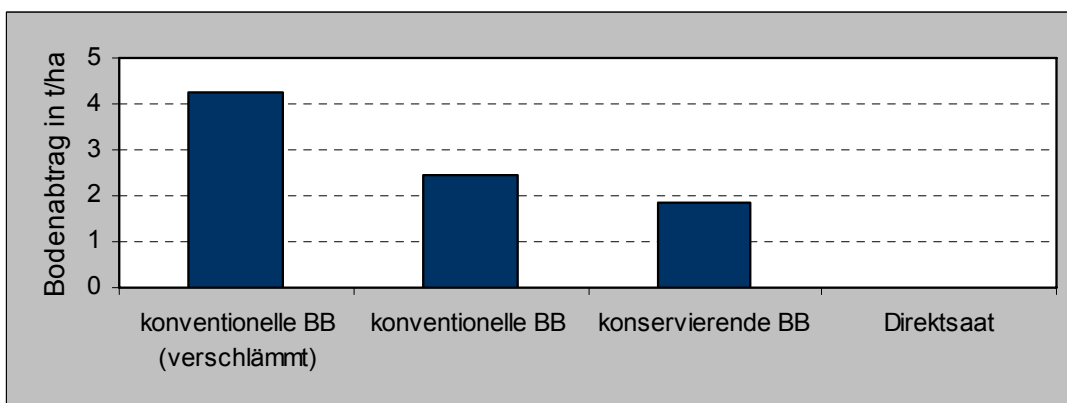


Abb. 3-29: Abflussbedingter Bodenabtrag nach a) 12 h und b) 24 h in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (24-stündiger, 100-jähriger Blockregen)

Bei der Simulation eines konvektiven Starkniederschlagsereignisses dagegen, addieren sich die Effekte einer Reduzierung des Oberflächenabflusses und einer schützenden Vegetationsbedeckung im Sinne des Erosionsschutzes, wie in Abb. 3-31 dargestellt und führen dazu, dass die Unterschiede in der Summe der abflussbedingten Erosionsfrachten noch größer werden als für advective Extremniederschläge. Für das konkrete Beispiel (Hangneigung 5 %) in Abb. 3-31 ergaben sich bei der Simulation mit EROSION 3D für die verschlammte Variante der konventionellen Bodenbearbeitung über 9,5 t/ ha Bodenabtrag, für die konservierend bestellte Fläche etwa 3,4 t/ ha und für die Direktsaatfläche etwas mehr als 800 kg/ ha Bodenabtrag. Die relative Zunahme des Bodenabtrages auf Grund der höheren Hangneigung beträgt für alle Nutzungsarten etwa 20 %.

Weiterhin wurden – wie mit dem Programm Hydrol-Inf auch mittels Erosion 3 D – die Extremniederschläge mit einer Wiederkehrzeit von 1000 Jahren laut den berechneten PEN-Werten für das 1, 12 und 24-stündige Niederschlagsereignis modelliert und die Summen der abflussbedingten Bodenabträge von den Modellflächen ermittelt (Abb. 3-32). Die Abbildung macht deutlich, dass der Einfluss von nicht-strukturellen

Landnutzungs- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen - im Gegensatz zu der Beeinflussung des entstehenden Oberflächenabflusses - im Sinne des Erosionsschutzes auch bei solch extremen Niederschlägen erhalten bleibt und Erosion bedingte Bodenverluste und damit einhergehende Stoffeinträge in Oberflächengewässer durch eine angepasste Bewirtschaftungsweise erheblich minimiert werden können. Zur Verdeutlichung dieser Tatsache sind die eben beschriebenen Ergebnisse in Tab. 3-3 nochmals zusammenfassend dargestellt.

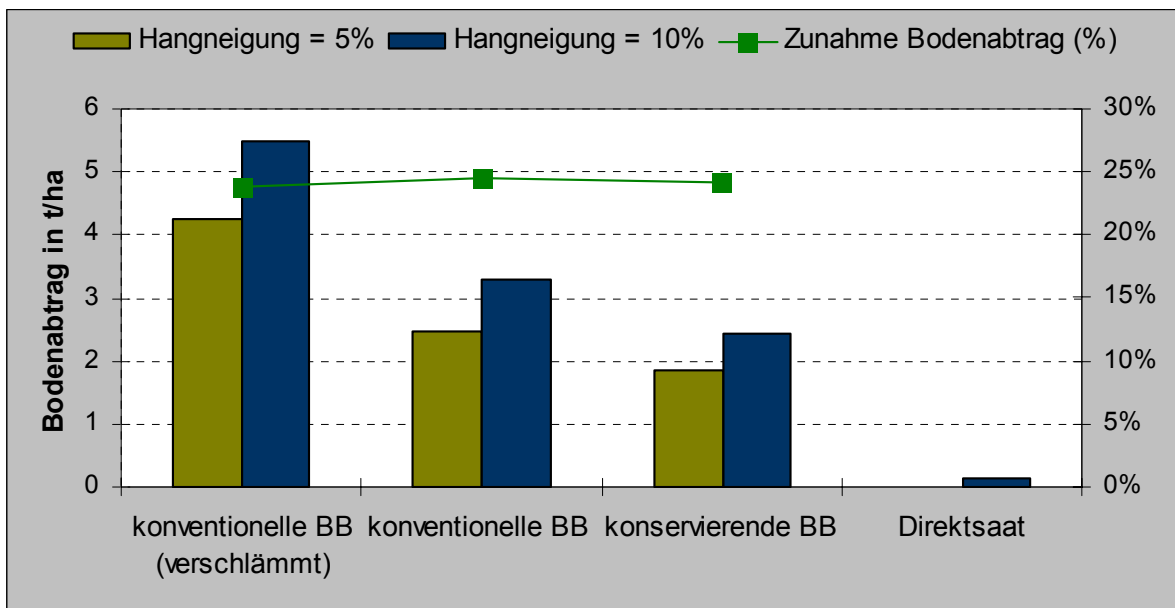


Abb. 3-30: Vergleich des abflussbedingten Bodenabtrages auf Grund unterschiedlicher Hangneigungen (Bodenart sandiger Lehm, 24-stündiger, 100-jähriger Blockregen)

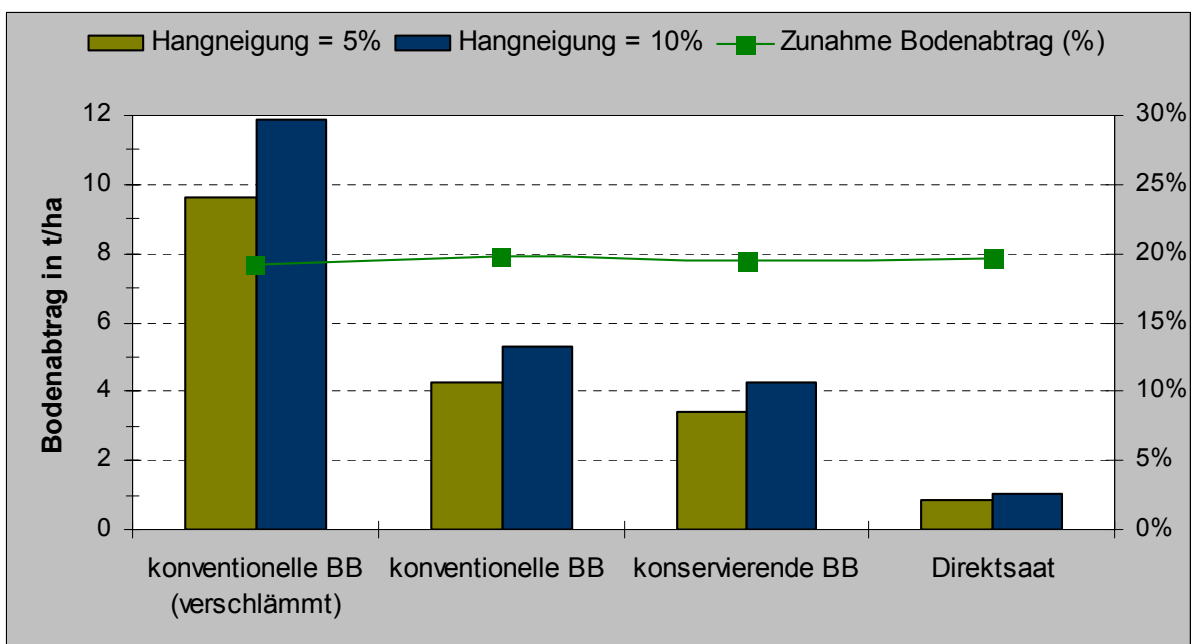


Abb. 3-31: Abflussbedingter Bodenabtrag in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (1-stündiger 100-jähriger Blockregen)

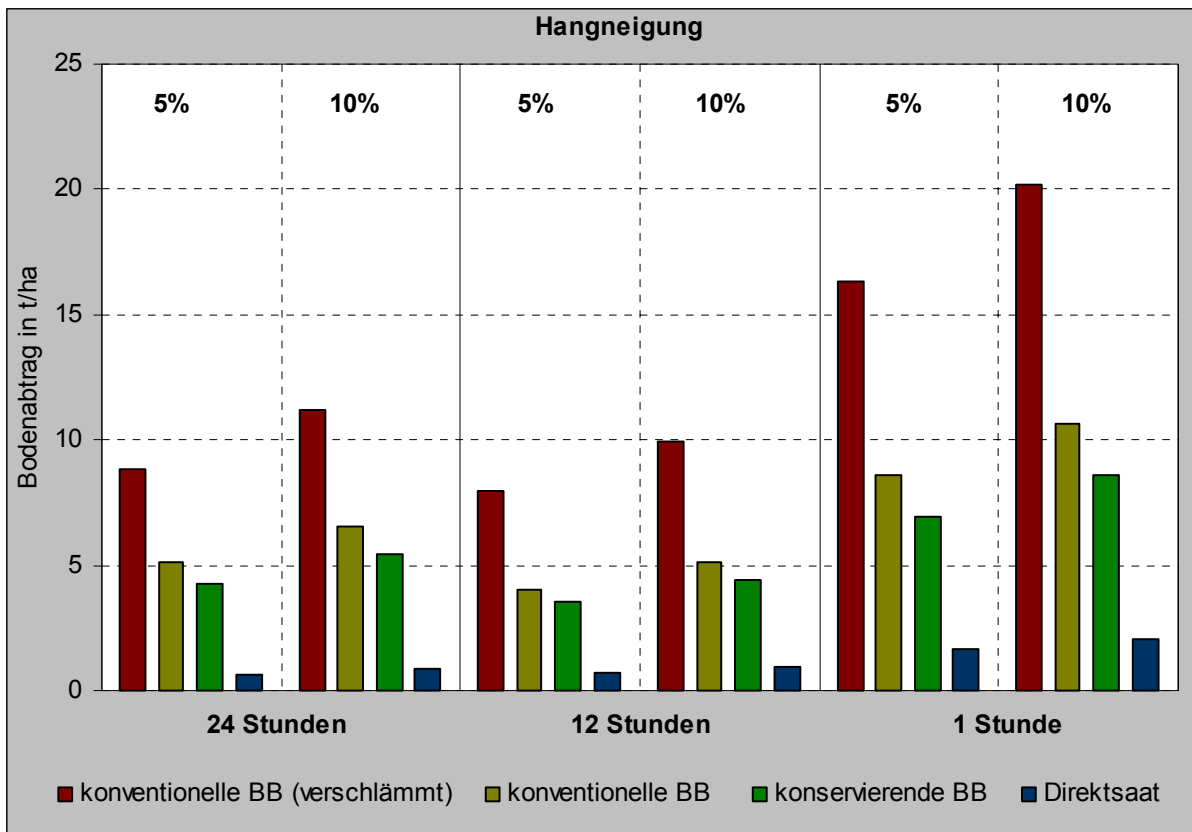


Abb. 3-32: Abflussbedingter Bodenabtrag in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und Niederschlagsdauer (Bodenart: sandiger Lehm; 1, 12 und 24-stündiger PEN-Blockregen)

Tab. 3-3: Bodenabtragsminderung durch Umstellung von konventioneller Bodenbearbeitung auf dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung bzw. Direktsaatverfahren

Niederschlagsereignis	Bodenabtragsminderung – konservierende BB	Bodenabtragsminderung - Direktsaat
1 h – 100 a	64 %	92 %
1 h – 1000 a	58 %	90 %
12 h – 100 a	63 %	94 %
12 h – 1000 a	57 %	91 %
24 h – 100 a	55 %	97 %
24 h – 1000 a	52 %	92 %

3.1.3.3 Einfluss von Standort- und Ereignisparametern

Neben dem Einfluss von verschiedenen nicht-strukturellen Maßnahmen sind vor allem die jeweils spezifischen Standortbedingungen auf der einzelnen Fläche sowie

die ereignisabhängigen Parameter entscheidende Faktoren für die Hochwasserentstehung. Um den Einfluss dieser Parameter noch einmal deutlich zu machen, wurden beispielhaft unterschiedliche Standortbedingungen (Bodenart, und Bodenmächtigkeit) sowie unterschiedliche Vorfeuchten bei Beginn des Hochwasser auslösenden Niederschlages simuliert und miteinander verglichen. Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen sind in den Abb. 3-33 bis Abb. 3-38 dargestellt und machen deutlich, dass die Randbedingungen einen weitaus größeren Einfluss auf die Hochwasserentstehung haben können als bodenbearbeitungs- bzw. landnutzungsinduzierte Effekte.

Für den Vergleich der unterschiedlichen Bodenarten und Bodenmächtigkeiten wurde jeweils eine 15-tägige gravitative Entwässerung angenommen. Für den Vergleich der unterschiedlichen Vorfeuchten und Bodenarten wurden Bodenmächtigkeiten von jeweils 70 cm angenommen. Bei allen Simulationen wurde ein geschichtetes Bodenprofil, mit 30 cm mächtigen Oberboden, dauerhaft konservierend bearbeitet, als Grundlage für die Modellierung angenommen.

Dabei stellen die hier dargestellten Parameter nur eine Auswahl aus dem Spektrum variierender ereignisabhängiger und –unabhängiger Faktoren dar. Verwiesen sei z. B. auch auf unterschiedliche Niederschlagsintensitäten und Niederschlagsverteilungen (Abb. 3-7) ungleichmäßige Vegetation und Bodenbedeckung sowie Relief-eigenschaften, unterschiedliche Hanglängen, Schichtung des Bodens sowie unterschiedliche Eigenschaften von Liegendgesteinen.

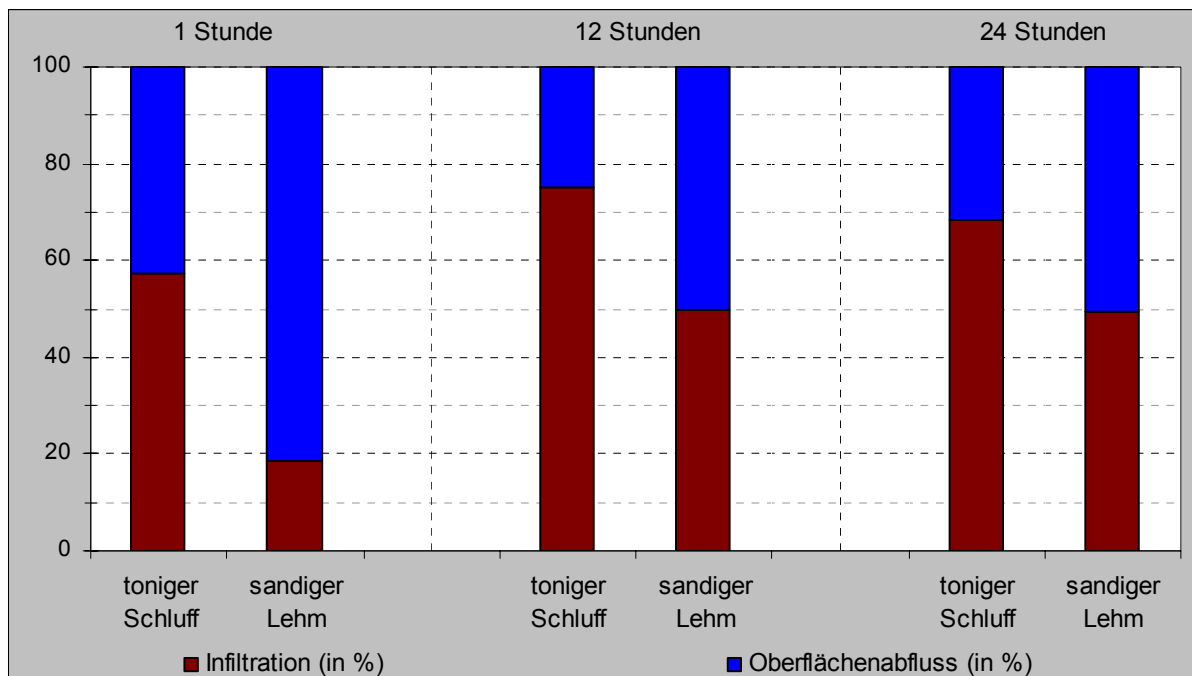


Abb. 3-33: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenarten für die drei Blockregen (100-jährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit)

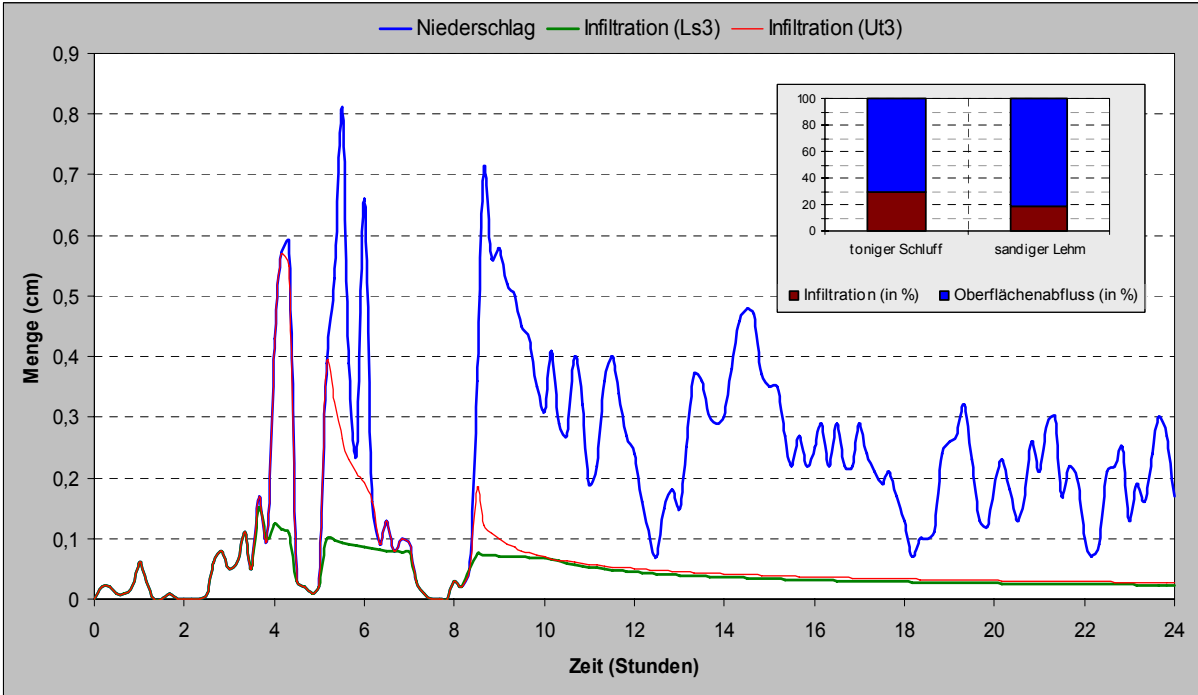


Abb. 3-34: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenarten für das Niederschlagsereignis 2002

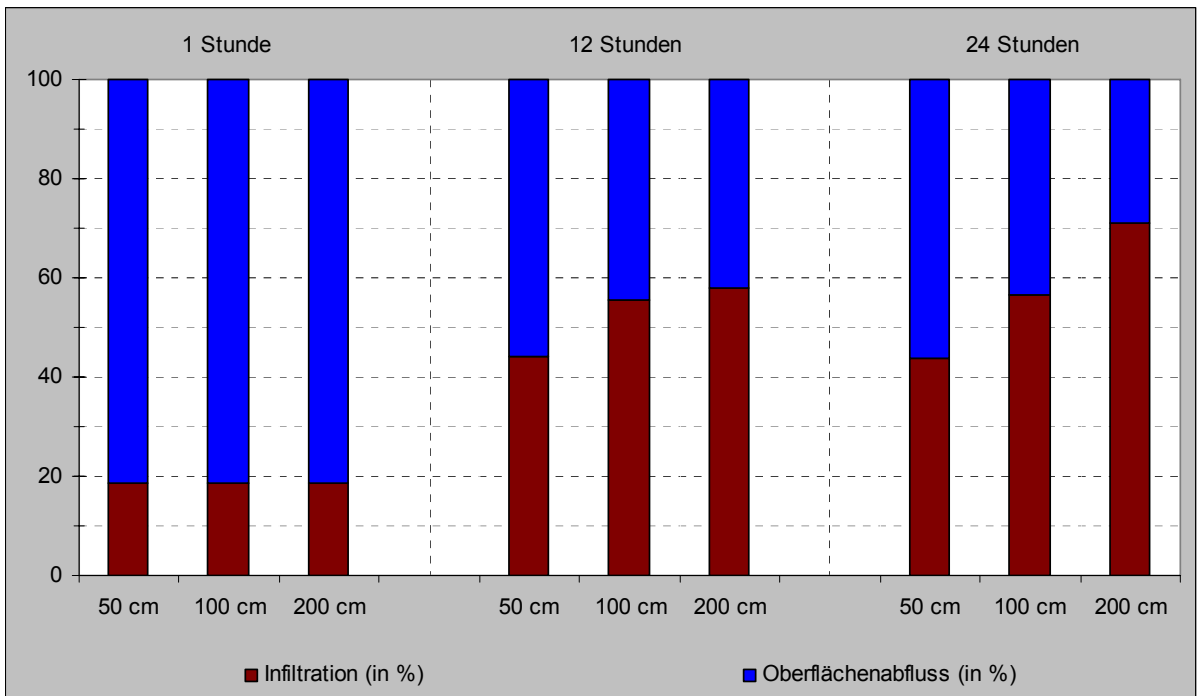


Abb. 3-35: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenmächtigkeit (Bodenart Ls3) für die drei Blockregen (100-jährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit)

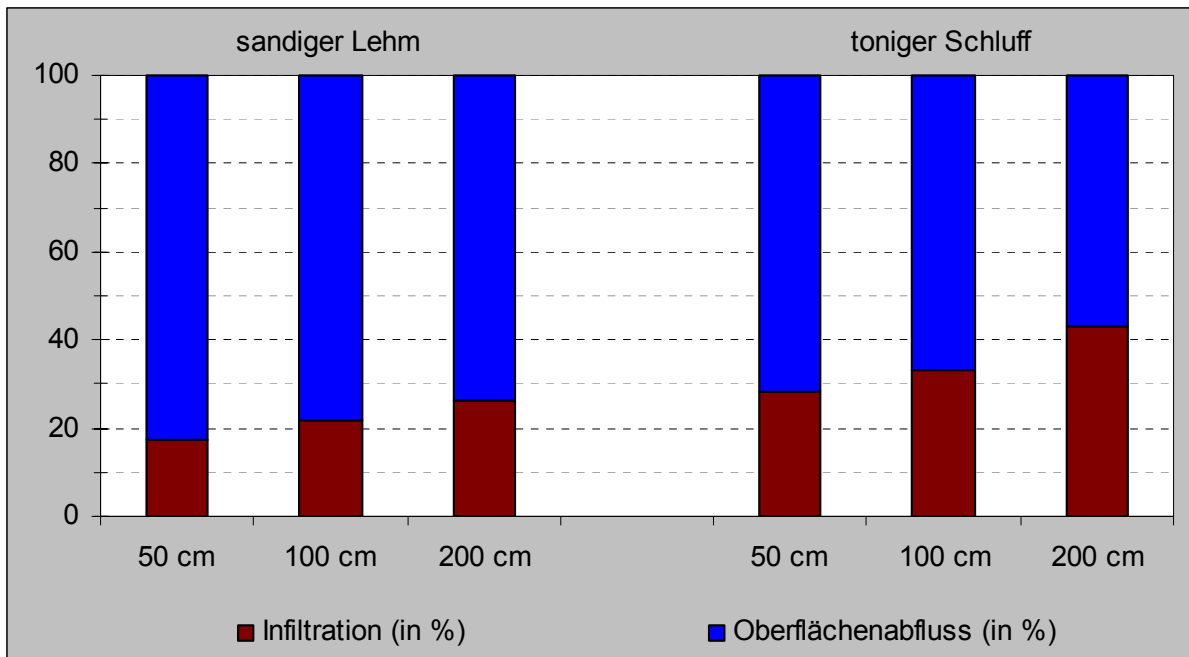


Abb. 3-36: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Bodenmächtigkeit für das Ereignis 2002

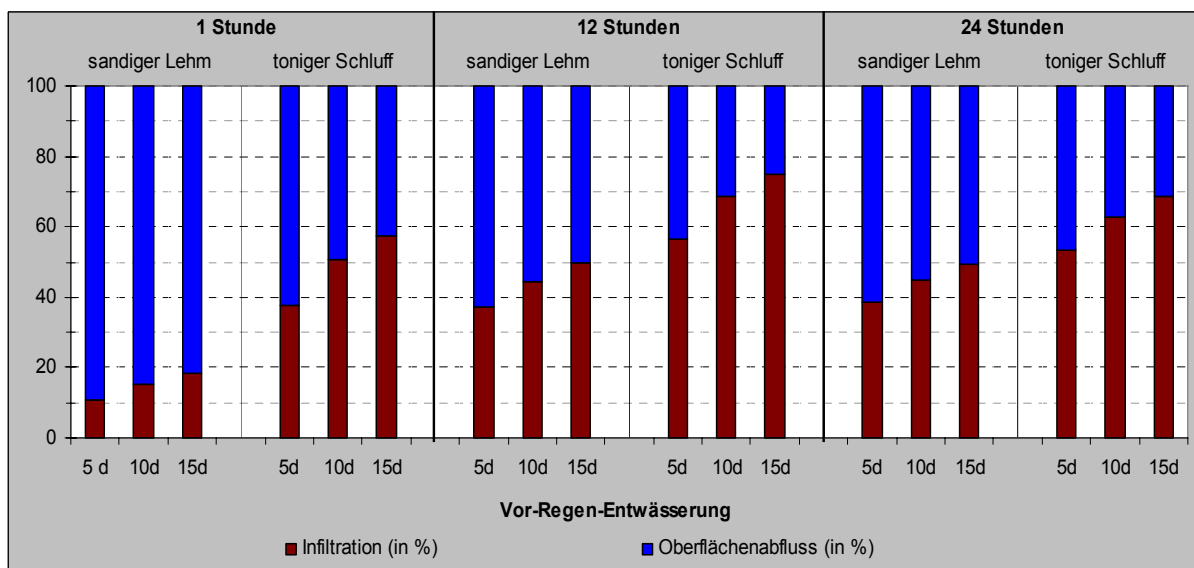


Abb. 3-37: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Vorfeuchten (5, 10, 15 Tage Vorentwässerung) für die drei Blockregen (100-jährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit)

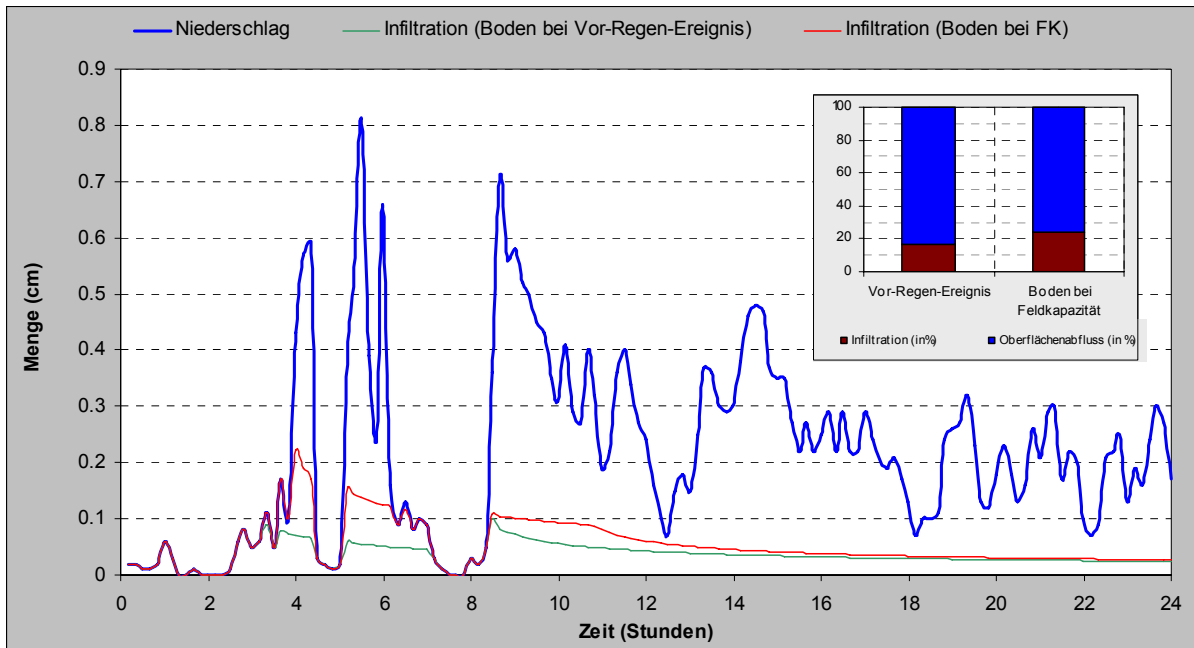


Abb. 3-38: Unterschiede in Infiltration auf Grund unterschiedlicher Vorfeuchten (nahezu gesättigter Boden bzw. Boden bei Feldkapazität) für die Bodenart Ls3 und das Ereignis 2002

3.1.3.4 Diskussion und Auswertung der Hypothesen

Die Ergebnisse der Modellierungen zeigen, dass nicht-strukturelle Landnutzungs- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen im Hinblick auf eine Hochwasserrisikominderung die abflussbedingte Erosion wesentlich stärker beeinflussen als den Oberflächenabfluss. Während der Einfluss von nicht-strukturellen Landnutzungsmaßnahmen hinsichtlich des Oberflächenabflusses mit zunehmender Bodenfeuchte, Niederschlagsdauer und -intensität abnimmt, ist es durch gezielte Landnutzungsänderungen möglich, Erosion bedingte Bodenverluste und damit einhergehende Stoffeinträge in Oberflächengewässer durch eine angepasste Bewirtschaftungsweise zu minimieren bzw. sogar gänzlich zu verhindern.

Damit kann zum einen die am Anfang des Projekts gestellte Hypothese, nach der dichte Vegetationsbedeckung und fest verwurzelte Pflanzenbestände auch bei extremen Niederschlägen noch einen guten Erosionsschutz bieten und somit das Schadensrisiko infolge abflussbedingter Erosionsfrachten in angrenzenden Unterliegergebieten mindern, bestätigt werden.

Vergleicht man zum anderen die hier vorgestellten Modellierungsergebnisse mit der anfangs postulierten Hypothese, dass sowohl die Reduzierung als auch die Dämpfung von schnellen Abflüssen mit ansteigender Niederschlagsdauer und -intensität abnimmt, so ist auch diese Hypothese bestätigt worden. Wie gezeigt, können Infiltration fördernde nicht-strukturelle Maßnahmen, in Abhängigkeit von gebiets- und ereignisabhängigen Faktoren, Hochwasserereignisse bei kleinen bis mittleren Wieder-

kehrzeiten beeinflussen. Je größer das Niederschlagsvolumen, desto geringer ist der Einfluss der Landoberfläche auf die Hochwasserentstehung. Dementsprechend kann weiterhin festgehalten werden, dass im Bereich von Hochwasserentstehungsgebieten, bezogen auf hochwasserrelevante Extremniederschläge, auf Grund der nur geringmächtigen Böden, verbunden mit ungünstigen Reliefeigenschaften kaum Hochwasser mindernde Effekte durch Landnutzungswandel zu erwarten sind.

Vielmehr sind in diesen Bereichen die jeweils spezifischen Standortbedingungen ein entscheidender Faktor für die Hochwasserentstehung. So finden sich z. B. unter Ackernutzung die fruchtbarsten Böden eines Naturraumes, die sich durch geringe Skelettgehalte, Tiefgründigkeit und geringe Hangneigung auszeichnen. Die Waldverteilung und auch die Grünlandverteilung zeichnen hingegen die Ungunststandorte eines Naturraumes, mit flachgründigeren Böden, hohen Skelettgehalten und steileren Hangneigungen, nach. Somit ist auch die Wirkung des Waldes auf den Hochwasserabfluss differenziert zu betrachten, denn nicht jeder Wald kann Hochwasserspitzen maßgeblich reduzieren. Sind die Böden flachgründig, wie die oft geringmächtige Verwitterungsdecke des im Erzgebirge anstehenden metamorphen Festgesteins, wird die Möglichkeit, Niederschläge zu speichern und verzögert abzugeben auch mit einer Waldbedeckung nicht maßgeblich verbessert. Vielmehr sind Wälder in Mittelgebirgen in Verbindung mit geringdurchlässigen Liegendgesteinen prädestiniert für rasche unterirdische Abflussbildung. Bei der Grünlandnutzung ist auch die Benetzung hemmende Wirkung durch Streu, Anordnung der toten Blattscheiden, Trittvverdichtung, Verdichtung durch Befahren und Wurzelfilz zu beachten. So kann ein Filz aus abgestorbener Blattbiomasse, Moosen und einem dichten Geflecht aus Feinwurzeln die Infiltrationskapazität deutlich herabsetzen. Grünland ohne ausreichende Narbenpflege kann mehr Oberflächenabfluss liefern als Ackerflächen, wie Untersuchungen von Feger et al. (2002) über Landnutzungsänderungen im Erzgebirge belegen.

Dabei sei in diesem Zusammenhang explizit auf die große zeitliche und räumliche Variabilität von sowohl ereignisabhängigen Faktoren, wie Anfangswassergehalt und damit zusammenhängender Saugspannung, Niederschlagsintensität, Niederschlagsverteilung, Energie der Regentropfen, Verschlammung, Verkrustung, Quellen und Schrumpfen von Tonmineralen, Makroporen, Einschlüsse und Strömung der Bodenluft, Bodennutzung, Vegetation und Bodenbedeckung als auch ereignisunabhängigen Faktoren, wie Reliefeigenschaften, Hanglänge, Bodenmächtigkeiten, Schichtung des Bodens, Bodentextur und -struktur, Körnung, Porengrößenverteilung, Gesamtporenvolumen, Wasserspannungskurve, ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit, Mächtigkeit der Humusaufgabe und Humusgehalt sowie Liegendgesteine hingewiesen. Die hohe Variabilität dieser Faktoren macht es schwierig, einen gesamten Schlag einheitlich zu erfassen, d. h. auf der einzelnen Anwendungsfläche ist die Spannweite des Ausmaßes der möglichen Oberflächenabflussreduzierung so groß, dass eine

exakte Quantifizierung der Effekte nicht durchgeführt werden kann. Dementsprechend gelten in noch viel stärker ausgeprägtem Maße auch Einschränkungen bei der generellen Aussage zu Hochwasser mindernden bzw. verstärkenden Effekten durch nicht-strukturelle Landnutzungsmaßnahmen in Flusseinzugsgebieten, da sich je nach Kombination der einzelnen meteorologischen, hydrologischen und bodenkundlichen Einflussfaktoren, verbunden mit den für größere Einzugsgebiete typischen vielfältigen Rückkopplungen unendlich viele Möglichkeiten der Abflussganglinie ergeben.

Weiterhin wurde gezeigt, dass der Einfluss von Vegetationsbedeckung und Bewirtschaftungsweise bei intensiven konvektiven Niederschlägen (z. B. Gewitterniederschlag) größer ist als bei lang anhaltenden advektiven Niederschlägen. Da aber Hochwasser in großen Flusseinzugsgebieten vornehmlich von großräumigen advektiven Niederschlägen hervorgerufen wird, in kleinen Einzugsgebieten dagegen aber auch konvektive Niederschläge zu erheblichen Hochwasserschäden führen können, sollten nicht-strukturelle Maßnahmen begleitend zum lokalen Hochwasserschutz, insbesondere zur Minderung der Auswirkungen sommerlicher Gewitter eingesetzt werden. In großen Flusseinzugsgebieten dagegen ist der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Hochwasserentstehung eher gering. Dieser Effekt wird zusätzlich durch die Tatsache verstärkt, dass die Bedeutung der Eigenschaften der einzelnen Flächen mit zunehmender Einzugsgebietsgröße gegenüber den Eigenschaften des Gewässersystems geringer wird, da der Anteil der Fließprozesse im Gewässer im Verhältnis zu den Prozessen auf den Flächen mit der Einzugsgebietsgröße zunimmt (Beven, 1991).

3.1.3.5 Schlussfolgerungen

- Der Einfluss von Bewirtschaftungs- oder Landnutzungsänderungen auf Infiltrationseffekte und damit verbundener Reduzierung von schnellen Abflüssen nimmt im Bereich der Hochwasserentstehungsgebiete mit zunehmender Niederschlagsintensität und -dauer ab, d. h. Infiltration fördernde Maßnahmen können nur Hochwasserereignisse kleiner bis mittlerer Wiederkehrzeit beeinflussen
- Ebenso ist bei länger andauernden hochwasserrelevanten Extremniederschlägen eine Verzögerung des entstehenden Oberflächenabflusses durch erhöhte Rauigkeiten der Bodenoberfläche kaum noch wirksam, da die kritischen Fließzeiten auf den einzelnen Abflussbildungsflächen ohnehin nur im Minutenbereich liegen
- Abflussminderungspotenziale für einzelne Abflussbildungsflächen sind vor allem bei kurzzeitigen konvektiven Niederschlägen (z. B. sommerliche Gewitter) vorhanden und können dazu beitragen, die Auswirkungen von lokalen Hochwasserereignissen zu dämpfen

- Der Einfluss nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen auf den abflussbedingten Bodenabtrag bleibt besonders unter der Voraussetzung einer ausreichenden Bodenbedeckung auch bei extremen Niederschlagsereignissen, sowohl konvektiver als auch advektiver Art selbst dann noch erhalten, wenn keine Abflussminderung bzw. -verzögerung mehr zu erwarten ist
- Im Vergleich zu einzelnen Landnutzungsänderungen haben die ereignisspezifischen Faktoren, wie z. B. hohe Bodenfeuchten, Niederschlagsverteilung und -intensität sowie die standortspezifischen Faktoren, wie Geländemorphologie, Bodenmächtigkeit und Liegendgesteine einen weitaus größeren Einfluss auf die Abflussbildung.
- Durch Landnutzungsänderungen können im Hinblick auf den Wasserrückhalt günstige Standortbedingungen (z. B. vorliegen großer Bodenmächtigkeiten mit hohem Wasserspeicherpotenzial) erschlossen werden.

3.2 AP2 – Wirkungen nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten als Hochwasserrisiko-Komponenten

3.2.1 Ziel- und Aufgabenstellung

Für die Arbeiten zum Arbeitspaket 2 waren die im Projektantrag formulierten Ziele und Aufgaben maßgebend.

a) Thema AP2

- Wirkungen nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten als Hochwasserrisiko-Komponenten – Systematische Erfassung, Katalogisierung und Analyse der Minderungspotenziale für Hochwasserscheitel und der Risikopotenziale für Böden, Gewässer und Ernteprodukte mit Ausweis von Risikominderungsoptionen

b) Leitung:

- ZALF-LWH

c) Kooperation:

- UFZ, LfULG, ZALF-SÖ, Uni Hamburg (BIOGUM)

d) Ziele:

- Quantifizierung der hydraulischen Effekte von Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsbereichen in Hinblick auf die Überflutungscharakteristik in diesen Bereichen und Bewertung ihres Potenzials zur Minderung von Hochwasserereignissen
- Ermittlung und Charakterisierung der Schadstoffdynamik in landwirtschaftlich genutzten Überschwemmungsbereichen
- Charakterisierung des ökologischen und ökonomischen Schadenspotenzials von differenzierten landwirtschaftlichen Landnutzungspraktiken in Überschwemmungsbereichen
- Verfahrensoptionen (technologische Lösungen) zur Anpassung landwirtschaftlicher Landnutzungspraktiken für Hochwasserrisiko-Bewältigungsstrategien

e) Hypothesen:

- Überschwemmungshöhen steigen/ fallen synchron mit dem Flusswasserstand; abflusswirksames Rückhaltepotenzial der Flutungsauwe ist damit lediglich die Speicherinhaltsänderung entsprechend der Wasserspiegeländerung in der Zeiteinheit. Daraus folgen – außerhalb der hydraulischen „Funktionszonen“ –

sehr geringe Fließgeschwindigkeiten des in die Flussaue strömenden Wassers mit Sedimentation und Akkumulation von eingetragenen Stoffen.

- Nicht-strukturelle Maßnahmen der Landnutzung außerhalb der Funktionszonen haben auf den Hochwasserabfluss keine Wirkung. Entscheidend sind die aus der Überschwemmung resultierenden Risiken für Acker- bzw. Grünlandnutzung und für die Gewässergüte im Abstrombereich.
- Mit der Überflutung eingeströmte Substanzen können Boden- und Pflanzenkontaminationen verursachen, durch die Nutzungseinschränkungen im Zeitraum nach einem Hochwasser erforderlich werden können. Noternten und Bepflanzung der Flächen innerhalb der verfügbaren Vorwarnzeit können wirtschaftliche und ökologische Schäden in Überschwemmungsbereichen vermeiden oder verringern.
- Rückhaltmaßnahmen in Nebeneinzugsgebieten tragen zur Minderung von Abflüssen und Stoffausträgen aus diesen Gebieten bei, jedoch dürfte die Minderungswirkung in Relation zu HQ₁₀₀-Abflüssen im Hauptstrom marginal sein.

f) Methoden/ Arbeitsschritte:

- Analyse der Überflutung von landwirtschaftlich genutzten Flächen im Hinblick auf Ursachen, Wirkungen, Schäden, Minderungsmöglichkeiten und Regulierungsbedarf (vorzugsweise Interpretation des Kenntnisstandes)
- Systematische Wirkungsanalyse der Einzelprozesse (hydraulisch-hydrologisch, limnologisch) sowie Interpretation von Daten zur Sediment- und Bodengüte nach Hochwasserereignissen
- Entwicklung von Szenarien für typische Landnutzungssituationen in potenziellen Überschwemmungsgebieten, Ausweisung von Minderungseffekten lokaler Maßnahmen im Überflutungsfall und Ableitung von Risikomanagementstrategien
- Beurteilung von Minderungseffekten lokaler Maßnahmen im Ober-/ Unterliegerbezug

Aus dem Aufstockungsantrag neu hinzugekommene Arbeitsaufgabe:

- Interpretation des Datenbestandes des BfN-Auen-Projektes zur Landnutzung in den Überschwemmungsaue deutscher Flussgebiete und Gegenüberstellung der landwirtschaftlichen und naturschutzfachlichen Nutzungsziele und -potentiale gemeinsam mit dem BfN
- Abgleich der landwirtschaftlichen Nutzung von Flutpoldern mit Alarmplänen und Betriebsregimen von Flutpoldern im Hinblick auf besondere Risikopotentiale, Bewirtschaftungsauflagen und Entschädigungsregelungen

- Untersuchungen mit einem 2D-Modell an einem schematisierten Flussabschnitt mit geometrischen Variationen und Vergleich mit den Ergebnisaussagen des „Lamellenmodells“
- Erarbeitung einer Wissensplattform für die Entscheidungsunterstützung im Bezug auf die Risikominimierung der Schadstoffkontamination

Beitrag zur Erreichung des Projektziels (durch o. g. Arbeitsaufgaben):

- Fachlich fundierte Aussagen zu Synergieeffekten und Nutzungskonflikten zwischen Landwirtschaft und Naturschutz als Grundlage für die Ableitung von Nutzungsstrategien zur Hochwasserrisikominderung
- Ausweis von Handlungsoptionen für die Schadensminderung im Zusammenhang mit der Flutung und Entleerung landwirtschaftlich genutzter Flutpolder und der Fortführung der landwirtschaftlichen Nutzung
- Erweiterung der Interpretationsmöglichkeiten des „Lamellenmodells“ auch auf kompliziertere Flussabschnittsgeometrien (Querschnittserweiterungen und -eengungen, Krümmungen); höhere Interpretationssicherheit und Bestätigung der in der Hauptprojektphase unterstellten Vereinfachungsmöglichkeiten
- Die Wissensplattform wird im Internet öffentlich verfügbar sein (Wiki). Durch klare Ja/Nein-Entscheidungen ist eine gute Führung des Nutzers im Wiki möglich. Erläuterungen auf verschiedenen Ebenen sowie Links zu relevanten Internetseiten strukturieren die Informationsflut

g) Anzustrebende Ergebnisse:

- Kriterien und Richtlinien für die Beurteilung des Einflusses agrarischer Landnutzungspraktiken in Überschwemmungsgebieten auf die Ausprägung von Hochwassern
- Katalog von Optionen zur Minderung von Hochwasserschäden durch lokale landwirtschaftliche Maßnahmen für typische Einzugsgebietssituationen
- Eingereichte wissenschaftliche Veröffentlichungen

3.2.2 Material und Methoden

3.2.2.1 Interpretation des vorhandenen Wissens

Mit dem 2004 in den Deutschen Bundestag eingebrachten Hochwasserartikelgesetz beabsichtigte die Bundesregierung zunächst ein vollständiges Ackerbauverbot für alle bei einem Hochwasser von HQ_{100} überschwemmten Flächen. Als Begründung wurde angeführt, Ackerbau auf solchen Flächen würde erhöhte (Scheitel-) Wasserstände beim Hochwasserabfluss bewirken und zu Erosion mit Gewässer belastenden Stoffausträgern nach unterhalb führen. Seitens des Deutschen Bauernverbandes

wurden diese Begründungen als nicht bewiesen angezweifelt und betont, dass die Landwirtschaft auf eine Ackernutzung auf den HQ₁₀₀ Überschwemmungsflächen (nach DBV-Angaben ca. 700000 ha) nicht verzichten könne. Der dabei zu tragenden Risiken seien sich die Landwirte bewusst. Auch die Sachverständigen im Umweltausschuss des Bundestages stufen die Begründungen als nicht bewiesen ein. Der eingebrachte Entwurf scheiterte. Die dann vom Bundestag verabschiedete Kompromissfassung sieht vor, Ackernutzung in strömungsrelevanten flussnahen Bereichen auszuschließen. Die Abgrenzung solcher Bereiche blieb offen.

Mit dieser Problemlage sind die prioritären Recherche- und Interpretationsaufgaben zum verfügbaren Wissen für AP2 im Wesentlichen umrissen.

- Art und Umfang der Ackernutzung in Überschwemmungsgebieten sowie deren Betroffenheit bei Hochwasser. Ergänzende analoge Analysen auch zu Grünlandnutzung.
- Abfluss verzögernde und Wasserstand erhöhende Wirkungen von Ackerkulturen in Überschwemmungsbereichen, wenn möglich analog auch für forstwirtschaftlich genutzte Flächen.
- Fließgeschwindigkeiten auf überschwemmt/ überströmten Flächen mit Einschätzung von Erosionsgefährdung und der Gefahr von Stoffausträgen nach unterhalb.
- Ausgrenzung strömungsrelevanter Bereiche in Flussnähe.

Darüber hinaus sind umfassende Recherchen zu zurückliegenden Hochwasserereignissen mit besonderem Augenmerk auf auslösende Niederschläge, maximale Abflüsse, aufgetretene Schäden, Risikominderungsmöglichkeiten und Regulierungsbedarf sowie zu Empfehlungen zur Nutzung von Vorlandbereichen geführt worden.

Die Informationen über zurückliegende Hochwasserereignisse wurden vorwiegend aus von wasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Fachbehörden veröffentlichten Berichten über zurückliegende Hochwasserereignisse entnommen und insbesondere im Hinblick auf Hochwassertyp und die auslösenden, Hochwasser verursachenden Niederschlagssituationen, die während eines Hochwasserereignisses gemessenen Abflussverhältnissen und die im Vorlandbereich aufgetretenen Schäden analysiert.

Zur Interpretation der hydraulischen Einflüsse der Vorlandbereiche und ihrer Vegetation wurden sowohl Ergebnisse von Modellrechnungen für den Hochwasserabfluss in realen und schematisierten Gewässerabschnitten als auch von Gerinneversuchen ausgewertet.

Zum Problem von Schadstoffeinträgen von oberhalb in Überschwemmungsgebiete und den daraus resultierenden Risiken und Restriktionen für die landwirtschaftliche

Nutzung ist in einer gesonderten Teilaufgabe (3.2.2.3, 3.2.3.3 und 3.2.3.3.10) gearbeitet worden.

3.2.2.2 Eigene hydraulische Untersuchungen

3.2.2.2.1 Begründung der Modellauswahl

Es wurde ein Modell benötigt, mit dem Analysen zur hydraulischen Wirkung der Vegetation (insbesondere aus Ackernutzung) auf überschwemmten Vorlandflächen hinsichtlich Abfluss und Wasserstand im gesamten HW-Profil von Fluss und überschwemmter Aue sowie hinsichtlich der Fließgeschwindigkeiten in der überschwemmten Aue (Deichvorländer) möglich sind. Gefordert war außerdem, die Wirkung einzelner Parameteränderungen von Morphologie und Abflussinput auf diese Zielgrößen für eine große Variationsbreite typischer Hochwassersituationen (verallgemeinerungsfähig) abzuschätzen. Das machte es erforderlich, die Untersuchungen auf schematisierte Abflussprofile zu reduzieren.

Die Entwicklungsziele der in der Literatur nachgewiesenen Modelle waren vorwiegend auf eine möglichst gute Abbildung realer Flussabschnitte (mit überschwemmten Vorländern) für Fallstudien gerichtet (Swiatek, 2007; Woodhead et al., 2007; Anderson et al., 2006; Büttner et al., 2006). Untersucht wurden aber auch schematisierte fiktive Flussauen (Anderson et al., 2006; LfW-BY, 2005; Huthoff und Augustin, 2004; Weber und Menéndez, 2004).

Mit derartigen 1D-, 2D- oder 3D-Modellen können hydraulische Prozesse in longitudinaler Richtung nachgebildet werden. Sie können unter anderem auch die Diffusion bzw. Dispersion einer Hochwasserwelle in Fließrichtung berechnen. Zusätzlich geben 2D- und 3D-Modelle Informationen über laterale und vertikale Verteilungen hydraulischer Größen. Die Anwendung dieser Modelle erfordert einen hohen Aufwand an die Beschaffung und Verarbeitung von Eingangsdaten, insbesondere der Strukturparameter realitätsnaher Flussabschnitte. Derartige Modelle mit verteilten Parametern haben aber vor allem den Nachteil, dass sie bei der Interpretation der Ergebnisse keine hinreichende Separation hinsichtlich des Einflusses einzelner Parameter zulassen, da die Änderung eines Parameters auch die Wirkungen aller anderen Parameter verändert. Dieser Effekt wirkt verstärkt durch die häufig anzutreffende Heterogenität der Landnutzungsverteilungen. Für die Untersuchung stark vereinfachter schematisierter Profile bei sehr großer Variantenzahl sind derartige hochauflösende Modelle wiederum zu aufwendig.

Die vorgegebenen Ziele der Untersuchungen innerhalb des MinHorLam-Projektes, insbesondere der Erfassung der lateralen Verteilungen der Geschwindigkeiten und Teildurchflüsse, können auch durch weniger komplizierte Modelle unter Verzicht auf die Berechnung der longitudinalen Effekte (Fließgefällewechsel, Rückstau, Wellen-

abflachung) erreicht werden. Aus diesem Grunde wurde ein vereinfachter Modellansatz entwickelt und in Verbindung mit einer schematisierten Vorgehensweise auf die spezifischen Projektziele zugeschnitten. Ein besonderes Augenmerk wurde darauf gerichtet, schematisierte Profile in hoher Variation zu verwenden und mit Hochwasser-Scheitelabflüssen entsprechend der vorgegebenen Zielstellung rechnerisch zu verknüpfen. In Verbindung damit sollen möglichst viele Landnutzungsszenarien (s. Abschnitt 3.2.2.2.3) berücksichtigt werden, um verallgemeinerbare Aussagen abzuleiten.

Die Wahl eines stationären Berechnungsansatzes kann damit begründet werden, dass bei ausschließlicher Verwendung von Hochwasser-Scheitelabflüssen von einer Parallelität zwischen Sohl- und Wasserspiegelgefälle ausgegangen werden kann, vorausgesetzt, dass der untere Rand weit genug vom Modellgebiet entfernt ist, um Rückstaueffekte auszuschließen. Die zuletzt genannte Bedingung ist ohnehin die Voraussetzung für die Anwendung der klassischen Manning/ Strickler-Formel und damit des im Folgenden vorgestellten Modells.

3.2.2.2 Grundlagen des „Lamellenmodells“

Zur hydraulischen Analyse der Auswirkungen von überschwemmten Vorländern wurde ein stationäres hydraulisches quasi-2D-Modell für gleichförmiges turbulentes Fließen in einem unendlich langen, geneigten und nicht rückgestauten Gerinne auf der Basis eines Ansatzes nach Manning/ Strickler mit Wassertiefen abhängigen Reibungsbeiwerten entwickelt. Detaillierte Modellgrundlagen in Verbindung mit einer Beschreibung des „Lamellenmodells“ sind in der Anlage B1 zu finden. Neben den mathematischen Grundlagen wird dort auch die oben erwähnte Funktion der Wassertiefen abhängigen Reibungsbeiwerte näher erläutert.

Das Modell, welches parallele Ufer und Deiche bzw. sonstige seitliche Begrenzungen voraussetzt, wurde hinsichtlich des Querschnittes in lateraler Richtung in 25 Lamellen (jeweils 10 auf den Vorländern und 5 im Flussbett) unterteilt (Abb. 3-39). Damit wird die Verteilung hydraulischer Größen in lateraler Richtung näherungsweise erfasst. Aus dem zunächst nulldimensionalen Ansatz nach Manning/ Strickler entsteht auf diese Art und Weise in Verbindung mit der Annahme der Stationarität und der fallweisen Hinzuziehung von Annahmen über Wellenabflachung und Stauwurzeln ein quasi-2D-Modell.

Das Modell lässt prinzipiell asymmetrische Vorländer (Breite, laterales Gefälle) zu, gerechnet wurde aber ausschließlich mit symmetrischen Profilen. Für jede Lamelle kann individuell sowohl ein Reibungsbeiwert als auch ein Fließflächen-Reduktionsfaktor (infolge Verklausung bzw. Verbuschung) vorgegeben und nach Bedarf variiert werden.

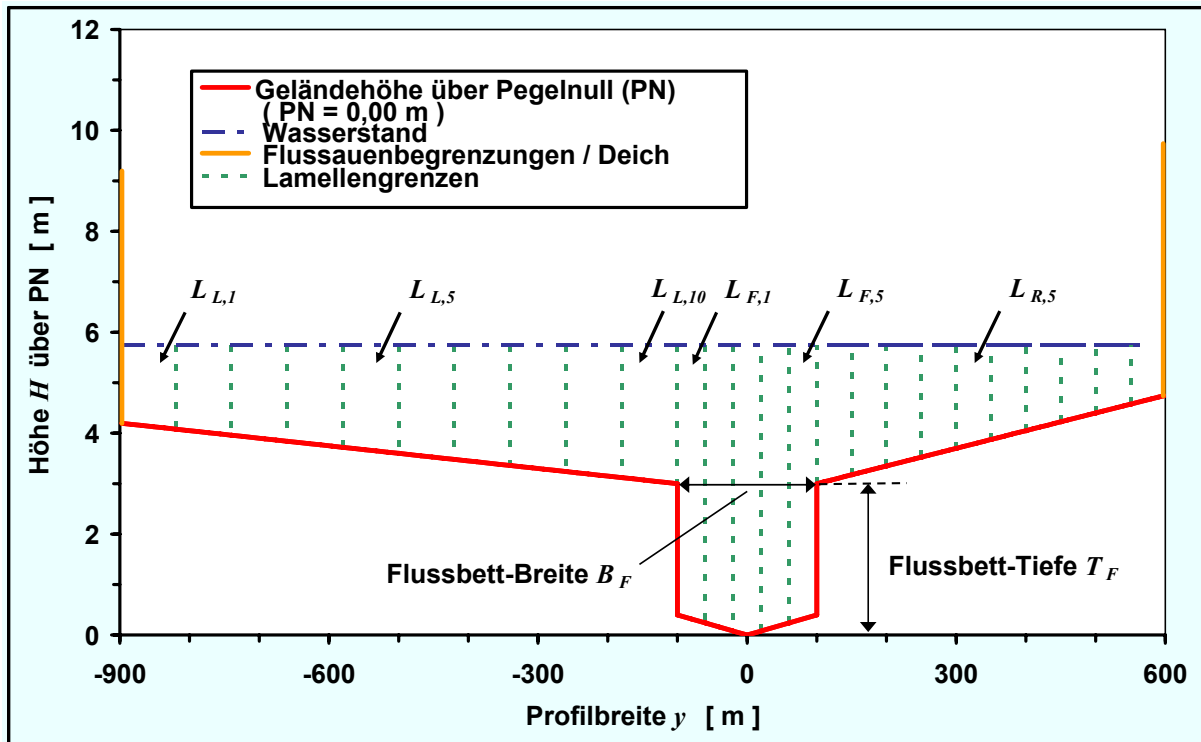


Abb. 3-39: Unterteilung des Fließquerschnittes in 25 Lamellen (10 auf dem linken Vorland, 5 im Flussbett, 10 auf dem rechten Vorland); (Rückansicht)

Die Basis der hydraulischen Berechnung bildet die Fließformel nach Manning/ Strickler, für die hinsichtlich des stationären Durchflusses Q in $[m^3 s^{-1}]$ gilt:

$$(3-5) \quad Q = k_{st} \cdot r_{hy}^{\frac{2}{3}} \cdot I_S^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

mit: k_{st} - Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler in $[m^{1/3} s^{-1}]$

r_{hy} - hydraulischer Radius in $[m]$

I_S - Sohlgefälle in longitudinaler Fließrichtung in $[-]$

A - Fließfläche in $[m^2]$.

Auf der Basis einer modifizierten Form der Manning/ Strickler-Formel nach Gl. (3-5), angewendet auf das hier entwickelte „Lamellenmodell“ mit 25 Fließlamellen gemäß Abb. 3-39, berechnet sich der stationäre Profildurchfluss Q in $[m^3 s^{-1}]$ mit der expliziten Funktion f_Q :

$$(3-6)$$

$$Q = f_Q(W_{NN^*}) = \sum_{i=1}^{25} q_i = \sum_{i=1}^{25} v_i \cdot A_i = \sum_{i=1}^{25} k_{st,i}^* \cdot r_{hy_lam,i}^{\frac{2}{3}} \cdot I_S^{\frac{1}{2}} \cdot (A_{geo,i} - A_{red,i})$$

- mit: NN^* - Bezugsniveau in [m]
- W_{NN^*} - Wasserstand im Gesamtprofil über NN^* in [m]
- q_i - Teildurchfluss der i . Lamelle in [$m^3 s^{-1}$]
- v_i - durchschnittliche Fließgeschwindigkeit in der i . Lamelle in longitudinaler Fließrichtung in [$m^1 s^{-1}$]
- A_i - reale Fließfläche der i . Lamelle in longitudinaler Fließrichtung in [m^2]
- $A_{geo,i}$ - geometrische Fließfläche der i . Lamelle in longitudinaler Fließrichtung in [m^2]
- $A_{red,i}$ - durch Fließhindernisse reduzierte Fließfläche der i . Lamelle in longitudinaler Fließrichtung in [m^2]
- $k_{st,i}^*$ - modifizierter Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler für die i . Lamelle (mit $k_{st,i}^* = k_{st,i}^* (k_{st,1m,i}, r_{hy_lam,i})$) in [$m^{1/3} s^{-1}$]
- $k_{st,1m,i}$ - Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler, gültig für einen hydraulischen Radius $r_{hy_tot} = 1 m$, entsprechend der Landnutzungsart in der i . Lamelle in [$m^{1/3} s^{-1}$]
- $r_{hy_lam,i}$ - hydraulischer Radius für die i . Lamelle (mit $r_{hy_lam,i} = r_{hy_lam,i} (r_{hy_tot}, h_i, h_m)$) in [m]
- r_{hy_tot} - hydraulischer Radius des Gesamtprofils in [m]
- I_S - Sohlgefälle in longitudinaler Fließrichtung in [-].

Die Berechnung des Wasserstandes W_{NN^*} in [m] aus dem stationären Durchfluss Q erfolgt implizit mit der inversen Funktion f_w in Form eines Operators:

$$(3-7) \quad W_{NN^*} = f_w(Q, f_Q)$$

- mit: Q - stationärer Durchfluss des Gesamtprofils in [$m^3 s^{-1}$]
- f_Q - explizite Funktion gemäß Gl. (3-6)

f_w - Operator auf der Basis eines iterativen Gradientenverfahrens („Zielwertsuche“ innerhalb von MS EXCEL).

In Abb. 3-40 ist die Geometrie einer Lamelle im Längsschnitt des Flusslaufes dargestellt. Dort unter anderem verwendete Symbole sind:

PN - Pegelnull (Höhe über dem Bezugsniveau NN^*) in [m]

h_i - mittlere Wassertiefe der i . Lamelle in [m]

h_m - mittlere Wassertiefe des Gesamtprofils in [m]

$y_{XN,i}$ - mittlere Höhe der Sohle der i . Lamelle über Niveau XN in [m].

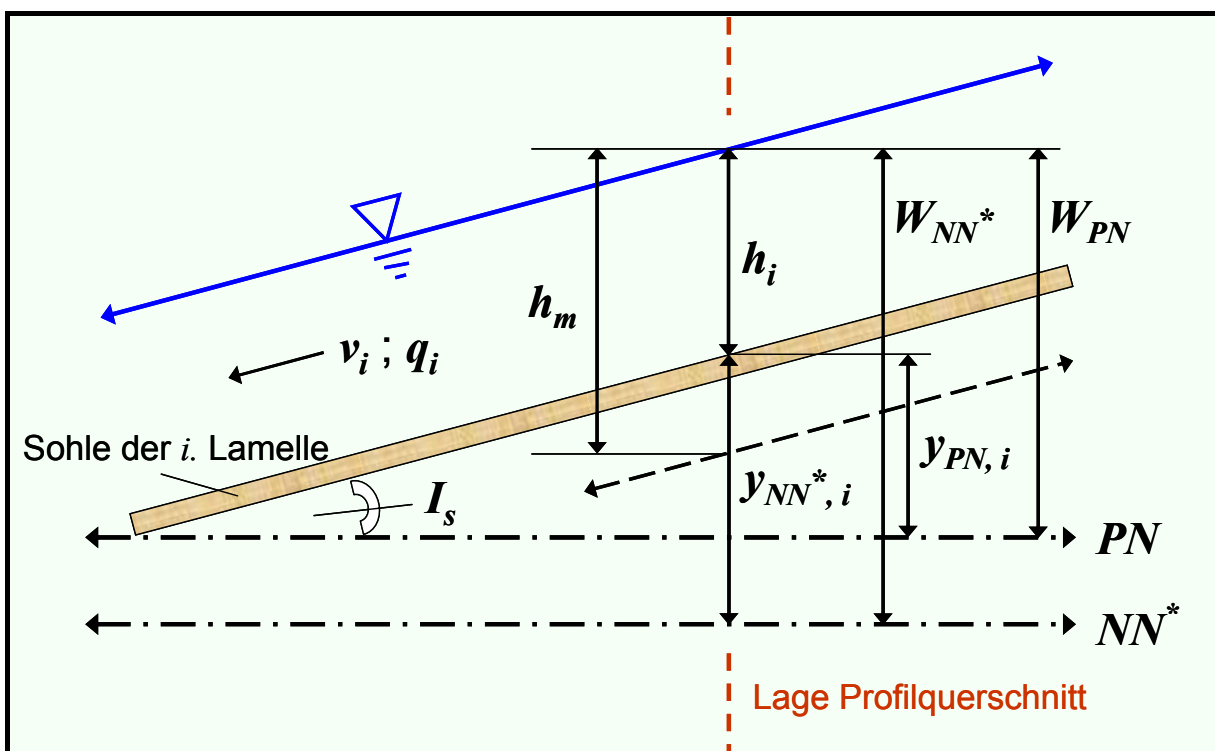


Abb. 3-40: Seitenansicht der i . Lamelle des Profilquerschnitts (Längsschnitt)

3.2.2.2.3 Verwendete Fließquerschnitte

Die innerhalb des Projektes verwendeten schematisierten Fließquerschnitte sind in Tab. 3-4 zusammengefasst. Für den Fall, dass sich nur die longitudinalen Sohlgefälle bei sonst gleichen Geometrien unterscheiden, wurden die Buchstaben „a“ bis „f“ entsprechend verwendet.

Tab. 3-4: Übersicht zu den verwendeten Fließquerschnitten (Profile)

Profil	Breite Flussbett B_F m	Tiefe Flussbett T_F m	Breite linkes Vorland $B_{V,l}$ m	Breite rechtes Vorland $B_{V,r}$ m	Laterales Gefälle linkes Vorland $I_{Q,l}$ %	Laterales Gefälle rechtes Vorland $I_{Q,r}$ %	Longitudinales Gefälle Fließquerschnitt- I_S ‰
1a	200	3	600	600	0,00	0,00	0,10
1b	200	3	600	600	0,00	0,00	0,25
1c	200	3	600	600	0,00	0,00	0,50
1d	200	3	600	600	0,00	0,00	1,00
1e	200	3	600	600	0,00	0,00	2,00
2a	100	2	600	600	0,00	0,00	0,10
2b	100	2	600	600	0,00	0,00	0,25
3a	200	3	600	600	0,50	0,50	0,10
3b	200	3	600	600	0,50	0,50	0,25
4a	100	2	600	600	0,50	0,50	0,10
5b	200	3	600	600	0,15	0,15	0,25
6b	20	3	50	50	0,00	0,00	0,25
V*a	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	0,10
V*b	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	0,25
V*c	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	0,50
V*d	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	1,00
V*e	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	2,00
V*f	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	1,50
W*a	200	3	0-3000	0-3000	0,00	0,00	0,10
X*b	200	3	0-600	0-600	0,00	0,00	0,25
Y*a	100	3	0-3000	0-3000	0,00	0,00	0,10
Z*a	300	3	0-3000	0-3000	0,00	0,00	0,10

*Zusätzlich wurden die Breiten des linken und rechten Vorlandes jeweils zwischen 0 m und 600 m bzw. 3000 m stufenweise variiert, um den Einfluss der Vorlandbreite zu untersuchen.

3.2.2.2.4 Untersuchte Szenarien/ Varianten

Das Modell wurde für eine Vielzahl von Szenarien hinsichtlich der Kombination von Vorland-Landnutzungen, der Vorlandbreite und verschiedener Reibungsansätze angewendet:

- Vergleich verschiedener Reibungsansätze in Verbindung mit überschwemmten Vorländern
- Variation des Reibungsbeiwertes für unterschiedliche geomorphologische Bedingungen
- Vergleich des Einflusses verschiedener Vorlandvegetation (Landnutzung)
 - homogener pflanzlicher Bewuchs überschwemmter Vorländer
 - verschiedene Anteile von Grünland und Auwald (horizontale Vorländer)
 - verschiedene Anteile von Grünland und Auwald (ansteigende Vorländer)
 - verschiedene Anteile von Mais und Grünland (horizontale Vorländer)
- Variation der Breite horizontaler Vorländer (Deichlage/ Deichrückbau)
 - homogene Nutzung mit Auwald (horizontale Vorländer)
 - homogene Nutzung mit Grünland (horizontale Vorländer)
 - homogene Nutzung mit Mais (horizontale Vorländer)
 - Vergleich der Nutzungen von Grünland und Mais (horizontale Vorländer)

Alle Anwendungen erfolgten jeweils für verschiedene vorgegebene Durchflüsse. Für die Szenarien Auwald/ Grünland, Grünland/ Auwald bzw. Grünland/ Mais wurden die Anteile von Grünland bzw. Mais beginnend mit den flussnahen Vorland-Lamellen stufenweise bis zu den Außenrändern der Vorländer erhöht.

3.2.2.3 Stoffeinträge und Kontamination auf Überschwemmungsflächen

Auen, natürlicherweise regelmäßig vom Fluss überschwemmte Gebiete, können bei Hochwasser mit Schadstoffen belastet werden. Die Eintragsprozesse sind dadurch gekennzeichnet, dass wesentliche Schadstoffe an Schwebstoffen gebunden transportiert werden und diese Schwebstoffe sich bei abnehmender Strömungsgeschwindigkeit auf den überströmten Flächen als Sedimente ablagern. Es kommt zur Kontamination der Aueböden bzw. der dort wachsenden Vegetation. Von Belastung ist immer dann auszugehen, wenn anthropogene Einflüsse dazu geführt haben, dass Substanzen in natürlicherweise nicht vorkommenden Konzentrationen nachweisbar sind, so dass die Nutzung bzw. das Leben in der Aue nachhaltig beeinträchtigt oder verändert werden.

Die Belastungen entspringen zum einen Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten. Derart belastete Gebiete sind in Deutschland das Erzgebirge, der Harz, das Siegerland, die Eifel, der Südschwarzwald, das Kraichgau, das Mansfelder Land sowie das Vogtland. In diesen Gebieten gab es seit dem Mittelalter Bergbau und Verhüttung, welche zu hohen Belastungen der entwässernden Flusstäler führten. Diese Belastungen wur-

den bis ins letzte Jahrhundert immer größer und dauern bis heute an. Auch wenn der Neueintrag an Schadstoffen in den letzten Jahren vermindert wurde, ist die bereits akkumulierte Konzentration in den betroffenen Flussauen und Flusssedimenten hoch, zum Teil sogar extrem hoch, so dass eine landwirtschaftliche Nutzung der Überflutungsaunen eingeschränkt ist.

Andere wesentliche Belastungsquellen sind Standorte der chemischen Industrie. Diese befinden sich im Gegensatz zu den Bergbaugebieten zumeist an den Mittel- und Unterläufen der Flüsse. Dafür gibt es dutzende Beispiele in ganz Deutschland. Das bekannteste ist der Bitterfelder Raum. Hier gelangten in der Vergangenheit große Mengen organischer und anorganischer Schadstoffe in die Umwelt. Diese belasten auch heute noch das Grundwasser sowie die Auen der Fließgewässer vom Spittelwasser über die Mulde und entlang der Elbe bis in den Hamburger Hafen und die Nordsee. Zusammen mit Emissionen aus dem Mansfelder Raum (über die Saale) gelangten hier die bundesweit höchsten Belastungen in die Umwelt.

Andere Beispiele organisch belasteter Auen sind die Auen der Lahn und der Ems (Dioxine).

Zur Demonstration der gesamten Kette vom Ursprung bis zum Verbleib der Schadstoffe entlang der Flussläufe und den Einschränkungen für die Unterlieger eignet sich der Bitterfelder Raum ganz besonders, da hier, im Gegensatz zu anderen ebenfalls hoch belasteten Gebieten, die Probleme von den Anlageneignern und den örtlichen Behörden offensiv angegangen werden. An etlichen anderen Belastungsschwerpunkten fehlen bisher detaillierte Forschungsergebnisse so dass mangels Wissen Maßnahmen nicht umsetzbar werden.

Große Teile der Auen, die landwirtschaftlich genutzt werden, sind eingedeicht. Das geschah nach und nach seit dem Mittelalter und besonders intensiv im 18. und 19. Jahrhundert. Die eingedeichten Polderflächen werden seitdem nicht mehr regelmäßig sondern nur noch bei Extremhochwasser („Sommerpolder“ mit geringerer Deichhöhe und spezielle „Flutungspolder“) oder nach Deichbrüchen überflutet.

Die weiterhin regelmäßig überfluteten Vorlandbereiche (rezente Aue) sind an Flüssen, welche Schadstoffbelastungen aufweisen, durch die Jahrzehnte bis Jahrhunderte währende Akkumulation von Schadstoffen oft hoch belastet.

Nicht unproblematisch erscheinen in diesem Licht die in den letzten Jahren für Hochwasser- und Naturschutz favorisierten Deichrückverlegungen. Dadurch werden neue, bisher oftmals geringer belastete Flächen den regelmäßigen Hochwassern ausgesetzt, welche zu zunehmender und aus heutiger Sicht irreversibler Schadstoffbelastung der Flächen führen können.

Zusammenfassend können die in Frage kommenden Schadstoffe wie folgt gegliedert werden und sind beispielhaft mit Literatur belegt:

a) **Herbizide, Fungizide, andere Pestizide**

- Barth, J.A.C., Grathwohl, P., Fowler, H., Bellin, A., Gerzabek, M.H., Lair, G., Barcelo, D., Petrovic, M., Navarro, A., Négrel, P., Darmendrail, D., Rijnaarts, H., Langenhoff, A., de Weert, J., Slob, A., Frank, E., Gutierrez, A., Kretzschmar, R., Gocht, T., Steidle, D., Garrido, F., Jones, K.C., Meijer, S., Moeckel, C., Marsman, A., Klaber, G., Vogel, T., Bürger, C., Kolditz, O., Broers, H.P., Baran, N., Joziassé, J., v. Tümpling, W., Van Gaans, P., Merly, C., Chapman, A., Brouyere, S., Batlle Aguilar, J., Orban, P. (2009): Mobility, turnover and storage of pollutants in soils, sediments and waters: achievements and results by the EU project AquaTerra. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29 (2009), 161-173
- Barth, J.A.C., Steidle, D., Kuntz, D., von Tümpling, W., Lobe, I., Mouvet, C., Langenhoff, A., Albrechtsen, H.-J., Morasch, B., Hunkeler, D., Slobodnik, J., Grathwohl, P. (2007): Deposition, Persistence and Turnover of Pollutants: First Results from the EU Project AquaTerra for selected River Basins. *Science of total environment*. 376, (2007), 40-50
- Schlüter, H., Böttcher, W., Bastian, O. (1990): Vegetation change caused by land-use intensification - examples from the Hilly Country of Saxony. *Geojournal* 22, 2, 167-174
- Witter, B., Francke, W., Franke, S., Knauth, H.-D., Miehlich, G. (1998): Distribution and mobility of organic micropollutants in river Elbe floodplains. *Chemosphere* 37, 1, 63-78

b) **Schwermetalle (Pb, Cd, Hg, Zn, ...) + As**

- Krüger, F., Meissner, R., Grongroft, A., (2005): Flood induced heavy metal and arsenic contamination of Elbe River floodplain soils. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33, 5, 455-465
- Krüger, F., Grongroft, A. (2003): The Difficult Assessment of Heavy Metal Contamination of Soils and Plants in Elbe River. – *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 31 4-5, 436-443
- Overesch, M., Rinklebe, J., Broll, G., Neue, H.-U. (2007): Metals and arsenic in soils and corresponding vegetation at Central Elbe river floodplains (Germany), *Environmental Pollution* 145 800-812
- Kalbitz, K., Wennrich, R. (1998): Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland soils and its dependence on dissolved organic matter Volume 209, Issue 1, Pages 27-39
- Lair, G.J., Graf, M., Zehetner, F., Gerzabek, M.H. (2008): Distribution of cadmium among geochemical fractions in floodplain soils of progressing development. *Environmental Pollution* Volume 156, Issue 1, Pages 207-214
- Schulz-Zunkel, C., Krüger, F. (2009): Trace Metal Dynamics in Floodplain Soils of the River Elbe: A Review. *J Environ Qual* 38 1349-1362
- Schlösser, D., Baacke, D., Beuge, P., Kratz, K.-L. (1999): Elemental composition of sediments from a former silvermine in Freiberg/ East Germany. In: *Applied Radiation and Isotopes* 50, 609-614.

c) Persistente organische Stoffe (PCBs, PAKs, DDTs, Dioxine, endokrin wirkende Substanzen)

- Umlauf, G., Bidoglio, G., Christoph, E. H., Kampheus, J., Krüger, F., Landmann, D., Schulz, A. J., Schwartz, R., Severin, K., Stachel, B., Stehr, D. (2005): The Situation of PCDD/Fs and Dioxin-like PCBs after the Flooding of River Elbe and Mulde in 2002. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33 5, 543–554
- Brack, W., Bláha, L.k, Giesy, J. P., Grote, M., Moeder, M., Schrader, S., Hecker, M. (2008): Polychlorinated naphthalenes and other dioxin-like compounds in Elbe River sediments. *Environmental toxicology and chemistry* 27(3):519-28
- Stachel, B., Ehrhorn, U., Heemken, O.-P., Lepom, P., Reincke, H., Sawal, G., Theobald, N. (2003): Xenoestrogens in the River Elbe and its tributaries. *Environmental Pollution* 124 497-507
- Wiegel, S., Aulinger, A., Brockmeyer, R., Harms, H., Löffler, J., Reincke, H., Schmidt, R., Stachel, B., von Tümpling, W., Wanke, A. (2004): Pharmaceuticals in the river Elbe and its tributaries. *Pharmaceuticals in the river Elbe and its tributaries Chemosphere* 57 (2), 107-126

d) Ölverschmutzungen

- Blaise, C., Gagné, F., Chèvre, N., Harwood, M., Lee, K., Lappalainen, J., Chial, B., Persoone G., Doe K. (2004): Toxicity assessment of oil-contaminated freshwater sediments. *Environmental Toxicology and Water Quality* Volume 19 Issue 4, Pages 267-273
- Delvigne, G. A. L. (2002): Physical Appearance of Oil in Oil-Contaminated Sediment Spill *Science & Technology Bulletin* Volume 8, Issue 1, Pages 55-63
- Xu, R., Obbard, J.P. (2004): Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Oil-Contaminated Beach Sediments Treated with Nutrient Amendments *J. Environ. Qual.* 33:861-867, 799-804
- Del'Arco, J.P., De Franca F.P. (2001): Influence of oil contamination levels on hydrocarbon biodegradation in sandy sediment. *Environmental pollution.* 2001, vol. 112, 3, 515-519
- Schulz, M., Büttner, O., Böhme, M., Matthies, M., von Tümpling, W. (2009): A dynamic model to simulate spills of fuel and diesel oil in the terrestrial environment during extreme fluvial floods. *Clean- Soil, Air, Water.* 37, akzeptiert

e) Sauerstoffdefizit

- Lindenschmidt, K. E., Baborowski, M. (2009): Environmental risk of dissolved oxygen depletion of diverted flood waters in river polder systems – A quasi-2D flood modelling approach. *Science of The Total Environment* Volume 407, 5, 1598-1612

- Sargent J.C., Galat D.L. (2002): http://www.ingentaconnect.com/content/klu/wet/2002/00000010/00000002/00354640?crawler=true-aff_2: Fish mortality and physicochemistry in a managed floodplain wetland. Wetlands Ecology and Management, Volume 10, 2, 113-119
- Chung, J.B., Kimc, S.H., Jeong, B.R., Lee, Y.D. (2004): Removal of Organic Matter and Nitrogen from River Water in a Model Floodplain. J. Environ. Qual. 33:1017-1023

3.2.3 Ergebnisse und Diskussion

3.2.3.1 Interpretation des vorhandenen Wissens

3.2.3.1.1 Ackernutzung und sonstige land- und forstwirtschaftliche Nutzung auf Überschwemmungsflächen

Die landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten sind insbesondere durch solche Überschwemmungen gefährdet, die während oder zum Ende der Vegetationsperiode auftreten. Obwohl wesentliche Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre (Tab. 3-5) in diesem Zeitraum auftraten, wird allgemein nicht auf eine landwirtschaftliche Nutzung der Vorlandbereiche verzichtet.

Innerhalb der von den Ländern nach dem Wasserhaushaltsgesetz des Bundes und den Landeswassergesetzen für Hochwasserrisiko-Managementpläne bis zum Jahr 2012 auszuweisenden Überschwemmungsgebiete liegen Ackerflächen mit einer geschätzten Gesamtfläche von 360000 bis 700000 ha (BMUNR, 2004). Zu beachten ist, dass bei eingedeichten Flüssen die rezenten Überschwemmungsgebiete nur noch 15 bis 20 % der ursprünglichen natürlichen Überflutungsauwe ausmachen. Die durch Deiche gegen Hochwasser geschützten Polderflächen (80 bis 85 % der Auen) gelten als überschwemmungsgefährdet und werden zumeist intensiv landwirtschaftlich genutzt. Auf den Überschwemmungsflächen der Deichvorländer herrscht Grünlandnutzung vor. Der Anteil der für Ackerbau genutzten Flächen an der Landnutzung der Überschwemmungsgebiete variiert in sehr weiten Grenzen und ist an vielen deutschen Flüssen (insbesondere westdeutschen) in den vergangenen Jahrzehnten aber durch Grünlandumbruch erheblich erweitert worden. Diese Entwicklung wird z. B. mit der Veränderung der Nutzungsanteile innerhalb des Donauabschnittes zwischen Straubing und Pfelling deutlich (Abb. 3-41).

Auf den Überschwemmungsflächen der Oder in Brandenburg gibt es zum Beispiel keinen Ackerbau. Auch die Grünlandnutzung ist infolge weitgehender Einstufung der allgemein breiten Vorländer als Landschafts- bzw. Naturschutzgebiete durch Restriktionen (z. B. für Düngung und Maht) eingeschränkt. Es gibt keine Hochwasserrisiken aus landwirtschaftlicher Nutzung hinsichtlich Wasserstandserhöhung. Auch die Weidewirtschaft (Rinder, Schafe) wird in Abstimmung mit den Schutzauflagen als unkritisch und eher förderlich für die Abflussbedingungen eingeschätzt. Abflussdrosselung

ist allenfalls durch die stark ausgeprägten Verbuschungen und Auwaldbildungen gegeben, die der Oderaue einen vergleichsweise natürlichen Zustand bewahrt haben und die deshalb wohl kaum zur Disposition stehen dürften.

Tab. 3-5: Hochwasserereignisse auslösende Niederschlagssituationen und Jährlichkeiten der resultierenden Abflüsse

	Zeitpunkt	Region	Fluss oder Flussgebiet	Gebietsniederschläge mm	maximale Niederschlagsintensitäten mm / 24h	Jährlichkeit des HW a
1	Juli 1997	Brandenburg	Oder	200 - 300 max. 455 - 585	234	120 - 150
2	Okt 1998	Niedersachsen	Leine, Weser			10 - 15
3	Feb Mrz 1999		Oberrhein	110	20 - 50	10
4	Mai 1999		Oberrhein	270 - 340	50 - 100	200 100
5	Mai 1999		Iller, Lech, Isar	110 - 150	230 - 240	> 500 300 - 400
6	Mai 2001	Ahlen (östl. Münster)	Werse	120	120 40 - 50	
7	Mai 2002		österr. EZG d. Donau	200 - 400		100 500
8	2002		Elbe u. Nebenflüsse	25 - 177 100 - 300	65 - 180	50 - 200 200 - 500
9	August 2005	Alpen		200 - 300		> 100
10	Mrz Apr 2006		Elbe 2006	50 - 100	40	5 - 50 (Elbe) 100 (Nebenfl.)
11	Aug 2007		Oberrhein	120 - 170	100 40 - 50	100 - 200
12	Sep/Okt 2007	Niedersachsen	Innerste		30	60 - 80 80 - 100
13	Sep/Okt 2007	Sachsen-Anhalt	Ilse, Selke, Bode, Wipper, Elster		40 - 70	25-50, 10, 5, 10-20, 5-10

Vergleichbare Landnutzungsverteilungen, bei denen Ackerbau einen Anteil von weniger als 1 % hat und Wald nur einen geringen Flächenteil bedeckt, treten auch noch bei den in die Ostsee mündenden Flüssen Peene, Tolense, Trave und Trebel auf.

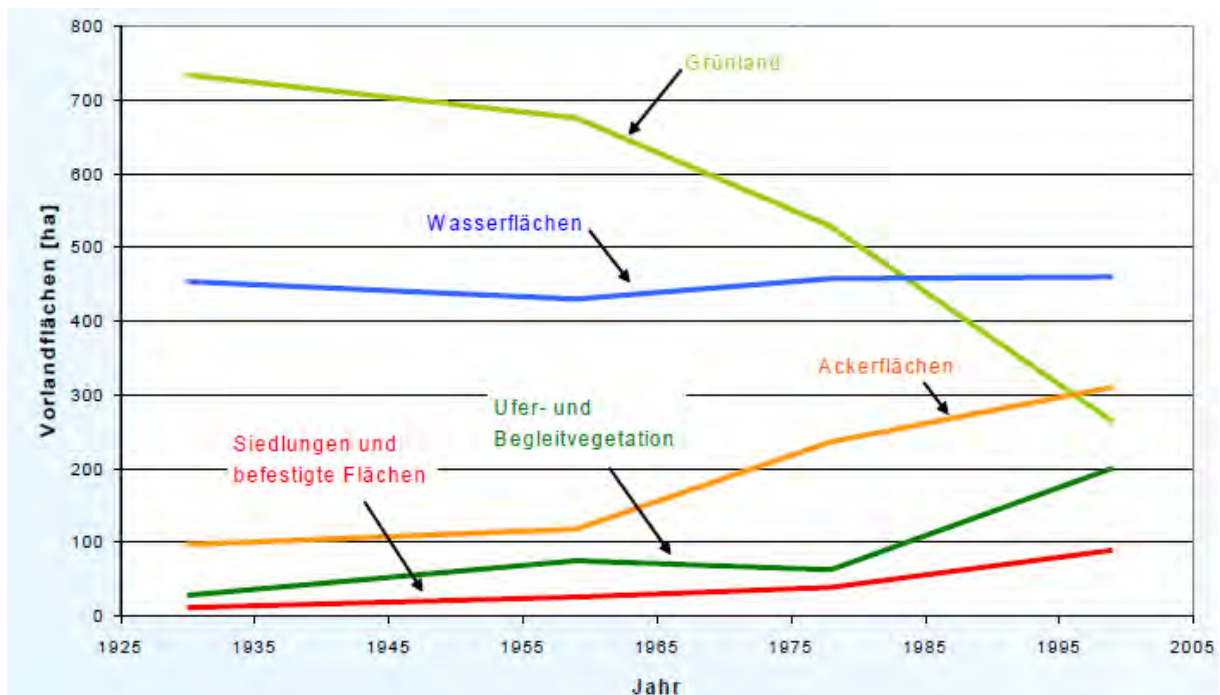


Abb. 3-41: Veränderungen der Flächennutzung in den Donau-Vorländer zwischen Straubing und Pfelling zwischen 1930 und 2000 (übernommen aus Bay. MfUGW, 2008)

Die übrigen in die Betrachtung einbezogenen Flüsse weisen hinsichtlich der Flächennutzung in den Vorlandbereichen weniger gleichförmige Verteilungsmuster auf. Die Auswertung eines Datensatzes zur Flächennutzung in Überschwemmungsgebieten von 79 Flüssen in Deutschland (BfN, 2009) ergab, dass zwar bei 60 % der untersuchten Flüsse die Grünlandnutzung auf den Vorländern einen Flächenanteil von über 50 % oder zumindest den Hauptanteil ausmacht, aber dass daneben auch teilweise erhebliche Wald- oder Ackerflächen vorkommen. So ist bei fast 13 % der Flussgebiete Wald die Hauptnutzungskomponente, die in den meisten vorkommenden Fällen sogar jeweils 60 % der Vorlandflächen oder mehr einnimmt. Bei 5 % der untersuchten Flüsse werden die Vorlandflächen zu mehr als 50 % ackerbaulich genutzt und bei weiteren 5 % der untersuchten Flüsse sind Ackerflächen größer als die jeweils anders genutzten Flächen.

An der Weser und ihren Nebenflüssen sowie an der Elbe mit ihren Nebenflüssen findet man mehr Flussbereiche mit Vorlandflächen mit einem überdurchschnittlichen Anteil von Ackernutzung als Flussbereiche mit einem über dem Durchschnitt liegenden Grünlandanteil. Die umgekehrte Situation liegt am Rhein und dessen Nebenflüssen vor. Die Donau und ihre Nebenflüsse sind durch die überwiegende Anzahl von Flussbereichen mit überdurchschnittlich hohen Waldnutzungsanteilen und durch die restlichen Bereiche mit ihren höheren Ackerbauanteilen gekennzeichnet. Ein weiteres Beispiel für eine Region mit einem beträchtlichen Gesamtanteil von Flächen mit ackerbaulicher Nutzung ist mit den Überschwemmungsgebieten im Bundesland Sachsen-Anhalt gegeben. Von den 2004 ausgewiesenen Überschwemmungsgebiete-

ten mit einer Gesamtfläche von 69308 ha wurden 32 % (22466 ha) als Ackerland und 44 % (30820 ha) als Grünland genutzt (MLU-ST, 2004).

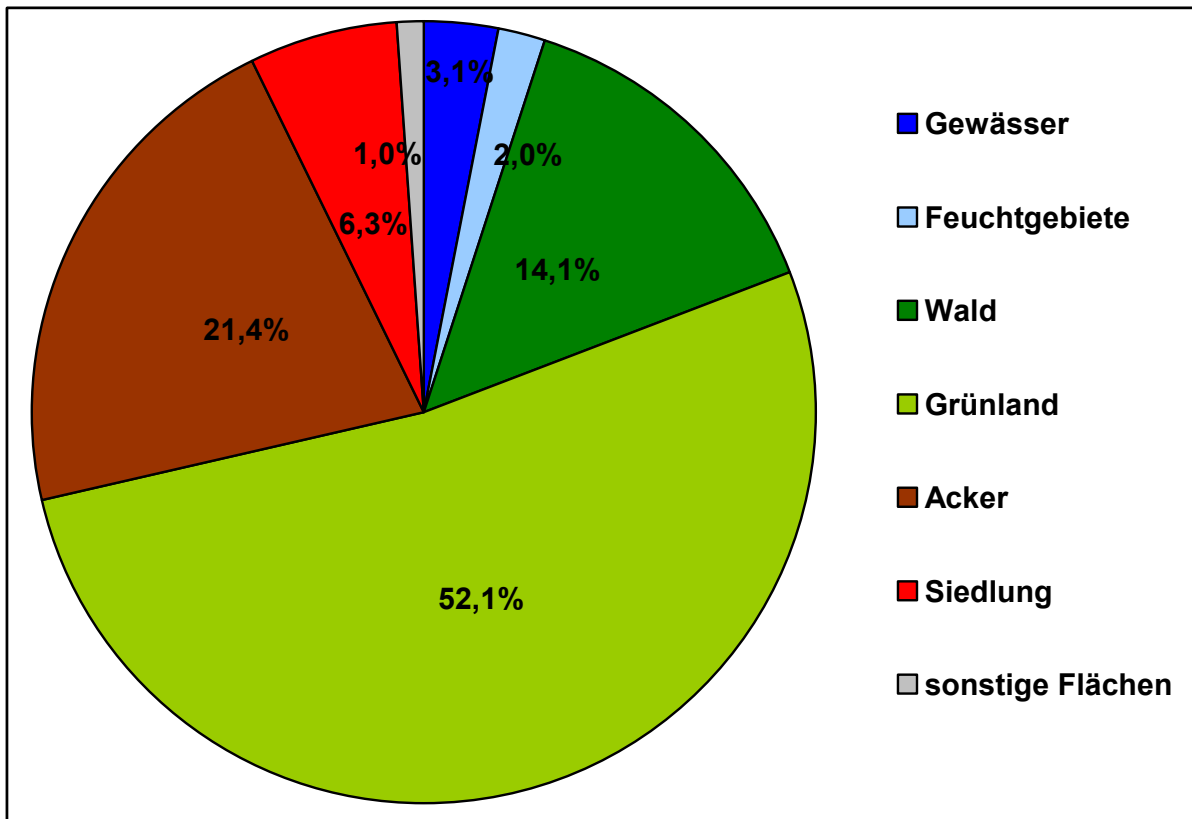


Abb. 3-42: Durchschnittliche Flächenanteile der unterschiedlichen Landnutzungstypen in den Vorlandbereichen von Flüssen in Deutschland (nach BfN, 2009)

Detaillierte Angaben gibt es zu 43 Flüssen im Bundesland Rheinland-Pfalz (Abb. 3-43 und Abb. 3-44). Während die Überschwemmungsgebiete an einem Teil der Flüsse überwiegend ackerbaulich genutzt werden, nimmt der Ackerbau in anderen Überschwemmungsgebieten nur einen marginalen Anteil an der Flächennutzung ein. Bei den Flächennutzungen in den für HQ₁₀₀ ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten von Flüssen in Rheinland-Pfalz (MUF-RP 2005) liegen die Anteile der Ackerflächen zwischen über 80 % und 0 % der Gesamtfläche der jeweiligen Überschwemmungsgebiete (Abb. 3-43). Eine noch etwas größere Bandbreite der durch Ackerbau in Anspruch genommenen Flächenanteile weisen die für HQ₅₀ ausgewiesenen Überschwemmungsgebiete von Flüssen in Rheinland-Pfalz (Abb. 3-44) auf, in denen zwischen 90 % bis 0 % der Flächen ackerbaulich genutzt werden. Hervorzuheben ist, dass selbst innerhalb der häufiger von Hochwasser betroffenen Bereiche der HQ₅₀-Überschwemmungsgebiete derartig große Flächenanteile ackerbaulich genutzt werden.

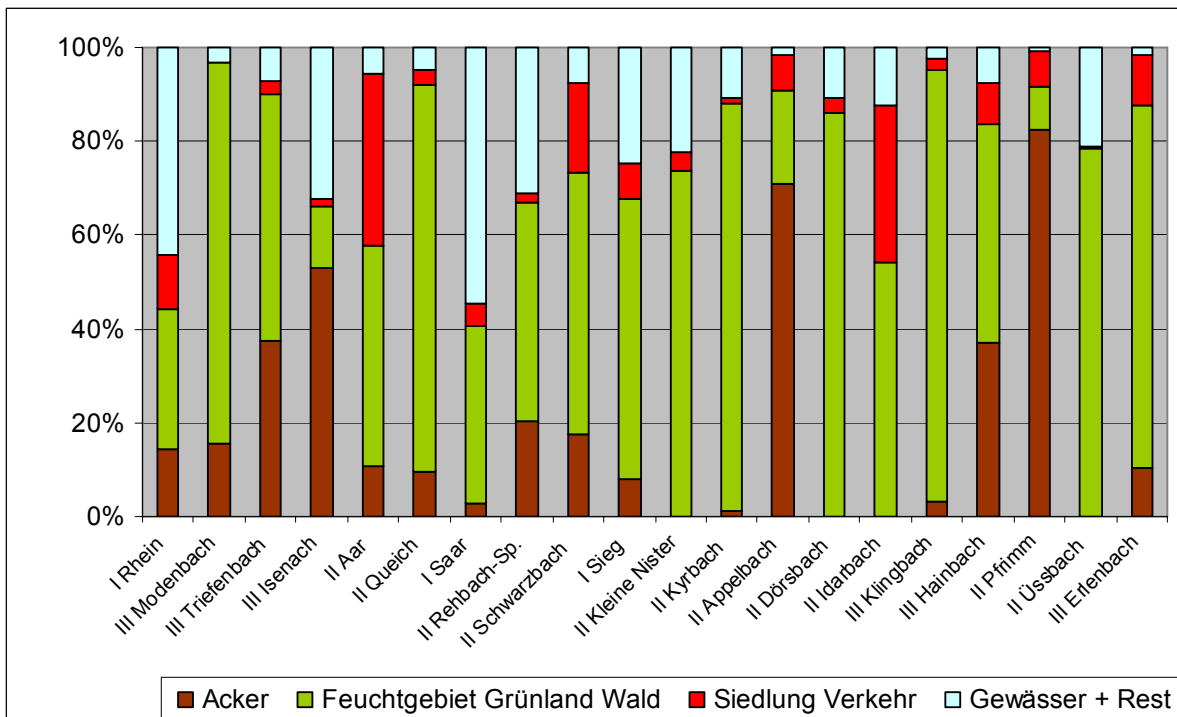


Abb. 3-43: Anteile unterschiedlicher Landnutzungen in den für HQ₁₀₀ ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten an Flüssen (Gewässer I.-III. Ordnung) in Rheinland Pfalz (sortiert nach der durchschnittlichen Breite der Überschwemmungsgebiete, Breite von links nach rechts abnehmend) (nach MUF-RP 2005)

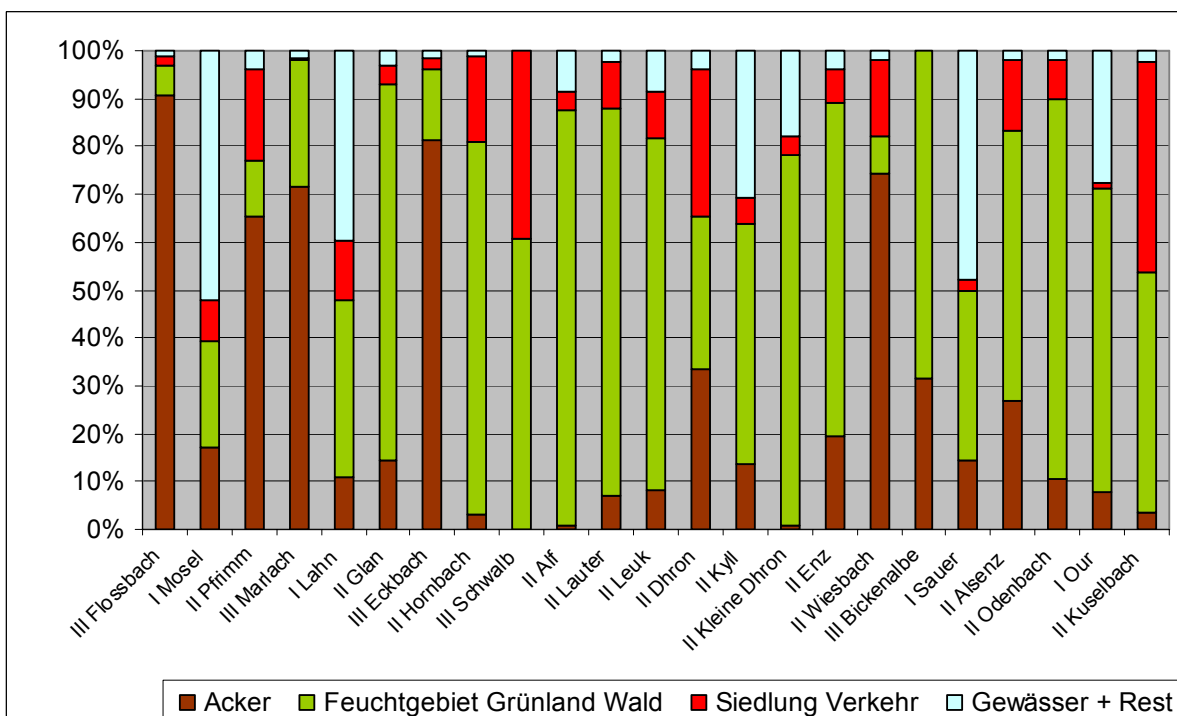


Abb. 3-44: Anteile unterschiedlicher Landnutzungen in den für HQ₅₀ ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten an Flüssen (Gewässer I.-III. Ordnung) in Rheinland Pfalz (sortiert nach der durchschnittlichen Breite der Überschwemmungsgebiete, Breite von links nach rechts abnehmend), (nach MUF-RP 2005)

Aus dem Vergleich der nach ihrer durchschnittlichen Breite (zwischen ca. 500 und 30 m bzw. zwischen ca. 380 und 30 m) sortierten HQ₁₀₀- und HQ₅₀-Überschwemmungsgebiete ist ersichtlich, dass eine überwiegende Ackernutzung nicht etwa vorwiegend in breiten Überschwemmungsgebieten auftritt, sondern sowohl in breiten als auch in schmalen Überschwemmungsgebieten vorkommt. Bei fast einem Fünftel der Überschwemmungsgebiete werden mehr als 50 % der Fläche für Ackerbau genutzt, während bei über der Hälfte der Überschwemmungsgebiete die Flächen überwiegend von Grünland, Wald oder Feuchtgebieten eingenommen werden.

Die Auswertung der Daten zur Flächennutzung von HQ₁₀₀-Überschwemmungsgebieten, die im Hessischen Retentionskataster (HLUG, 2009a, 2009b) für fast 1000 Flussabschnitte mit einer zusätzlichen Differenzierung von Grünland und Wald verfügbar sind, bestätigt die heterogene Verteilung der Landnutzungsanteile in Überschwemmungsgebieten. In 8 % der Gewässerabschnitte werden die Überschwemmungsgebiete auf mehr als 50 % ihrer Fläche ackerbaulich genutzt. In 80 % der Flussabschnitte werden die Flächen der Überschwemmungsgebiete zu über 50 % als Grünland genutzt.

In den Überschwemmungsgebieten findet man die gleiche Palette land- und forstwirtschaftlicher Nutzungen wie in den nicht von Überschwemmungen betroffenen Gebieten. Die Grünlandnutzung in den Vorlandbereichen erfolgt als Wiese, Mähweide oder als Weide. Auf den ackerbaulich genutzten Flächen werden z. B. Getreide, Gemüse, Zuckerrüben, aber auch Mais und Sonnenblumen angebaut. Teilweise reichen die Ackerflächen bis an die Flussufer heran.

Die Ergebnisse zeigen beispielhaft, dass bei Überlegungen zur Reduzierung von Hochwasserrisiken nicht von einer einheitlichen Vorland typischen landwirtschaftlichen Nutzung in den Überschwemmungsgebieten ausgegangen werden kann, sondern dass die gleiche Palette land- und forstwirtschaftlicher Nutzungen wie außerhalb der Vorlandbereiche sowie Naturschutz orientierte Nutzungen zu berücksichtigen sind. Die ackerbauliche Nutzung nimmt einen großen Teil der Vorlandnutzungen in Anspruch.

3.2.3.1.2 Wasserstand beeinflussende Wirkung von Ackerkulturen und Auwald bei Spitzenabflüssen

Wasserstand beeinflussende retardierende Wirkungen durch Vorlandvegetation sind vor allem auf die hydraulischen Fließwiderstände bzw. Rauigkeitseigenschaften der Vorlandvegetation sowie auf die Breite und das Geländegefälle der überströmten Bereiche des ausgeferten Flusses zurückzuführen. Eine weitere Einflussgröße ist der abzuführende Hochwasserabfluss.

Der Einfluss von Veränderungen der Vorlandnutzung und Vorlandvegetation auf die Wasserstände kann aus vergleichenden Messungen abgeleitet werden, die in realen

Gewässern bei veränderter Vegetation zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst wurden. Derartige Abfluss- und Wasserstandsdaten vergleichbarer, zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgetretenen Hochwasserereignisse in Verbindung mit Angaben zu den jeweiligen Vorlandnutzungen oder Vegetationsformen zeigten die Auswirkungen von Vegetationsänderungen in Vorlandbereichen wie Zunahme von Gebüsch und Mais, Aufwuchs von quer verlaufender Verbuschung oder Grünland vor und nach Mahd. Die erwarteten Vegetationseinflüsse – nämlich Verringerung der Abflusswirksamkeit von Vorlandbereichen infolge zunehmender Fließwiderstände und umgekehrt – werden bestätigt.

Bei Hochwasserereignissen erfasste Wasserstandswerte liegen für den 70 km langen Abschnitt der Donau zwischen Straubing und Vilshofen vor. In diesem Bereich kam es im August 2002 zu einer kritischen Situation, als die vorhandenen Deiche bei einem 15-jährlichen Hochwasserereignis fast bis zur Krone eingestaut waren (Haimerl und Ebner, 2006; Ebner und Kleinert, 2007). Dabei wurde ein um fast 50 cm höherer Wasserstand gemessen als am selben Pegel bei einem 1988 aufgetretenen 30-jährlichen Hochwasser. Nach den ursprünglichen Planungen aus den 1920-er Jahren waren die beiderseits der Donau mit einem Abstand von 400 bis 500 m errichteten Deiche für einen Hochwasserschutzgrad von etwa $HQ_{30} + 80$ cm Freibord bemessen worden und im Laufe der Zeit teilweise auf das Schutzziel HQ_{100} ausgebaut (Ebner und Kleinert, 2007). Die gegenüber der Bemessung höheren Wasserstände wurden auf seit der Planungsphase veränderte Vorlandnutzung zurückgeführt, die durch einen deutlichen Rückgang der Grünlandflächen zugunsten von überwiegend Ufervegetation und Ackerflächen gekennzeichnet ist (Bay. MfUGW, 2008). Eine wesentliche Ursache für die Wasserstandserhöhung ging 2002 von der ufernahen Vegetation aus, die auf Grund ihrer Dichte bereits das Ein- und Ausströmen des Wassers auf die Vorlandbereiche behinderte, sodass die Abflusswirksamkeit der Vorländer nicht mehr ausreichend war (Haimerl und Ebner, 2006). Während der Sommermonate führt der auf den Vorländern zunehmend angebaute Mais zu einer weiteren Reduzierung der Abflusswirksamkeit.

Ein weiteres Beispiel zum Einfluss der Vorlandvegetation auf den Wasserstand liegt für einen Elbe-Abschnitt bei Neu Darchau (ca. 15 km unterhalb von Hitzacker) vor. Hier führte das Hochwasser vom August 2002 trotz eines gegenüber dem Hochwasser vom Januar 1981 um 4 % geringeren Abflusses zu einem um über 40 cm höheren Wasserstand im selben Querschnitt. Anhand von hydraulischen Berechnungen wurde die Wasserstandserhöhung auf die Zunahme der Verbuschung des Vorlandes, insbesondere auf riegelartige, quer zur Fließrichtung verlaufende Gebüschblöcke zurückgeführt (Dietrich, 2005, 2007, 2008).

Gegenüber Ergebnissen, die auf in realen Gewässern gemessenen Werten basieren, existieren weitaus mehr Aussagen zur hydraulischen Wirkung der Vorlandvegetation, die auf den Ergebnissen von Modellrechnungen beruhen, denen sowohl Topogra-

phien realer Flussabschnitte (Swiatek, 2007; Woodhead et al., 2007; Anderson et al., 2006; Büttner et al., 2006) als auch Geometrien schematisierter Flussabschnitte mit ebenen Vorlandbereichen (Anderson et al., 2006; LfW-BY, 2005; Huthoff und Augustin, 2004; Weber und Menéndez, 2004) zugrunde liegen.

Die Einflüsse unterschiedlicher Landnutzungstypen auf Wasserstände wurden u. a. auch vom LfW Bayern nachgewiesen (LfW-BY, 2005) Mit einem in Anlehnung an den Querschnitt des bayrischen Flusses Glonn schematisiertem Flussabschnitt von 20 km Länge mit ebenen Vorländern wurden die bei Grünland oder Wald zu erwartenden Wasserstände mit einem 2D-Modell berechnet. Die mit den Ergebnissen belegten Differenzen (Abb. 3-45) zwischen den Wasserspiegellagen bei Grünland bzw. Wald nehmen mit steigendem Einfluss der Vorlandvegetation zu. Damit sind die Differenzen besonders groß, wenn der Hochwasserabfluss bei geringem Längsgefälle über schmale Vorländer abgeführt werden muss. Mit zunehmendem Längsgefälle wird ein größerer Teil des Abflusses im Flussschlauch bei dadurch geringer werdenden Vorlandeinfluss abgeführt werden, wobei die Wasserspiegeldifferenzen ebenfalls abnehmen., Bei einer Verbreiterung der Vorlandbereiche sind infolge des größeren Fließquerschnittes bei gleichem Durchfluss die Wasserspiegeldifferenzen reduziert.

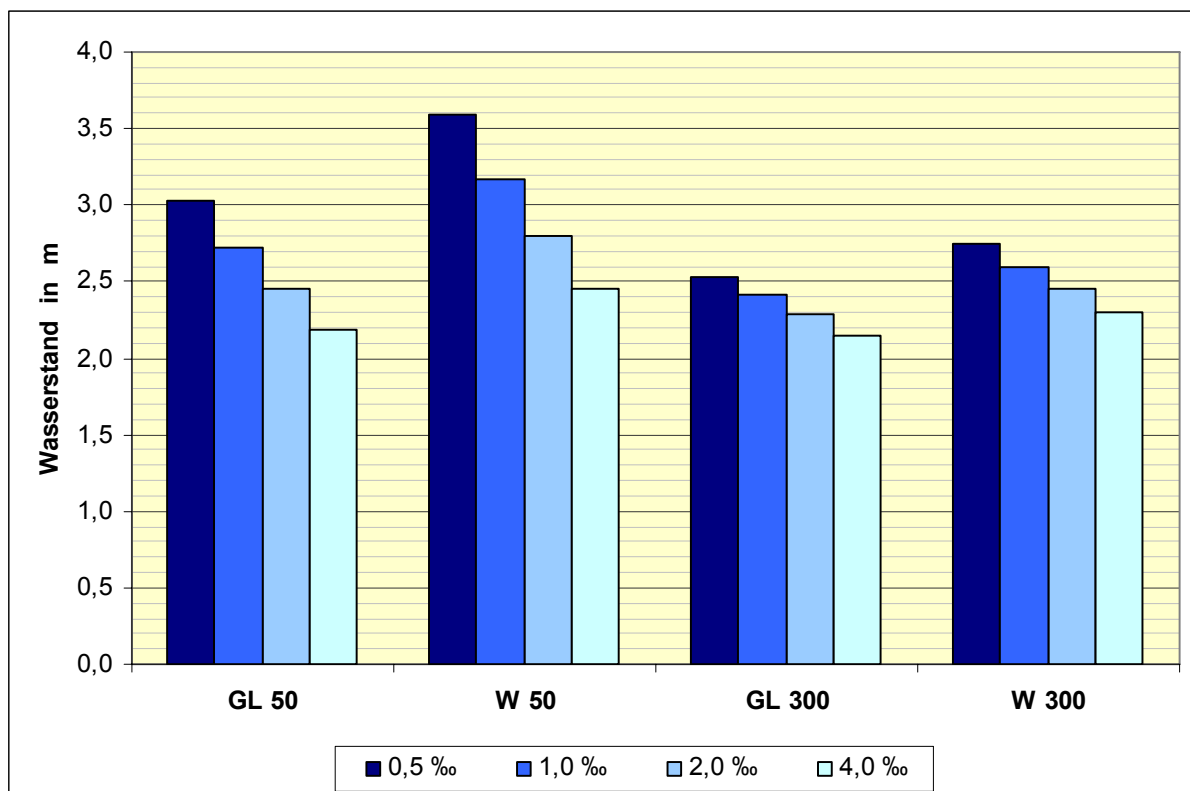


Abb. 3-45: Wasserstände für Grünland (GL) bzw. Wald (W) bei einem Abfluss von $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ in einem Fluss mit Längsgefälle 0,5-4,0 ‰ und Vorlandbreiten von 50 und 300 m (nach LfW-BY, 2005)

In Modellansätzen werden Änderungen der Vegetation durch die Annahme entsprechender Veränderungen der Fließwiderstände nachgebildet. Für die jeweils betrach-

tete Vegetationsform wird aus Erfahrungswerten ein Fließwiderstand bzw. Rauigkeitsbeiwert gewählt, sodass im Ergebnis Veränderungen von Wasserspiegellagen eindeutig den Änderungen der angenommenen Fließwiderstände zugeordnet werden können.

Bei den in der Literatur vorhandenen Übersichten und tabellarischen Zusammenstellungen von Vorlandrauigkeiten werden überwiegend die Widerstandsbeiwerte n nach Manning bzw. k_{st} nach Strickler wiedergegeben (z. B. Arcement und Schneider, 1989; DVWK, 1991; Fisher und Dawson, 2003; BCC, 2003; HGN, 2006). Die Widerstandsbeiwerte werden zwar für Vegetationsformen wie Grünland, Ackerkulturen, Büsche oder Wald angegeben und teilweise durch Angaben zum Wachstumsstadium verfeinert, aber die hydraulischen Randbedingungen werden nicht spezifiziert. Daraus ergibt sich eine breite Streuung der Widerstandsbeiwerte (Abb. 3-46).

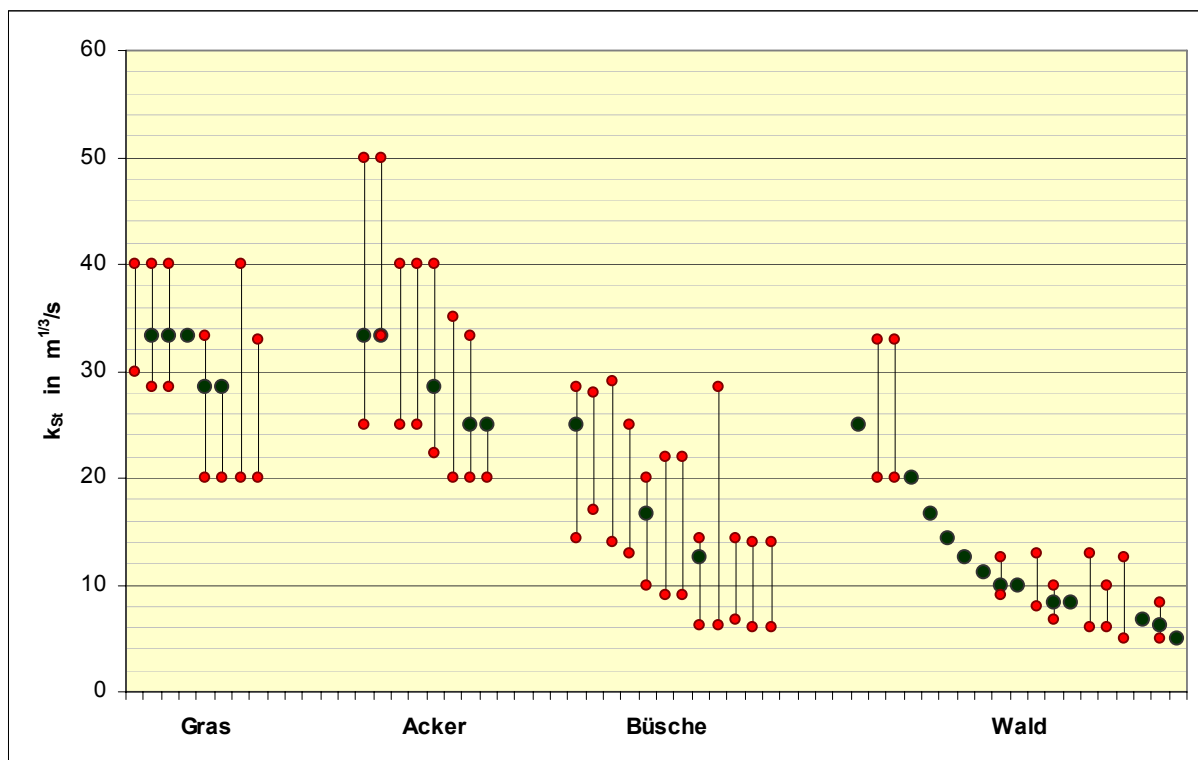


Abb. 3-46: Rauigkeitskoeffizienten k_{st} (n. Strickler) für unterschiedlichen Vorlandbewuchs (Min-, Max- und Einzelwerte zusammengestellt nach verschiedenen Literaturquellen)

Die Variationsbreite der Widerstandsbeiwerte innerhalb jeder Gruppe (Gras, Acker, Büsche, Wald) resultiert aus z. B. der Vegetationsdichte, dem Verkrautungsgrad und dem Abstand zwischen Büschen und Bäumen oder der unterschiedlichen Flexibilität von Gräsern und Blättern. Da die Widerstandsbeiwerte Summenparameter sind, widerspiegeln sie auch Einflüsse von Unregelmäßigkeiten der Vegetationsverteilung, der Vorlandtopographie und des Gewässers (Cowan, 1956). Weitere Variationen der Widerstandsbeiwerte können den Einflüssen von Überschwemmungstiefe und

Fließgeschwindigkeit zugeordnet werden. Mit steigendem Wasserstand nimmt auch der Fließwiderstand der durchströmten Vegetation bis zur vollständigen Überschwemmung zu. Mit weiter steigendem Wasserstand nimmt der Widerstand des dann überströmten Pflanzenbestandes wieder ab (Järvelä, 2002, 2004; Freeman et al., 2000; Wu et al., 1999). Bei steigender Fließgeschwindigkeit werden flexible Pflanzenteile (Blätter, Zweige) durch das anströmende Wasser zunehmend in Strömungsrichtung ausgerichtet, sodass der Fließwiderstand in Abhängigkeit der Flexibilität des Bewuchses ebenfalls abnimmt (Freeman et al., 2000).

Die Rauigkeitskoeffizienten landwirtschaftlicher Kulturen verändern sich im Laufe der Vegetationsperiode. Unterschiedliche Anbauverfahren beeinflussen die Rauigkeitskoeffizienten zu Beginn der Vegetationsperiode deutlicher als am Ende der Vegetationsperiode, wenn die Pflanzen die höchsten Fließwiderstände aufweisen (Abb. 3-47). Bei ähnlichen Rauigkeitskoeffizienten zum Erntezeitpunkt der unterschiedlichen Kulturen werden die hydraulischen Auswirkungen vor allem durch die Höhe der Pflanzen beeinflusst, die bei höheren Beständen dann auch zu größeren Wasserspiegelerhöhungen führen.

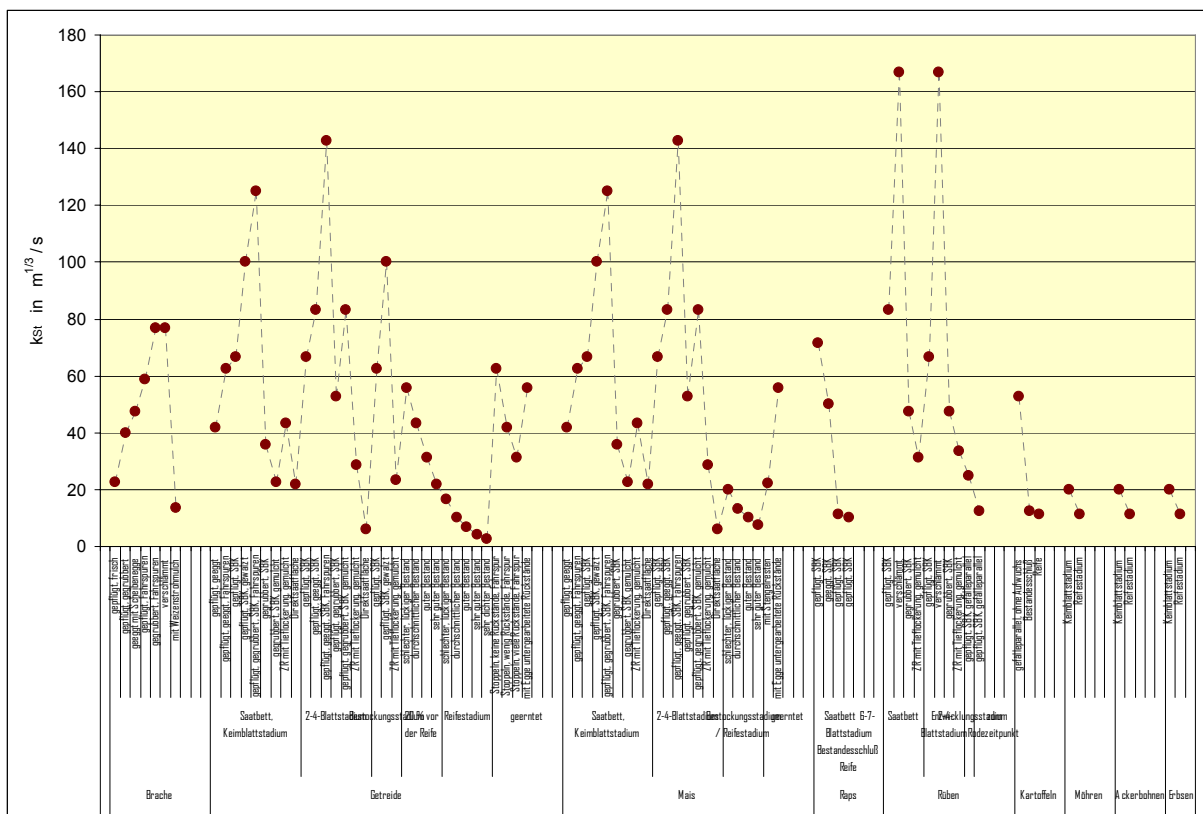


Abb. 3-47: Veränderung der Rauigkeitskoeffizienten (n. Strickler) von Brachland und unterschiedlichen landwirtschaftlichen Kulturen im Verlauf der Vegetationsperiode

Die in der Literatur angegebenen Widerstandsbeiwerte weisen jeweils ähnliche Bereiche für Grünland und Ackerflächen auf. Die Widerstandsbeiwerte der Vegetationstypen „Gebüsch“ und „Wald“ variieren ebenfalls in jeweils ähnlichen Bereichen, wobei Wald mit engstehenden Bäumen und dichter Verkräutung erwartungsgemäß

die höchsten Widerstände (d. h. die kleinsten k_{st} -Werte) aufweist. Auf Grund der Einflüsse von Wasserstand und Fließgeschwindigkeit und daraus resultierenden dynamischen Änderungen der Fließwiderstände kann der hydraulische Einfluss eines Vegetationstyps nicht mit einem konstanten Widerstandsbeiwert erfasst werden, sondern erfordert variable Beiwerte in Abhängigkeit von den Abflussbedingungen.

3.2.3.1.3 Fließgeschwindigkeiten, Sedimentation und Erosion auf Überschwemmungsflächen

a) Fließgeschwindigkeiten

Allgemein treten in zusammengesetzten Abflussquerschnitten mit Flussschlauch und beidseitigen Vorländern auf den Vorländern deutlich geringere Fließgeschwindigkeiten als im Flussschlauch auf. Der Wechsel der Geschwindigkeitszonen ist durch Turbulenzströmungen gekennzeichnet, durch deren Energie zwar die Böschungskanten erodiert werden können, die aber kaum die Vorlandbereiche betreffen. Ergebnisse von Messungen in der Natur sowie von modellbasierten Nachweisen zur lateralen Verteilung der Fließgeschwindigkeiten im Flussschlauch und in den Vorlandbereichen zeigen, dass die Fließgeschwindigkeiten in den Vorlandbereichen geringer sind als im Flussschlauch. Während der qualitative Verlauf der Geschwindigkeitsverteilung verallgemeinert werden kann, sind die quantitativen Werte der Geschwindigkeiten von den Randbedingungen abhängig, die mit der Geometrie des Abflussquerschnitts, dem Abfluss und den Fließwiderständen bzw. Rauigkeiten gegeben sind.

Für einen Abschnitt der Elbe wurden auf der Grundlage von gemessenen Pegelständen für einen Hochwasserabfluss von $3570 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ die Fließgeschwindigkeiten von $1,8 \text{ m/s}$ für den Flussschlauch und $0,6 \text{ m/s}$ für die beiden Vorländer mit einem 2D-FE-Model ermittelt (Dietrich 2008)

In den Vorlandbereichen wird die Fließgeschwindigkeit durch die sohlernen Widerstände der Vegetation verringert. Nach Wilson (2006) wird die Widerstandskraft häufig unterschätzt und tatsächliche Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten ist stärker als oft angenommen, sodass Sedimentation in den Vorlandbereichen überwiegt.

b) Sedimentation und Erosion

Sedimentation und Erosion von Partikeln sind von Korngrößen und Fließgeschwindigkeiten abhängig. Die grundlegenden Prozesse wurden z. B. von Hjullström dargestellt. Neben der Einwirkung der Fließgeschwindigkeit ist die Erosion auch abhängig vom Erosionswiderstand der Bodenoberfläche, der durch die Bearbeitungsformen und -zustände des Bodens beeinflusst wird (Ad-hoc-AG Boden, 2003)

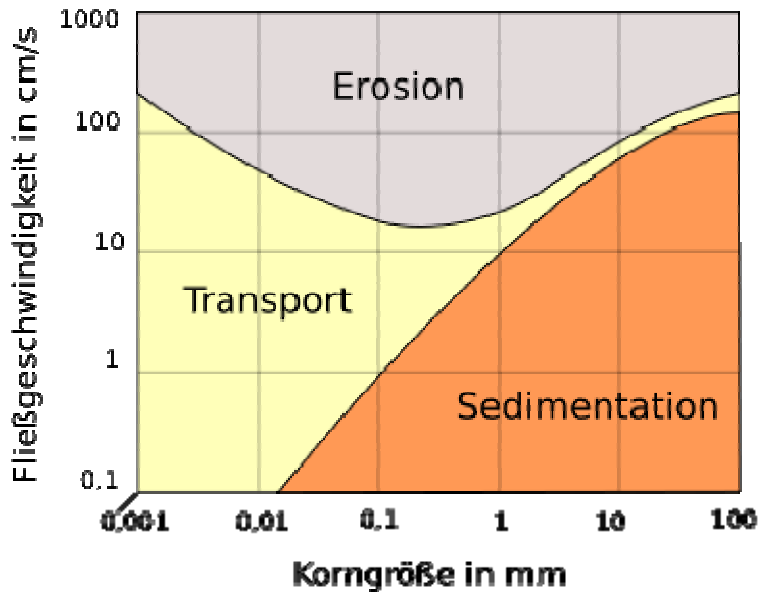


Abb. 3-48: Abgrenzungen von Sedimentation, Transport und Erosion von Bodenpartikeln und Geröll (Hjullström)

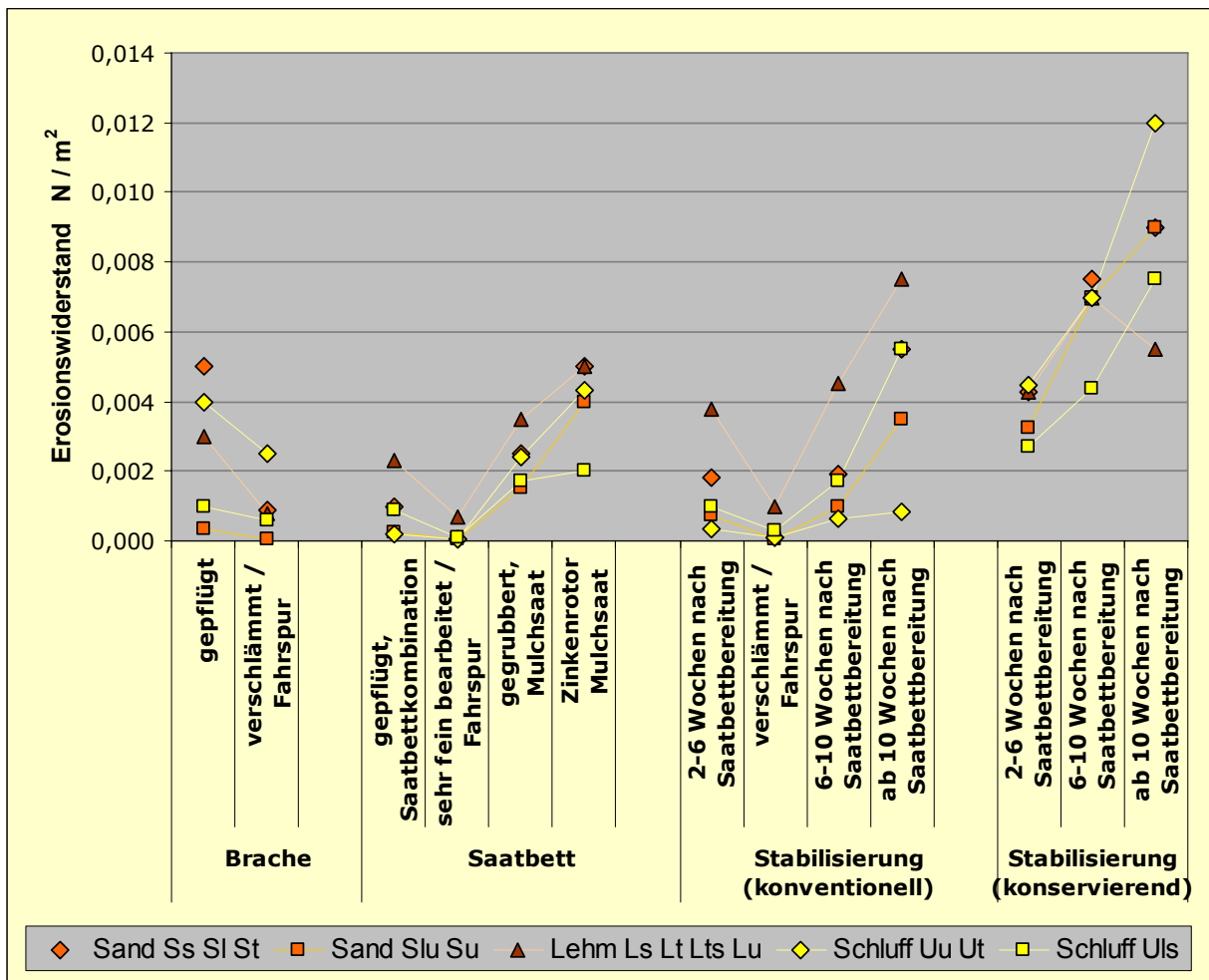


Abb. 3-49: Erosionswiderstand von Böden bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (nach Ad-hoc-AG Boden, 2003)

c) Strömungsrelevante Bereiche

Im Hochwasserschutzgesetz sind eine Reihe von Bewirtschaftungs- und Nutzungsaufgaben festgesetzt, die speziell die „Abflussbereiche“ innerhalb der Überschwemmungsgebiete betreffen und deren Umsetzung in der Zuständigkeit der Bundesländer liegt. Eine eindeutige und bundesweit einheitliche Definition zur Abgrenzung des Abflussbereiches ist jedoch nicht im Gesetzestext des WHG enthalten. Qualitative Beschreibungen sowie unterschiedliche Festlegungen für Kriterien zur Abgrenzung des Abflussbereiches, der auch als „Funktionszone“ oder „Überschwemmungskernbereich“ bezeichnet wird, finden sich in Regelungen von Ländern und Kommunen, aber auch in von Bundesbehörden herausgegebenen Publikationen.

- Eine qualitative Abgrenzung, die in sinngemäßer Form auch an anderen Stellen zu finden ist, wurde vom UBA (1998) gegeben: „Unter dem Abflussbereich wird der Bereich verstanden, in dem bei einem Hochwasserereignis der direkte Abfluss des Wassers stattfindet. Davon zu unterscheiden sind Retentionsbereiche, die zwar überflutet werden, jedoch keine bzw. eine sehr geringe Strömung in Flussrichtung aufweisen.“
- Für die Elbe im Bereich Dresden wurde als Abgrenzungskriterium zunächst eine Fließgeschwindigkeit von mindestens 1,0 m/s gewählt (Umweltamt Dresden, 2002), später wurde der Hochwasser-Abflussbereich durch das gleichzeitige Auftreten der Kriterien Fließgeschwindigkeit > 0,5 m/s und Intensität als Produkt aus Fließgeschwindigkeit und Wasserstand über Geländeoberfläche > 0,5 m²/s definiert (Umweltamt Dresden, 2004, 2006).
- Im Landeswassergesetz von Baden-Württemberg wird als Abflussbereich der „Überschwemmungskernbereich“ in den Grenzen der Überschwemmungsflächen bei HQ₁₀ definiert (UM-BW, 2009).
- Das Niedersächsische Umweltministerium weist dagegen darauf hin, dass eine Unterscheidung in durchströmte (Abflussräume) und nicht durchströmte (Retentionsräume) Bereiche nicht mehr vorgenommen wird (MU-NI, 2004).
- Bei den Berechnungen zur Erstellung eines Retentionskatasters für Gewässer II. Ordnung in Hessen wurde der „Abstrombereich“ bzw. der „Hochwasserabflussbereich“ durch Fließgeschwindigkeiten im Vorland von ca. 25 % der Fließgeschwindigkeit im Flussschlauch abgegrenzt, niedrigere Geschwindigkeiten wurden dem Retentionsraum zugeordnet (HGN, 1999).

3.2.3.1.4 Betroffenheit überschwemmter Kulturen und daraus resultierende Schäden

Auf überschwemmten Flächen können ökonomische und ökologische Schäden durch Beeinträchtigungen der Vegetation und des Bodens infolge der Dauer, der Höhe und des Zeitpunktes des Überstaus, des Hochwasserabflusses sowie durch Beeinträchti-

gungen infolge von Kontaminationen und daraus resultierenden Einschränkungen bei der Verwertung des Erntegutes und der Folgenutzung des Bodens entstehen (s. auch Abschnitt 3.2.3.3). Die in der Literatur vorliegenden Aussagen zu möglichen Schäden weisen innerhalb einer gewissen Bandbreite ähnliche Einschätzungen auf. Die Hochwasser bedingten Schäden werden nach der Betroffenheit der Vegetation oder des Bodens differenziert:

- Schäden, die auf der überschwemmten Fläche für die Vegetation und für die Bodenfauna infolge von Zeitpunkt, Dauer und Höhe des Überstaus bestehen und deren zeitliche Auswirkung nicht über die aktuell betroffene Vegetationsperiode hinausgeht
- Schäden, die auf der überschwemmten Fläche für die Vegetation und für den Boden infolge von Kontaminationen durch Schadstoffeinträgen bestehen und deren zeitliche Auswirkung über die aktuell betroffene Vegetationsperiode hinausreicht
- Schäden, die durch mögliche Stoffausträge die Unterlieger betreffen

Aus der Überschwemmung landwirtschaftlich genutzter Flächen folgen Risiken sowohl für die Produzenten/ Landwirte (Verluste) als auch für die Verbraucher (Gesundheit) und die Umwelt (Stoffemissionen). Während Schädigungen der Nutzpflanzen zu Verlusten führen, die zeitlich dem Anbaujahr zugeordnet werden können, können Schädigungen des Bodens und der damit verbundenen Produktionsbedingungen auch zu längerfristigen Verlusten führen. Ursachen, Art und Umfang möglicher Schäden sind u. a. in Übersichten von Stahl et al. (2005), Habersack und Moser (2003) zusammengestellt worden:

- Ernteverluste durch das Absterben von Pflanzen
- verminderte Qualität der Ernteprodukte
- eingeschränkte Verwertbarkeit des Erntegutes auf Grund von Verschmutzungen oder Kontamination entsprechend den Lebens- bzw. Futtermittelverordnungen
- eingeschränkte Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von nach Überschwemmung durchnässten Flächen und ggf. daraus resultierende Folgeschäden durch Verzögerungen oder Wegfall von Ernte, Düngung, Pflanzenschutz- und anderer Pflegemaßnahmen
- eingeschränkte Beweidungsmöglichkeiten von nach Überschwemmung ver-nässten Flächen
- Minderungen des Ertragspotenzials durch Schädigungen der Bodenfauna durch Erstickung, insbesondere der Regenwürmer
- Stoffeinträge durch Sedimentablagerungen
- Stoffausträge von landwirtschaftlichen Flächen

Für die möglichen Schäden sind neben der betroffenen Pflanzenart auch der Zeitpunkt, die Dauer und die Höhe einer Überschwemmung und die Fließgeschwindigkeit wesentlich (Desbos, 1997, Citeau, 2003). Mit den während der Vegetationsperiode wechselnden Überflutungstoleranzen der Pflanzen hat der Zeitpunkt einer Überschwemmung einen wesentlichen Einfluss auf mögliche Schädigungen und Verluste. Der Schadensumfang kann dabei vom Verlust bereits erfolgter Aufwendungen für die Saatbettbereitung über Qualitäts- und Ertragseinbußen bis hin zum völligen Verlust der Ernte variieren.

Die Ertragsverluste steigen allgemein mit zunehmender Dauer von Überschwemmungen während der überschwemmungssensiblen Entwicklungsstadien der Pflanzen, die je nach betroffener Kultur am Beginn, in der Mitte oder am Ende der Vegetationsperiode liegen (Citeau, 2003, Klaghofer, 2003, Stahl et al., 2005). Bei Grünland oder Wintergetreide steigt der Schädigungsgrad annähernd proportional mit der Überschwemmungsdauer (Klaghofer, 2003). Kulturen wie z. B. Mais oder Kartoffeln reagieren bereits auf kurzfristige Überschwemmungen mit höheren Verlusten als Grünland oder Wintergetreide, mit zunehmender Überschwemmungsdauer kommt es zu einem überproportionalen Anstieg des Schädigungsgrades und die Ernteverluste liegen bei länger anhaltenden Überschwemmungen zwischen 90 % und 100 % (Klaghofer, 2003, Stahl et al., 2005).

Tab. 3-6: Tolerierbare Überschwemmungsdauer und -höhe bei unterschiedlichen landwirtschaftlichen Nutzungen (nach Desbos, 1997, zit. in Stahl et al, 2005)

Kultur	Einflussfaktoren				
	Jahreszeit	Maximale Überstauzeit	Maximale Überstauhöhe	Maximale Wiedereintrittswahrscheinlichkeit	Maximale Fließgeschwindigkeit
Gemüse	F ¹	0 d – 1 d		5 a	0,25 m/s
Feldgemüse Gartenbau	S/H	1 d - 3 d		5 a	0,25 m/s
Gewächshäuser	Ganzjährig	1 d – 3 d	1 m	5 a	
Sommerkulturen	F/S	8 d		5 a	
	W/H	1 Monat		1 a	
Winterkulturen	W	1 Monat		10 a	
	F/S	3 d		1 a	
	H	8 d		1 a	
Weinanbau	S/H	0 d	0,5 m	10 a	0,25 m/s
	W	1 Monat	0,5 m	5 a	
Obstplantagen	F/S	1 d	1 m	10 a	0,50 m/s
	W	1 Monat	1 m	1 a	0,30 m/s
Dauergrünland	F	10 d		1 a	
	H/W	1 Monat		1 a	
Wald		7 d – 1 Monat		1 a	

¹ F = Frühjahr, S = Sommer, H = Herbst, W = Winter

Natürliche bzw. naturnahe Auwälder sind gut an Überschwemmungen angepasst Sie verdanken ihre typische Zonierung von Verbuschung, Weichholzaue, Hartholzaue dem periodischen Wechsel von Überschwemmung und Trockenfallen. Gefährdungen

können sich durch hohe anthropogen bedingte Stoffeinträge ergeben. Wenn Wirtschaftsforsten im Vorlandbereich in ihrer Baumartenstruktur nicht hinreichend an diese periodisch wechselnden Randbedingungen angepasst werden sind Schäden für die Baumbestände zu erwarten. Bei der Neuanlage von Auenwäldern können Sämlinge und Setzlinge durch die Schleppekraft des Wassers ausgetragen werden.

Die Überflutungstoleranzen unterschiedlicher Baumarten in bereits etablierten Beständen weichen deutlich voneinander ab (Abb. 3-50).

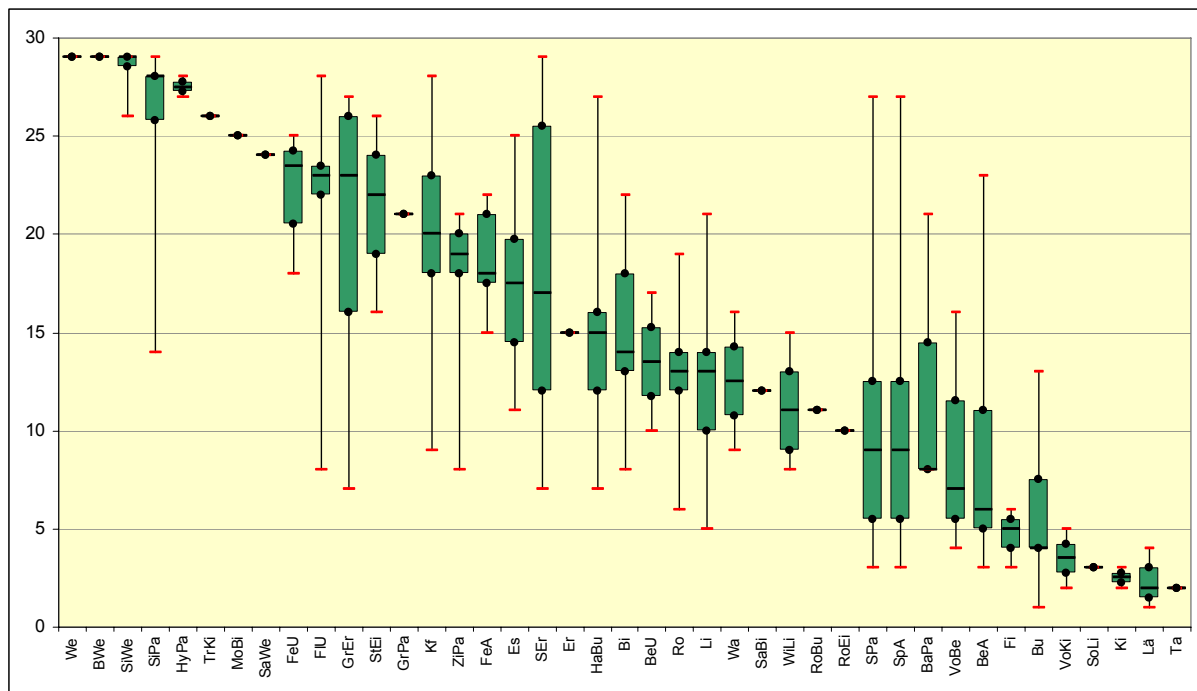


Abb. 3-50: Überflutungstoleranzen (0 = niedrige Toleranz, 30 = hohe Toleranz) von Bäumen (min. u. max. Werte, 25- und 75-Perzentilen, Median, modifiziert n. Macher, 2008)

3.2.3.1.5 Zusammengefasste Aussagen zum Kenntnisstand

Hochwasserbedingte Risiken – eine Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten (EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007) – existieren in Vorlandbereichen für landwirtschaftlich genutzte Flächen vorwiegend durch Sommerhochwasser. In dieser Zeit weisen die meisten in Vorlandbereichen angebauten Ackerkulturen kritische Vegetationsphasen auf, in denen die Pflanzen besonders durch Dauer und Höhe einer Überschwemmung geschädigt werden können. Ökonomische Schäden resultieren aus erschwerten Bearbeitungsbedingungen, Qualitätseinbußen und Ernteverlusten. Weitere, zeitlich über die von einem Hochwasser betroffene Vegetationsperiode hinausgehende Schäden können eintreten, wenn die

landwirtschaftliche Fläche auf Grund von Schadstoffeinträgen nur eingeschränkt oder gar nicht für Folgekulturen genutzt werden kann.

Grünlandvegetation ist auch durch Winterhochwasser gefährdet.

Risiken für Unterlieger können von landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgehen, wenn nicht beräumtes Erntegut (Heu- oder Strohballen) zu Verklausungen im Abflussbereich des Hochwassers führen.

Risiken durch Erosion auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen und daraus resultierende Stoffausträge in unterhalb liegende Gebiete sind vernachlässigbar, (in der Literatur nicht genannt).

Hydraulische Beeinflussungen von Hochwasserabflüssen ergeben sich aus den vegetationsbedingten Fließwiderständen und wirken sich auf Abflussgeschwindigkeit, Abflussverzögerung, Wasserspiegellage und somit auf die Abflusskapazität aus. Beeinflussungen des Abflussverhaltens, die insbesondere als Folge von Veränderungen der Vorlandvegetation nach Nutzungsänderungen erwartet werden, nehmen mit zunehmenden Abflüssen und Gefälle deutlich ab. Kritische Situationen mit hohen, fast bis an die Deichkrone reichenden Wasserständen infolge von Veränderungen der Vorlandvegetation (Zunahme der ufernahen Verbuschung und gleichzeitiger Anbau von Mais) wurden 2002 an einem Abschnitt der Donau beobachtet.

3.2.3.2 Ergebnisse eigener hydraulischer Untersuchungen

3.2.3.2.1 Variation des Reibungsbeiwertes für unterschiedliche geomorphologische Bedingungen

Landnutzungsänderungen auf Vorländern bewirken eine Änderung der Rauigkeiten und damit der k_{st} -Werte. Damit ändern sich bei einem jeweils gleichen stationären Durchfluss die Wasserstände. Die Ergebnisinterpretation des vorliegenden Szenarios beschränkt sich auf die Darstellung der resultierenden Wasserstände, berücksichtigt aber dabei das gesamte Spektrum der k_{st} -Werte für die hier betrachteten Typen von land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen in den Vorlandbereichen für verschiedene Querschnittsprofile und unterschiedliche Hochwasser-Scheiteldurchflüsse. Dadurch gewinnt man auch einen Überblick über die Funktionsweise des „Lamellenmodells“.

Abb. 3-51 enthält die resultierenden Wasserstände bei Änderung des k_{st} -Wertes einer breiten überschwemmten Flussaue mit horizontalen Vorländern für unterschiedliche Scheiteldurchflüsse.

Abb. 3-52 zeigt für eine Flussaue mit gleicher Breite und gleichen Hochwasser-Scheiteldurchflüssen, aber lateral ansteigenden Vorländern, ebenfalls die durch Änderung des Reibungsbeiwertes resultierenden Wasserstände. Die Gradienten der

hierbei absolut betrachtet höher ausfallenden Wasserstände fallen jedoch geringer aus als beim Szenario mit horizontalen Vorländern. Damit hängt die Änderung der Scheitelwasserstände infolge einer bestimmten Änderung der Landnutzung sowohl von der Größe des Hochwassers als auch vom lateralen Gefälle der Vorländer ab.

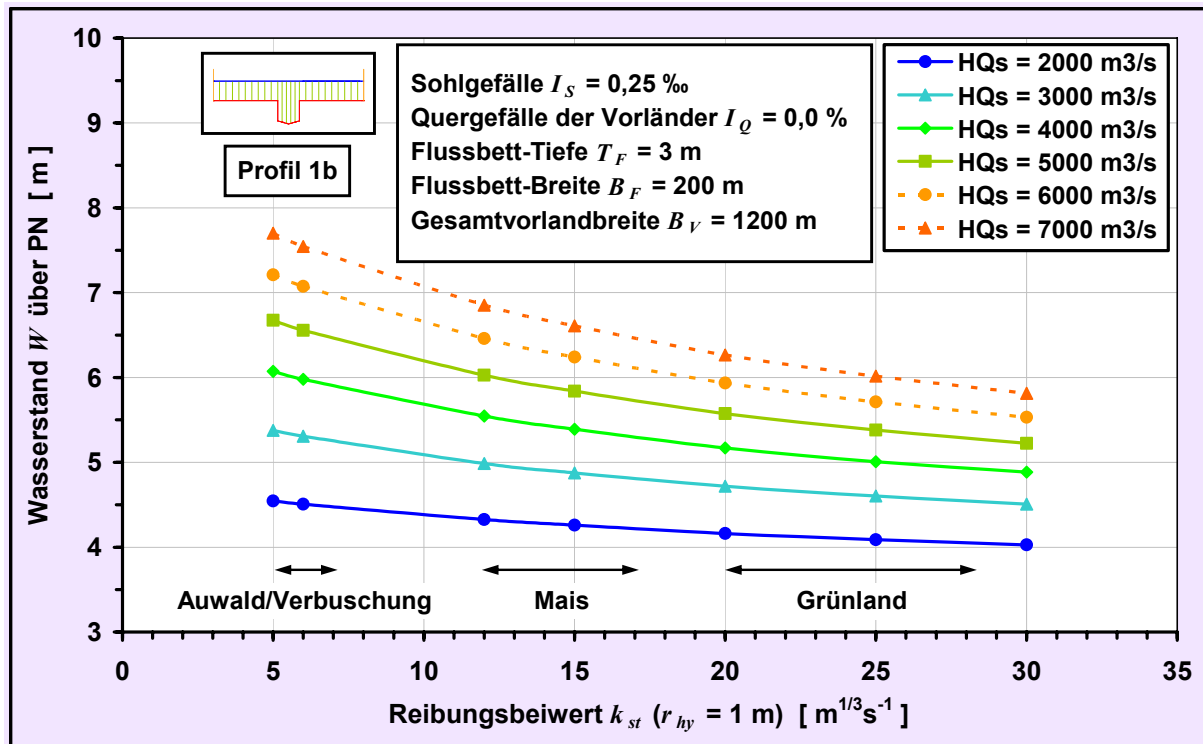


Abb. 3-51: Abhängigkeit des Wasserstandes vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer breiten Flussaue mit horizontalen Vorländern; Profil 1b

Abb. 3-53 enthält die resultierenden Wasserstände bei Änderung des k_{st} -Wertes einer schmalen überschwemmten Flussaue mit horizontalen Vorländern für unterschiedliche Scheiteldurchflüsse. Die Wasserstandsänderung fällt bei größeren Hochwassern ebenfalls größer aus. Bei der schmalen Flussaue wurden im Vergleich zur breiten die Breite der Vorländer um den Faktor 12, die Flussbettbreite um den Faktor 10 und die Scheiteldurchflüsse um den Faktor 10 reduziert. Die Flussbetttiefe blieb mit 3 m unverändert.

Der Übersicht halber wurden in Abb. 3-54: bzw. Abb. 3-55 statt der berechneten Wasserstände von Abb. 3-51 bzw. Abb. 3-53 die berechneten Wasserstandsdifferenzen, jeweils bezogen auf Grünland ($k_{st,1m} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), dargestellt.

Eine Skaleninvarianz der Wasserstandsänderung als Funktion des k_{st} -Wertes hinsichtlich der Betrachtung unterschiedlich breiter Flussauen mit im Verhältnis zu den Breiten der Vorländer bzw. des Hauptflussbettes nahezu proportional variierten Hochwasser-Scheiteldurchflüssen lässt sich für horizontale Vorländer nachweisen,

wie ein Vergleich von Abb. 3-54 (breite Flussaue, große Durchflüsse) mit Abb. 3-55 (schmale Flussaue, kleine Durchflüsse) zeigt. Als Verhältniszahl wurde hierbei rund eine Größenordnung gewählt (Faktor 10 für die Flussbettbreite [200 m → 20 m] und die Scheiteldurchflüsse und Faktor 12 für die Vorländer [1200 m → 100 m]). Ein Vergleich unterschiedlich großer Flussauen für ansteigende Vorländer bezüglich der Wasserstandsänderung durch Landnutzungsänderungen ist dagegen nicht sinnvoll, weil sich bei schmalen Vorlandbreiten bei gleichem lateralen Vorlandgefälle und einer gleichen Flussbetttiefe wie in der breiten Flussaue die absoluten Wassertiefen an den äußeren Grenzen eines Vorlandes kaum von denen in der Nähe der Hauptflussbetttufer unterscheiden. Es erscheint aus geomorphologischen Gesichtspunkten auch nicht sinnvoll, in dem betrachteten schmalen Gerinne die Flussbetttiefe ebenfalls um den Faktor 10 zu verringern (von 3 m → 0,3 m). Gleiche Flussbettiefen garantieren auch, dass sich in den zu vergleichenden unterschiedlichen Querschnitten auf den Vorländern jeweils ähnliche Wasserstände einstellen werden. Schlussfolgern lässt sich also, dass für horizontale Vorländer die Änderung des Wasserstandes infolge von Landnutzungsänderungen relativ unabhängig von der Breite der Flussaue ist, wenn die Flussbetttiefe etwa gleich bleibt und die Scheiteldurchflüsse annähernd proportional zur Breite der Flussaue variiert werden.

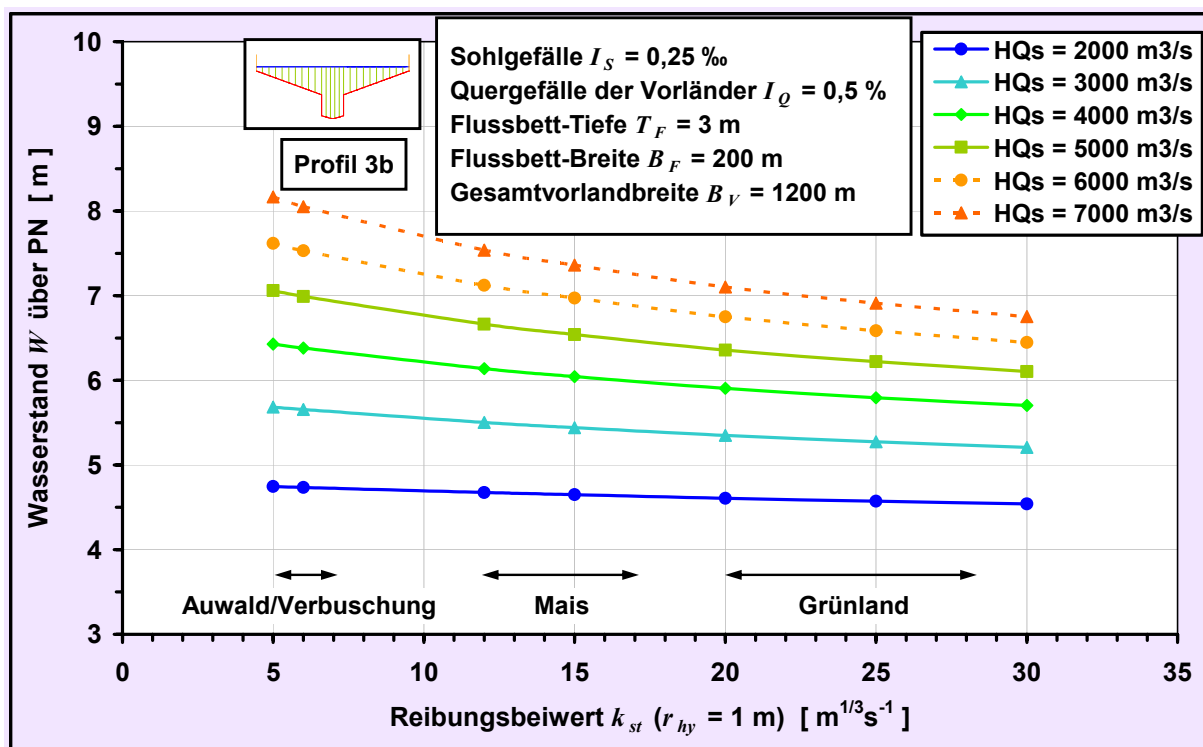


Abb. 3-52: Abhängigkeit des Wasserstandes vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer breiten Flussaue mit ansteigenden Vorländern; Profil 3b

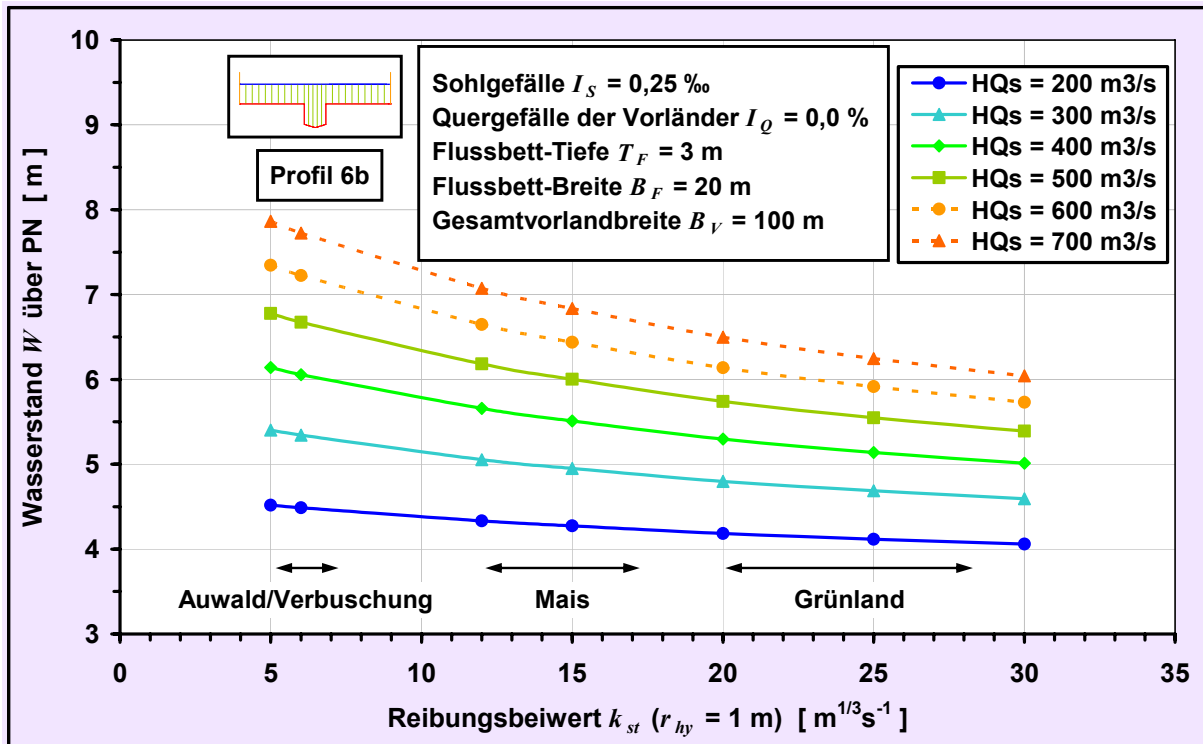


Abb. 3-53: Abhängigkeit des Wasserstandes vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer schmalen Flussaue mit horizontalen Vorländern; Profil 6b

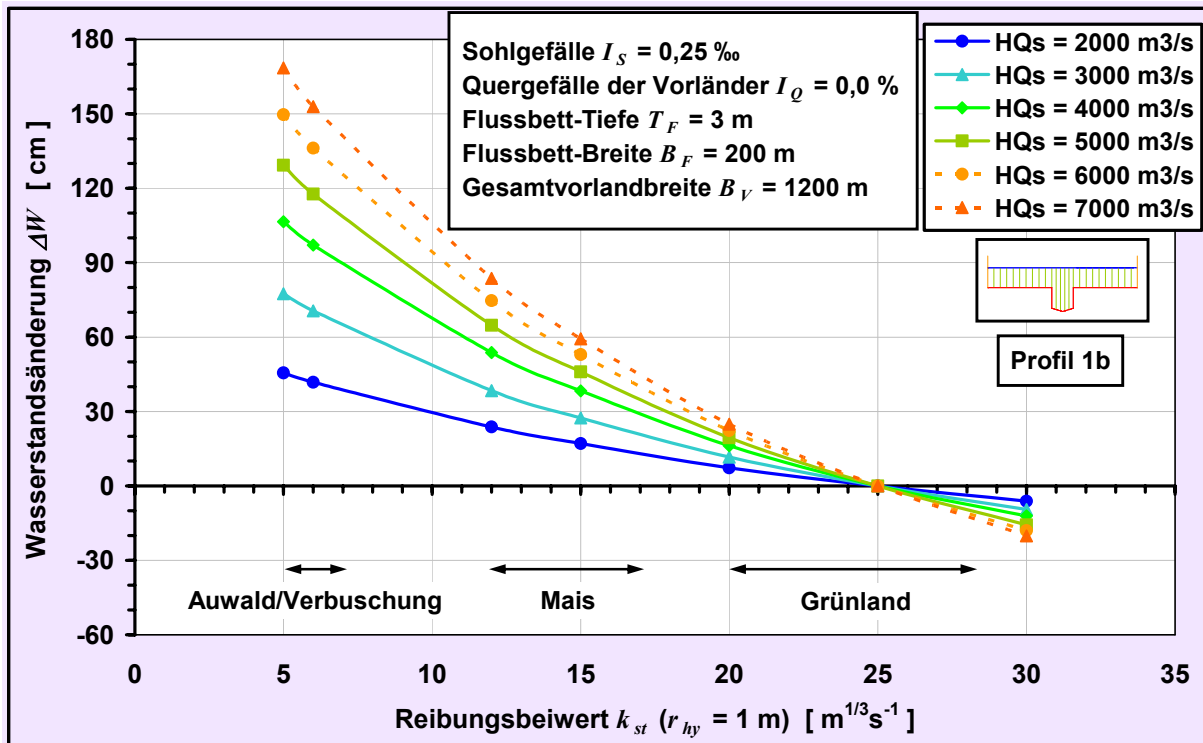


Abb. 3-54: Abhängigkeit der Wasserstandsänderungen vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer breiten Flussaue mit horizontalen Vorländern, bezogen auf mittelraues Grünland; Profil 1b

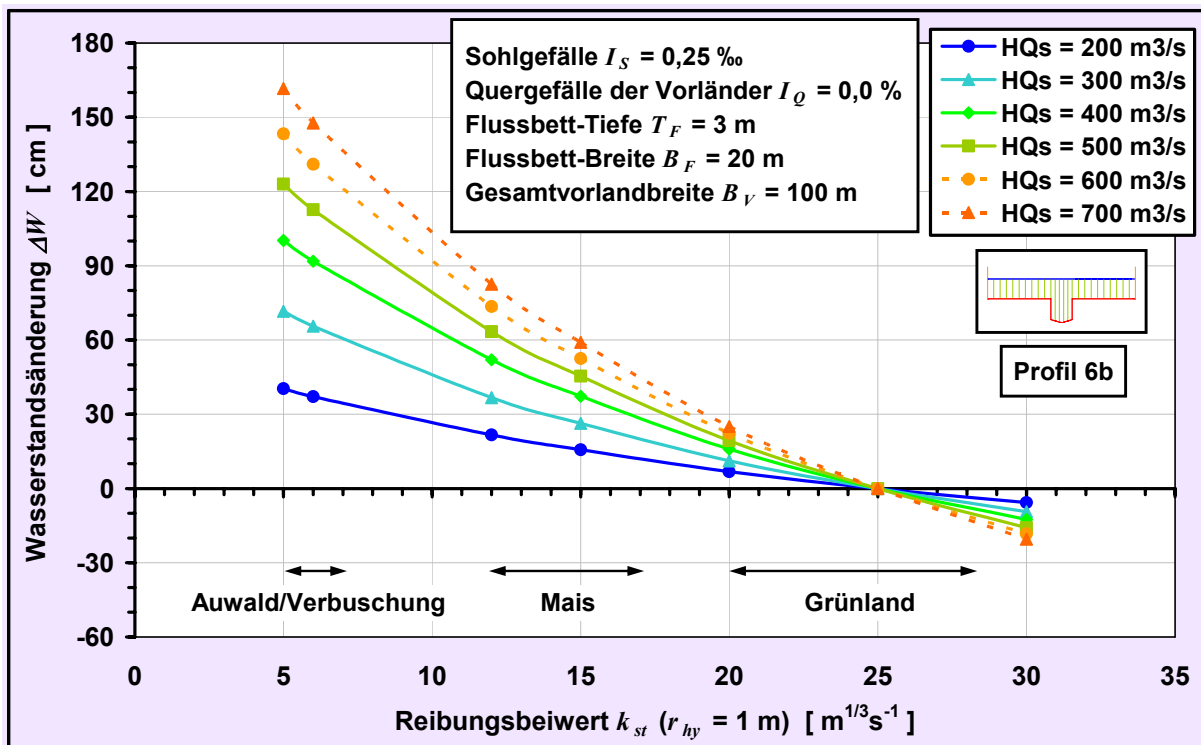


Abb. 3-55: Abhängigkeit der Wasserstandsänderungen vom Reibungsbeiwert nach Manning/ Strickler (Wassertiefen abhängig) einer schmalen Flussaue mit horizontalen Vorländern, bezogen auf mittelraues Grünland; Profil 6b

Es sollte erwähnt werden, dass auf der Basis von Vergleichsbetrachtungen mit Abflussprofilen der unteren Oder mit Sohlgefällewerten von etwa 0,25 ‰ der Scheiteldurchfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ in der hier gewählten Flussaue etwa einem HQ_{100} entspricht. Für die gewählte schmale Flussaue sollten $300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ etwa einem HQ_{100} entsprechen (Annahme). Für schematisierte Querschnitte können direkt keine Wiederkehrintervalle berechnet oder abgeleitet werden, sondern nur im Vergleich mit ähnlichen natürlichen Abflussprofilen angenommen werden.

Der jeweilige Streubereich der in Abb. 3-51 bis Abb. 3-55 angegebenen k_{st} -Werte der Vorland-Nutzungen „Auwald/ Verbuschung“, „Mais“ und „Grünland“ ist nicht so groß wie häufig in der Literatur angegeben, da hier nur die auf einen hydraulischen Radius von 1 m umgerechneten Werte verwendet wurden (und auch das war nicht immer sicher). Häufig sind Ergebnisse durch Simulations- bzw. Optimierungsrechnungen von abgelaufenen Hochwassern entstanden, bei denen die aufgetretene Wassertiefe bzw. der hydraulische Radius auf dem Vorland deutlich größer war als 1 m. In der Regel wurde nicht berücksichtigt, die ermittelten k_{st} -Werte auf 1 m umzurechnen oder die zugehörigen Werte für den hydraulischen Radius wurden einfach nicht angegeben. Bei Laborversuchen wurden hydraulische Ähnlichkeitsgesetze vernachlässigt – speziell hinsichtlich Mais (Hartlieb, 2006) – und/ oder die k_{st} -Werte

wurden für kleinere (zu kleine) hydraulische Radien – speziell hinsichtlich Mais in Hartlieb (2006) – ermittelt.

3.2.3.2.2 Variation der Vorlandnutzung für verschiedene Anteile von Grünland und Auwald

Auwald/ Verbuschung und gemähtes Grünland stellen auf der Skala der k_{st} -Werte hinsichtlich der natürlichen Landnutzungen die Extremwerte dar. Um den Extremfall zu untersuchen, wurde Auwald mit $6 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ und Grünland mit $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ gewählt, wobei beide Werte wieder für einen hydraulischen Radius von 1 m gelten. Die Wasserstandsänderungen sind dabei abhängig vom gewählten Flusslauf-Sohlgefälle in Längsrichtung.

In Flussnähe wurde auf horizontalen Vorländern damit begonnen, in Richtung Auenbegrenzung lamellenweise Auwald durch Grünland zu substituieren. Dabei sinkt jeweils der Wasserstand (Abb. 3-56, Abb. 3-57), weil die Fließgeschwindigkeit auf Grünland größer ist. Der Zusammenhang ist nichtlinear. Ist das Hauptflussbett kleiner (Abb. 3-56, Profil 2a), nehmen die Wasserstandsänderungen bei sonst gleichen Vorlandbreiten und gleichen Vorland-Nutzungsbedingungen zu. Mit zunehmendem Durchfluss wird die entsprechende Wasserstandsänderung jeweils größer (Abb. 3-57) und gilt für alle untersuchten Sohlgefälle in Fließrichtung von 0,10 ‰ bis 2,00 ‰. Diese Aussage besitzt Gültigkeit für die in unseren Flüssen bei Hochwasser üblichen auftretenden Wassertiefen. Für mehrere Sohlgefällewerte wurden in Abb. 3-58 für einen Scheiteldurchfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ die sich ergebenden Wasserstandsänderungen dargestellt. Die Einteilung der Sohlgefälle erfolgte nach bestimmten Empfehlungen (Koenzen, 2005) unter Hinzuziehung des Wertes von $I_S = 0,25 \text{ ‰}$.

Die sich aus der vollständigen Substitution von Auwald durch Grünland auf den Vorländern ergebenden maximalen Wasserstandsabsenkungen für zwei longitudinale Sohlgefälle und zwei Querschnittsprofile bei einem Scheiteldurchfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ enthält Tab. 3-7.

Wie bereits in Abschnitt 3.2.2.2.2 erläutert, muss sich der untere Rand ausreichend weit genug vom betrachteten Querschnitt entfernt befinden. Das kleinste gewählte Gefälle von $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ wird aber größtenteils nur im Unterlauf von Flüssen zu finden sein. Sollte sich hier der Rückstau der unteren Randbedingung in Form eines Haffs, Meeres oder Sees bemerkbar machen, würden die entsprechenden Kurven in Abb. 3-56 bis Abb. 3-81 nicht mehr gültig sein, weil der klassische bzw. der hier verwendete Manning/ Strickler-Ansatz nicht mehr gelten würde. Das muss im Einzelfall geprüft werden, ist aber nicht Gegenstand dieser Studie.

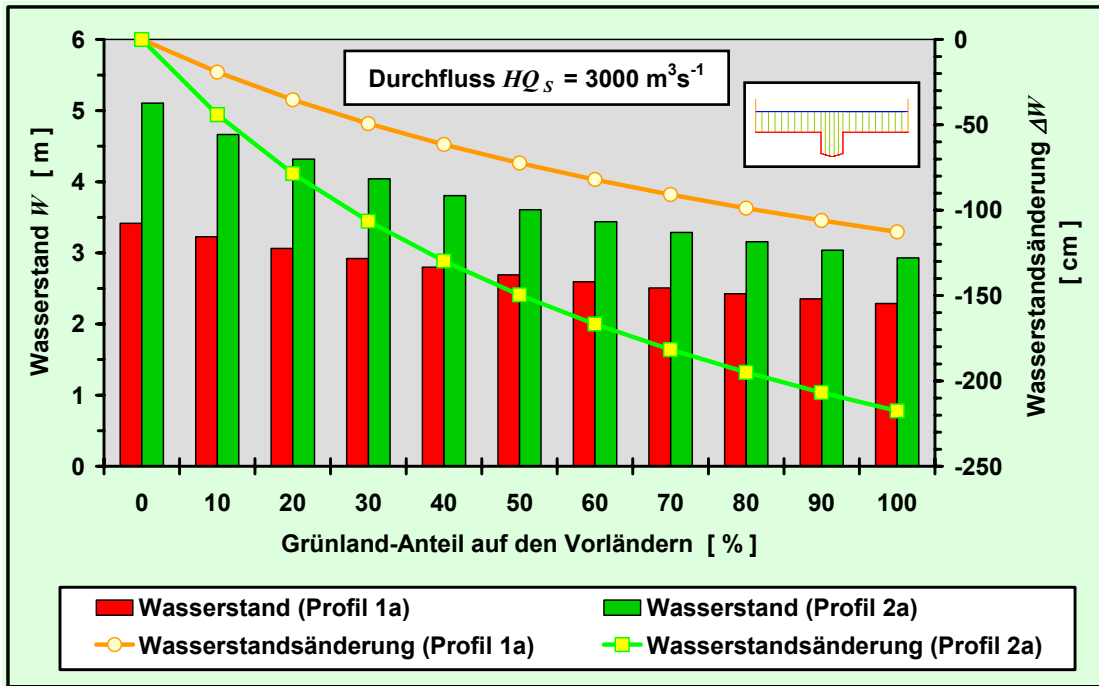


Abb. 3-56: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Querschnitte und einem Durchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$ [Profil 1a] und $B_F = 100 \text{ m}$ [Profil 2a], Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profil 1a] und $T_F = 2 \text{ m}$ [Profil 2a])

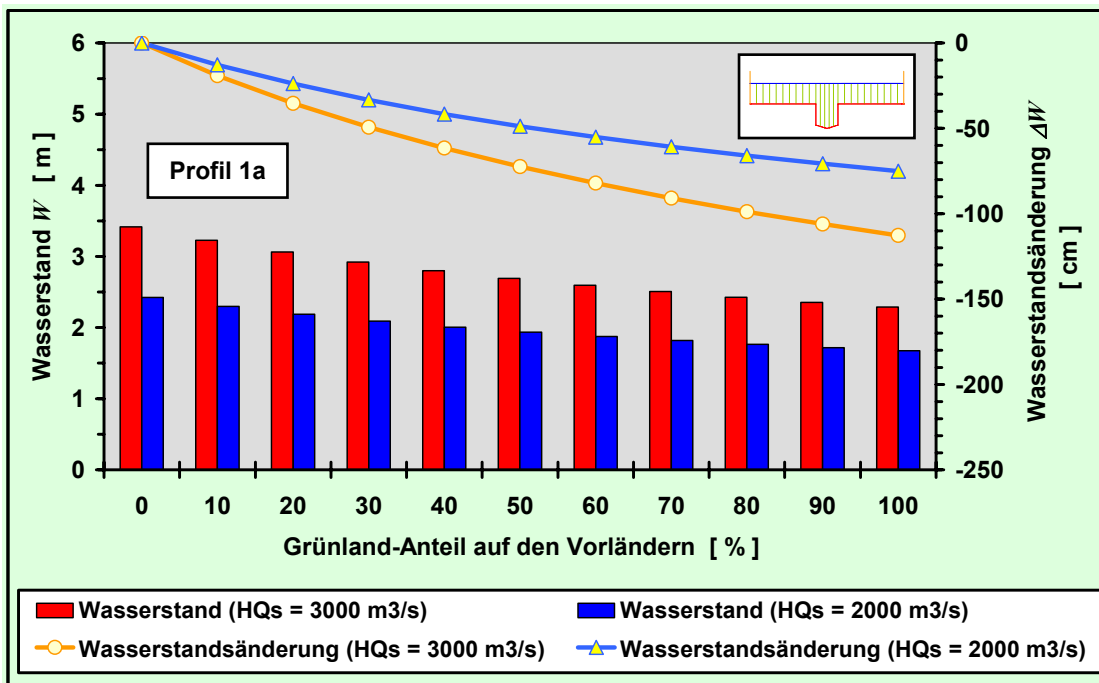


Abb. 3-57: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Durchflüsse (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

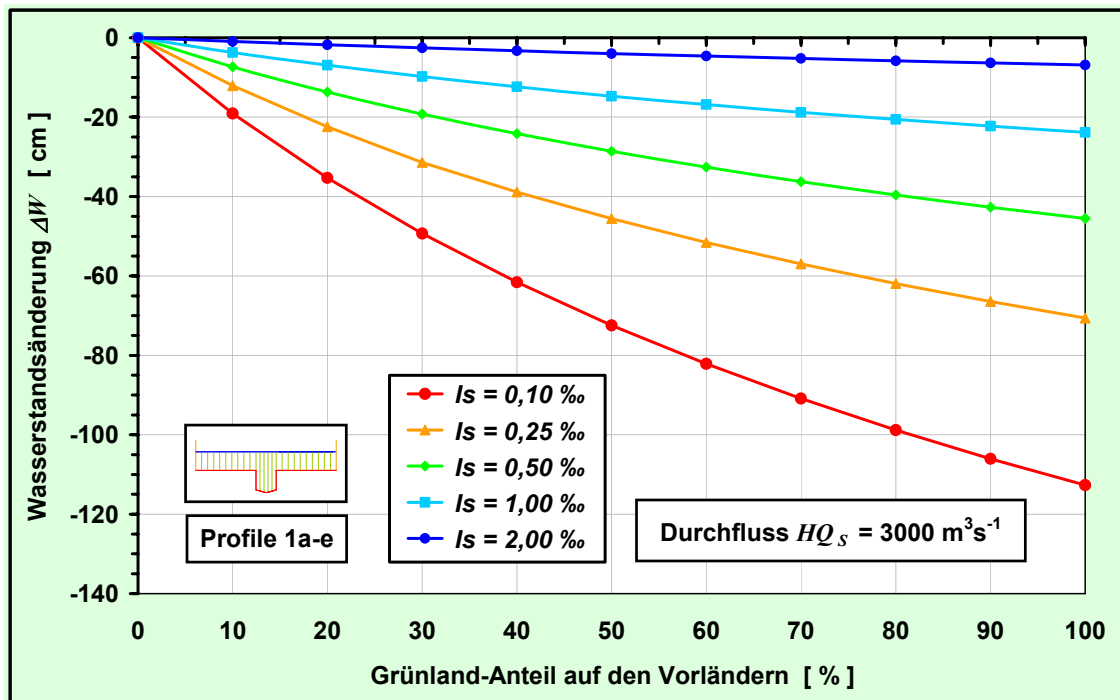


Abb. 3-58: Abhängigkeit der Wasserstandsänderung von verschiedenen Anteilen von Auwald /Grünland (flussnah) für verschiedene longitudinale Sohlgefälle (Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile 1a-e])

Tab. 3-7: Maximale Wasserstandsänderungen bei einem Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bei der vollständigen Substitution von Auwald durch Grünland auf den Vorländern für verschiedene Sohlgefälle und Querschnittsprofile

Sohlgefälle I_S	Wasserstandsänderung ΔW in [cm]	
	Profil 1*	Profil 2*
‰		
0,10	-113	-218
0,25	-70	-165

*Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, (Profil 1a/b) und $B_F = 100 \text{ m}$ (Profil 2a/b), Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ (Profil 1a/b) und $T_F = 3 \text{ m}$ (Profil 2a/b); Profile gemäß Tab. 3-4.

Die sich ergebenden lateralen Verteilungen der longitudinalen Fließgeschwindigkeiten für ein longitudinales Sohlgefälle von $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ sind für drei Vorlandnutzungsvarianten „nur Auwald“, „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ und „nur Grünland“ in Abb. 3-59 und Abb. 3-60 dargestellt. Die äquivalenten Fließgeschwindigkeitsverteilungen für ein longitudinales Sohlgefälle von $I_S = 2,00 \text{ ‰}$ enthalten Abb. 3-61 und Abb. 3-62. Die Ergebnisse zeigen für das betrachtete Beispiel, dass ein Wechsel von Auwald zu Grünland zu einer näherungsweise Verdreifachung der Fließgeschwindigkeiten auf den Vorländern unabhängig vom longitudinalen Sohlgefälle führt.

Beim Vergleich der Fließgeschwindigkeitsverteilungen für unterschiedliche Sohlgefälle fällt dabei eine Besonderheit ins Auge. Bei einem kleineren Sohlgefälle sinkt zwar bei steigendem Wasserstand die Fließgeschwindigkeit im Hauptflussbett, aber die Geschwindigkeit auf den Vorländern nimmt zu (!). Das liegt darin begründet, dass bei einem kleineren Sohlgefälle der Anteil am Gesamtdurchfluss, der auf den Vorländern abfließt, größer wird (Abb. 3-63 und Abb. 3-64). Dieser Effekt des inversen Verhaltens der Fließgeschwindigkeiten von Hauptfluss und Vorländern hängt von der Geometrie der Flussaue ab. Bei Vergleichsrechnungen mit einem konstanten k_{st} -Wert trat bei den gegebenen Verhältnissen dieser Effekt noch nicht auf. Das würde erst bei einer entsprechend veränderten Flussauengeometrie der Fall sein. Eine genauere Quantifizierung dieses Effektes könnte mit höherdimensionalen hydraulischen Modellen untersucht werden. Für die Erreichung der Projektziele ist diese Quantifizierung jedoch nicht nötig.

Anzumerken wäre noch, dass bei einem Durchfluss von $2000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ und einem Sohlgefälle von $I_S = 2,00 \text{ ‰}$ (Abb. 3-61 und Abb. 3-62) die Geschwindigkeit auf den Vorländern genau deshalb gleich null ist, weil der Durchfluss ausschließlich im Hauptflussbett abfließt.

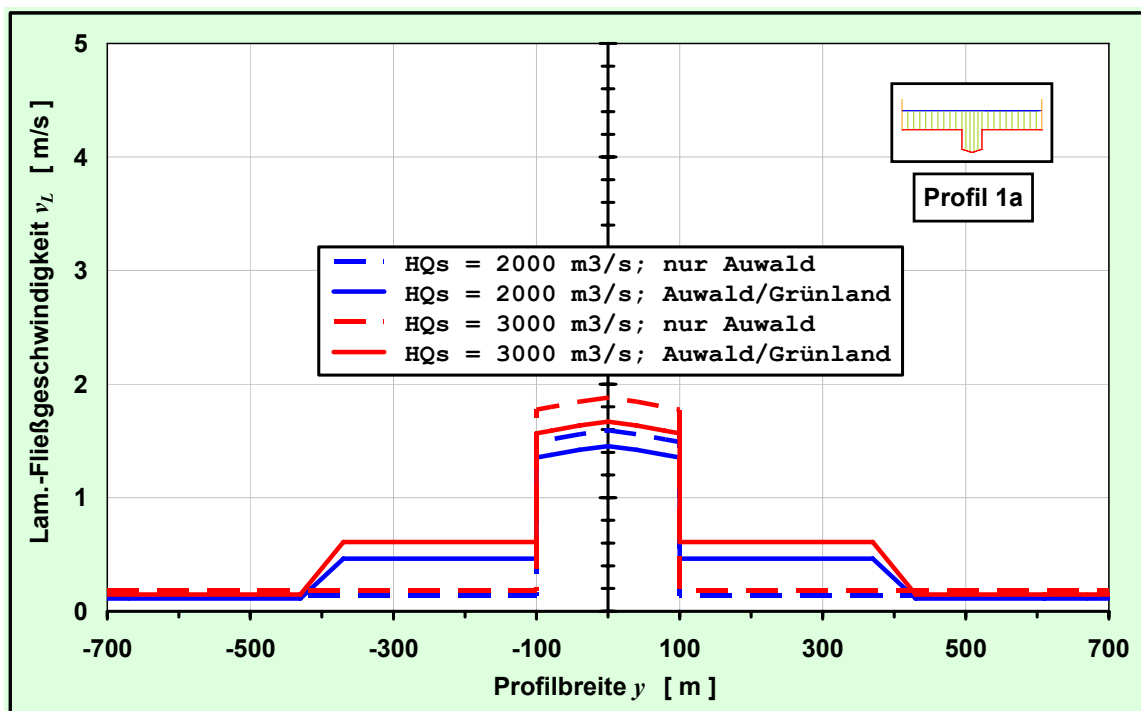


Abb. 3-59: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

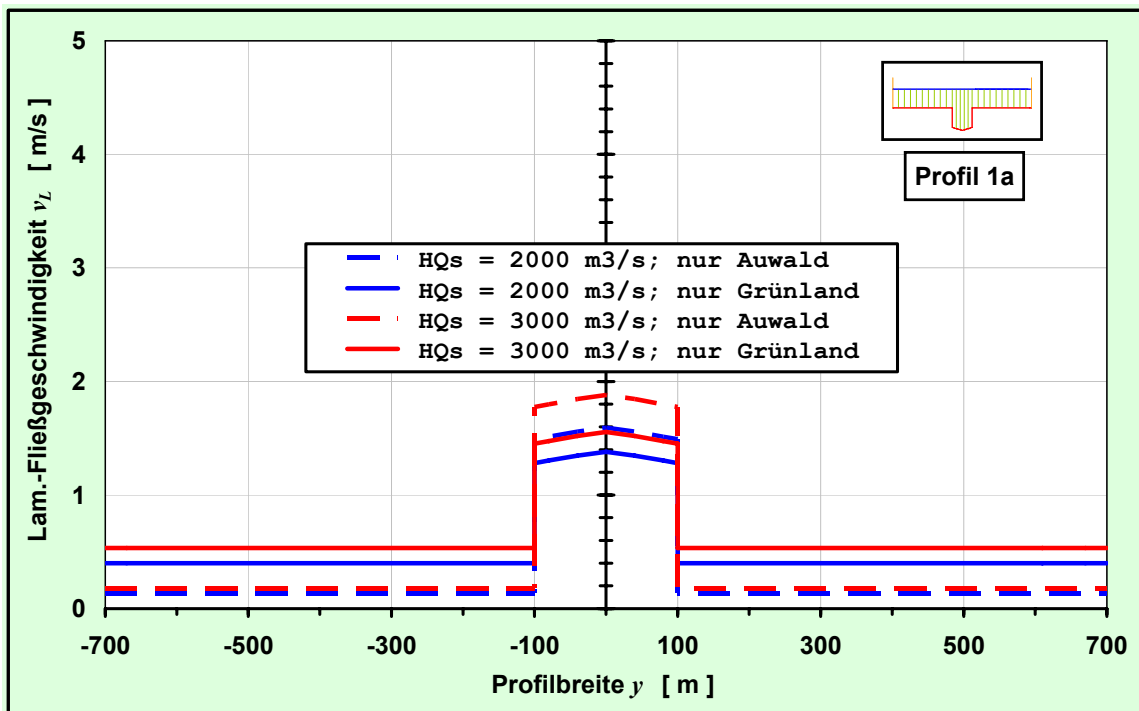


Abb. 3-60: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „nur Grünland“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

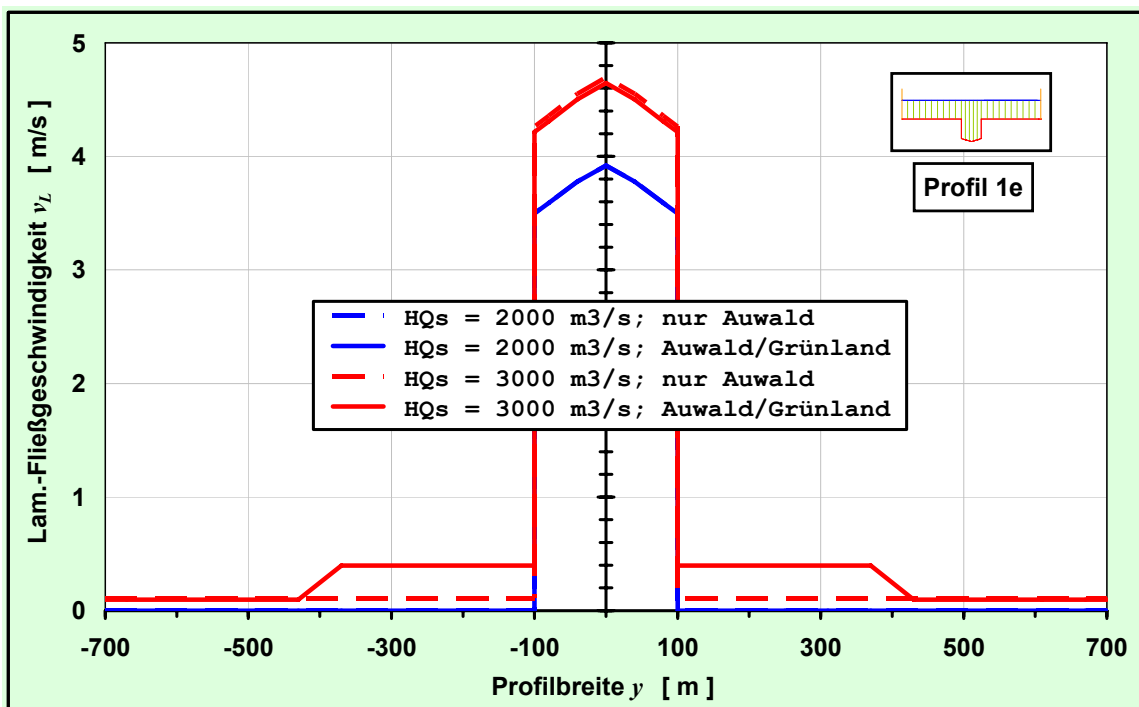


Abb. 3-61: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

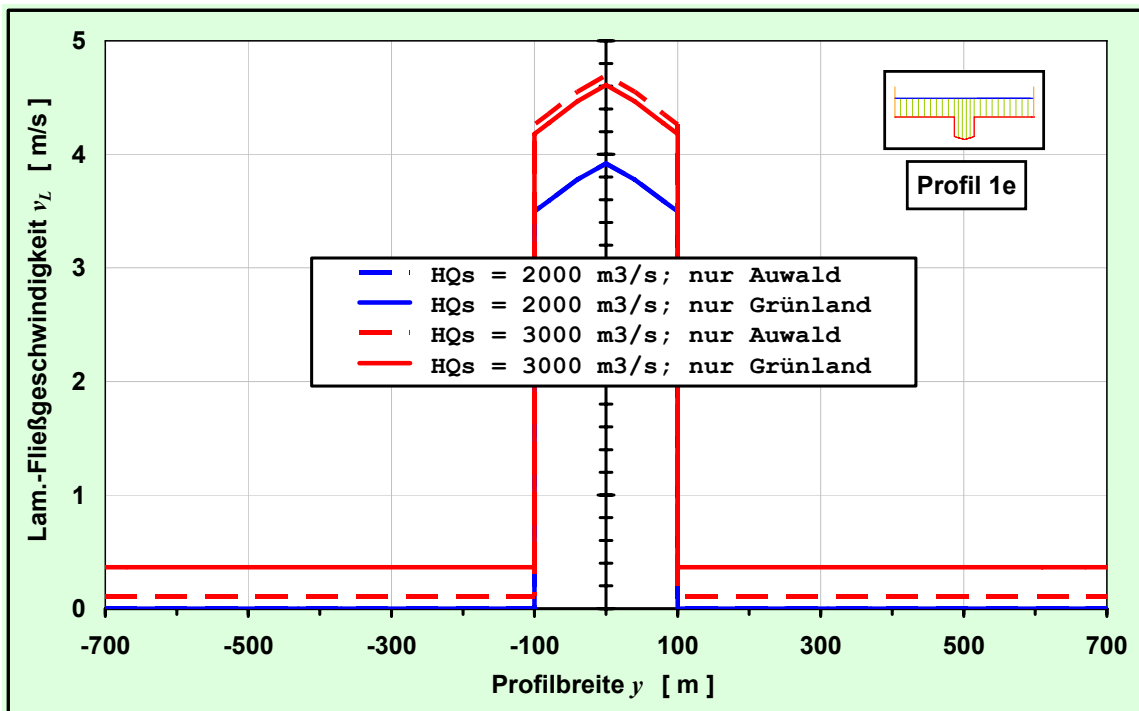


Abb. 3-62: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „nur Grünland“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00\%$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

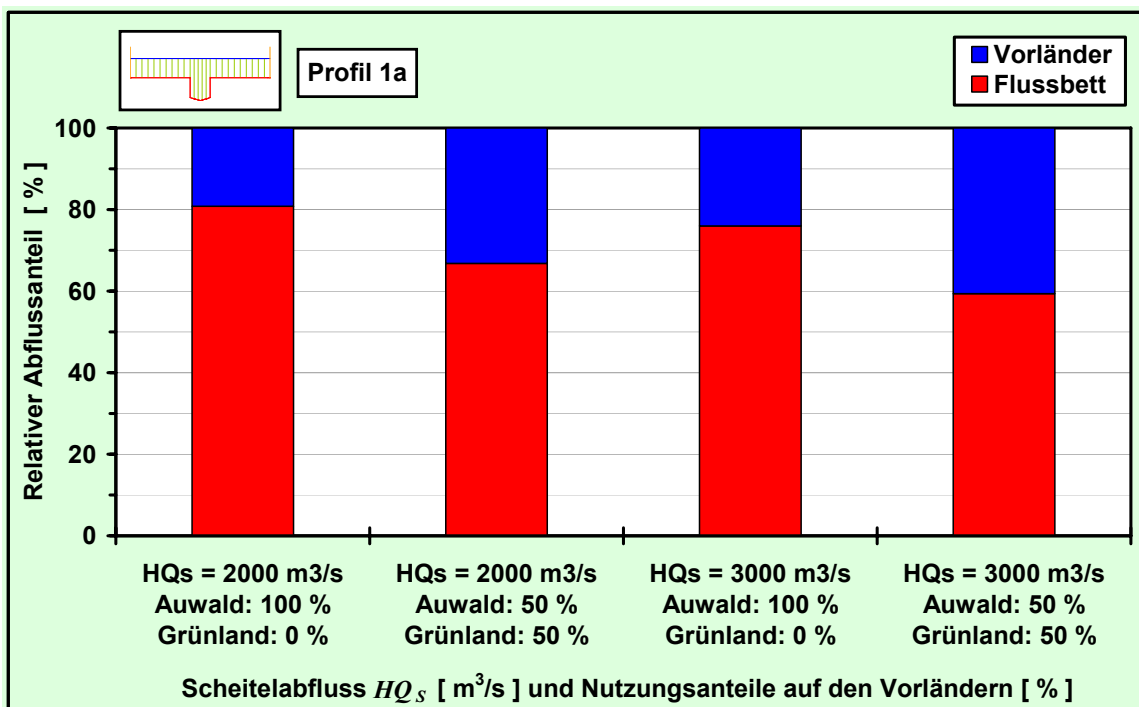


Abb. 3-63: Relativer Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Abflüsse – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10\%$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

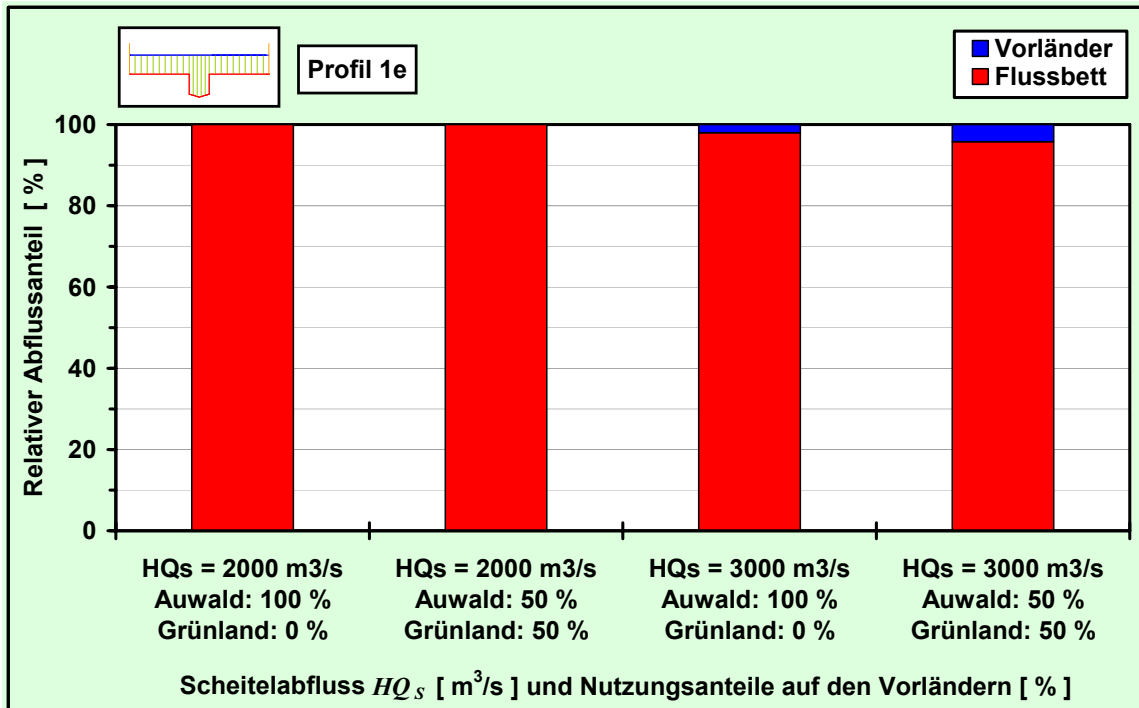


Abb. 3-64: Relativer Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Abflüsse – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Auwald“ und „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00\%$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

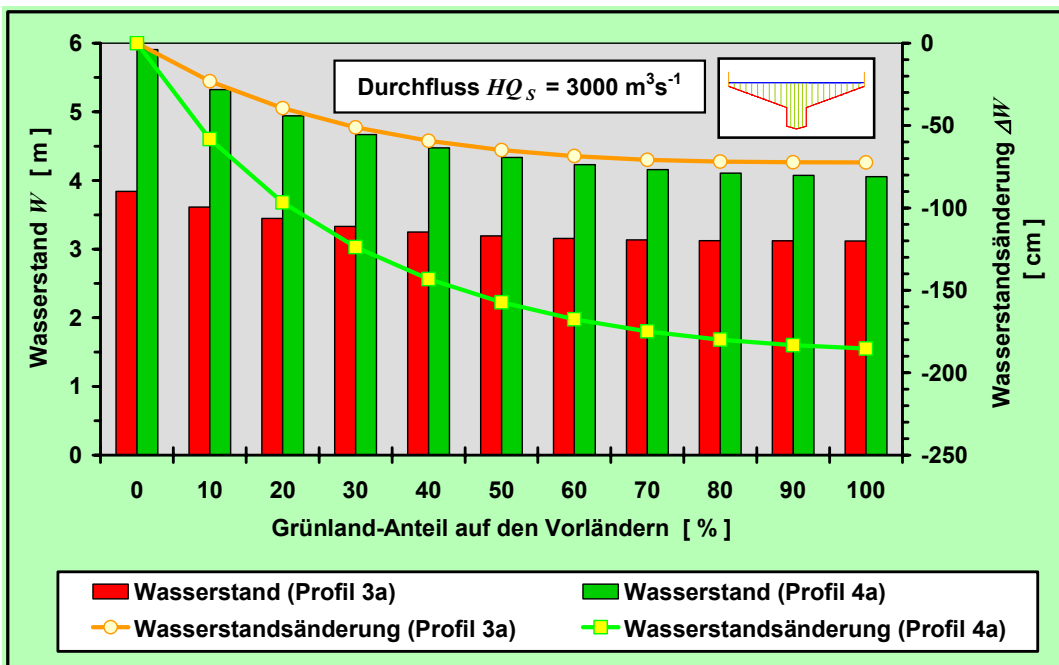


Abb. 3-65: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für seitlich ansteigende Vorländer ($I_Q = 0,5\%$) für verschiedene Querschnitte und einem Durchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10\%$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$ [Profil 3a] und $B_F = 100 \text{ m}$ [Profil 4a], Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profil 3a] und $T_F = 2 \text{ m}$ [Profil 4a])

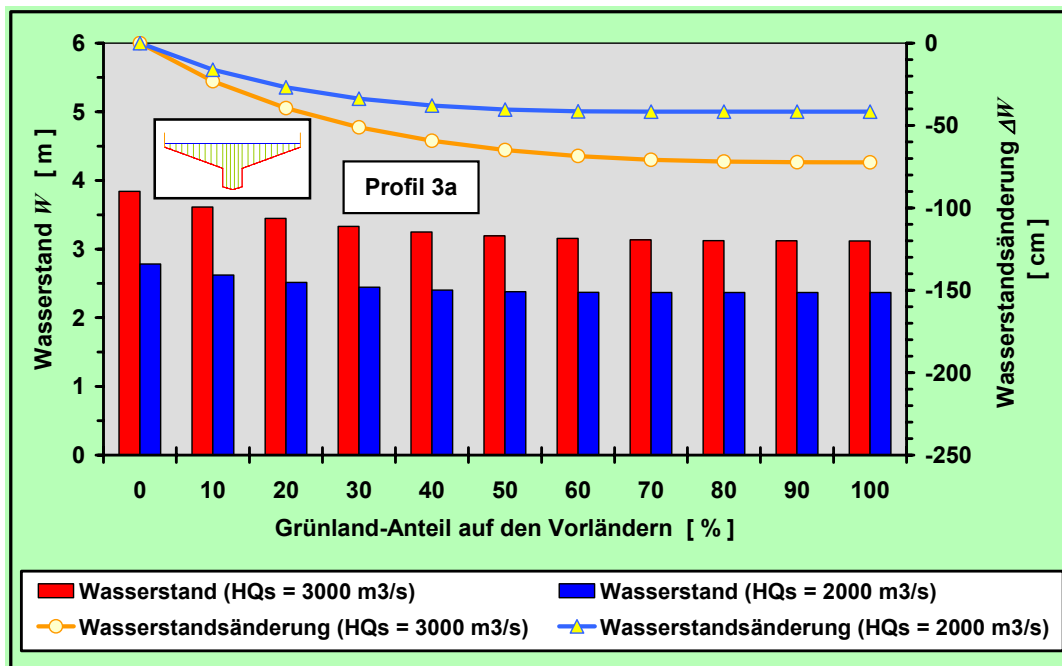


Abb. 3-66: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Auwald/ Grünland (flussnah) für seitlich ansteigende Vorländer ($I_Q = 0,5 \text{ ‰}$) für verschiedene Durchflüsse (Profil 3a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

Die Größe der Wasserstandsänderungen hängt aber auch vom seitlichen Gefälle der Vorländer ab. Von Ausnahmen abgesehen, bei denen die Vorländer ein negatives laterales Gefälle aufweisen, stellt das seitlich horizontale Vorland hinsichtlich einer resultierenden erhöhenden Wasserstandsänderung den ungünstigsten Fall dar. In Abb. 3-65 und Abb. 3-66 wurde deshalb für ein Fließgefälle I_S von $0,10 \text{ ‰}$ das Szenario „Auwald/ Grünland-Variation“ für ein laterales Vorlandgefälle I_Q von $0,5 \text{ ‰}$ bezüglich der sich ergebenden Wasserstandsänderungen dargestellt. Es muss mit Abb. 3-56 und Abb. 3-57 verglichen werden. Man sieht, dass die Wasserstandsänderungen mit zunehmenden ansteigenden lateralen Gefällewerten der Vorländer abnehmen. Das gilt für alle Scheitelabflüsse, sofern der Abfluss über das Hauptflussbett hinausgeht.

3.2.3.2.3 Variation der Vorlandnutzung für verschiedene Anteile von Mais und Grünland

Während Auwald bzw. Grünland den unteren bzw. oberen Randwerten des k_{st} -Werte-Spektrums entsprechen, liegt Mais diesbezüglich in der Mitte zwischen beiden (Abb. 3-51 bis Abb. 3-55). Während normaler Ackerboden mit relativ niedrigen Ackerkulturen hinsichtlich der Rauigkeiten in der Größenordnung von Grünland liegt, nimmt

der Mais ähnlich wie Sonnenblumen auf Grund seiner Höhe im fortgeschrittenen Wachstumsstadium eine Sonderstellung ein.

Hinsichtlich eines konkreten k_{st} -Wertes von Mais geben die auf Literaturlauswertungen beruhenden Abb. 3-46 und Abb. 3-51 bis Abb. 3-55 erste Aufschlüsse. Der reine Zahlenwert bzw. die Anwendung der k_{st} -Funktion (Anlage B1 – Kapitel „Lamellenmodell“) beschreibt das Phänomen „Mais“ hinsichtlich seines Reibungsverhaltens nicht vollständig. Es gibt derzeit wohl kein Modell, wo ein hinreichender Ansatz zur Anwendung kommt. Die erwähnte monoton mit dem hydraulischen Radius ansteigende k_{st} -Funktion hat für Mais eigentlich ein lokales Maximum in der Mitte in vertikaler Richtung der Maispflanze. Ab einem bestimmten Wasserstand kann sich die Maispflanze strömungsbedingt aber umlegen und die Rauigkeit wird schlagartig ab- und damit der k_{st} -Wert zunehmen. Bei größeren Sohlgefällewerten und damit verbundenen höheren Fließgeschwindigkeiten wird sich der o. g. Umlegepunkt zu kleineren Wasserständen hin verlagern. Zudem ist die ältere Maispflanze durch die Stängelausbildung stabiler als die jüngere. Dementsprechend müsste also eigentlich noch die Genese der Maispflanze (siehe auch Abschnitt 3.2.3.1.2) in die k_{st} -Funktion einbezogen werden. Der hydraulische Fließwiderstand der Maispflanze kann außerdem durch Verklausung zunehmen. Wenn sich die Maispflanze aber entsprechend gemäß den beschriebenen Bedingungen umlegen wird, verringert sich der Fließwiderstand wieder. In jedem Fall verkörpern die im Folgenden vorgestellten berechneten Wasserstandsänderungen den ungünstigsten Fall, da von einem Stehenbleiben der Maispflanzen ausgegangen wird.

Die Abb. 3-67 und Abb. 3-68 zeigen für den gleichen Querschnitt, der in Abschnitt 3.2.3.2.2 für horizontale Vorländer verwendet wurde, die bei einer Variation des Maisanteils auf den Vorländern sich ergebenden Wasserstandsdifferenzen gegenüber dem ausschließlichen Grünlandbewuchs. Das einem HQ₁₀₀ ähnliche Hochwasser von 3000 m³s⁻¹ zeigt bei vollem Maisbewuchs der Vorländer eine Wasserstandsänderung von ca. 63 cm (Profil 1a) bzw. 110 cm (Profil 2a). Das sind relativ große Werte; diese wurden aber mit dem kleinsten Gefälle von $I_s = 0,10 ‰$ berechnet. Für alle anderen untersuchten Sohlgefälle in Fließrichtung von 0,10 ‰ bis 2,00 ‰ ergeben sich für das „HQ₁₀₀“ jeweils kleinere Werte (Abb. 3-69 für Profil 1a). Auch hier gilt für alle Scheitelabflüsse, dass die Wasserstandsänderungen in Folge Landnutzungsänderungen mit zunehmendem positiven seitlichen Gefälle der Vorländer abnehmen. Der Einfluss der Vorlandnutzung nimmt ebenfalls mit zunehmendem longitudinalen Fließgefälle ab und der größere Durchfluss bewirkt die größere Wasserstandsänderung. Vergleicht man alle Kurven aus Abb. 3-69 mit Abb. 3-58, so zeigt sich die auf Grund der Wahl der k_{st} -Werte erwartete Tatsache, dass die Änderungen der hydrau-

lischen Größen beim Wechsel von Grünland auf Auwald wesentlich größer sind als beim Wechsel von Grünland auf Mais.

Weiterhin lässt sich Abb. 3-69 entnehmen, dass, wenn nicht gerade die gesamte Vorlandbreite mit Mais bepflanzt wird, die sich einstellenden Wasserstandsänderungen relativ klein sind. Da es sich ohnehin nur um den ungünstigsten Fall handelt, kann in Verbindung mit den oben gemachten Äußerungen im Allgemeinen von einem lediglich unbedeutenden Einfluss des Maisanbaus gesprochen werden, wenn die Vorlandbreite genügend groß ist (Abb. 3-80 und Abb. 3-81).

Die sich aus der vollständigen Substitution von Grünland durch Mais auf den Vorländern ergebenden maximalen Wasserstandsabsenkungen für zwei longitudinale Sohlgefälle und zwei Querschnittsprofile bei einem Scheiteldurchfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ enthält Tab. 3-8.

Tab. 3-8: Maximale Wasserstandsänderungen bei einem Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bei der vollständigen Substitution von Grünland durch Mais auf den Vorländern für verschiedene Sohlgefälle und Querschnittsprofile

Sohlgefälle I_S	Wasserstandsänderung ΔW in [cm]	
	Profil 1*	Profil 2*
‰		
0,10	63	110
0,25	39	84

*Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, (Profil 1a/b) und $B_F = 100 \text{ m}$ (Profil 2a/b), Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ (Profil 1a/b) und $T_F = 3 \text{ m}$ (Profil 2a/b); Profile gemäß Tab. 3-4.

In Abb. 3-70 sind für die Kurve des Sohlgefälles $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ aus Abb. 3-69 für alle Variationen von Grünland/ Mais auf den Vorländern die dazugehörigen Teildurchflüsse des Flussbettes und der Vorländer dargestellt. Mit der Größe des Maisanteils sinkt der Anteil am Gesamtdurchfluss, der über die Vorländer abfließt. Die veränderte Verteilung hat in Verbindung mit den sich ergebenden Fließgeschwindigkeiten auch einen Einfluss auf Sedimentations-/ Erosionsprozesse.

Die sich ergebenden lateralen Verteilungen der longitudinalen Fließgeschwindigkeiten für ein longitudinales Sohlgefälle von $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ sind für drei Vorlandnutzungsvarianten „nur Auwald“, „50 % Auwald/ 50 % Grünland“ und „nur Grünland“ in Abb. 3-71 und Abb. 3-72 dargestellt. Die äquivalenten Fließgeschwindigkeitsverteilungen für ein longitudinales Sohlgefälle von $I_S = 2,00 \text{ ‰}$ enthalten Abb. 3-73 und Abb. 3-74. Die Ergebnisse zeigen, dass beim Wechsel von Mais zu Grünland etwa eine Verdopplung der Fließgeschwindigkeiten auf den Vorländern auftritt, ebenfalls unabhängig vom longitudinalen Sohlgefälle.

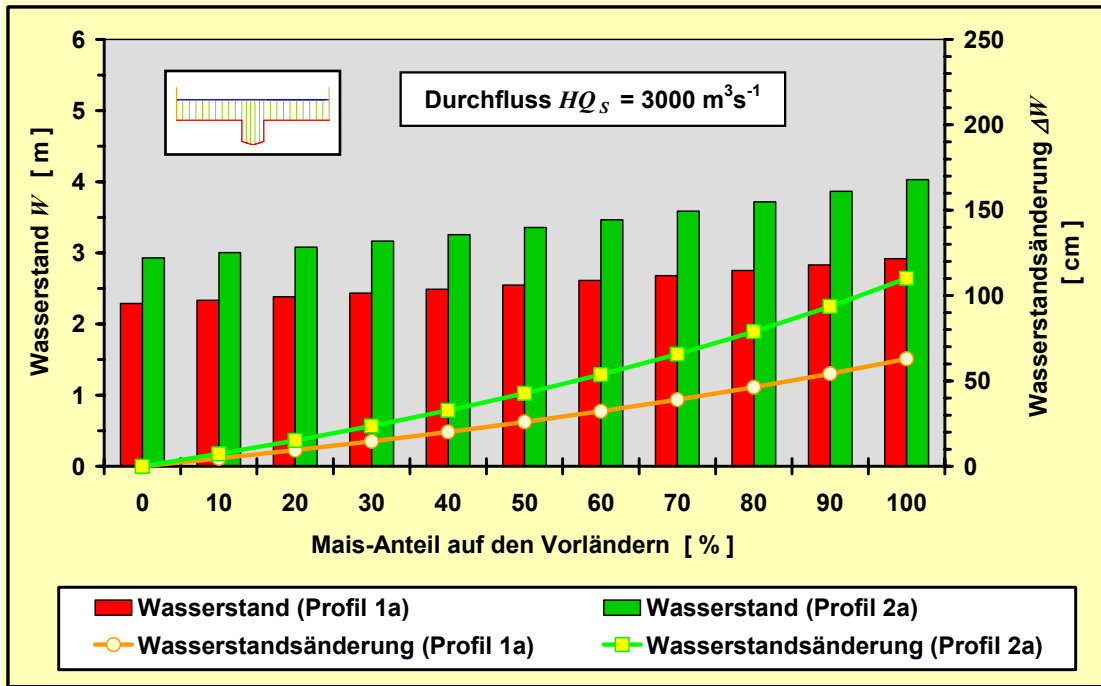


Abb. 3-67: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Grünland/ Mais (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Querschnittsprofile und einem Durchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$ [Profil 1a] und $B_F = 100 \text{ m}$ [Profil 2a], Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profil 1a] und $T_F = 2 \text{ m}$ [Profil 2a])

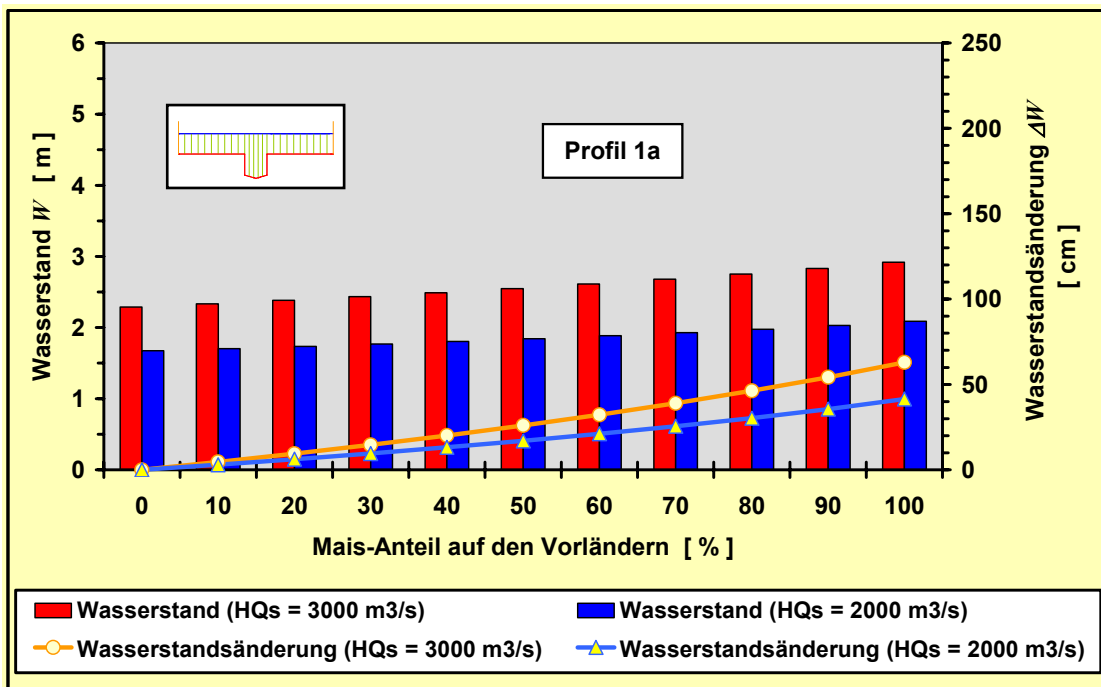


Abb. 3-68: Wasserstände über den Vorlandoberflächen und Wasserstandsänderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis Grünland/ Mais (flussnah) für horizontale Vorländer für verschiedene Durchflüsse (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

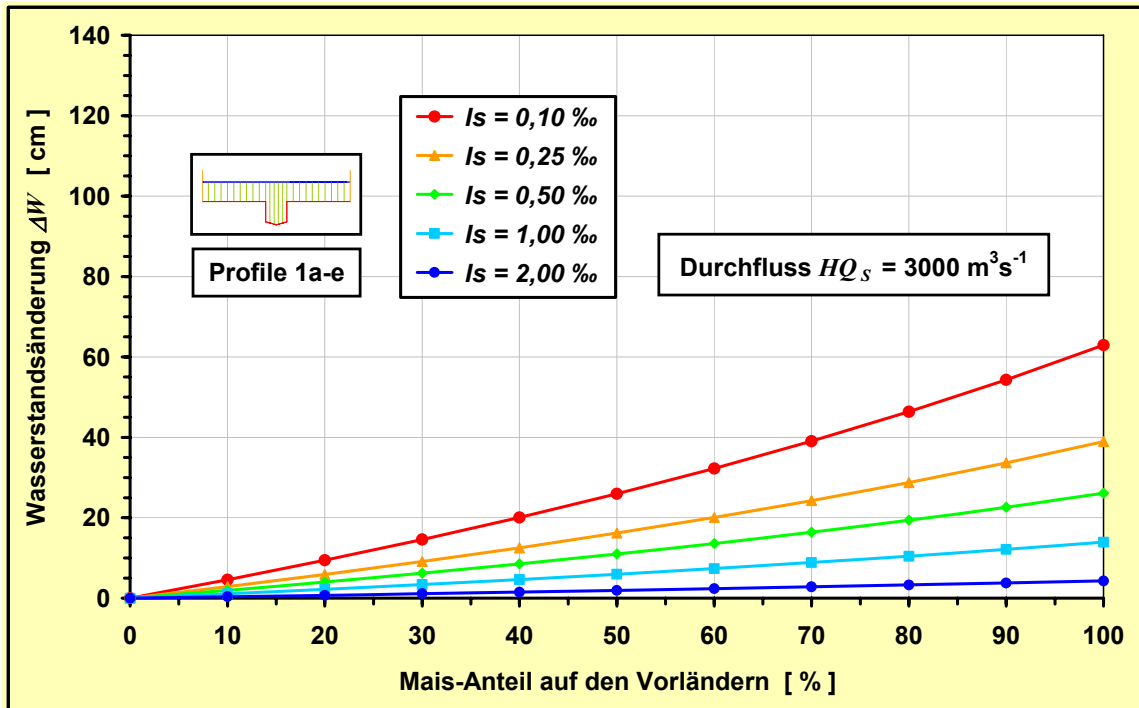


Abb. 3-69: Abhängigkeit der Wasserstandsänderung von der Nutzungsbreite für Grünland / Mais (flussnah) für verschiedene longitudinale Sohlgefälle (Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile 1a-e])

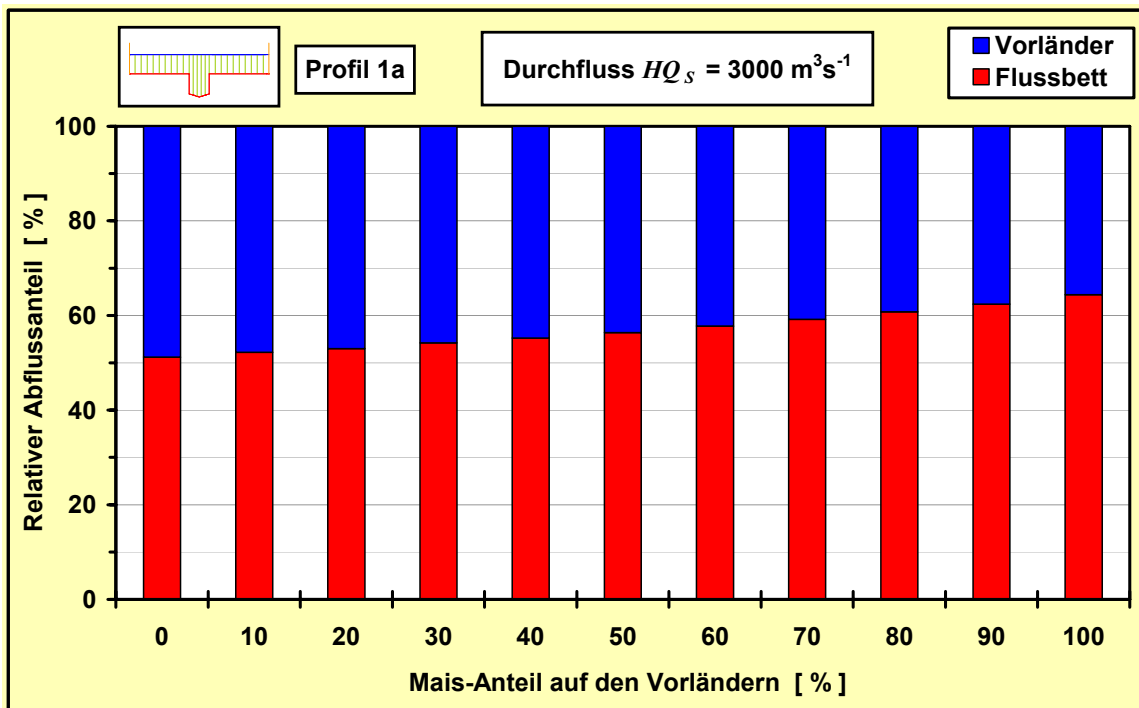


Abb. 3-70: Relativer Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Vorlandbreiten bei einem Durchfluss von $3000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile für Grünland/ Mais (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 ‰$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

Das in Abschnitt 3.2.3.2 beschriebene inverse Verhalten der Fließgeschwindigkeiten zwischen Vorländern und Hauptflussbett bei unterschiedlichem Sohlgefälle tritt in Verbindung mit den Mais-Varianten ebenfalls auf. Auch hier liegt die Ursache in der unterschiedlichen Verteilung der Durchflussanteile auf den Vorländern und im Hauptflussbett bei unterschiedlichen longitudinalen Sohlgefällewerten. Generell lässt sich sagen, dass diese unterschiedliche Verteilung unter bestimmten Bedingungen (Querschnittsgeometrie, Hochwasser-Scheitelabfluss) einen mehr oder weniger großen Einfluss sowohl auf die Wasserstandsänderungen als auch auf die sich einstellenden Fließgeschwindigkeiten auf den Vorländern bei Landnutzungsänderungen hat.

Betrachtet man allerdings eine genügend lange Flussstrecke und vergleicht weit auseinander liegende Querschnitte, so muss in Betracht gezogen werden, dass in Folge Wellenabflachungseffekten durch Diffusion/ Dispersion sich in flussabwärts gelegenen Querschnitten, in denen entsprechend den Gesetzen der Flussmorphologie trotz seitlicher Zuflüsse auch kleinere Hochwasser-Scheitelabflüsse als oberhalb angetroffen werden können, die höhere Fließgeschwindigkeit auf dem Vorland durch den geringeren Hochwasser-Scheiteldurchfluss wieder vermindern wird. Welche der beiden Effekte im Hinblick auf die sich einstellende Geschwindigkeitsverteilung überwiegt, hängt von der Flussauengeometrie und den Landnutzungen entlang der Fließstrecke ab und wird innerhalb dieser Studie gemäß der Zielstellung nicht bearbeitet.

Darüber hinaus sind natürliche Flussauen in der Regel nicht so homogen, wie im Modell angenommen. Das gilt sowohl in Längs- als auch in Querrichtung. Wird beispielsweise auf einem Vorland das longitudinale Gefälle kleiner als im Hauptflussbett, treten am Rand kleinere Fließgeschwindigkeiten als ursprünglich erwartet auf. Bilden sich dort zusätzlich noch laminare Fließbereiche, wirkt sich die Reibung der seitlichen Begrenzungen auf den Fließprozess stärker aus und die Geschwindigkeiten in Randnähe sinken weiter. Bilden sich sogar sog. „Totzonen“, die außerhalb der sog. „hydraulischen Funktionszone“ liegen, werden sich die Effekte noch weiter verstärken, d. h. die longitudinalen Fließgeschwindigkeiten werden noch kleiner. Die Sedimentationsrate nimmt entsprechend zu. Umgekehrt können Fließhindernisse (z. B. liegende Baumstämme) eine lokale Geschwindigkeitserhöhung und damit eine Auskolkung bewirken. Die erwähnten Erscheinungen schwächen die in dieser Studie für den jeweils ungünstigsten Fall ermittelten Änderungen der jeweiligen hydraulischen Größen in Folge Landnutzungsänderungen ab. Damit liegt man hinsichtlich der abgeleiteten Aussagen auf der sicheren Seite.

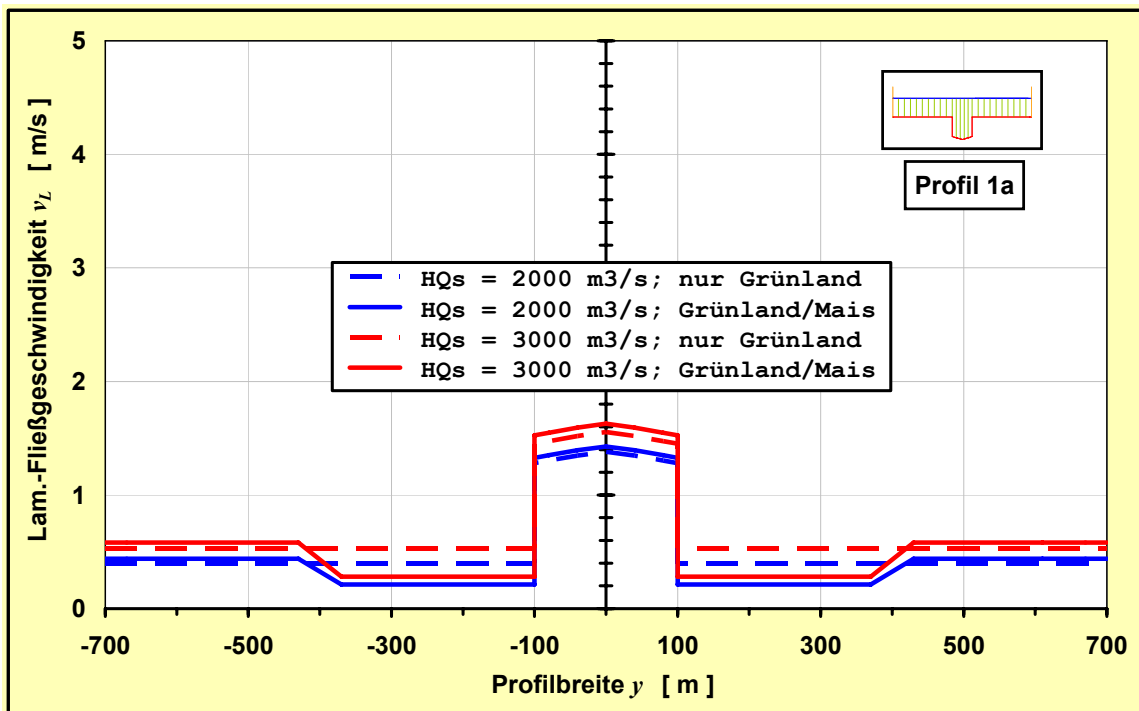


Abb. 3-71: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss - Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „50 % Grünland/ 50 % Mais“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

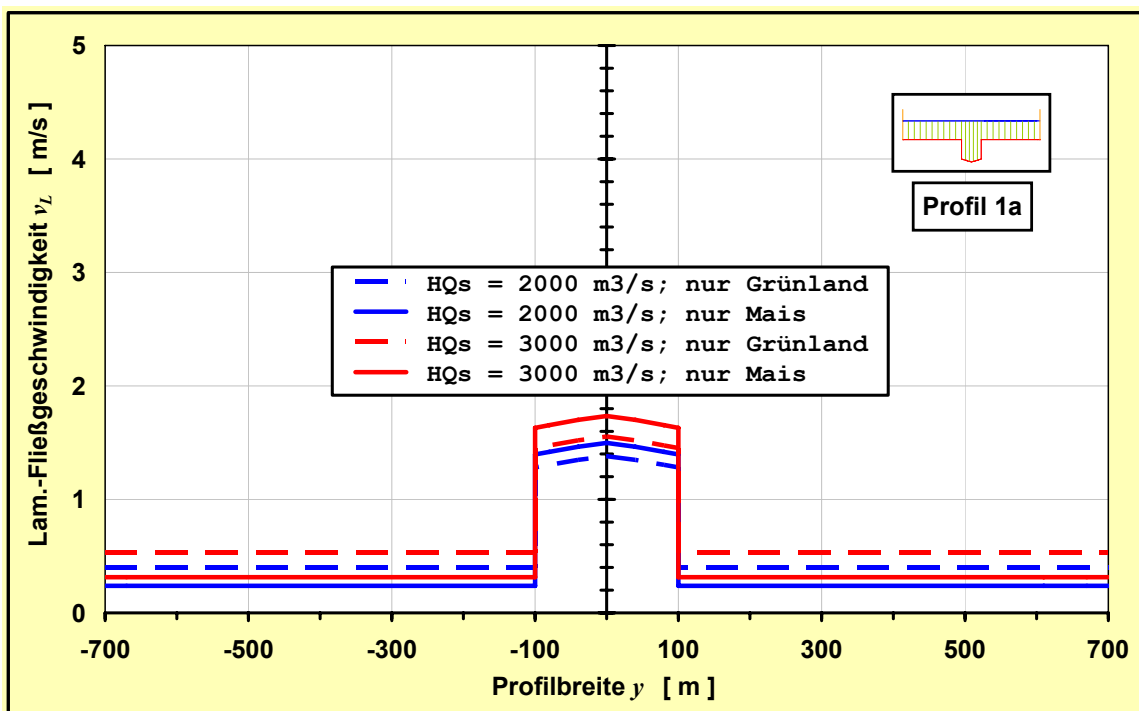


Abb. 3-72: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „nur Mais“ (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

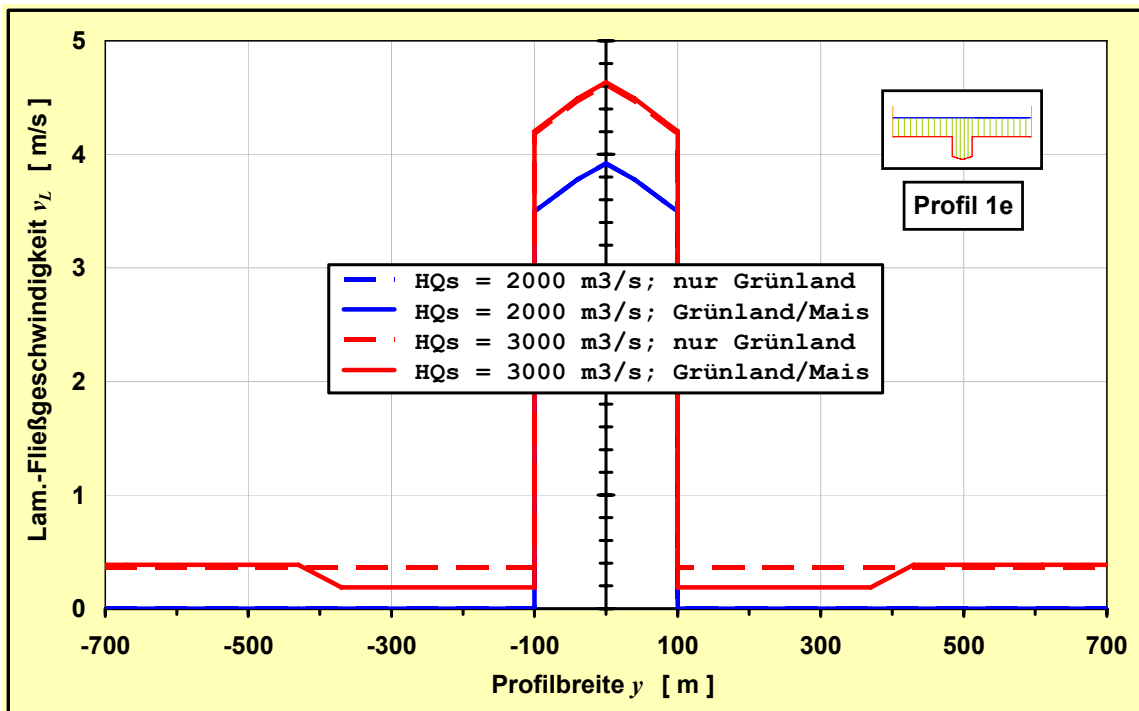


Abb. 3-73: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss - Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „50 % Grünland/ 50 % Mais“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

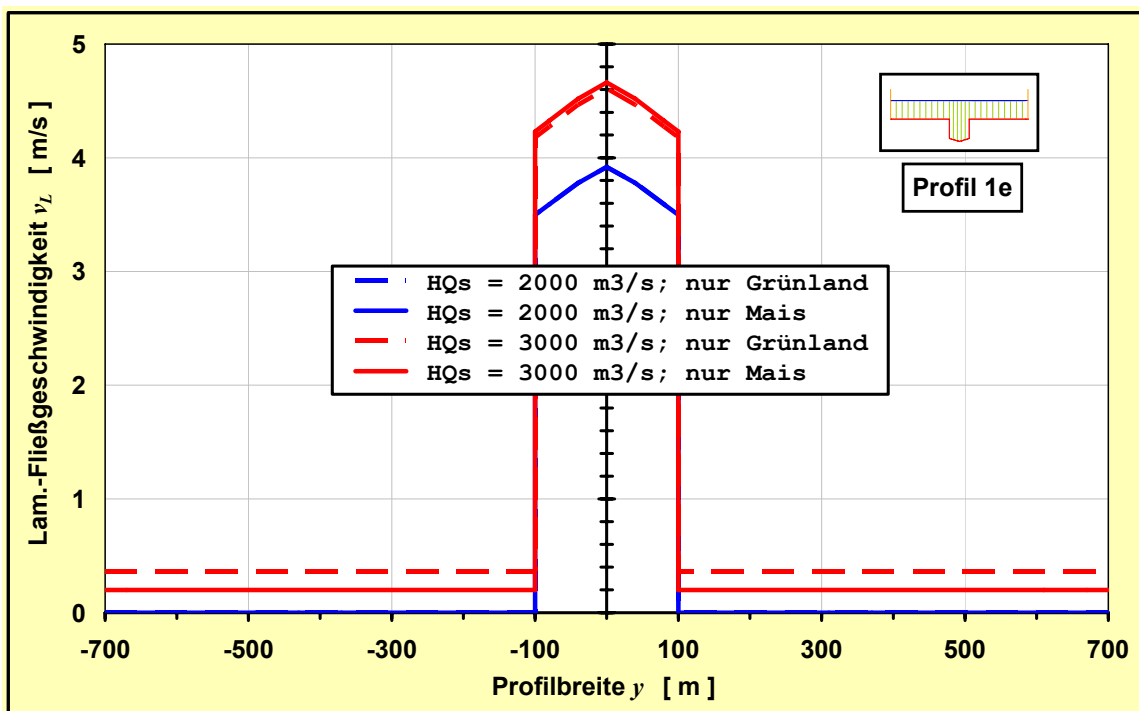


Abb. 3-74: Mittlere Fließgeschwindigkeit in den Lamellen in Abhängigkeit von Wasserstand und Profilabfluss – Vergleich unterschiedlicher Vorlandnutzungsanteile: „nur Grünland“ und „nur Mais“ (Profil 1e: Sohlgefälle $I_S = 2,00 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

In der Natur gibt es in Fließrichtung statt unendlich langer Gerinne mit konstanter Geometrie gewisse räumliche Änderungen der geometrischen Eigenschaften verbunden mit einem Wechsel von Anteilen landwirtschaftlicher Nutzung mit möglichen Konsequenzen für die lokalen Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten. Die Auswirkungen einer landwirtschaftlichen Maßnahme auf die Hydraulik hängen demzufolge auch von den Nutzungsverhältnissen auf den Vorländern stromab- und stromaufwärts ab. Baut man beispielsweise Mais auf ehemaligen Auwaldflächen auf ansonsten im Längsschnitt von Auwald beherrschten Vorländern an, erhöht sich der Wasserstand nicht. Erfolgt dagegen der Maisanbau auf allgemein räumlich von Grünland umgebenden Flächen, erhöht sich der Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit sinkt auf dem Vorland. In Abhängigkeit von den geometrischen Parametern der Flussaue können auch Rückstaueffekte stromauf auftreten, die in dieser Studie aber vernachlässigt werden.

Da sich im Falle einer Wasserstandserhöhung bei gleichem stationärem Durchfluss die Fließgeschwindigkeit verkleinert, ändern sich die Erosions-/ Sedimentationsverhältnisse, d. h., die Sedimentationsrate nimmt zu. Bei einer Wasserstandsabsenkung gelten umgekehrte Verhältnisse.

3.2.3.2.4 Erkenntnisse aus dem Vergleich der Szenarien „Grünland-/ Auwald-Variation“ und „Mais-/ Grünland-Variation“

Vergleicht man die beiden Variationsrechnungen der Abschnitte 3.2.3.2.2 und 3.2.3.2.3 miteinander, können folgende Aussagen abgeleitet werden.

Die Wasserstandsänderungen beim Wechsel von Grünland auf Auwald sind fast doppelt so groß wie die entsprechenden Werte beim Wechsel von Grünland auf Mais (Abb. 3-56, Abb. 3-57, Abb. 3-58, Abb. 3-67, Abb. 3-68, Abb. 3-69). Eine Nacheinanderausführung beider Szenarien zeigt Abb. 3-75.

Der Betrag der Wasserstandsänderungen durch Landnutzungsänderungen nimmt für horizontale und ansteigende Vorländer genau dann ab (nichtlinearer Zusammenhang, konvexe Kurvenschar, unterproportionaler Gradient), wenn der Anteil der jeweils glatteren Landnutzung gegenüber der raueren zunächst klein ist und dann stufenweise vergrößert wird (Abb. 3-56, Abb. 3-57, Abb. 3-58, Abb. 3-65, Abb. 3-66). Dagegen nimmt der Betrag der Wasserstandsänderungen durch Landnutzungsänderungen für horizontale Vorländer genau dann zu (nichtlinearer Zusammenhang, konkave Kurvenschar), wenn der Anteil der jeweils raueren Landnutzung gegenüber der glatteren zunächst klein ist und dann stufenweise vergrößert wird (Abb. 3-67, Abb. 3-68, Abb. 3-69). Ansteigende Vorländer kompensieren diesen Effekt oder kehren ihn sogar um. Für jeden Scheiteldurchfluss gibt es dabei ein bestimmtes laterales Vorlandgefälle, bei dem die Wasserstandsänderungen linear mit der Vergrößerung der raueren Landnutzung zunehmen bzw. für einen konkreten Fließquerschnitt mit

einem konkreten Vorlandgefälle gibt es genau einen Scheiteldurchfluss („Linearisierungsdurchfluss“), bei dem durch stufenweise Verbreiterung der rauerer Landnutzung lineare Wasserstandsänderungen auftreten. Abb. 3-76 zeigt, wie für einen Scheiteldurchfluss HQ_S von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bei einem Sohlgefälle I_S von $0,25 \text{ ‰}$ und einem lateralen Vorlandgefälle I_Q von $0,15 \text{ ‰}$ bei einer Verbreiterung der Nutzungsart „Auwald“ ein linearer Verlauf der Kurve der Wasserstandsänderungen entsteht. Dagegen ist die Kurve für einen Scheiteldurchfluss HQ_S von $2000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ konkav (unterproportionaler Gradient). Für sie würde sich ein linearer Verlauf bei einem lateralen Vorlandgefälle von etwa $0,10 \text{ ‰}$ ergeben. Bei diesem Gefälle würde die Kurve für $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ einen konvexen Verlauf (überproportionaler Gradient) zeigen. Die Kurve für einen Scheitelabfluss von $4000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ in Abb. 3-76 ist konvex (überproportionaler Gradient).

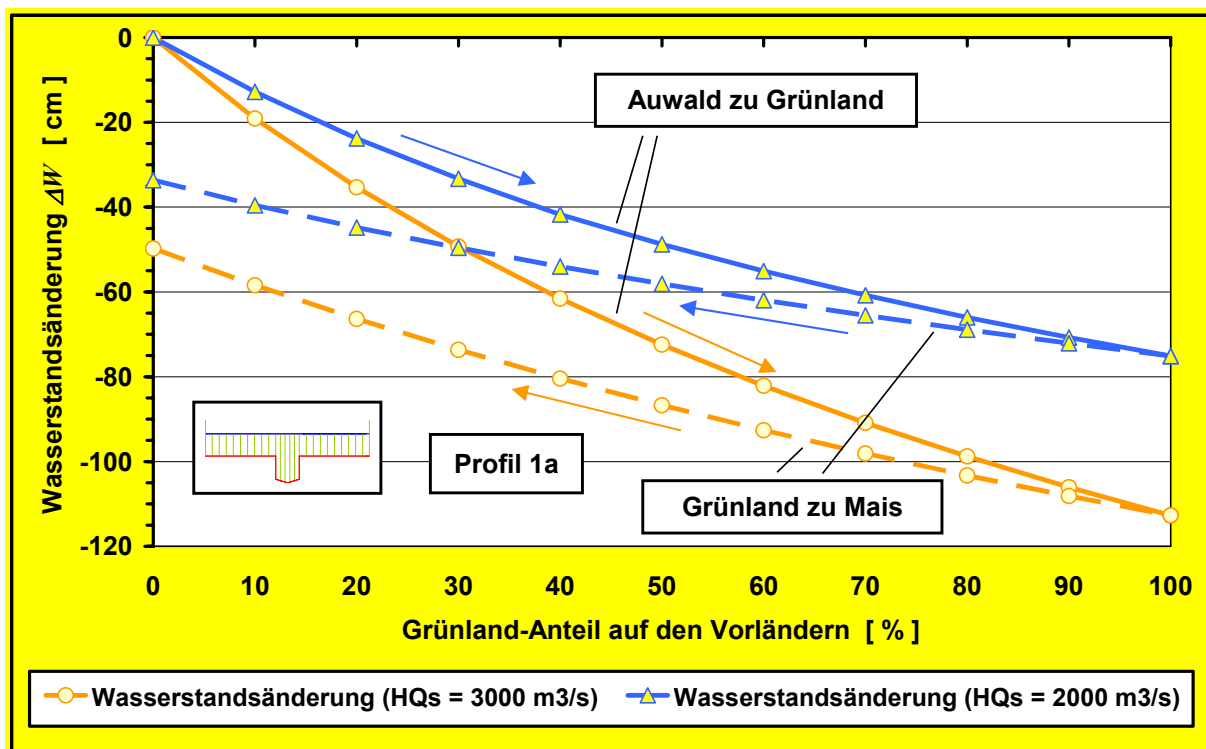


Abb. 3-75: Wasserstandsänderungen bei der Nacheinanderausführung der Szenarien „Grünland-/ Auwald-Variation“ und „Mais-/ Grünland-Variation“ für horizontale Vorländer für verschiedene Durchflüsse (Profil 1a: Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

Der dargestellte Sachverhalt ist für die Vorlandbewirtschaftung von großer Wichtigkeit (Maisanbau, Auwaldentwicklung). Liegt der oben definierte „Linearisierungsdurchfluss“ in einem Fließquerschnitt in der Größenordnung eines HQ_{10000} , so ist die Kurve der Wasserstandserhöhung durch stufenweise Vergrößerung des Anteils einer rauerer Landnutzungsart gegenüber einer glatteren praktisch bei allen auftretenden Hochwassern unterproportional. In diesem Fall bewirkt eine Vergrößerung eines zu-

nächst nur kleinen Anteils einer raueren Nutzungsart bereits eine relativ starke Erhöhung des Wasserstandes, wo hingegen eine Vergrößerung eines bereits großen Anteils einer raueren Vorlandnutzungsart nur noch relativ kleine Wasserstandserhöhungen nach sich zieht. Liegt dagegen der oben definierte „Linearisierungsdurchfluss“ in einem Fließquerschnitt beispielsweise in der Größenordnung eines HQ_5 , so ist die besagte Kurve für viele auftretende Hochwasser überproportional. In einem solchen Fall sind die Verhältnisse umgekehrt und es spielt hinsichtlich der Wasserstandserhöhung durchaus eine Rolle, wenn die kaum noch vertretene glattere Vorlandnutzungsart auch noch gegen die rauere substituiert wird. Im Fließquerschnitt müssen dann Lücken für glattere Nutzungsarten gelassen werden.

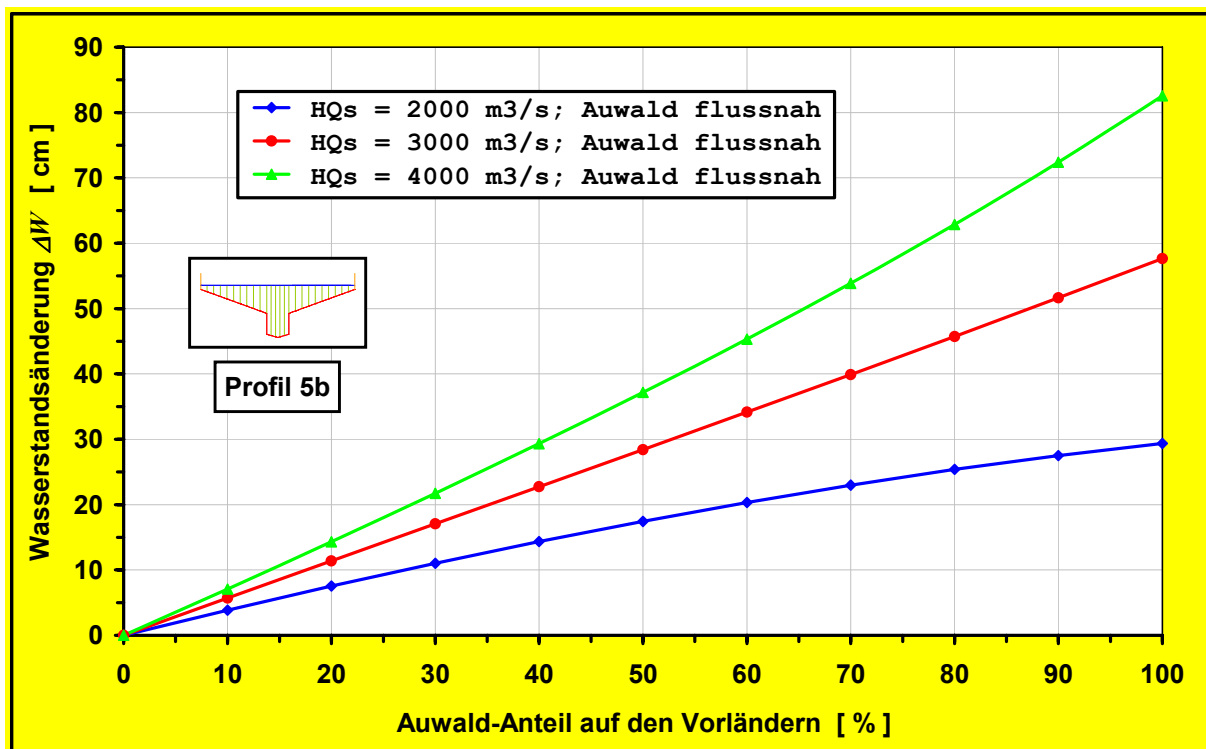


Abb. 3-76: Lineare Abhängigkeitskurve der Wasserstandsänderung von der Nutzungsbreite für Grünland/ Auwald bei einem Scheiteldurchfluss $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ und einem speziellen lateralen (symmetrischen) Vorlandgefälle von $I_Q = 0,15 \%$ im Vergleich mit Kurven anderer Abflüsse (Profil 5b: Sohlgefälle $I_S = 0,25 \%$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

3.2.3.2.5 Variation der Breite lateral horizontaler Vorländer

Zur Untersuchung des Einflusses der Breite der Vorländer unmittelbar auf den Abflussprozess und mittelbar über Landnutzungsänderungen auf die einzelnen hydraulischen Größen, wurden zwei Szenarien untersucht:

- a) Breitenvariation für eine homogene Vorlandnutzungsart:
Ausgehend von einem Fluss mit scharf liegenden Deichen bzw. einem Fluss ohne Vorländer werden angenommene Deiche bzw. seitliche Flussauenbe-

grenzungen auf beiden Seiten stufenweise vom Hauptflussbett verschoben (konkret in Schritten von 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 und 600 m, auf beiden [horizontalen] Vorländern gleichzeitig) und die zugehörigen hydraulischen Größen jeweils berechnet. Die Vorlandnutzungsart bleibt dabei homogen (in diesem Fall Grünland). Der Scheiteldurchfluss bleibt jeweils konstant.

Gewähltes Sohlgefälle: $I_S = 0,25 \text{ ‰}$.

- b) Vergleich der Breitenvariationen zweier homogener Vorlandnutzungsarten:
Ausgehend von einem Fluss mit scharf liegenden Deichen bzw. einem Fluss ohne Vorländer werden angenommene Deiche bzw. seitliche Flussauenbegrenzungen auf beiden Seiten stufenweise vom Hauptflussbett verschoben (konkret in Schritten von 25, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2400, 3000, 4000 und 6000 m, auf beiden [horizontalen] Vorländern gleichzeitig). Diese Prozedur wird nacheinander für zwei jeweils als homogen angenommene Vorlandnutzungsarten (in diesem Fall Grünland und Mais) abgearbeitet. Im Anschluss werden für jede Stützstelle die Wasserstandsdifferenzen zwischen beiden Vorlandnutzungsarten berechnet. Im konkreten Fall wird eine Wasserstandserhöhung von Mais gegenüber Grünland ausgewiesen. Der Scheiteldurchfluss bleibt jeweils konstant.

Gewähltes Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ (für die Variantenrechnungen beider Vorlandnutzungsarten).

- c) Vergleich der Breitenvariationen einer homogenen mit einer gemischten Vorlandnutzung mit mehreren jeweils konstant breiten Streifen einer Nutzungsart:
Ausgehend von einem Fluss mit scharf liegenden Deichen bzw. einem Fluss ohne Vorländer werden angenommene Deiche bzw. seitliche Flussauenbegrenzungen auf beiden Seiten stufenweise vom Hauptflussbett verschoben (konkret in Schritten von 25, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2400, 3000, 4000 und 6000 m, auf beiden [horizontalen] Vorländern gleichzeitig). Diese Prozedur wird zunächst mit ausschließlicher Grünlandnutzung auf den Vorländern abgearbeitet. Für mehrere Variationen von unterschiedlichen jeweils konstant breiten Mais-Streifen auf den flussnahen Vorlandseiten wird die Prozedur mehrmals wiederholt, wobei auf den deichnahen Vorlandseiten die Grünlandnutzung jeweils erhalten bleibt. Die entsprechenden Wasserstandsänderungen gegenüber der ausschließlichen Grünlandnutzung werden für jede Stützstelle entsprechend berechnet. Der Scheiteldurchfluss bleibt jeweils konstant.

Gewähltes Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ (für alle Variantenrechnungen).

a) Variation der Vorlandbreite bei homogener Grünlandnutzung

Ziel dieses Szenarios ist es, den generellen Einfluss einer Verbreiterung der Vorländer auf die hydraulischen Größen zu quantifizieren.

Durch die Verbreiterung des Fließquerschnittes sinkt der Wasserstand. Das Szenario unter a) wurde jeweils für vier unterschiedliche Scheiteldurchflüsse (2000, 3000, 4000 und $5000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) abgearbeitet. In Abb. 3-77 sind die sich jeweils ergebenden Wasserspiegellagen für alle angenommenen Querschnittsbreiten und für alle vier angenommenen Scheiteldurchflüsse dargestellt. Um Fehlinterpretationen der Abb. 3-77 vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, dass dort gemäß den vier verwendeten Durchflüssen nicht fälschlicherweise vier gekrümmte Wasserstandslinien zu sehen sind, sondern dass jede dargestellte waagerechte Segmentlinie eine konkrete Wasserspiegellage verkörpert, insgesamt also 36 verschiedene Wasserspiegellagen. Die jeweils zusammen gehörenden Wasserspiegellinien der beiden Vorländer wurden der Übersichtlichkeit halber nicht durchgezogen und immer nur in den äußeren Segmenten dargestellt. Die einzelnen Wasserspiegellagen sind laut den Voraussetzungen und der Definition des verwendeten „Lamellenmodells“ alle horizontal (siehe Anlage B1).

Die Abb. 3-77 zeigt weiterhin, dass die Änderungen des Wasserstandes bei Vorlandverbreiterungen bei größeren Durchflüssen größer sind als bei kleineren.

Die Quantifizierung der sich durch Vorlandverbreiterungen ergebenden Wasserstandsänderungen, jeweils bezogen auf den Fall ohne Vorländer, ist für vier unterschiedliche stationäre Durchflüsse am Beispiels eines Querschnittes mit einem Sohlgefälle von $I_s = 0,25 \text{ ‰}$ in Abb. 3-78 dargestellt worden. Auch hier wird deutlich, dass die Änderungen des Wasserstandes bei Vorlandverbreiterungen bei größeren Durchflüssen größer sind als bei kleineren, begünstigt durch den konkaven Verlauf der Wassertiefen abhängigen k_{st} -Funktion (s. Anlage B1).

Wasserstandsänderungen durch Vorlandverbreiterungen nehmen von flussnah nach flussfern ab (nichtlinearer Zusammenhang, konvexe Kurvenschar

Sowohl durch Abb. 3-77 als auch Abb. 3-78 wird deutlich, dass die Zunahme der Wasserstandsänderungen durch Vorlandverbreiterungen in Querschnitten mit lateral horizontalen oder ansteigenden Vorländern von flussnah nach flussfern abnimmt, der Zusammenhang also nichtlinear ist (konvexe Kurvenschar [Abb. 3-78]). Der Fall von lateral abfallenden Vorländern soll hier nicht weiter untersucht werden.

Für einen der vier verwendeten Durchflüsse, $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, ist in Abb. 3-79 der relative Abflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Vorlandbreiten auf lateral horizontalen Vorländern bei einer homogenen Vorlandnutzung (Grünland) dargestellt. Auch hier wird deutlich, dass die Zunahme des Durchflussanteils auf den Vor-

ländern durch Vorlandverbreiterungen mit zunehmender Breite abnimmt, der Zusammenhang demzufolge ebenfalls nichtlinear ist.

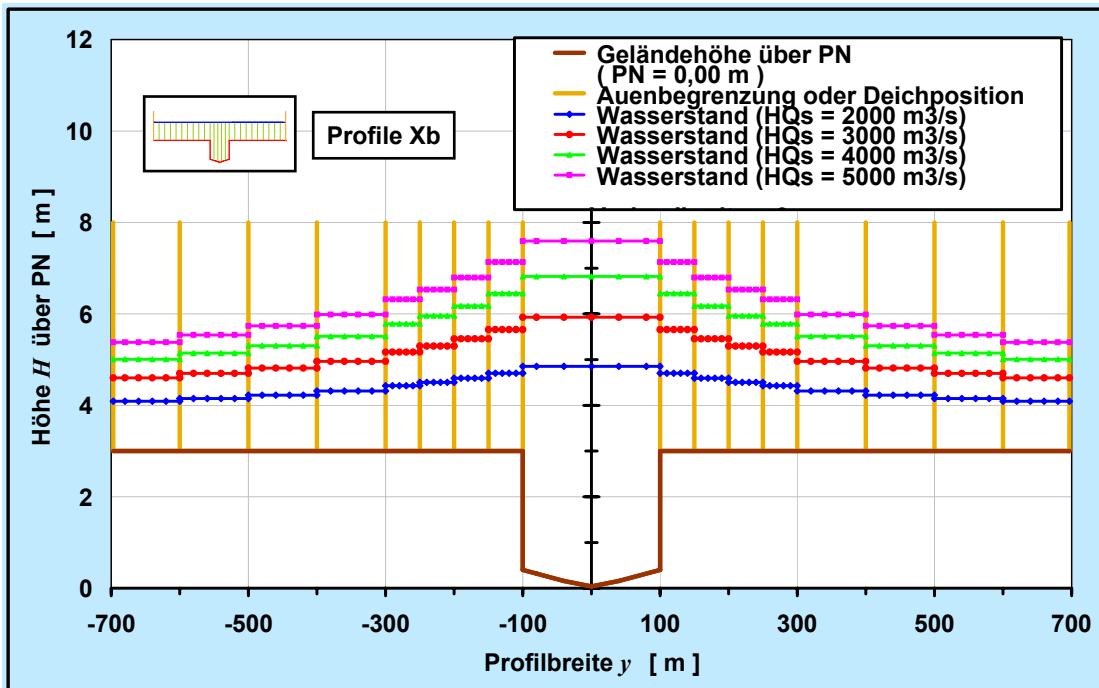


Abb. 3-77: Wasserspiegellagen in Abhängigkeit von der gewählten Vorlandbreite auf horizontalen Vorländern bei homogener Nutzung (Grünland) für unterschiedliche Durchflüsse (Sohlgefälle $I_S = 0,25 \text{ ‰}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile Xb])

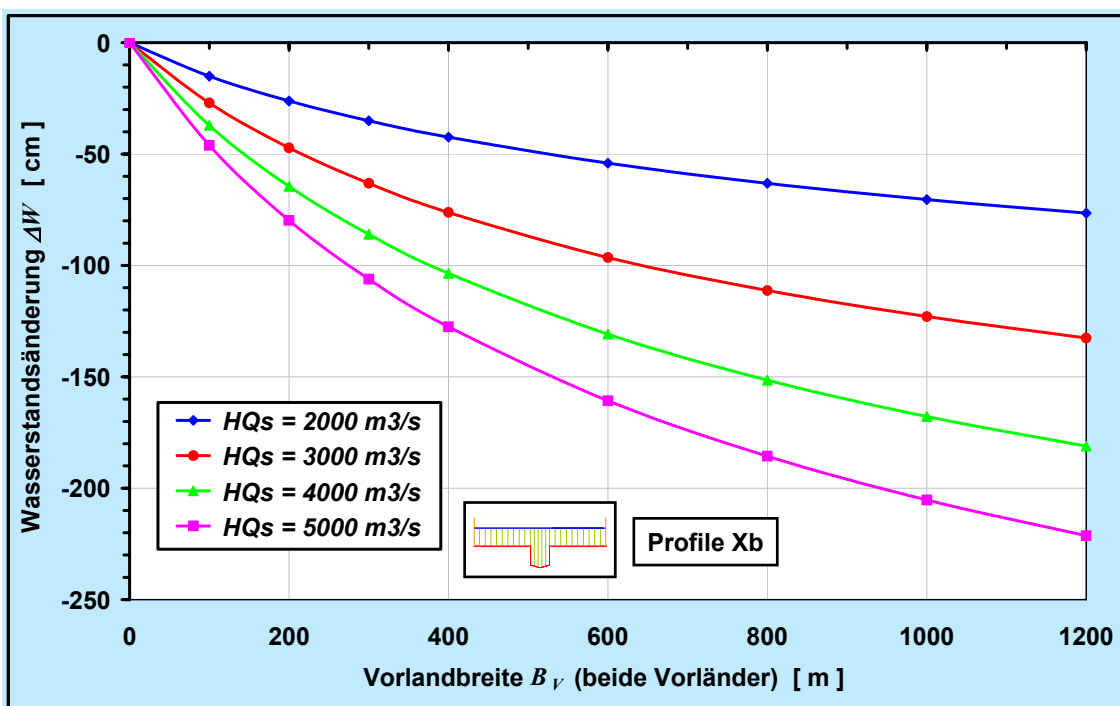


Abb. 3-78: Abhängigkeit der Wasserstandsänderung, bezogen auf den Fall ohne Vorländer, von der gewählten Vorlandbreite auf horizontalen Vorländern bei homogener Nutzung (Grünland) für unterschiedliche Durchflüsse (Sohlgefälle $I_S = 0,25 \text{ ‰}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile Xb])

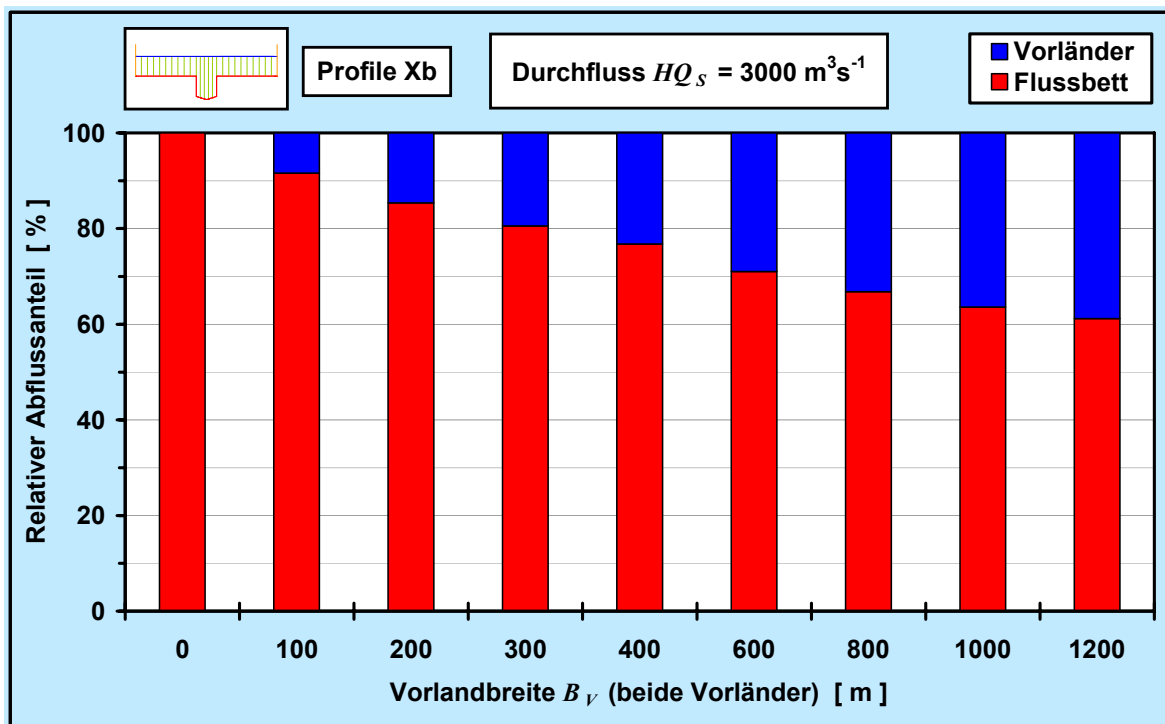


Abb. 3-79: Relativer Durchflussanteil von Flussbett und Vorländern für verschiedene Vorlandbreiten auf horizontalen Vorländern bei homogener Nutzung (Grünland) für einen Durchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,25 \text{ ‰}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$ [Profile Xb])

b) Vergleich der Breitenvariationen zweier homogener Vorlandnutzungsarten

Ziel dieses Szenarios ist die Quantifizierung des Einflusses von nicht-strukturellen Landnutzungsmaßnahmen unter Einbeziehung der Vorlandbreite in einem konkreten Querschnitt. Am Beispiel der Wasserstandserhöhungen durch Mais gegenüber Grünland in Verbindung mit der Veränderung der Vorlandbreite eines Flusslaufes mit einer Flussbettbreite von 100 m, 200 m bzw. 300 m, jeweils lateral horizontalen Vorländern, einem konstanten Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ und einem Sohlgefälle von $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ soll dieser Zusammenhang verdeutlicht werden (Abb. 3-80). Die in dieser Abbildung dargestellten Funktionen weisen im Vergleich untereinander verschiedene Maxima auf, bei ca. 500 m, ca. 1500 m bzw. ca. 1800 m Vorlandbreite (Summe beide Vorländer) und damit einer Gesamtaußenbreite (Summe aus Vorländern und Flussbettbreite) von ca. 600 m, ca. 1700 m bzw. ca. 2100 m auf, wobei der abfallende Ast der dritten Kurve einen sehr kleinen Gradienten aufweist. Das bedeutet, dass es für einen konkreten Fließquerschnitt in Abhängigkeit von seiner sonstigen Geometrie eine kritische Vorlandbreite gibt, bei der sich Landnutzungsänderungen am stärksten auswirken. Erste weiterführende Berechnungen zeigen, dass diese kritische Vorlandbreite bei einer anderen Flussquerschnittsgeometrie ganz andere Werte annehmen kann.

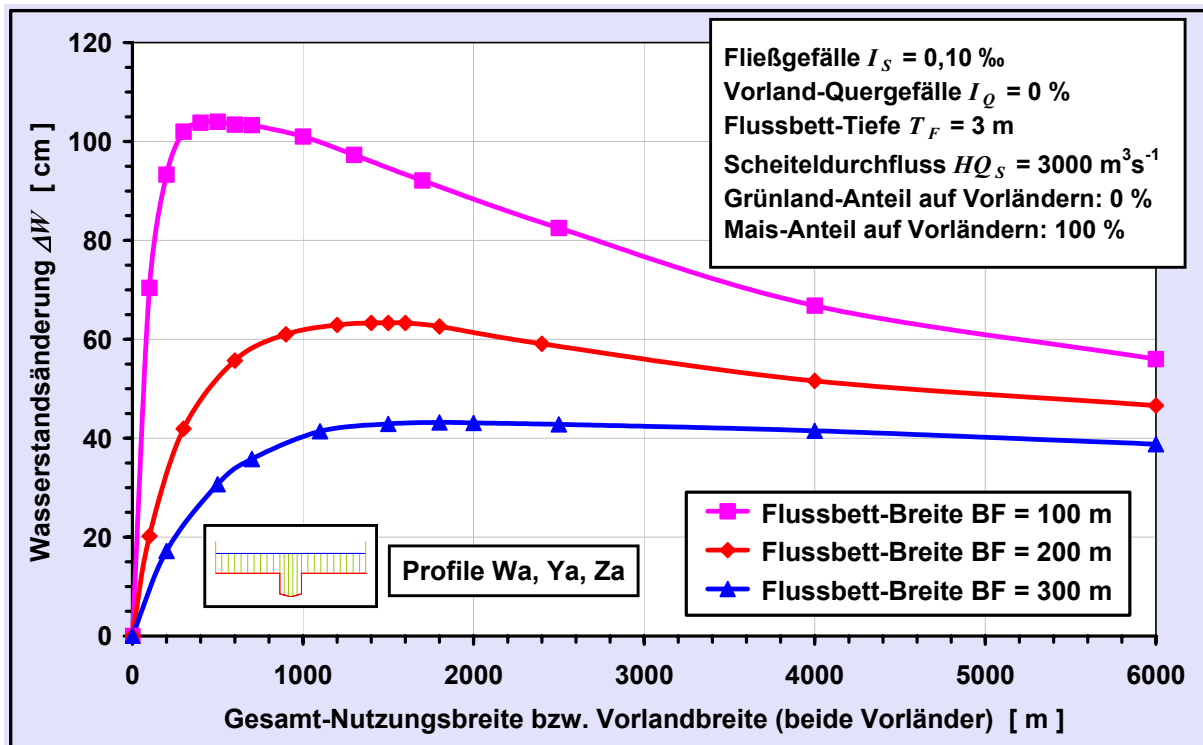


Abb. 3-80: Wasserstandserhöhung durch Mais gegenüber Grünland in Abhängigkeit von der Breite horizontaler Vorländer für verschiedene Flussbettbreiten bei Hochwasser für einen Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; Profile Wa, Ya, Za

c) Vergleich der Breitenvariationen einer homogenen mit einer gemischten Vorlandnutzung mit mehreren jeweils konstant breiten Streifen einer Nutzungsart

Ziel dieses Szenarios ist die Quantifizierung des Einflusses von nicht-strukturellen Landnutzungsmaßnahmen unter Einbeziehung der Vorlandbreite in einem konkreten Querschnitt. Am Beispiel der Wasserstandserhöhungen durch konstant breite Mais-Streifen gegenüber einer ausschließlichen Grünlandnutzung in Verbindung mit der Veränderung der Vorlandbreite eines Flusslaufes mit einer Flussbettbreite von 200 m, jeweils lateral horizontalen Vorländern, einem konstanten Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ und einem Sohlgefälle von $I_S = 0,10 \text{ ‰}$ soll dieser Zusammenhang verdeutlicht werden (Abb. 3-81). Die Einhüllende dieser Abbildung für einen Maisanteil von 100 % pro Stützstelle ist dabei mit der mittleren Kurve aus Abb. 3-80 identisch. Alle stark abfallenden Kurven für konstant breite Mais-Streifen in Abb. 3-81 zeigen, dass die Wasserstandsänderungen bei Hochwasser unbedeutend werden, wenn das Grünland nicht ausschließlich durch Mais ersetzt wird. Kritisch wird es, wenn Mais entweder vollständig auf der gesamten Breite angebaut wird oder die Vorländer schmal sind. So erzeugt ein 200 m breiter Mais-Streifen auf 250 m breiten Vorländern etwa die gleiche Wasserstandserhöhung von ca. 30 cm wie ein 3000 m

breiter Mais-Streifen auf 4300 m breiten Vorländern (Abb. 3-81). Dieser Sachverhalt rechtfertigt Anbaurestriktionen für Mais in Flussauen mit schmalen Vorländern.

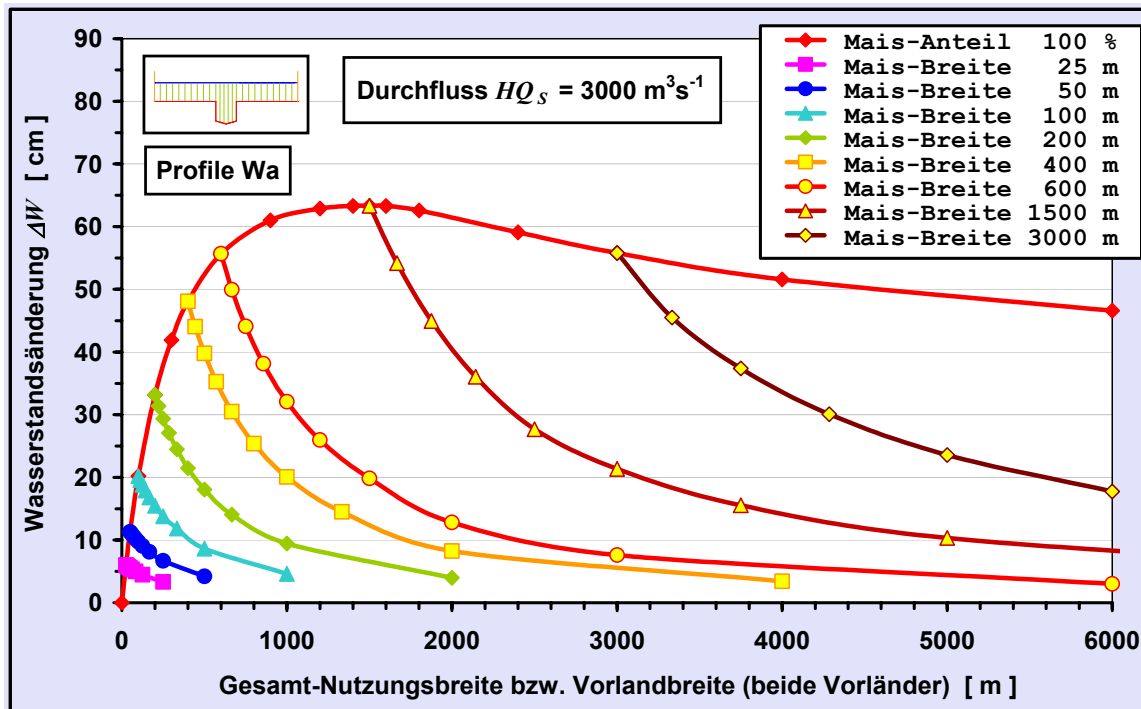


Abb. 3-81: Wasserstandserhöhung durch konstant breite Mais-Streifen bzw. durch vollständigen Mais-Bewuchs gegenüber Grünland in Abhängigkeit von der Breite horizontaler Vorländer für einen Scheiteldurchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Sohlgefälle $I_S = 0,10 \text{ ‰}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$; [Profile Wa])

Eine Ausnahme bilden extrem schmale Vorländer unter 50 m, weil ein Wechsel der Nutzungsart auf derart kleinen Breiten im Verhältnis zur Breite des Hauptflussbettes, im konkreten Fall 200 m, keine Rolle spielt (Abb. 3-80 und Abb. 3-81). Für andere Fließgefälle, Flussbettbreiten, Flussbettiefen, Vorlandquergefälle und Scheiteldurchflüsse werden die konkreten kritischen Zahlenwerte in anderen Wertebereichen liegen, die Tendenz der Schlussfolgerungen wird jedoch erhalten bleiben. In der Praxis werden sich die Maispflanzen bei einer bestimmten Geschwindigkeit umlegen, so dass die sich ergebenden Wasserstandsänderungen bei einem Nutzungsartenwechsel jeweils geringer ausfallen werden als die mit dem hier gewählten Modell jeweils errechneten Werte.

3.2.3.2.6 Vergleichsrechnungen mit einem hydraulischen 2D-Modell (RIVER2D)

In der Aufstockungsphase sind Vergleichsrechnungen mit dem hydraulischen 2D-Modell RIVER2D (Steffler und Blackburn, 2002) für zwei Fließquerschnitte (Profil 1b und 3b [Tab. 3-4]) durchgeführt worden. Die dabei erzielten Berechnungsergebnisse für Profil 1b zeigt Abb. 3-82.

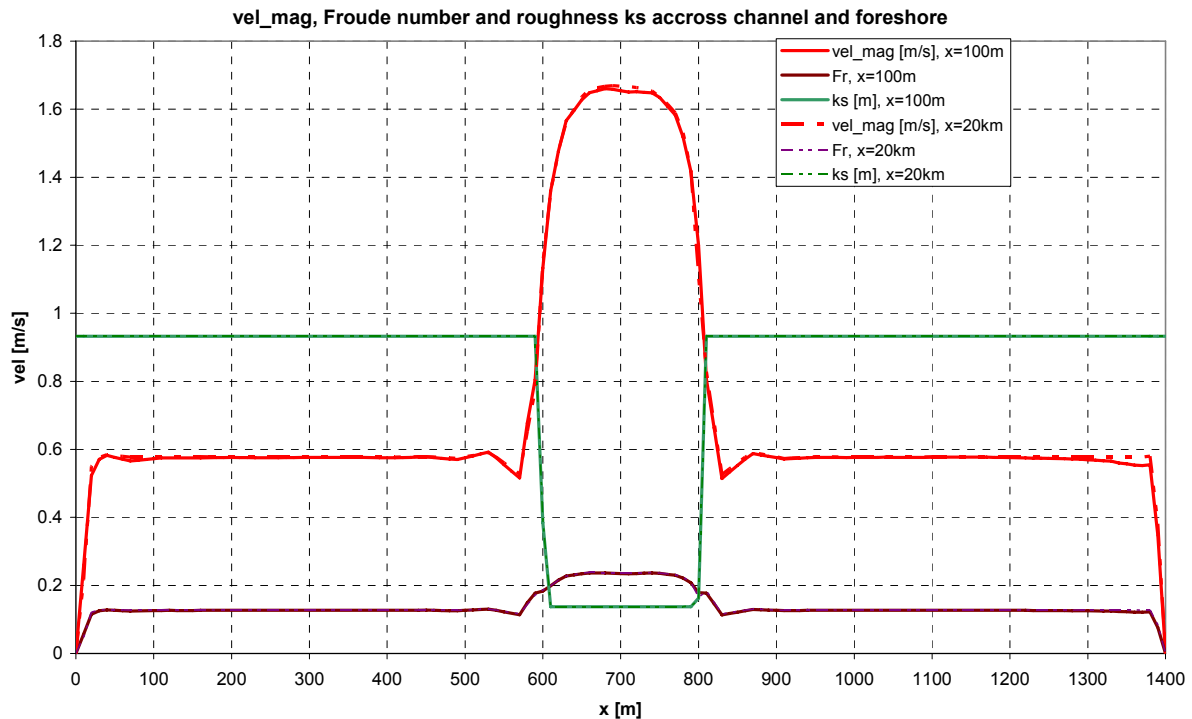


Abb. 3-82: Mit RIVER2D berechnete hydraulische Größen: longitudinale Fließgeschwindigkeit vel_mag (rot), Froude-Zahl Fr (braun) und absolute Sohlrauigkeit k_s (grün) für horizontale Vorländer bei homogener Nutzung (Grünland) für einen Durchfluss von $HQ_S = 3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Profil 1b: Sohlgefälle $I_S = 0,25 \text{ ‰}$, Vorlandbreite $B_V = 2 \times 600 \text{ m} = 1200 \text{ m}$, Flussbettbreite $B_F = 200 \text{ m}$, Flussbetttiefe $T_F = 3 \text{ m}$)

Für den Vergleich wurde ein stationärer Scheitelabfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ zu Grunde gelegt, der für den gewählten Querschnitt (Profil 1b nach Tab. 3-4) und das angenommene Sohlgefälle ($I_S = 0,25 \text{ ‰}$) etwa einem HQ_{100} entsprechen dürfte. Die Vorlandnutzung bestand zu 100 % aus Grünland ($k_{st} = 20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$). Die Wirkung von Landnutzungsänderungen wurde mit RIVER2D nicht untersucht. Einerseits ist die Anwendung eines 2D-Modells immer mit einem höheren Zeitaufwand verbunden, andererseits arbeitet RIVER2D mit absoluten Rauigkeiten in der Maßeinheit [m], das „Lamellenmodell“ dagegen mit Fließbeiwerten in der Maßeinheit [$\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$]. Die Umrechnung hinsichtlich der Nutzungsart Grünland ist relativ gesichert (Bollrich und Preißler, 1992), für Mais oder gar Auwald trifft dies nicht zu. Die Berechnungen wurden deshalb auf Grünland beschränkt.

Vergleicht man die Ergebnisse des „Lamellenmodells (LM)“ und RIVER2D miteinander, so können folgende quantitativen Aussagen abgeleitet werden:

- Wassertiefe über der mittigen Flusssohle des Hauptflussbettes
RIVER2D: 5,07 m; LM: 4,72 m; → Abweichung: -7 %
- longitudinale Geschwindigkeit auf dem Vorland (s. auch Abb. 3-82)
RIVER2D: 0,57 m/s; LM: 0,52 m/s; → Abweichung: -9 %

- longitudinale Geschwindigkeit im Hauptflussbett (s. auch Abb. 3-82)
RIVER2D: 1,66 m/s; LM: 2,20 m/s; → Abweichung: +33 %

Alle drei genannten Abweichungen sind erklärbar, weil das Lamellenmodell im Gegensatz zu RIVER2D keine Turbulenzterme enthält. Bei Hochwasser liegt eine turbulente Strömung vor in deren Folge die sich bildenden Turbulenzballen der Strömung Energie entziehen. Das führt zu einer Verringerung der Fließgeschwindigkeiten und zu einer Erhöhung des Wasserstandes. Da die Turbulenzen im tieferen Wasser des Hauptflussbettes größer sind als auf den Vorländern, verändert sich das Mengenverhältnis der Teilabflüsse von Hauptflussbett und Vorländern, so dass in Verbindung mit den größeren Wassertiefen die Geschwindigkeit auf den Vorländern leicht ansteigt.

Die +33 % Abweichung des „Lamellenmodells“ hinsichtlich der longitudinalen Geschwindigkeit in Fließrichtung im Hauptflussbett sind für die Zielstellungen von MinHorLam, der Untersuchung des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf den Vorländern, nur von untergeordneter Bedeutung und geringem Einfluss. Die im Vergleich zu den Vorländern relativ geringe Breite des Hauptflussbettes bewirkt, dass sich die interessierenden hydraulischen Größen, relativ betrachtet, wesentlich weniger voneinander unterscheiden.

Die Abweichung von -35 cm zwischen RIVER2D und dem „Lamellenmodell“ hinsichtlich der Wasserstände bzw. -tiefen (das entspricht -7 % bezogen auf die Wassertiefe über der mittigen Flusssohle des Hauptflussbettes) betrifft absolute Werte (Wasserstände). Die innerhalb von MinHorLam durchgeführten Untersuchungen richten sich aber auf die hydraulische Wirkung von Landnutzungsänderungen und damit von *Wasserstandsänderungen*, also Differenzen, die mit RIVER2D nicht untersucht wurden. Dabei dürften sich die Abweichungen zum 2D-Modell durch Differenzenbildung teilweise heraus rechnen und damit verkleinern.

Die berechneten Abweichungen der beiden verglichenen Modelle hinsichtlich der longitudinalen Geschwindigkeiten in Fließrichtung auf den Vorländern bestätigen direkt die Verwertbarkeit der berechneten Geschwindigkeiten des „Lamellenmodells“ für die Praxis, weil bei der Heterogenität des Vorlandbewuchses +9 % Abweichung keine praktische Bedeutung besitzen.

Die mit RIVER2D berechneten Wasserspiegellagen belegen, dass die folgenden vier dem „Lamellenmodell“ zu Grunde gelegten Annahmen

- die laterale Wasserspiegellage ist horizontal
- laterale Ausgleichsströmungen sind vernachlässigbar
- bei turbulenten Fließverhältnissen (Hochwasserfall) ist der Einfluss seitlicher Ränder auf das Fließgeschehen nur lokal wirksam und auf den gesamten Fließprozess eher unbedeutend

- bei horizontaler, lateraler Wasserspiegellage und homogener Vorlandnutzung hängt bei turbulentem Fließen die Geschwindigkeit auf dem Vorland näherungsweise nur von der lokalen Wassertiefe ab

gerechtfertigt sind.

Die durchgeführten hydraulischen Vergleichsrechnungen bestätigen die Anwendbarkeit des „Lamellenmodells“ und der innerhalb von MinHorLam abgeleiteten Aussagen hinsichtlich der hydraulischen Wirkung von landwirtschaftlichen Landnutzungsänderungen.

Die vollständigen Ergebnisse, die in Zusammenarbeit mit Ewertowski (2010) entstanden, wurden in Anlage B2 zusammenfassend dargestellt.

3.2.3.2.7 Zusammenfassende Wertung der hydraulischen Berechnungen

- Mit den in sehr großer Anzahl mit dem „Lamellenmodell“ untersuchten schematisierten Hochwasserabflussprofilen konnten die Wirkungen von Landnutzungsänderungen auf hydraulische Parameter wie Scheitelwasserstände bei kritischen HW-Abflüssen (HQ_{100} und größer) und zugehörige Fließgeschwindigkeiten auf überschwemmten Vorlandflächen gut beurteilt werden. Die Hypothesen des Projektantrages wurden weitgehend bestätigt: Ackernutzung führt bei Überschwemmung im Hochwasserfall allgemein nicht zu kritischen Wasserstandserhöhungen und zu Erosion auslösenden Fließgeschwindigkeiten. Kritische Wasserstandserhöhungen von >50 bis >70 cm können bei flächendeckendem Anbau hochwüchsiger Kulturen wie Mais oder Sonnenblumen auftreten. Als hydraulisch günstige Flächennutzung hinsichtlich einer zügigen HW-Ableitung wirkt Grasland („hydraulisch glatt“) im Gegensatz zur stark retardierenden Wirkung von Verbuschung und Weichholzaue („hydraulisch rau“). Mais und Sonnenblumen liegen mit ihren hydraulischen Rauigkeitseffekten zwischen diesen Extremen, aber etwas näher bei Grasland und flachwüchsigen Ackerkulturen.
- Der Einfluss der Vorlandnutzung auf Wasserstandsänderungen nimmt mit abnehmendem longitudinalen Fließgefälle prinzipiell zu. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten werden ein größerer Anteil vom Gesamtabfluss im Flussbett und ein nur geringer Anteil auf dem überschwemmten Vorland abgeführt. Bei geringerem Fließgefälle und sonst gleichen Bedingungen (Flussbett, Vorland, Hochwasserabfluss) wird der Anteil des auf dem überschwemmten Vorland abgeführten Hochwasserabflusses größer. Unter realen Bedingungen wird dieser Effekt aber weitgehend dadurch relativiert, dass die Fließquerschnitte im Gewässer und auch die Breite der überschwemmten Vorländer am Mittel- und Unterlauf der Flüsse als Ergebnis der Gewässergenese größer ausgebildet sind

als am Oberlauf. Außerdem tritt beim Hochwasserabfluss stromab eine Abflachung der Hochwasserwellen auf.

- Wenn eine hydraulisch raue Vorlandvegetation wie z. B. Büsche und Weichholz-Auwälder aber auch Mais durch einen hydraulisch glatt wirkenden Bewuchs wie Gras ersetzt wird, tritt bereits bei kleinen Flächenanteilen der „hydraulisch glatten“ Landnutzung und Verbleib der hydraulisch raueren Kulturen auf dem größeren Teil der Vorländer eine deutliche Zunahme der hydraulischen Kapazität des vergrößerten hydraulisch glatten Fließquerschnittes (Fluss + Graslandstreifen) und damit eine Wasserstand senkende Wirkung ein. Im umgekehrten Fall würde bei Etablierung einer hydraulisch rauer wirkenden Vegetation wie Auwald oder auch Mais eine deutlich retardierende Wirkung mit Wasserspiegelanstieg erst dann eintreten, wenn diese Kulturen mehr als ca. 90 % der gesamten überschwemmtten Vorlandbreite einnehmen. Die hydraulische Begründung für diesen Effekt ist sowohl durch die nichtlineare Wirksamkeit der hydraulischen Rauigkeit bzw. des k_{st} -Wertes in den Fließformeln als auch in der relativ abnehmenden Vergrößerung des hydraulisch glatten Gesamtließquerschnittes (Fluss + überströmtes Grasvorland) bei streifenweiser Rücknahme der Vorlandnutzung mit hydraulisch raueren Kulturen gegeben. Im umgekehrten Fall ist bei streifenweiser Erweiterung der mit hydraulisch rau wirkenden Kulturen genutzten Vorlandflächen zunächst nur eine relativ geringe Reduzierung des hydraulisch glatten Gesamtließquerschnittes gegeben. Erst bei fast vollständiger Bedeckung des überströmten Vorlandes mit „rauen Kulturen“ zeigen sich deutliche Reduzierungen der Abflusskapazität und daraus resultierende Wasserspiegelanstiege. Diese analysierten Effekte stützen die These zur Existenz besonders strömungsrelevanter Vorlandbereiche in Flussnähe und die Forderung nach Freihaltung dieser Flächen von retardierend wirkendem Bewuchs.
- Die Wasserstandsanstiege beim Wechsel von Grünland auf Auwald sind fast doppelt so groß wie die entsprechenden Werte beim Wechsel von Grünland auf Mais. Flächendeckender Maisanbau im gesamten Überschwemmungsgebiet führte gegenüber Graslandnutzung bei extremen HW-Abflüssen in der Größenordnung von Jahrhunderthochwassern zu signifikanten Wasserstandserhöhungen (>50 bis 70 cm, teilweise >1,0 m).
- Durch Landnutzungsänderungen auf den Vorländern verändert sich jeweils der Anteil am Gesamtdurchfluss, der über die Vorländer abfließt. Diese veränderte Verteilung zieht damit auch veränderte Fließgeschwindigkeiten nach sich. In keinem der betrachteten Szenarien auf der Basis eines Hochwassers, das mit einem Scheiteldurchfluss von $3000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ etwa einem HQ_{100} in einem Fluss wie der Oder entspricht, wurde auf den Vorländern eine maximale Fließgeschwindigkeit von 0,75 m/s überschritten. Größere Geschwindigkeiten traten auf dem

Vorland erst dann auf, wenn entweder die Vorlandbreite drastisch verkleinert wurde, der Scheiteldurchfluss drastisch gegenüber dem auf dem HQ₁₀₀ basierenden Wert erhöht wurde oder beide Maßnahmen gleichzeitig angesetzt wurden. Die dabei ermittelte maximale Fließgeschwindigkeit auf dem Vorland lag bei etwa 1,3 m/s. Diese Werte liegen unter der Risikogrenze für das Auftreten von Erosion auf überschwemmten Aueböden (auch bei Ackernutzung).

- Im Vergleich zu den Modellergebnissen können für reale Fluss-Vorland-Kombinationen geringere Fließgeschwindigkeiten und höhere Sedimentationsraten erwartet werden, da im Modellansatz Inhomogenitäten natürlicher Flussauen wie „Totzonen“ (von der Hauptströmung abgekoppelte Bereiche) und randnahe laminare Fließbereiche nicht berücksichtigt werden.
- Die mit einem 2D-Modell (RIVER2D durchgeführten Vergleichsrechnungen) bestätigen die Eignung des „Lamellenmodells“ zur Beurteilung der hydraulischen Wirkung von landwirtschaftlichen Landnutzungsänderungen auf überschwemmten Vorlandflächen.

3.2.3.3 Auswirkungen der Schadstoffdynamik auf die Landnutzung im Hochwasserfall

3.2.3.3.1 Sortenabhängige Schwermetallaufnahme

Wird bei der Untersuchung von Brotweizen eine Überschreitung des Höchstgehaltes von 0,2 mg Cd/kg Frischgewicht festgestellt, kann ein Ausweichen auf Roggen oder Gerste erforderlich sein. Roggen und Gerste zeigen gegenüber Weizen ein verringertes Aufnahmevermögen für Kadmium. Dabei ist jedoch der geringere zulässige Höchstgehalt nach EG-Richtlinie von 0,1 mg/kg Frischgewicht einzuhalten (Klose, Rank, Marx, 2006).

Durch die Wahl einer geeigneten Sorte kann die Aufnahme von Schadelementen in begrenztem Umfang beeinflusst werden. Für Winterweizen und Sommergerste liegen Ergebnisse zur sortenabhängigen Kadmiumaufnahme vor. So ist bspw. bei Winterweizen die Sorte „Batis“ wesentlich weniger anfällig für Kadmium als „Elvis“. Bei Sommergerste ist die Sorte „Ursa“ am wenigsten anfällig und die Sorte „Adonis (FG)“ am stärksten anfällig.

Dabei betrug der Cd-Gehalt im Boden auf ca. 51 % der Ackerflächen der sächsischen Mulde 1 bis 2 mg/kg, was erhöhten Werten entspricht. 25 % der Flächen wiesen sogar hohe Gehalte von 2 bis 7 mg/kg Boden auf. Etwa 1,6 % der Flächen wiesen sehr hohe Belastungen von > 7 mg/kg Boden auf (Klose, Rank, Marx, 2006). In den nachfolgenden Abbildungen werden die sortenabhängigen Kadmiumaufnahmen von Winterweizen und Sommergerste dargestellt.

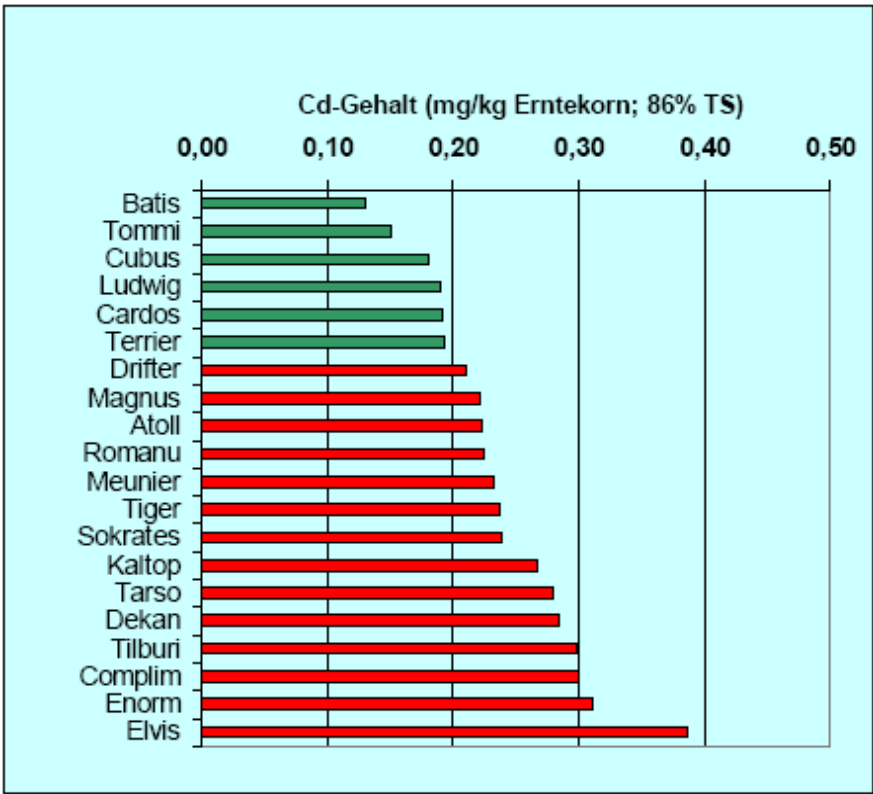


Abb. 3-83: Sortenabhängige Kadmiumaufnahme des Winterweizens (Quelle: Klose, Rank, Marx, 2006: Aueböden der Vereinigten Mulde)

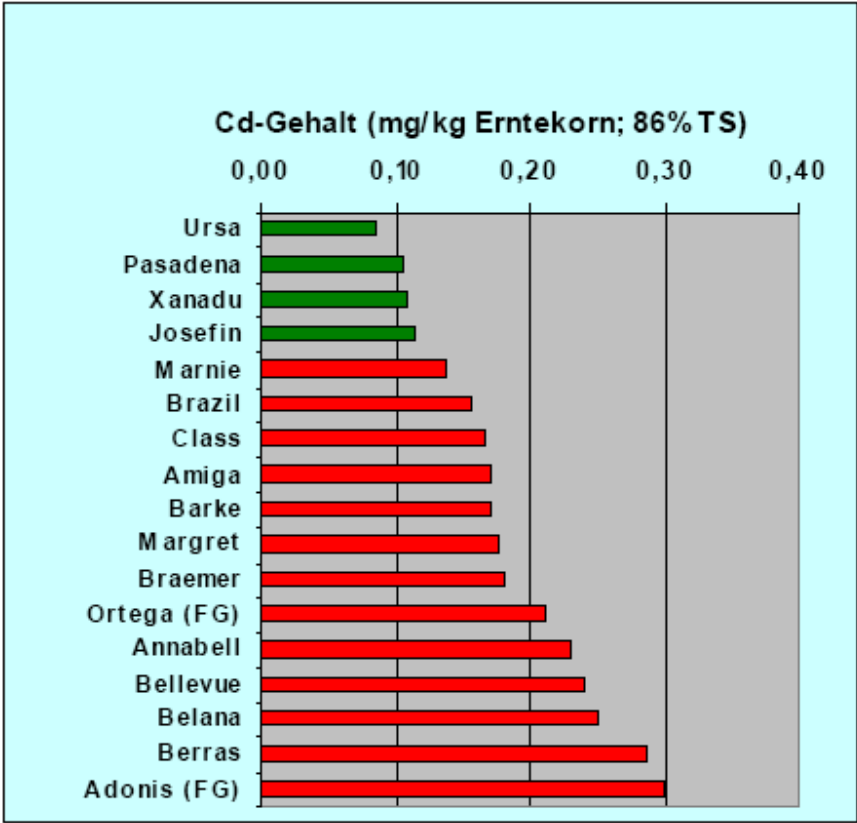


Abb. 3-84: Sortenabhängige Kadmiumaufnahme der Sommergerste (Quelle: Klose, Rank, Marx, 2006: Aueböden der Vereinigten Mulde)

Die sortenabhängige Bestimmung des Arsengehaltes in Nutzpflanzen gestaltet sich wesentlich schwieriger, da auf Grund einer Vielzahl von Sorptionsmöglichkeiten große regionale Konzentrationsunterschiede entstehen können. So können bspw. in Senken mit hohem Grundwasserspiegel hohe Arsengehalte auftreten und in unmittelbarer Nähe liegende landwirtschaftlich genutzte Flächen geringe Werte aufweisen. Allerdings liegen Ergebnisse über die Wechselwirkung des Arsengehaltes im Boden und dem der Pflanze über eine logarithmische Funktion vor. In der folgenden Abb. 3-85 erfolgt eine entsprechende Darstellung (Klose, Rank, Marx, 2006).

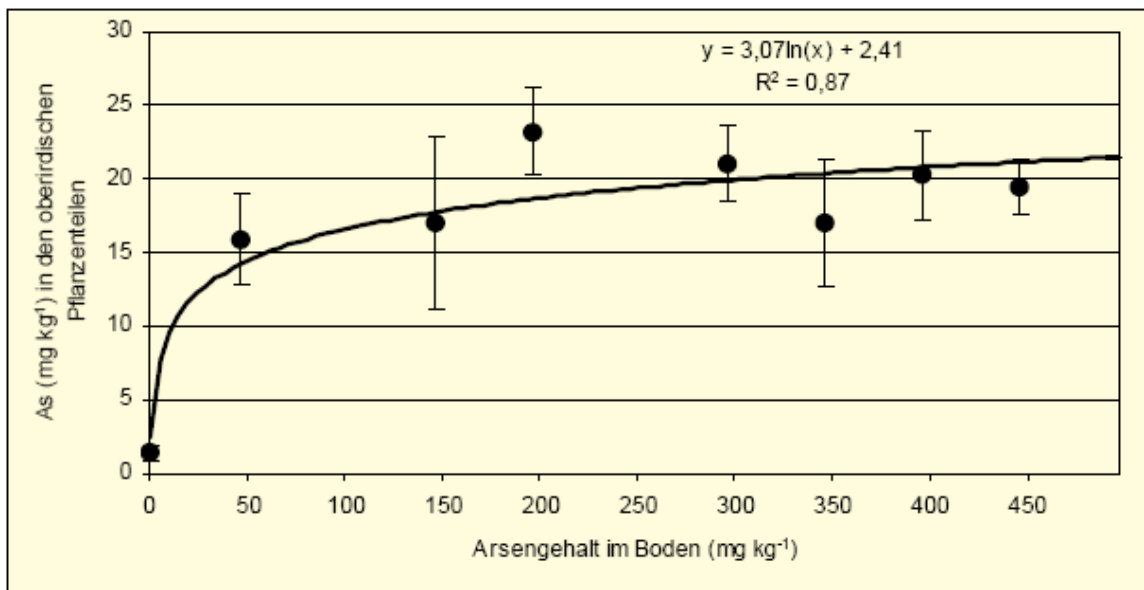


Abb. 3-85: Logarithmische Funktion des Arsengehaltes der Gesamtpflanze in Abhängigkeit vom Bodengehalt (Quelle: Serfling, Klose, 2008: Arsentransfer Boden - Pflanze)

3.2.3.3.2 Flächenumwidmung

Führen die o. g. Maßnahmen nicht zur Einhaltung der gesetzlichen Höchstgehalte für landwirtschaftliche Produkte, ist die Umwidmung von betroffenen Acker- und Grünlandflächen das letzte Mittel. Einige Vorhaben zur Flächenumwidmung können finanziell gefördert werden. Diese Förderung wiederum ist abhängig vom Standort und der Nutzung der Fläche (Klose, Rank, Marx, 2006).

Eine solche Umwidmung könnte bspw. durch die Nutzung als Retentionsfläche im Zuge von Deichrückverlegungen, Aufforstung oder den Anbau von Energiepflanzen zur Erzeugung regenerativer Energien erfolgen. Eine besonders geeignete Art der Nutzung auf schwermetallbelasteten Flächen ist der Anbau von schnell wachsenden Baum- und Gehölzarten in Form von Kurzumtriebsplantagen mit Pappeln und Weiden. Pappeln und Weiden wachsen im Vergleich zu anderen Baumarten sehr schnell und tragen dazu bei die Schwermetallbelastung des Bodens zu reduzieren. Eine Verarbeitung der Gehölze zu Waldhackgut und die Verbrennung der Hackgutschnitzel zur Wärme- und Energiegewinnung sind ohne weiteres möglich. Eventuelle

Schwermetallbelastungen der Abluft aus dieser Verbrennung können durch technische Möglichkeiten wie bspw. Filteranlagen, ausreichend reduziert werden.

Nach Röhricht et al. (2004), sind die Weiden auf Grund ihrer geringeren Anfälligkeit für Gehölzspezifische Krankheiten den Pappeln vorzuziehen. In der speziellen Nutzungsform des Kurzumtriebes können vor allem Rostpilze sowohl bei Pappeln als auch Weiden auftreten. Begünstigend hierfür ist feucht warmes Wetter. Besonders der Fröhsommerbefall führt zu vorzeitigem Abfall der Blätter und Ertragsrückgang. Tritt die Infektion erst im Spätsommer auf, wird das Verholzen der Jahrestriebe verzögert. Die Frostanfälligkeit und Gefahr von sekundärem Schädlingsbefall nimmt dadurch zu. Weitere pilzliche Schäden, die an Pappelarten auftreten können, sind der sog. Rindenbrand, die Triebspitzenkrankheit und Blattfleckenkrankheit. Auch der Befall durch den sog. Pappelkrebs ist möglich. In Weidenbeständen ist lediglich der Befall mit Blattrost bzw. Rostpilzen bedeutsam. Weiter zu nennen sind die Triebspitzenkrankheit, Blattflecken, Rindennekrose und der Rindenbrand. Sie sind in Weidenplantagen weniger verbreitet (Röhricht und Ruscher, 2004).

3.2.3.3.3 Umwandlung von Ackerland in Grünland

Die Umwandlung von Ackerland in Grünland ist sinnvoll, wenn trotz Anwendung aller Maßnahmen zur Verringerung der Kadmiumaufnahme in die Nutzpflanze der Höchstgehalt nach EG-Lebensmittelverordnung überschritten wird und der Arsengehalt der belasteten Fläche unbedenklich ist. Die Umwandlung von Ackerland in extensive Grünlandnutzung kann finanziell gefördert werden (Klose, Rank, Marx, 2006).

3.2.3.3.4 Futtererzeugung

In Gebieten mit hohem Schwermetallgehalt im Boden bestimmt der Grad der Verschmutzung der Pflanze mit anhaftendem Boden den Schwermetallgehalt des Futtermittels. Die Verschmutzung des Futters muss demnach so gering wie möglich ausfallen. Die Änderung der Grünlandzusammensetzung durch Nachsaat entsprechender Gräser kann den Schwermetallgehalt des Futters positiv beeinflussen. Gräser nehmen gegenüber Wiesenkräutern weniger Schwermetalle auf. Der Kadmiumgehalt bspw. beträgt nur 30 bis 50 % des Gehaltes von Weidenkräutern (Klose, Rank, Marx, 2006).

3.2.3.3.5 Optimierung des pH-Wertes

Der anzustrebende pH-Bereich eines Bodens liegt bei 5,8 bis 6,5. Dieser kann durch eine zusätzliche Kalkung des Bodens erreicht werden. Dabei sollten 40 dt CaO/ha Acker- bzw. 25 dt CaO/ha Grünland nicht überschritten werden. Zu hohe Kalkgaben können die Arsenaufnahme von Pflanzen begünstigen (Klose, Rank, Marx, 2006).

3.2.3.3.6 Phosphordüngung

Durch eine Phosphordüngung zu Beginn der Vegetationsperiode, kann der Arsen-transfer in die Pflanze zurückgedrängt werden, da Phosphor und Arsen bei der Aufnahme durch die Wurzel konkurrieren (Klose, Rank, Marx, 2006).

3.2.3.3.7 Obst- und Gemüseanbau

Ähnlich wie beim Getreideanbau, gibt es auch beim Obst- und Gemüseanbau, Sorten die weniger anfällig gegenüber Schadstoffakkumulationen sind. So verfügen bspw. alle Blatt-, Stängel- und Wurzelgemüse (Spinat, Rhabarber, Möhren, etc.) über eine erhöhte Schwermetallaufnahme und sind für den Anbau auf entsprechenden Flächen nicht geeignet. Alle Kohlgemüse (Blumenkohl, Kohlrabi, Porree, etc.) sind mittelmäßig anfällig und daher nur bedingt für den Anbau auf schwermetallbelasteten Flächen geeignet. Von geringer Gefährdung sind alle Obstsorten sowie Bohnen, Gurken und Tomaten. Diese Früchte sind für den Anbau geeignet. In der folgenden Tab. 3-9 wird eine Anbauempfehlung gegeben (Klose, Rank, Marx, 2006).

Tab. 3-9: Anbauempfehlung für schwermetallbelastete Gebiete (Quelle: Klose, Rank, Marx, 2006: Aueböden der Vereinigten Mulde)

Schwermetallaufnahme			
Erhöht		mittel	gering
Blattgemüse	Wurzelgemüse	Kohlgemüse	alle Obstsorten
Stängelgemüse	Möhren	Blumenkohl	Bohnen
Spinat	Petersilienwurzel	Kopfkohl	Erbsen
Blattsalat	Radieschen	Kohlrabi	Gurken
Kresse	Rettich	Broccoli	Paprika
Küchenkräuter	Rote Bete	Grünkohl	Tomaten
Rhabarber	Schwarzwurzel	Rosenkohl	
	Sellerie	Porree	
		Zwiebeln	
		Knoblauch	
		Erdbeeren	
		Kartoffeln	
Anbau nicht geeignet		Anbau bedingt geeignet	Anbau geeignet

3.2.3.3.8 Nutzungseinschränkungen und Ausgleich

Im WHG ist festgeschrieben, dass wirtschaftliche Nachteile infolge von Anordnungen, welche im Zusammenhang mit der Rückgewinnung natürlicher Retentionsflächen stehen, auszugleichen sind: „Setzt eine Anordnung erhöhte Anforderung fest, die die ordnungsgemäße land- oder forstwirtschaftliche Nutzung eines Grundstücks beschränken, so ist für die dadurch verursachten wirtschaftlichen Nachteile ein ange-

messener Ausgleich nach Maßgabe des Landesrechts zu leisten (§19 (4) Satz 1 WHG). Das HwSchG sieht Einschränkungen der Nutzung in Überschwemmungsgebieten vor. Zum einen dürfen in Überschwemmungsgebieten zukünftig keine neuen Baugebiete mehr ausgewiesen werden. Unter bestimmten Voraussetzungen sind jedoch auch Ausnahmen möglich (§31b (4) Satz 1 WHG). Darüber hinaus werden bestimmte Bedingungen für die ackerbaulichen Nutzungen gesetzlich festgelegt.

Entgegen der in früheren Entwürfen vorgesehenen Bewirtschaftungsauflagen, die auch ein ganz oder teilweises „Ackerbauverbot“ in Überschwemmungsgebieten enthielten, sieht das HwSchG nun „für landwirtschaftlich genutzte und sonstige Flächen“ Regelungen auf der Basis des Landesrechtes zu erlassen vor, um „mögliche Erosionen oder erheblich nachteilige Auswirkungen auf Gewässer insbesondere Schadstoffeinträge zu vermeiden oder zu verringern“. Die frühere Forderung der Bundesregierung nach konkreten Auflagen zur Bewirtschaftung wie bspw. die Festsetzung der konservierenden Bodenbearbeitung, der ganzjährigen Bodenbedeckung oder dem Ackerbauverbot in Abflussbereichen, konnte damit nicht durchgesetzt werden. Das Sächsische Wassergesetz in der Fassung vom 4. März 2003 regelt den Anspruch auf Ausgleich von Nutzungsbeschränkungen in §100 (2) Satz 3. Es heißt dort „Werden bei der Rückgewinnung von natürlichen Rückhalteflächen Anordnungen getroffen, die erhöhte Anforderungen an die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Nutzung eines Grundstückes festsetzen, gilt §48 (7) entsprechend.“ Der §48 (7) des Sächsischen Wassergesetzes regelt den Ausgleich nach §19 (4) WHG. Hier wird bestimmt, dass der Ausgleich durch den Begünstigten zu leisten ist, bzw. bei Nichtbestimmbarkeit eines Begünstigten der Ausgleich durch den Freistaat Sachsen zu leisten ist. Der Ausgleich ist nach §48 (8) des Sächsischen Wassergesetzes in Form eines jährlich fälligen Geldbetrages zu leisten. Ein Ausgleichsanspruch entfällt, wenn die wirtschaftlichen Nachteile durch andere Leistungen bzw. von Dritten ausgeglichen werden (SächsWG §48 (8) Satz 2 Nr. 2).

Als Vergleichszeitpunkt dienen bei der hier durchgeführten Untersuchung die Endstufe der Agrarreform im Jahre 2013, da die Anpassung stufenweise erfolgt und die Höhe der Zahlungsansprüche bis zu diesem einzelbetrieblich stark variieren. Methodisch wurden bei allen Verfahren die bisher gezahlten Ausgleichszahlungen bzw. Prämien durch den derzeitigen für Sachsen erhobenen Wert pro Zahlungsanspruch in Höhe von 350,00 €/ha ersetzt (Röhrich, Kiesewalter, 2008). Dieser Wert wird auch als Flächenprämie bezeichnet. Im Rahmen der Cross Compliance (anderweitigen Verpflichtungen), ist zukünftig der Erhalt von Zahlungen bzw. Zahlungsansprüchen an die Erfüllung bestimmter Mindestvoraussetzungen geknüpft. Dies betrifft u. a. die Erhaltung der Flächen in gutem landwirtschaftlichem Zustand. Als Mindestpflege für Ackerflächen und dauerhaft genutztes Grünland, welche aus der Produktion ausfallen, wird diesbezüglich mindestens einmal jährlich die Zerkleinerung des Aufwuchses und ganzflächige Verteilung auf den entsprechenden Flächen oder alternativ das

Mähen mit Abfuhr des Mähgutes gefordert. Damit kann zukünftig bis 100 % der gesamten Acker- und Grünlandfläche im Rahmen dieser Mindestbewirtschaftung gepflegt werden, statt nach bisheriger Regelung, welcher der Höchstsatz der förderfähigen Flächenstilllegung auf 33 % der prämienberechtigten Ackerfläche beschränkt war (Zacharias, Röhricht, Lorenz, 2005).

3.2.3.3.9 Gestufte Bewertung des Schadstoffpotenzials durch eine Wirkungsmatrix

Zwischen der gesellschaftlich organisierten Produktion und den vor- und nachgelagerten Produktionsleistungen der Natur ist ein starker Zusammenhang von:

- Kommunikation,
- Technologie,
- Organisation und
- Struktur

zu beobachten.

Das bedeutet dass auf der einen Seite das Handlungssystem des Betriebes steht und auf der anderen Seite die weitgehend sich selbst überlassene Produktion der Natur (Voigt, 1997).

Um die Produktionsleistungen der Natur und das Handlungssystem eines landwirtschaftlichen Betriebes zu verknüpfen, gilt es die in Graf (1984) formulierten Bewirtschaftungsgrundsätze von Ökosystemen bei der Entscheidung für eine Landumnutzung zu berücksichtigen. Auf Grund der unterschiedlichen Intensität der Kontamination mit Arsen und Schwermetallen wie Kadmium und Blei, ist die Entwicklung eines Stufensystems zur Bewertung veränderter Landnutzungssysteme notwendig. Dieses Stufensystem erfolgt in Form einer Wirkungsmatrix, in Anlehnung an Voigt (1997). Dort wird eine Wirkungsmatrix für das Sachsystem „Stoffstrom Wasser“ am Beispiel der Nordsee erstellt und auf die in dieser Arbeit aufgeführte Problematik übertragen.

Im Folgenden wird ein drei stufiges Bewertungssystem in Form einer Wirkungsmatrix entwickelt, welches sich an den Prüf- und Maßnahmenwerten nach BBodSchV sowie der Futtermittelverordnung orientiert. Für die beispielhafte Erläuterung an den Referenzflächen werden bereits durchgeführte Untersuchungen zur Schwermetallakkumulation von Pflanzen von Röhricht et al. (2008) und Serfling et al. (2008) herangezogen, welche ebenfalls durch das LfULG zur Verfügung gestellt wurden. Bei Anwendung des Bewertungssystems für unbekannte Flächen ist eine entsprechende Boden- und Erntegutuntersuchung auf die zu betrachtenden Arsen- und Schwermetallgehalte notwendig, falls diese noch nicht vorhanden sind.

Tab. 3-10: Wirkungsmatrix mit gestufter Bewertung des Schadstoffpotenzials

Wirkungsmatrix		Grenzwerte Schwermetalle					Okonomie			
		Arsen		Cadmium		Blei				
		PW BBodSchV	Cd-Gehalt im Erntekorn	EG-VO 466/2001	Pb-Gehalt im Erntekorn	EG-VO 466/2001				
		Stufe 1: 0-200 mg/kg TS	Stufe 1: 0-0,1 mg/kg TS	Stufe 1: 0-0,1 mg/kg TS	Stufe 1: 0-0,1 mg/kg TS	Stufe 1: 0-0,2 mg/kg TS				
Stufe 2: 201-400 mg/kg TS	Stufe 2: 0,11-0,2 mg/kg TS	Stufe 2: 0,11-0,2 mg/kg TS	Stufe 2: 0,11-0,2 mg/kg TS	Stufe 2: 0,11-0,2 mg/kg TS	Stufe 2: 0,21-0,4 mg/kg TS					
Stufe 3: > 400 mg/kg TS	Stufe 3: > 0,2 mg/kg TS	Stufe 3: > 0,2 mg/kg TS	Stufe 3: > 0,2 mg/kg TS	Stufe 3: > 0,2 mg/kg TS	Stufe 3: > 0,4 mg/kg TS					
Veränderte Landnutzungssysteme								Kosten	Erträge	
Gruppe	Variable									
Winterweizen	Batis									
	Tommi									
	Cubus									
	Ludwig									
	Cardos									
	Terrier									
	Drifter									
	Magnus									
	Atoll									
	Romanu									
	Meunier									
	Tiger									
	Sokrates									
	Kaltop									
	Tarso									
	Dekan									
	Tilbusi									
	Complim									
	Enrom									
	Elvis									
Sommergerste	Ursa									
	Pasadena									
	Xanadu									
	Josefin									
	Marnie									
	Brazil									
	Class									
	Amiga									
	Barke									
	Margret									
	Braemer									
	Ortega (FG)									
	Anabell									
	Bellevue									
	Balena									
	Berras									
	Adonis (FG)									
Getreide	Kalkdüngung									
	Phosphordüngung									
Energiepflanzen	Miscanthus senensis									
	Mais, Zuckerrübe,									
	Raps, Getreide									
		AS-Gehalt im Blattwerk lt. St. Nutzung kont. Böden (SMUL)	CD-Gehalt im Blattwerk lt. St. Nutzung kont. Böden (SMUL)		Pb-Gehalt im Blattwerk lt. St. Nutzung kontaminierter Böden (SMUL)					
		Stufe 1: 0 - 0,3 mg/kg TS	Stufe 1: 0-10 mg/kg TS		Stufe 1: 0-2 mg/kg TS					
		Stufe 2: 0,4 - 0,6 mg/kg TS	Stufe 2: 11-20 mg/kg TS		Stufe 2: 3-4 mg/kg TS					
		Stufe 3: > 0,6 mg/kg TS	Stufe 3: < 20 mg/kg TS		Stufe 3: < 4 mg/kg TS					
KUP	Weser 6									
Pappeln	Max 3									
	Hybride 275									
KUP	Jorr									
Weiden	Sven									
	Tora									
	Tordis									
	Gudrun									
		MW BBodSchV	MW BBodSchV	EG-VO 466/2001	MW BBodSchV	EG-VO 466/2001				
		Stufe 1: 0-50 mg/kg TS	Stufe 1: 0-20 mg/kg TS	k.A.	Stufe 1: 0-1200 mg/kg TS	k.A.				
		Stufe 2: 51-100 mg/kg TS	Stufe 2: 21-40 mg/kg TS	k.A.	Stufe 2: 1201-2400 mg/kg TS	k.A.				
		Stufe 3: < 100 mg/kg TS	Stufe 3: < 40 mg/kg TS	k.A.	Stufe 3: < 2400 mg/kg TS	k.A.				
Grünland	Grünland									
	Nachsaat von Gräsern									
	Kalkdüngung									
	Phosphordüngung									
		PW BBodSchV	EG-VO 466/2001	PW BBodSchV	EG-VO 466/2001	PW BBodSchV				
		k.A.	Stufe 1: 0-0,2 mg/kg TS	k.A.	Stufe 1: 0-0,3 mg/kg TS	k.A.				
		k.A.	Stufe 2: 0,21-0,4 mg/kg TS	k.A.	Stufe 2: 0,31-0,6 mg/kg TS	k.A.				
		k.A.	Stufe 3: < 0,4 mg/kg TS	k.A.	Stufe 3: < 0,6 mg/kg TS	k.A.				
Gemüse	Bohnen, Erbsen, Gurken,									
	Paprika, Tomaten									
	Kohlgemüse									
	Blattgemüse									
	Wurzelgemüse									
	Stängelgemüse									
Deich	Deichrückverlegung									
Stilllegung	Flächenstilllegung									

- Grün** = Stufe 1 (Einhaltung der Prüf- und Maßnahmenwerte)
- Gelb** = Stufe 2 (Leichte Überschreitung der Prüf- und Maßnahmenwerte)
- Rot** = Stufe 3 (Starke Überschreitung der Prüf- und Maßnahmenwerte)

Die Matrix gliedert sich in drei Segmente. Zunächst werden im Kopf der Matrix Arsen und die Schwermetalle Cadmium und Blei mit den entsprechenden Stufen dargestellt. Auf der einen Seite sind die möglichen veränderten Landnutzungssysteme verzeichnet. Diese sind zunächst in Gruppen unterteilt. Zu diesen Gruppen gehören u. a. Getreide, Energiepflanzen, Kurzumtriebsplantagen sowie Grünland und Gemüse. Die Gruppen sind wiederum in einzelnen Variablen unterteilt. Die Variablen

sind bspw. die entsprechenden Getreide- oder Gemüsesorten. Findet sich der Landwirt mit seiner Bodenbelastung bspw. in Stufe zwei wieder, hier gelb markiert, so kann er diese Stufe in der Matrix einer für ihn möglichen Umnutzung zuordnen.

Nachdem den Belastungsstufen mögliche veränderte Landnutzungen zugeordnet worden sind, werden diese mit einer ökonomischen Bewertung hinterlegt. Diese kann sowohl von den Landwirten selber, als auch von externen Beratern durchgeführt werden. Diese Bewertung erfolgt auf der anderen Seite der Matrix und stellt ihrerseits wiederum Kosten und Erträge einer Umnutzung gegenüber. Die ökonomische Bewertung erfolgt nach den in Jaeckel (2009) erläuterten Kalkulationsgrundlagen. Die Kalkulation der ökonomischen Kosten und Erträge erfolgt allerdings nicht für alle in der Matrix aufgeführten Landumnutzungssysteme, da nicht für alle Maßnahmen ökonomische Datengrundlagen zur Verfügung standen.

Es ist nun möglich, den ausgewählten Landnutzungen anhand der Stufen eine ökonomische Bewertung zu zuordnen. Da für jede Stufe mehrere Möglichkeiten einer Umnutzung zur Verfügung stehen, können entsprechend des Ansatzes des „willingness to pay“ die Kosten und Erträge bei der Auswahl mit einbezogen werden. Neben den Bewirtschaftungsgrundsätzen von Ökosystemen können auch ökonomische Aspekte in die Entscheidung des einzelnen Landwirtes einbezogen werden. Der einzelne Landwirt kann nun entsprechend seiner persönlichen Präferenzen und seines finanziellen Budgets eine Landumnutzung auswählen. Jedoch besteht auch hier weiterer Forschungsbedarf.

Durch eine Befragung der im Referenzgebiet ansässigen Landwirte bzgl. ihrer persönlichen Präferenzen beim „willingness to pay“ könnten noch weitere Aspekte und Entscheidungskriterien in die Wirkungsmatrix mit aufgenommen werden. In Tab. 3-10 ist die Wirkungsmatrix mit der gestuften Bewertung des Schadstoffpotenzials dargestellt.

3.2.3.3.10 Schlussfolgerungen – Maßnahmen zur Risikoreduzierung bei Bewirtschaftung belasteter Flächen

Bei Schadstoffbelastungen landwirtschaftlicher Flächen nach einem Hochwasser, ist zunächst durch den Landwirt zu prüfen, ob und in wie weit die jeweilige Bodennutzung eingeschränkt oder verändert werden kann, wie in Abschnitt 3.2.3.3 beschrieben (Mailänder, 2005). Unabhängig von der Landnutzungsänderung gibt es eine Reihe Maßnahmen die sowohl vom Landwirt selbst als durch den Verursacher bzw. den derzeitigen Verantwortungsträger übernommen werden können, um die Belastung landwirtschaftlicher Produkte aus überschwemmten Auen zu minimieren.

Ein Maßnahmenkatalog zur Risikoreduzierung der Bewirtschaftung belasteter Flächen ist in der separaten Anlage A2 in Form einer Tabelle enthalten.

4 Berichte zu den sozialwissenschaftlichen Untersuchungen (AP3 und AP4)

4.1 AP3 – Interaktionsanalyse zur landwirtschaftlichen Hochwasserrisiko-Minderung im Flusseinzugsgebiet

4.1.1 Ziel- und Aufgabenstellung

4.1.1.1 Allgemeine Informationen und Zielvorgaben

Für die Arbeiten zum Arbeitspaket 3 waren die im Projektantrag formulierten Ziele und Aufgaben maßgebend.

a) Thema AP3

Analyse der instrumentellen Regelungen zur landwirtschaftlichen Hochwasserrisiko-Minderung auf der Ebene der Flusseinzugsgebiete. Erfassung und Analyse der Kooperationspraxis zwischen Behörden der Land- und Wasserwirtschaft zur Entwicklung und Umsetzung von nicht-strukturellen Maßnahmen; Identifizierung von Handlungsspielräumen und institutionellen Barrieren für die Hochwasserrisikominimierung durch die landwirtschaftlichen Akteure.

b) Leitung:

ZALF-SÖ

c) Kooperation:

ZALF-LWH, Uni Hamburg (BIOGUM), LfULG, UFZ

d) Ziele:

- Erfassung und Analyse der Kooperationspraxis zum Hochwasserrisiko-Management im Agrarbereich auf Ebene der Flusseinzugsgebiete
- Identifizierung von Handlungsspielräumen und institutionellen Barrieren
- Entwicklung und Erprobung einer übertragbaren Methodik der Kooperationsanalyse zu Hochwasserrisiko-Prävention und -Management

e) Hypothesen:

- Erfolgreiche Interaktion zum Hochwasserschutz im Agrarbereich kann systematisch erfasst und bewertet werden im Hinblick auf den Prozess der Zusammenarbeit (Kooperationsanalyse) und die Ergebnisse (Instrumente, Strategien, Managementpläne).

- Institutionelle Defizite des nicht-strukturellen Hochwasserrisiko-Managements im Agrarbereich verhindern die erfolgreiche Implementierung bereits bekannter Maßnahmen.

f) Methoden/ Arbeitsschritte:

- Recherche zu den aktuellen politischen Instrumenten und Maßnahmen im nicht-strukturellen agrarischen Bereich (Literaturrecherche, Expertengespräche zur Umsetzung des Nationalen Artikelgesetzes und der ELER-VO)
- Flächendeckende Erhebung zum Stand des nicht-strukturellen Hochwasserrisiko-Managements im Agrarbereich auf Flussgebietsebene (telefonische und schriftliche Befragung): Problemrelevanz, Verbreitung und Effektivität nicht-struktureller agrarischer Maßnahmen, institutioneller Rahmen; Auswertung
- Vertiefte, transdisziplinäre Stärken-Schwächen-Analyse für ausgewählte Flussgebiete unter Zusammenführung der wissenschaftlichen Ergebnisse, Anwendung partizipativer Analyse- und Bewertungsmethoden

Aus dem Aufstockungsantrag neu hinzugekommene Arbeitsaufgabe:

- Vertiefend zu dem deskriptiv-analytischen Teil des Hauptprojekts soll im Rahmen der Aufstockung ein theoriebasierter Blick auf die zugrundeliegenden Motivationen, Handlungslogiken und Entscheidungshintergründe gerichtet werden, die den jeweiligen Strategien des administrativen Hochwasserrisiko-Managements zugrunde liegen. Ergebnisse des laufenden Projekts belegen die Defizite der bisherigen Kooperationsstrukturen und -institutionen, daher soll eruiert werden, welche Faktoren die Kooperation zwischen Behörden und Partnern beeinflussen und wie die Zusammenarbeit gefördert und unterstützt werden kann
- Ein weiteres auffälliges Ergebnis der laufenden Untersuchung ist die große Heterogenität der behördlichen Einschätzung nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen. Um diese Bewertungen für eine systematische Aggregation aufzubereiten, soll exemplarisch die kausale Herleitung von Beurteilungen in Verbindung mit den jeweiligen regionalen Wissenssystemen nachvollzogen werden
- Rückkopplung der Risikowahrnehmung von landwirtschaftlicher Seite (Arbeitsergebnisse aus dem laufenden AP4) mit der Außenwahrnehmung von Behördenvertretern und Identifizierung von Übereinstimmungen und Differenzen

Beitrag zur Erreichung des Projektziels (durch o. g. Arbeitsaufgaben):

- qualitative Präzisierungen der administrativen Handlungslogiken im Hinblick auf kooperatives Hochwasserrisikomanagement und Hochwasserrisikoprävention im landwirtschaftlichen Bereich

- Zielgerichtete Empfehlungen für die Ansatzpunkte institutioneller Veränderungsprozesse im nicht-strukturellen landwirtschaftlichen Hochwasserrisiko-management
- Unterstützung eines gezielten Informationsmanagements und der Förderung des regionalen Wissenssystems durch die beteiligten administrativen und organisierten Körperschaften
- Zielgruppengerechte Aufarbeitung der Ergebnisse für die DWA Publikation

g) Anzustrebende Ergebnisse:

- Übersicht über politische Instrumente und Maßnahmen, die nicht-strukturelle landwirtschaftliche Techniken im Hochwasserschutz fördern
- Kooperationsanalyse zu Hochwasserschutz und Risikomanagement im Agrarbereich für die Flussgebiete in Deutschland
- Methodik zur partizipativen Analyse und Bewertung der Interaktion und Kooperation für den erfolgreichen Einsatz nicht-struktureller Maßnahmen Agrarbereich

4.1.2 Material und Methoden

4.1.2.1 Theoretisch-konzeptioneller Rahmen

Als theoretischer Rahmen für das vorliegende Arbeitspaket dient der Ansatz des Akteurszentrierten Institutionalismus nach Mayntz und Scharpf (1995) und Scharpf (2006). Der Ansatz dient als Rahmen für die Erklärung und Kategorisierung gesellschaftlicher Fakten. Nach Mayntz und Scharpf werden politische und gesellschaftliche Entwicklungen gleichermaßen durch Institutionen (akzeptierte Rahmenbedingungen) als auch durch das Verhalten und die Interaktionen von Organisationen und der zugehörigen Akteure gestaltet. Institutionen werden nach dieser Überzeugung als ein Kontext angesehen, der das Verhalten von korporativen Akteuren weniger determiniert, als vielmehr stimuliert, ermöglicht und begrenzt. Sie beeinflussen die Präferenzen und Handlungen von Akteuren und setzen die Interaktionsstrukturen fest. Gleichzeitig sind Institutionen selber Gegenstand und Ergebnis der Entscheidungen von Akteuren und deren Interaktionen. Das Handeln von Akteuren hängt somit u. a. von deren unterschiedlichen Wahrnehmungen und Interpretationsarten der institutionellen Rahmenbedingungen ab. Soll die politische Entwicklung betrachtet werden, müssen nach Mayntz und Scharpf sowohl die institutionellen Rahmenbedingungen, die Wahrnehmungen und Handlungen der korporativen Akteure als auch die Interaktionsstrukturen bei den Analysen berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund umfasst die Zielsetzung des Arbeitspakets 3 drei Punkte. Erstens ist ein Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen des nicht-struktu-

rellen Hochwasserschutzes in Deutschland zu liefern. Hierzu gehören sowohl Gesetze als auch Verordnungen, die EU- und Deutschlandweit explizit oder implizit als Regelwerke des nicht-strukturellen Hochwasserrisiko-Managements verstanden werden können. Inbegriffen sind hier auch die zur Verfügung stehenden politischen Förderinstrumente, die für den Landwirt finanzielle Anreize schaffen, ein bestimmtes erwünschtes Verhalten im Hinblick auf die Hochwasserrisiko-Minderung umzusetzen. Zweitens sollen die Wahrnehmungen, Meinungen und Einschätzungen der korporativen Akteure innerhalb der wasser- und landwirtschaftlichen Behörden Deutschlands untersucht werden sowie die Interaktionspraxis zwischen den Behörden und mit externen Partnern. Und drittens soll eine Methodik entwickelt werden zur Unterstützung der Behörden in partizipativen Entscheidungsfindungen und kooperativen Strategieentwicklungen hinsichtlich des nicht-strukturellen Hochwasserschutzes.

4.1.2.2 Recherche politischer Instrumente und Maßnahmen

Die Recherche der politischen Instrumente und Maßnahmen erfolgte auf Grundlage einer Internetrecherche unter den offiziellen Seiten der gesetzgebenden Behörden und unter Auswertungen früherer Studien. Die unterschiedlichen Programme und Regelungen auf EU- und Bundesebene wurden den Internetpräsentationen der jeweiligen Behörden entnommen. Als Quellen dienen hierbei insbesondere die ELER-Verordnung der EU, die Förderrichtlinien des Bundes entsprechend der Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK), die Nationale Rahmenregelung der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume sowie die Agrarumweltprogramme der Bundesländer. Unter interdisziplinärer Zusammenarbeit wurde ein Katalog der relevanten nicht-strukturellen Maßnahmen entworfen, auf dessen Basis im Folgenden die Förderfibern, Förderprogramme und Agrarprogramme der unterschiedlichen Bundesländer im Hinblick auf die Förderung dieser Maßnahmen untersucht wurden. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in Abschnitt 4.1.3.1 nachzulesen.

4.1.2.3 Repräsentative Befragung

4.1.2.3.1 Methodische Herangehensweise

Für die Erfassung der Sichtweisen und Einstellungen der Mitglieder von land- und wasserwirtschaftlichen Behörden in Deutschland wurde die Methode der Online-Befragung gewählt. Die Online Befragung stellt insbesondere wegen der Vorteile der schnellen Kontaktaufnahme mit den potentiellen Teilnehmern, der guten Rücklaufkontrolle für Erinnerungspost sowie der Möglichkeit aufwendiger Filteroptionen eine geeignete Methode dar. Der Fragebogen wurde mittels der oFb-Software (Online

Fragebogen) erstellt – die sich insbesondere hinsichtlich der Filteroptionen und Benutzerfreundlichkeit bewährt hat – und an die Zielpersonen verschickt.

Die Inhalte, die mittels des Fragebogens abgefragt wurden, richteten sich im Wesentlichen auf den Umgang und die Wahrnehmungen der Behördenmitarbeiter zu Fragen des Hochwasserrisikos, der Verantwortung der Landwirtschaft sowie der Hochwasserrisikokooperation innerhalb und zwischen den Behörden und Partnern. Der gesamte Fragebogen ist in Anlage B3 (Abschn. 1.2) nachzulesen. Im Einzelnen wurden folgende Fragenkomplexe adressiert:

- Einordnung des Zuständigkeitsgebiets
- Umfang und Betroffenheit von Hochwasserereignissen
- Agrarförderung und Hochwasserminderung
- Kooperationen mit anderen Behörden und Partnern
- Gesetzliche Regelungen
- Informationsvermittlung an Landwirte
- Soziodemographie

4.1.2.3.2 Auswahl der Stichprobe

Die Auswahl der Teilnehmer erfolgte auf Grundlage von Internetrecherchen und Empfehlungen. Als relevante behördliche Fachbereiche wurden Wasserwirtschaft (einschließlich potentiell relevanter Verantwortungsbereiche wie Hochwasserschutz, Wasserrahmenrichtlinie und Gewässerschutz), Landwirtschaft (einschließlich der potentiell relevanten Verantwortungsbereiche wie Agrarpolitik, Agrarförderung und Bodenschutz/-kunde) sowie Umwelt- und Naturschutz einschließlich Klimaschutz identifiziert. Soweit die Kontaktdaten recherchierbar waren, wurden alle Leiter/-innen und Verantwortliche der relevanten Teilbereiche angeschrieben. Die übrigen wurden mit der Bitte um Weiterleitung an die entsprechenden Ansprechpartner über die Behördenzentralen kontaktiert. Andere Kontaktpersonen wurden uns bei Telefonaten oder Mailkorrespondenz genannt. In zwei Fällen haben sich die Personen mit der Bitte um Teilnahme an uns gewandt.

Die angeschriebenen Behörden repräsentieren die obersten, oberen, mittleren und unteren behördlichen Verwaltungsebenen. Es wurde bei der Auswahl der Teilnehmer darauf geachtet, dass alle Institutionen angeschrieben und somit in der Stichprobe repräsentiert werden, die mit den Entscheidungen und Regulierungen des landwirtschaftlichen Hochwasserschutzes beschäftigt sind. Die angeschriebenen Institutionen unterscheiden sich zwischen den Bundesländern, da in jedem Bundesland die Verwaltungsstruktur anders organisiert wird. Die relevanten Behörden wurden über Internetrecherchen und persönliche Gespräche identifiziert.

Die Kontaktaufnahme erfolgte zwei Mal: eine erste Einladung zur Teilnahme an der Befragung und eine Erinnerung nach 1-2 Monaten. Zusätzlich wurde für die Kommunen und Landkreise der Deutsche Landkreistag kontaktiert und um die Unterstützung unsere Befragung gebeten. Nach längeren Erwägungen hat der Deutsche Landkreistag seinen Mitgliedern die Teilnahme an der Befragung anheim gestellt.

4.1.2.4 Leitfadeninterviews

Im Rahmen des Aufstockungsvorhabens wurden qualitative Leitfadeninterviews mit ausgewählten Vertretern von am landwirtschaftlichen Hochwasserrisiko-Management beteiligten Behörden in Deutschland durchgeführt. Ziel des Projektteils war es, vertiefend zu dem deskriptiv-analytischen Teil des Hauptprojekts einen genaueren Blick auf die zugrundeliegenden Motivationen, Handlungslogiken und Entscheidungshintergründe, die den jeweiligen Strategien des Hochwasserrisiko-Managements zugrunde liegen, zu richten. Dadurch sollten die bisherigen Ergebnisse des AP3 qualitativ verstehend unterstützt und im Hinblick auf die Erarbeitung von Empfehlungen an die politischen Entscheidungsträger präzisiert werden. Die Methode der qualitativen Leitfadeninterviews eignet sich besonders gut für die Analyse von Handlungslogiken und Entscheidungshintergründen, da hierbei die subjektive Situationsdarstellung und -bewertung im Vordergrund steht und den Befragten selbst die Möglichkeit gegeben wird, wichtige Punkte zu identifizieren und zu erklären (Flick et al., 2005). Das Interview wird über wenige leitende Fragen und Themen vom Interviewer gesteuert und lässt dem Teilnehmer in der Darstellung weitgehend freie Hand. Die hohe Flexibilität und Offenheit dieses explorativen Ansatzes erlaubt es, neue und bisher unbekannte Aspekte zu erfassen und Beweggründe und Rationalisierungen von Handlungen aufzudecken.

Die neuen Fragestellungen ergeben sich aus den bisherigen Ergebnissen von AP3 und AP4. Im Wesentlichen umfassen sie die drei folgenden Schwerpunkte:

1. *Kooperation zwischen Behörden und Partnern:*

Ergebnisse der ersten empirischen Erhebung belegen Defizite in den bisherigen Kooperationsstrukturen und -institutionen. Fokus dieses Schwerpunkts sind daher die Faktoren, welche die Kooperation zwischen Behörden beeinflussen und die Frage nach den Möglichkeiten der Förderungen und Unterstützung dieser Zusammenarbeit. Als ein wichtiges Kriterium für den Erfolg des behördlichen Risikomanagements kann eine transparente und enge Zusammenarbeit zwischen Behörden und Partnern (vgl. Susanne Lütz 1995). Es soll geklärt werden, unter welchen Bedingungen die Kooperation zwischen Behörden und Partnern formalisiert und nicht informell und ad hoc abläuft und welche Erfahrungen mit der Kooperation gemacht werden konnten.

2. *Informationsbeschaffung:*

Ein weiteres Ergebnis der Hauptuntersuchung von TP3 war die große Heterogenität der behördlichen Einschätzung nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen. Bei der Einschätzung der Wirkung von agrarischen Landnutzungsmaßnahmen und somit für die Förderung bestimmter Maßnahmen sind die Behördenmitarbeiter auf Informationen von Seiten der Wissenschaft aber auch durch lokale Wissensträger wie Landwirte und Landwirtschaftverbände angewiesen. Dieses Wissen dient als Grundlage für die Bewilligung von Fördergeldern für bestimmte Maßnahmen. Vom Interesse war es an dieser Stelle zu erfahren, wie die Informationsbeschaffung von Seiten der Behördenmitarbeiter zur Bewertung der Wirksamkeit bestimmter landwirtschaftlicher Maßnahmen im Hinblick auf die Reduzierung von Hochwasserrisiken erfolgt und welches die Quellen sind.

3. *Feedback zur Wahrnehmung der Landwirte:*

Im Projektteil TP4 wurden Landwirte zu ihren Einschätzungen und Wahrnehmungen der Möglichkeiten der agrarischen Hochwasserrisikominderung befragt und nach auch zu ihren Erfahrungen mit Behörden. Einige dieser Aussagen sollten bei den Leitfadeninterviews vorgestellt und zur Diskussion gestellt werden. Die ausgewählten Aussagen beziehen sich auf die Frage der Verantwortung für Hochwasserschutz Aufgaben, auf das Problem der Kontamination von Flächen und auf geordnete Frühwarnsysteme.

Die angegebenen Schwerpunkte wurden je nach Diskussionsverlauf unterschiedlich lang und intensiv besprochen. Außerdem wurden die Fragen für jeden Teilnehmer angepasst, abhängig von den Besonderheiten, die sich aus der Befragung des Hauptteils für das jeweilige Bundesland gezeigt haben. Der verallgemeinerte Leitfaden ist im Anhang zu finden (Anlage B3).

4.1.2.4.1 Interviewteilnehmer

Insgesamt wurden neun persönliche Leitfadeninterviews in verschiedenen Bundesländern durchgeführt (Tab. 4-1). Acht Interviews wurden persönlich in den Räumen der jeweiligen Behördenmitarbeiter durchgeführt und eines telefonisch. Die Teilnehmerzahl variierte zwischen einer und drei Personen, die an dem Gespräch beteiligt waren.

Die Auswahl der Teilnehmer erfolgte nach theoretischen und pragmatischen Gesichtspunkten. Erstes Ziel war eine möglichst heterogene Verteilung bei den Bundesländern und Fachrichtungen. Die Auswahl der Bundesländer erfolgte pragmatisch. Grundsätzlich sollten alle Bundesländer berücksichtigt werden mit Ausnahme

von Nordrhein-Westfalen.¹ Die pragmatische Auswahl der Bundesländer bezog sich auf die Erreichbarkeit potentieller Teilnehmer und auf den Aufwand für die Anreise. Die Auswahl der Fachbereiche war im Wesentlichen durch geologische Schwerpunkte, erhoffte Informationsgewinne auf Grund der Ergebnisse der Befragung und die Angebote der potentiellen Teilnehmer bestimmt. So wurden die Landwirtschaftsbehörden in Brandenburg, Bayern und Niedersachsen wegen der hohen Bedeutung der Landwirtschaft im jeweiligen Bundesland ausgewählt. Die Entscheidung für das Interview mit wasserwirtschaftlichen Behörden in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt fiel auf Grund der in der Befragung angegebenen hohen Jährlichkeit der Hochwasser der letzten 20 Jahre und der damit verbunden hohen Betroffenheit von Hochwassern im Bundesland. Aus ähnlichen Gründen fiel die Wahl in Schleswig auf die Wasserwirtschaftsbehörde. Hier ist auf Grund der geologischen Lage als Überschwemmungsgebiet mit der zusätzlichen Problematik der Hochwasser vom Meer aus eine hohe Betroffenheit von Hochwassern zu erwarten. Sachsen ist das bisher einzige Bundesland mit der Förderung von konservierender Bodenbearbeitung, weswegen als Gesprächspartner ein starker Befürworter der Technologie befragt wurde. In Hessen gab es Hinweise durch die Befragung, dass der Hochwasserschutz als Gängelung der Landwirtschaft abgelehnt wird. Gleichzeitig wurde die Forderung geäußert, die Wasserwirtschaftsverwaltung solle die Agrarwirtschaft stärker einbeziehen. Um hier mehr Informationen und Stellungnahmen zu erhalten, wurde die Wasserwirtschaftsbehörde für das Interviews ausgewählt. In Thüringen war die hohe Zahl der Verneinung einer ausreichenden Informiertheit der Landwirte zum Thema landwirtschaftlicher Hochwasserschutz ein Kriterium für die Auswahl der Wasserwirtschaftsbehörde als Ansprechpartner. In Niedersachsen wurde die Landwirtschaftsbehörde als Gesprächspartner ausgewählt, weil hier die Zahl an landwirtschaftlichen Fördermaßnahmen zum Gewässer- und Erosionsschutz

Für die Auswahl der Teilnehmer wurden die jeweiligen Institutionen telefonisch kontaktiert und um die Angabe der geeigneten Gesprächspartner erbeten. Telefonisch wurde dann mit den potentiellen Teilnehmern ein Termin für ein persönliches Treffen vereinbart. Einige Gesprächspartner haben die Hinzunahme weiterer Gesprächspartner vorgeschlagen und initiiert. Bei manchen Interviewsituationen waren deswegen mehrere Personen aus unterschiedlichen Fachbereichen oder Organisationsebenen zugegen.

Die Analyse der Interviews erfolgte in drei Schritten: In einem ersten Schritt wurden die Interviews vollständig transkribiert. Hierzu wurde die Software F4 verwendet. Anschließend wurden die wichtigsten Aussagen im Text farblich markiert. In einem zweiten Schritt wurden die als wichtig identifizierten Aussagen aus dem Text in gekürzter Form extrahiert und mit den jeweiligen Zeilenangaben des Beginns des Ab-

¹ Kurz vor den Einzelinterviews wurde im Rahmen eines Workshops recht ausführlich über ähnliche Punkte wie im Leitfaden vorgesehen, mit Vertretern von land- und wasserwirtschaftlichen Behörden diskutiert.

satzes in einer neuen Datei notiert. Die extrahierten Aussagen wurden in dieser neuen Datei den Schwerpunkten des Leitfadens zugeordnet – jeweils nach der Organisations- bzw. persönlichen Ebene. In einem dritten Schritt wurden die Aussagen ausgewertet.

Tab. 4-1: Übersicht zu den Teilnehmern der Leitfadeninterviews

Bundesland	Organisationsebene	Teilnehmerzahl	Fachrichtung
Brandenburg	Ministerium	1	Landwirtschaft
Bayern	Landesanstalt	1	Landwirtschaft
Hessen	Ministerium	1	Wasserwirtschaft
Mecklenburg-Vorpommern	Ministerium	3	Landwirtschaft u. Wasserwirtschaft
Niedersachsen	Ministerium und Landwirtschaftskammer	2	Landwirtschaft
Sachsen	Landesamt	1	Landwirtschaft
Sachsen-Anhalt	Ministerium	3	Landwirtschaft u. Wasserwirtschaft
Schleswig-Holstein	Ministerium	1	Wasserwirtschaft
Thüringen	Ministerium	3	Wasserwirtschaft

4.1.3 Ergebnisse und Diskussion des Basisprojektes

4.1.3.1 Politische Regulation des Hochwasserschutzes

Im Folgenden werden Richtlinien und Programme der EU und des Bundes, auf deren Grundlage die Länder ihre Maßnahmenkataloge zusammenstellen, in aller Kürze vorgestellt.

4.1.3.1.1 Das 5-Punkte-Programm zum vorbeugenden Hochwasserschutz

Das „5-Punkte-Programm“ der Bundesregierung zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (BMU, 2002) ist unmittelbar nach dem verheerenden Elbehochwasser 2002 verabschiedet worden. Es enthält Vorschläge zum Wasserrückhalt im Einzugsgebiet der Quell- und Nebenflüsse sowie zur Minimierung möglicher Schadenspotentiale. Im Folgenden werden ausgewählte Schwerpunkte dieses Programms vorgestellt, wobei die Themen mit Bezug zur vorliegenden Untersuchung kursiv dargestellt sind:

Den Flüssen mehr Raum geben: Als Folge übermäßiger Bebauung und Eindeichung von Flüssen sind die Überschwemmungsgebiete quantitativ zurückgegangen, wodurch sich die Hochwassergefahr für Unterlieger erhöht. Die natürlichen Überschwemmungsflächen sollen den Flüssen wieder zurückgegeben werden, beispielsweise durch Rückverlegung von Deichen und *Nutzungsänderung landwirtschaftlicher Flächen* (z. B. durch Umwandlung von Ackerland in Grünland zwecks Vermeidung von Bodenerosion).

Hochwasser dezentral zurückhalten: Im Einzugsbereich der Quell- und Nebenflüsse sollen alle Chancen zur Hochwasserrückhaltung genutzt werden. Mögliche Ansätze hierzu sind: Schutz und Wiederherstellung der Auenwälder, Renaturierung von Flussläufen durch Rückführung der Gewässerbegradigungen und Uferbefestigungen, Einrichtung von „grünen“ Hochwasserrückhaltebecken, stärkere Nutzung der Talsperren zur Hochwasserrückhaltung, *Verbesserung der Versickerungsfähigkeit des Bodens* durch deutliche Reduktion der Flächeninanspruchnahme und die Sicherung der standortgerechten Landnutzung, insbesondere in Tallagen und erosionsgefährdeten Hanglagen.

Siedlungsentwicklung steuern - Schadenspotenziale mindern: Die Bekämpfung des Hochwasserrisikos soll in einer gemeinsamen Anstrengung erfolgen, die auch die Vereinheitlichung von Gesetzen und einen Interessensausgleich zwischen Ober- und Unterliegern berücksichtigt. Hierzu sollen die Kompetenzen des Bundes im Hochwasserschutz gestärkt werden. Gesetze müssen so angepasst werden, dass Hochwasserschutzaspekte in alle relevanten Bereiche der Politiksteuerung Einzug nehmen. Diese bezieht sich zum Beispiel auf die Reglementierung von Baumaßnahmen in potentiellen Überschwemmungsgebieten, Erhöhung der Eigenvorsorge der Bevölkerung und eine effiziente Hochwasserwarnung.

4.1.3.1.2 Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes

Am 10. Mai 2005 trat in Deutschland auf Grundlage des 5-Punkte-Programms das Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes in Kraft. Konzeptionell handelt es sich bei dem Gesetz um ein sogenanntes Artikelgesetz, d. h. die verschiedenen hochwasserrelevanten Rechtsvorschriften des Bundes sollen im Hinblick auf eine wirksame Hochwasservorsorge angepasst werden. Geändert werden sollen das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Baugesetzbuch (BauGB), das Raumordnungsgesetz (ROG), das Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) und das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst (DWDG).

Mit dem Artikelgesetz sollten geeignete Rechtsgrundlagen für einen umfassenden vorbeugenden Hochwasserschutz geschaffen werden. Im Hinblick auf die Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes richten sich die Vorgaben nach folgenden Grundsätzen:

Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt werden können oder deren Überschwemmung dazu dient, Hochwasserschäden zu mindern, sind zu schützen.

Potentiell betroffene Personen sollen Maßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren und zur Schadensminimierung treffen, beispielsweise durch eine Anpassung der Grundstücke an die Gefahren des Hochwassers.

Die Bevölkerung soll über die Gefahren und mögliche Vorsorgemaßnahmen informiert und vor erwarteten Hochwassern rechtzeitig gewarnt werden.

Als Maßgabe zur Verwirklichung dieser Ziele sollen von den Ländern sowohl Überschwemmungsgebiete als auch überschwemmungsgefährdete Gebiete benannt und Hochwasserschutzpläne entworfen werden. Die Bundesländer sollen für den Schutz der Überschwemmungsgebiete Sorge tragen und Vorschriften zum Erhalt und zur Verbesserung der ökologischen Strukturen der Gewässer und ihrer Überflutungsflächen, zur Verhinderung Erosion fördernder Maßnahmen, zum Erhalt oder Rückgewinnung von Rückhalteflächen, zur Regelung des Hochwasserabflusses und zur Vermeidung oder Verminderung von Schäden durch Hochwasser erlassen.

Fazit:

Das Artikel-Gesetz zum vorbeugenden Hochwasserschutz demonstriert eine Wandlung in der Hochwasserpolitik von der Ursachenbekämpfung zur Risikoanpassung. Entgegen den über Jahrhunderte in Mitteleuropa üblichen Maximen des „Kampfes gegen das Wasser“ wird in dem Gesetz die Forderung „Den Flüssen mehr Raum geben“ stark gemacht. Den Flüssen sollen die früheren Retentionsflächen so weit wie möglich wiedergegeben werden.

Für die Verwirklichung des Vorsatzes wurde eine Reihe bundeseinheitlicher und konkreter Vorgaben für den Hochwasserschutz formuliert. Damit wird der bisherigen uneinheitlichen Regelung der 16 Bundesländer Einhaltung geboten und mehr Konsistenz gerade im Falle von grenzüberschreitenden Gewässern erreicht.

Die Gesetzesänderungen des neuen Hochwasserschutzgesetzes (Artikelgesetz) betreffen eine Vielzahl unterschiedlicher Gesetze wie bspw. das Wasserhaushaltsgesetz, das Baugesetzbuch oder das Raumordnungsgesetz. Die damit erzielte Verzahnung von wasser- und planungsrechtlichen Instrumentarien leistet einen Beitrag zur breiten Etablierung der Grundsätze des Hochwasserschutzes und ist somit als sehr weitreichend anzusehen.

Die Regelung formuliert eine Reihe von verbindlichen Vorgaben, die deutliche Eingriffe in die kommunale Planungshoheit bedeuten. Sie enthält eine Reihe von Verpflichtungen, die äußerst konkret definiert sind.

Und zuletzt macht das Gesetz weitreichende Vorgaben im Hinblick auf die Involvement und Eigenverantwortung der Bevölkerung. Sie sollen über die Risiken und mög-

liche Vorkehrungen informiert werden und bei der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten informiert und beteiligt werden.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden jüngst politisch-administrative Verantwortliche sowie nichtstaatliche Akteure des Hochwasser- und Katastrophenschutzes in Bremen und Hamburg nach ihrer Einschätzung des neuen Hochwasserschutzgesetzes im Kontext des Klimawandels befragt. Das durchführende Forschungszentrum Nachhaltigkeit der Universität Bremen kam bei seiner Auswertung zu zwei wesentlichen Schlussfolgerungen. Zum einen bedarf es nach Auffassung der Befragten im Hinblick auf die geforderte Öffentlichkeitsbeteiligung der Etablierung neuer Informations- und Kommunikationsformen in den politischen Strukturen. Die zu wählenden Partizipationsstrategien sollten gerade auch diejenigen sozialen Gruppen (z. B. Arme, Migranten) involvieren, die in herkömmlichen Bürgerbeteiligungen üblicherweise nicht repräsentiert sind. Zum anderen postulieren die Befragten einen hohen Flexibilitätsbedarf des Gesetzes in Anbetracht der Unvorhersehbarkeit der Entwicklung des Klimawandels. Im Falle eines Anstiegs des Hochwassers könnten die statischen DIN Normen, die den Richtlinien zugrunde gelegt wurden, ein Hindernis bei der schnellen Anpassung an die veränderten Umweltbedingungen darstellen. Der Auflage zur regelmäßigen Aktualisierung der Hochwasserschutzpläne fehlen nach Ansicht der Befragten die zeitlichen Vorgaben (Garrelts, Lange und Flitner, 2008; Lange und Garrelts, 2008).

4.1.3.1.3 EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie (Richtlinie 2007/60/EG)

Im Hinblick auf den Hochwasserschutz hat die EU im Oktober 2007 eine Richtlinie zur Bewertung und zum Management von Hochwasserrisiken herausgegeben. Die EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie (HWRM-RL) bietet eine Ergänzung der Wasserrahmenrichtlinie aus dem Jahre 2000 und gibt einen Rahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Hinblick auf das Hochwasserrisikomanagement vor.

Der Schwerpunkt der Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie liegt auf der Vermeidung, dem Schutz und der Minderung des Risikos hochwasserbedingter nachteiliger Folgen. Insbesondere hat sie dabei den Schutz menschlichen Lebens und menschlicher Gesundheit, der Umwelt, des Kulturerbes, der wirtschaftlichen Interessen und der Infrastrukturen im Auge.

Dieser Schutzbedarf ergibt sich zum einen als Konsequenz aus unvermeidbaren natürlichen Phänomenen und zum anderen als Folge menschlichen Handelns. Letzteres wird im Text der Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie ursächlich durch die Zunahme an Siedlungsflächen und Vermögenswerten in Überschwemmungsgebieten sowie die Verringerung der natürlichen Wasserrückhaltefähigkeit des Bodens durch Flächennutzung hergeleitet.

Für den konkreten Umgang mit dem Hochwasserrisiko gibt die Richtlinie Vorgaben hinsichtlich des Schadensfalls und der Vorsorge vor. Ein Solidaritätsfond soll im konkreten Schadensfall rasch finanzielle Unterstützung mit dem Zweck der Wiederherstellung normaler Bedingungen leisten. Begünstigte können hierbei die betroffenen Personen, Naturräume, Regionen und Länder sein.

Als Maßnahme der Prävention sollen so genannte Hochwasserrisiko-Managementpläne in den Mitgliedsländern ausgearbeitet werden. Deutlich herausgestellt wird dabei die Rolle der Rückgewinnung von Retentionsflächen: „Um den Flüssen mehr Raum zu geben, sollten in den Plänen, sofern möglich, der Erhalt und/ oder die Wiederherstellung von Überschwemmungsgebieten sowie Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung nachteiliger Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten berücksichtigt werden.“ Der Schwerpunkt der Managementpläne soll auf der „Verringerung potentieller hochwasserbedingter nachteiliger Folgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten und sofern angebracht, auf nicht-bauliche Maßnahmen der Hochwasservorsorge und/ oder einer Verminderung der Hochwasserwahrscheinlichkeit“ liegen. Explizit sollen hierbei nachhaltige Flächennutzungsmethoden, die Verbesserung des Wasserrückhalts sowie kontrollierte Überflutungen bestimmter Gebiete im Fall eines Hochwasserereignisses unterstützt werden.

Für die Ausarbeitung der Pläne sollen Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten erarbeitet werden. Die Hochwassergefahrenkarten sollen jene Gebiete erfassen, die im Notfall überflutet werden können. Ergänzend haben die Hochwasserrisikokarten die Funktion, mögliche hochwasserbedingte nachteilige Auswirkungen auf die unterschiedlichen Flächen zu antizipieren.

Fazit:

Die EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie gibt einen Rahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Hinblick auf das Hochwasserrisikomanagement. Die Mitgliedsländer müssen die Vorgaben in ihr Rechtssystem übersetzen und konkrete Maßnahmen zur Umsetzung der Richtlinie entwickeln und durchsetzen. Auf Grund der föderalen Struktur in Deutschland müssen Bund und Länder entsprechend der unterschiedlich verteilten Gesetzgebungskompetenzen ihr Handeln aufeinander abstimmen. Relevant für die Umsetzung sind hierbei Anpassungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) des Bundes und in den Landeswassergesetzen.

4.1.3.1.4 Förderprogramme

Die Formulierung und Bereitstellung von politischen Anreizinstrumenten zur Förderung nicht-strukturellen Landnutzung obliegt den einzelnen Bundesländern. Für die Finanzierung stehen den Ländern unterschiedliche EU- und Bundesprogramme zur

Verfügung, die durch Mittel des Landes und der Kommunen kombiniert werden können.

Das wesentliche Standbein der Förderung der Landwirtschaft und des ländlichen Raums sind Finanzmittel der EU. Die Förderung besteht aus zwei Säulen, der ersten Säule der Direktförderung der Einzelbetriebe (EGFL – Europäische Garantiefonds für die Landwirtschaft) und der zweiten Säule der Programmförderung (ELER – Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums). Die Umsetzung der ELER-Verordnung in Form politischer Programme erfolgt in Deutschland auf der Ebene der Bundesländer. In der zweiten Säule müssen die EU-Mittel durch nationale Mittel ko-finanziert werden. Dies geschieht, indem die EU-Mittel mit den Geldern vom Bund (GAK – Gemeinschaftsaufgaben Agrar- und Küstenschutz), sowie durch Mittel von Land und Gemeinden kombiniert werden.

ELER-Verordnung

Die EU-Verordnung zur Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfond gibt das Spektrum möglicher Maßnahmen zur Förderung der ländlichen Entwicklung im Förderzeitraum 2007-2013 vor. Sie besteht aus 3 Schwerpunkten und dem Querschnittsprogramm LEADER. Schwerpunkt 1) setzt auf die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwirtschaft. Relevant im Hinblick auf Hochwasserschutz sind die im Abschnitt b) „Maßnahmen zur Umstrukturierung und Weiterentwicklung des Sachkapitals und zur Innovationsförderung“ enthaltene Fördermaßnahmen zum „Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichen Produktionspotential sowie geeignete vorbeugende Aktionen“. Schwerpunkt 2) konzentriert sich auf Maßnahmen zur Verbesserung der Umwelt und Landwirtschaft. Dieser Schwerpunkt ist von zentraler Relevanz im Hinblick auf die Förderung nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen. Hier sind u. a. die Agrarumweltmaßnahmen mit Wirkung auf Erosionsschutz und Verbesserung der Bodenstruktur enthalten, sowie die Förderung der Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen. Schwerpunkt 3) akzentuiert die Lebensqualität im ländlichen Raum und die Diversifizierung der ländlichen Wirtschaft.

Die ELER-Verordnung lässt den Mitgliedsstaaten eine große Flexibilität, um auf die spezifischen Bedingungen und Potentiale der Regionen bestmöglich reagieren zu können.

GAK

Die „Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) ist ein strukturpolitisches Förderinstrument der Bundesregierung. Sie enthält eine weite Palette von Agrar- und Infrastrukturmaßnahmen und korrespondiert damit in weiten Teilen zu dem Anwendungsbereich der ELER-Verordnung. Im

Agrarbereich ist das Maßnahmenpaket der GAK weniger breit als das der ELER-Verordnung. Die Bereiche des Naturschutz und der Landschaftspflege sind in Deutschland Aufgaben der Bundesländer.

Die Bundesländer haben die Möglichkeit, aus dem geförderten Maßnahmenkatalog nach ihren Schwerpunktsetzungen Förderprogramme zusammenzustellen und durch eigene Programme und Gelder zu ergänzen. Wie der so zusammengestellte Maßnahmenkatalog der einzelnen Länder aussieht, wird im nächsten Abschnitt veranschaulicht.

Projektförderung Life +

Ein weiteres Förderprogramm, in dessen Rahmen Maßnahmen zum Hochwasserschutz gefördert werden können, ist LIFE+. LIFE+ ist ein Förderinstrument der Europäischen Union für die Umwelt. Das Programm unterstützt insbesondere die Umsetzung des 6. Umweltaktionsprogramms einschließlich der thematischen Strategien und finanziert Maßnahmen mit einem europäischen Mehrwert in den Mitgliedsländern. Unter den Zielsetzungen von LIFE+ finden sich auch jene mit Relevanz für die Umsetzung der WRRL, der Verbesserung der Umweltqualität/Verringerung des Verschmutzungsgrads, der Erhaltung und des Schutzes von natürlichen Lebensräumen und von Tier- und Pflanzenarten und die bessere Bewirtschaftung von natürlichen Ressourcen.

Das Förderprogramm gliedert sich in drei Teilbereiche mit folgenden Schwerpunkten:

Aktionsbereich 1: LIFE+ „Natur und biologische Vielfalt“: Umsetzung der EU-Richtlinien zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume und der wildlebenden Vogelarten sowie Erweiterung der Wissensbasis für Entwicklung, Bewertung, Überwachung und Evaluierung von Maßnahmen und Rechtsvorschriften der EU in Bezug auf Natur und biologische Vielfalt

Aktionsbereich 2: LIFE+ „Umweltpolitik und gute Verwaltungspraxis“: Entwicklung und Demonstration innovativer Strategien und Instrumente, Strategien zur Überwachung und Bewertung des Zustands der Umwelt, Erleichterung der Umsetzung der EU-Umweltpolitik und Unterstützung einer guten Verwaltungspraxis im Umweltbereich sowie einer stärkeren Einbeziehung der Beteiligten, z. B. NROs, in Konsultation und Durchführung.

Aktionsbereich 3: LIFE+ „Information und Kommunikation“: Förderung von Begleitmaßnahmen: Veröffentlichungen, Veranstaltungen, Kampagnen, Konferenzen, Kommunikationsmaßnahmen, Informationen, usw.

Für die Förderung vorgesehen sind öffentliche und private Einrichtungen, die im Bereich des Umweltschutzes, der Umweltpolitik und des Umweltrechts tätig sind.

Projektförderung DBU (Pilotprojekte)

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) fördert Projekte zu drei thematischen Förderschwerpunkten mit mehreren Themenfeldern. Förderbereiche der DBU mit hoher Relevanz für die Umsetzung der WRRL finden sich im Förderschwerpunkt (1) Umwelttechnik unter „umwelt- und gesundheitsfreundliche Verfahren“ sowie „Architektur und Bauwesen“. Im Förderschwerpunkt (2) Umweltforschung und Naturschutz können die Förderbereiche „umweltgerechte Landnutzung“ und „Naturschutz“ von Relevanz für die Umsetzung der WRRL sein. Bezüglich Informations- und Kommunikationsmaßnahmen bei der Umsetzung der WRRL ist auch der Förderschwerpunkt (3) Umweltkommunikation und Kulturgüterschutz mit den Förderbereichen „Umweltinformationsvermittlung“ und „Umweltbildung“ von Interesse.

Ausgewählte förderfähige Maßnahmen:

Förderschwerpunkt 1: „Umwelttechnik“: Entwicklung innovativer, abfall- und emissionsarmer Verfahren, Technologien und Produkte zur Vermeidung der Verlagerung von Umweltbelastungen. Additive Umwelttechnologien sowie Produkte und Verfahren zur Entwicklung innovativer wassertechnischer Anlagen.

Förderschwerpunkt 2: „Umweltforschung und Naturschutz“: Entwicklung und Erprobung umweltgerechter Methoden und Verfahren der Flächennutzung und –bewirtschaftung. Förderfähig sind insbesondere Projekte mit dem Ziel der Entwicklung von Technologien zur Vermeidung und Verminderung umweltschädlicher Emissionen in Grundwasser und Oberflächengewässer. Von besonderem Interesse ist der Förderbereich Naturschutz. Hier stehen Fördermittel für Naturschutz in genutzten Landschaften zur Verfügung, wobei vorrangig Projekte, die einer Erhöhung der Strukturvielfalt zum Schutz bedeutender Arten dienen oder der Entwicklung von Landnutzungskonzepten, die unterschiedliche Nutzungsansprüche (z. B. Naturschutz, Wasserwirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft) zusammenführen und erproben. Im Bereich Naturschutz in Naturlandschaften und Schutzgebieten können der Aufbau lokaler Partnerschaften und extensiver Betriebssysteme zur Umsetzung naturschutzorientierter Landnutzungskonzepte gefördert werden.

Förderschwerpunkt 3: „Umweltkommunikation und Kulturgüterschutz“: Förderung von Projekten, die die Umweltkommunikation zwischen Unternehmen, Verbrauchern und sonstigen Akteuren fördern oder durch Wettbewerbe und Aktionen zu einem breiten Austausch von Umweltwissen führen und neue Zielgruppen erschließen. Von besonderem Interesse könnte auch der Bereich „interdisziplinärer Austausch und Vermittlung von Wissen zu Umwelt und Natur“ sein – hier werden Projekte gefördert, die den Austausch von Wissen zwischen Institutionen, Gruppen und Bürgern zur Vernetzung und Versachlichung vorhandener Positionen (etwa bei Landnutzung) unterstützen.

Antragsberechtigt sind natürliche und juristische Personen des privaten und öffentlichen Rechts, wobei im Unternehmensbereich vorrangig kleine und mittlere Unternehmen gefördert werden (Mittelstandspriorität).

4.1.3.1.5 Übersicht über agrarische Landnutzungsmaßnahmen

Im Rahmen der o. g. ELER-Verordnung und häufig in Kombination mit Fördermitteln aus der GAK konzipieren und implementieren die Bundesländer Förderprogramme für die Landwirtschaft, deren Einzelmaßnahmen die Bereitstellung von Umweltgütern und ökologischen Leistungen zum Ziel haben. Tab. 4-2 listet mögliche Einzelmaßnahmen auf, die explizit oder implizit einen Bezug zum Hochwasserrisikomanagement bzw. zum Erosionsschutz aufweisen. Die Maßnahmen wurden in drei Hauptgruppen eingeteilt: 1. Maßnahmen der Flurgestaltung, 2. Maßnahmen der Flächenumnutzung und 3. Maßnahmen der Flächenbewirtschaftung. Daneben stehen Beispiele für die Maßnahmen, die als Grundlage für die Durchsicht der Landes-Förderprogramme dienen. Die einzelnen Maßnahmen sind in Anlage B3 (Abschn. 1.1) erläutert.

Tab. 4-2: Übersicht Einzelmaßnahmen (Quellen: Maßnahmenliste zusammengestellt aus Sieker et al., 2007b; Sieker et al., 2007a; Anonym, 2008; Frielinghaus et al., 1998)

Nr.	Maßnahme	Konkrete Beispiele
1.	Maßnahmen der Flurgestaltung	
1.1	Schlagteilung/Schlagverkleinerung	
1.2	Schlaguntergliederung und Anlage von Säumen durch schlaginterne bzw. schlagangrenzende Anlage linienhafter Elemente	<i>Grün-, Gras-, Krautstreifen, Hecken oder Knicks</i>
1.3	Anlage von Gewässerrandstreifen (schlagintern oder schlagangrenzend)	
1.4	Anlage von Feldgehölzen (linienhaft, flächenhaft oder einfriedend)	
1.5	Begrünung von Abflussbahnen	
1.6	Anlage von Abflussmulden	
2.	Maßnahmen der Flächenumnutzung	
2.1	Aufforstung (Acker zu Wald)	
2.2	Umwandlung von Acker in extensives Grünland und Grünlanderhalt (Acker zu Grünland)	
2.3	Flächenstilllegung (Acker oder Grünland zu Brache)	
3.	Maßnahmen der Flächenbewirtschaftung (AL = Ackerland; GL = Grünland)	
3.1	Umgestaltung der Fruchtfolge/ Fruchtartenauswahl (AL)	<i>Vielfältige Fruchtfolge</i>

Nr.	Maßnahme	Konkrete Beispiele
3.2	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL)	<i>ganzjährige Pflanzenbedeckung</i>
3.3	Konservierende Bodenbearbeitung (AL)	<i>Pflugverzicht, passiv arbeitende Geräte (Fallgrubber), kein Stoppelumbruch</i>
3.4	Mulch- und Direktsaatverfahren (AL)	<i>Stoppelbearbeitung, hoher Mulchbedeckungsgrad</i>
3.5	Aufwandreduzierung bei Dünge- und Pflanzenschutzmitteln (AL + GL)	<i>extensive Produktionsverfahren, Verzicht auf mineralische N-Düngung, Anwendung biologischer oder biotechnischer Pflanzenschutzverfahren, organische statt mineralische Düngung, Pheromonverwirrmethode im Obst- und Weinbau, Verzicht auf Wachstumsregulatoren (AL)</i>
3.6	Konturnutzung (AL)	<i>hangparallele/ höhenlinienparallele Bewirtschaftung</i>
3.7	Zusammenlegung von Arbeitsgängen zur Verringerung der Überfahungshäufigkeit (AL)	
3.8	Veränderung von Fahrzeugparametern (AL)	<i>geänderter Reifeninnendruck, Niederdruckreifen, Giterräder</i>
3.9	Witterungsangepasste Flächenbewirtschaftung (v. a. AL)	
3.10	Gezieltes Weidemanagement (GL)	<i>geringe Beweidungsintensität (Besatzstärke) bzw. extensive Weidenutzung, Bevorzugung bestimmter Hufformen, wechselnde Tränkstellen, Geringe Beweidungsintensität, Weideperiode, Zeitliche Reglementierung der erlaubten Erstrnutzung, wechselnde Tränkstellen</i>
3.11	Dränierung von Flächen (AL + GL)	
3.12	Beregnung von Flächen (AL)	

4.1.3.1.6 Auswertung zu den einzelnen Bundesländern

Dieser Abschnitt stellt eine Zusammenfassung der identifizierten Maßnahmen und Besonderheiten in den einzelnen Bundesländern dar. Als Grundlage der Zusammenfassung diente die Zusammenstellung, die im Anhang B3 (Abschn. 1.1) nachzulesen ist. Die Zusammenstellung wiederum beruht auf Recherchen, die im Zeitraum zwischen dem März und Juni 2008 in den Veröffentlichungen der einzelnen Bundesländer (online und print) gefunden wurden.

Berlin (BE) und Brandenburg (BB)

Berlin arbeitet bei den Entwicklungsprogrammen für die ländlichen Räume mit Brandenburg zusammen. Lediglich zwei hochwasserschutzrelevante Maßnahmen werden von Brandenburg, aber nicht von Berlin gefördert, der kontrolliert-integrierte Gartenbau und die Maßnahme zur „Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes und Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Wasserressourcen im ländlichen Raum“. Letztere Richtlinie zielt auf die Verbesserung des Wasserrückhaltevermögens der Gewässer und der natürlichen Bodenfunktion. Die geförderten Maßnahmen selber sind jedoch auf die Bewirtschaftung der Wasserressourcen bezogen und haben die Körperschaften des öffentlichen Rechts (z. B. Wasser- und Bodenverbände) als Zuwendungsempfänger vorgesehen.

Hochwasserschutz ist explizit bei einer Förderung in beiden Ländern als Zielsetzung angegeben, bei der Richtlinie zum „Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichen Produktionspotential sowie geeignete vorbeugende Aktionen“. Finanziell unterstützt werden hierbei Maßnahmen wie naturnaher Gewässerausbau zur Verbesserung des Wasserrückhalts und der naturnahen Gewässerentwicklung, Hochwasserschutzanlagen und Schutzpflanzungen zur Verbesserung der natürlichen Produktionsbedingungen des Pflanzenbaus sowie zur Verminderung von Stoffausträgen und von Bodenabtrag. Zuwendungsempfänger der Maßnahme sind neben dem Land und Körperschaften des öffentlichen Rechts auch Unterhaltspflichtige an Gewässern.

Darüber hinaus fördern Berlin und Brandenburg eine ganze Reihe von Agrarumweltmaßnahmen mit positiven Wirkungen auf den Bodenzustand und Erosionsschutz, wie Grünlanderhalt und Ökolandbau. Mulch- oder Direktsaatverfahren sind ebenso wenig Gegenstand der Fördermaßnahmen wie Zwischenfrüchte und Untersaat.

Bei der Maßnahme zum Ausgleich von Kosten und Einkommensverlusten für Landwirte in Natura-2000-Gebieten und im Zusammenhang mit der Richtlinie 2000/60/EG steht die Wasserrahmenrichtlinie im Vordergrund. Hier werden finanzielle Ausgleiche für Landbewirtschaftung in Gebieten, die entsprechend der Wasserrahmenrichtlinie geschont werden müssen, zur Verfügung gestellt.

Brandenburg (BB)

Siehe Berlin.

Bremen (BR)

Siehe Niedersachsen.

Baden-Württemberg (BW)

Baden-Württemberg bezieht sich in der Förderrichtlinie Wasserwirtschaft 2005 explizit auf Hochwasserschutz. Im Abschnitt zur „Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung“ wird die Beseitigung von Hochwasser- und Unwetterschäden für die Förderung vorgesehen. Im Abschnitt „Wasserbau und Gewässerökologie“ stehen wiederum die Bepflanzung und Sicherung von Gewässerrandstreifen und die Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft im Vordergrund. Daneben werden eine Reihe weiterer Handlungen gefördert, die zwar Hochwasserschutz zum Ziel haben, sich aber nicht auf den Agrarbereich beziehen. Einschränkend muss gesagt werden, dass auch hier als Empfänger der Zuwendungen nicht der Landwirt, sondern Gebietskörperschaften und kommunale Unternehmen angegeben sind.

Implizit wird auch ein Beitrag zum Hochwasserschutz im Rahmen des Förderprogramms MEKA: Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich geleistet. Hier werden sowohl Grünlandbewirtschaftung, Aufwandsreduzierung bei Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie Mulch- und Direktsaatverfahren gefördert.

Ein weiteres Standbein des Förderkatalogs ist die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung von Baden-Württemberg. Hier wird eine besonders schonende Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten gefördert. Hauptsächliche Ziele der Maßnahmen sind die Reduzierung der Gewässerbelastung durch Aufwandsreduzierung bei Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie durch Begrünungsmaßnahmen.

Baden-Württemberg hat seit der vergangenen Förderperiode (2000-2006) eine ergebnisorientierte Förderung von Grünland. Danach wird der Landwirt honoriert, wenn er ein vorgegebenes Ziel erreicht hat, wobei er den Weg zur Zielerreichung selber festlegen kann (vgl. Zusammenfassung AUM, S.26). Die Maßnahme „Honorierung der Pflanzenwelt“ war zu seiner Zeit die erste ergebnisorientierte Förderung. Im Förderzeitraum 2007-2013 sind noch weitere Bundesländer wie Bremen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und neuerdings Brandenburg in die ergebnisorientierte Förderung eingestiegen.

Bayern (BY)

Bayern zeichnet sich durch die zweitmeisten förderfähigen Maßnahmen mit Relevanz für den Hochwasserschutz aus – nur noch übertroffen von Thüringen. Gleichzeitig hat Bayern die meisten direkt hochwasserrelevanten Maßnahmen im Programm: von den 29 identifizierten Fördermaßnahmen weisen 5 einen Bezug zum Hochwasserschutz, 8 zum Gewässerschutz und 10 zur Wasserrahmenrichtlinie auf. Die übrigen Maßnahmen beziehen sich indirekt positiv auf den Hochwasserschutz.

Die Fördermaßnahmen „Extensive Grünlandnutzung entlang von Gewässern und sonstigen sensiblen Gebieten“ begrenzt ihre Förderung auf Flächen in kartierten Überschwemmungsgebieten, in Hochwasserretentionsgebieten oder anderen ge-

wässersensiblen Regionen. Die Maßnahme zur extensiven Weidenutzung durch Schafe und Ziegen sieht u. a. eine Anwendung auf Hochwasserschutzdämmen vor. Die Maßnahme zur Erstaufforstung landwirtschaftlicher Flächen wird in der Beschreibung mit den Zielen des Klima- und Hochwasserschutzes verknüpft. Zwei weitere Fördermaßnahmen zum Hochwasserschutz sind nicht direkt an Landwirte gerichtet. Die „Richtlinie für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorgaben“ fördert Maßnahmen zum Gewässerausbau zum Hochwasserschutz, die Beseitigung der Hochwasserschäden und die Wiedergewinnung von Retentionsräumen neben anderen und setzt als Abnehmer Gebietskörperschaften und Kommunalunternehmen fest. Die Fördermaßnahme zum „Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichem Produktionspotential sowie geeignete vorbeugende Aktionen – Hochwasserschutz“ finanziert die Schaffung von Rückhalteräumen und die Verminderung von Flächenabfluss und Erosion durch Kleinstrukturen. Diese Maßnahme adressiert den Freistaat Bayern, die Landkreise, Gemeinden und kommunalen Zweckverbände als Zuwendungsempfänger.

Neben den erwähnten Maßnahmen haben fast alle Bayerischen Agrarumweltmaßnahmen das Förderziel festgeschrieben, den Ansprüchen der Wasserrahmenrichtlinie gerecht zu werden. Erosionsschutz ist ein Ziel für die Maßnahmen beim umweltgerechten Weinbau in Steil- und Terrassenlagen und bei der Maßnahme zur Mahd von Steilhangwiesen. Bayern fördert außerdem Grünlandflächen, Winterbegrünung und Mulchsaatflächen sowie mit gestaffelten Förderätzen die geringe Viehbesatzdichte. Daneben werden eine ganze Reihe weiterer Maßnahmen gefördert, die eher indirekt auf den Hochwasserschutz einwirken über Aufwandreduzierung bei Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln und gezieltes Weidemanagement.

Hamburg (HH)

Hamburg bezieht seine Maßnahmen nicht direkt auf den Hochwasserschutz. Eine lediglich sehr weiche Verbindung zum Gewässerschutz wird über die Maßnahme zum Schutz und Entwicklung von Flächen mit hohem Naturwert beschrieben. Gefördert werden u. a. die Planung und Durchführung von Maßnahmen zum Erhalt oder zur Entwicklung von Gebieten, Flächen und Gewässern mit hohem Naturwert. Hier steht jedoch der Naturschutz im Vordergrund. Der Stadtstaat fördert allerdings den Erosionsschutz über die Maßnahmen des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten sowie die Anwendung von Mulch- und Direktsaat. Weitere Maßnahmen mit indirekter Wirkung auf den Hochwasserschutz sind Blüh- und Schonstreifen auf Ackerflächen (mit sehr hoher Förderung zwischen 55 und 755 Euro je Hektar je nach Maßnahme und Flächenart) und extensive Grünlandnutzung mit begrenzter Viehbesatzstärke (110 Euro pro Hektar).

Hessen (HE)

Hessen hat den Hochwasserschutz nicht explizit in den Maßnahmenkatalog aufgenommen. Allerdings stehen der Gewässer- und Erosionsschutz im Vordergrund von zwei geförderten Maßnahmen: „Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten (Winterbegrünung)“ und „Anlage von Blühflächen oder Schonstreifen“. Besonders betont werden im Zusammenhang mit Hochwasser muss der Anbau von Zwischenfrüchten. Hier wird Bezug genommen zur Wasserrahmenrichtlinie. Danach gehören zu den förderfähigen Ackerflächen der Maßnahme jene, die nach der Bestandsaufnahme gemäß WRRL mit der Prognose „Zielerreichung bei den Grundwasserkörpern unwahrscheinlich“ eingestuft wurden, bzw. für die das Monitoring keinen „guten Zustand“ ergibt, sowie Ackerflächen, die an ständig Wasser führenden Oberflächengewässern grenzen und erosionsgefährdete Ackerflächen (Erosionseinstufung E4 bis E6 nach Richtscheid).

Hessens hat zwei große Förderprogramme mit Relevanz für den Hochwasserschutz: Hessisches Integriertes Agrarumweltprogramm (HIAP) und Hessens Kulturlandschaftsprogramm (HERKUL). Beide Programme fördern zum Teil die gleichen Maßnahmen. Zusätzlich zur Zwischenfruchtförderung des HIAP Programms (siehe oben) bietet auch HERKUL im Rahmen seiner geförderten Maßnahmen den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten. HERKUL bindet seine Förderung jedoch an ökologische Wirtschaftsweisen und bietet in dem Fall auch eine höhere Förderung an (70 zu 45 Euro pro ha). Die HIAP Förderung ist dagegen an bestimmte Standortbedingungen (siehe oben) gebunden. Der Fall des gleichen Fördergegenstandes wiederholt sich bei der Grünlandextensivierung. HERKUL bietet in seiner Förderung einen Satz von 90 Euro pro Hektar. HIAP fördert Grünland auf Einzelflächen mit 110 bis 200 Euro pro Hektar – je nach durchgeführten Maßnahmen. Des Weiteren fördert HERKUL Mulch- oder Direktsaat- oder Mulchsaatverfahren im Ackerbau. Die Zuwendungshöhe liegt bei 60 Euro pro Hektar. Die Auszahlung der HERKUL Zuwendungen erfolgt unter Vorbehalt der vorhandenen Landesmittel – ein Rechtsanspruch wird ausgeschlossen.

Mecklenburg-Vorpommern (MV)

Mecklenburg-Vorpommern fördert den Hochwasserschutz explizit in der Förderrichtlinie „Gewässer und Feuchtlebensräume“. Die Richtlinie zielt auf die nachhaltige Entwicklung von Gewässern und deren Ufer-, Auen- und Niederungsbereiche sowie auf den Hochwasserschutz. Gefördert werden investive Maßnahmen u. a. zur naturnahen Entwicklung von Gewässern und Uferrandstreifen sowie zum Hochwasserschutz (vorrangig zur Wiedergewinnung von Überschwemmungsgebieten). Zuwendungsempfänger der Maßnahme sind juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie natürliche und juristische Personen des Privatrechts, soweit sie Träger wasserwirtschaftlicher oder naturschutzfachlicher Maßnahmen sind. Ebenfalls einen

Hochwasserschutzbezug weist die Maßnahme zur „naturschutzgerechten Grünlandbewirtschaftung“ auf. Explizit wird beschrieben, dass die Förderung der Bewirtschaftung im Bereich des Salzgraslandes im Deichvorland der Hochwassersicherung dient. Die Maßnahme ist an Landwirte gerichtet.

Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie steht in der Zielsetzung der Richtlinie zur Förderung von Projekten der Landschaftspflege. Die Maßnahmen, die zur Förderung vorgesehen sind, werden nicht näher spezifiziert. Es ist lediglich die Rede von Planung und Durchführung von Projekten zum Schutz und zur Pflege und Entwicklung von Natur und Landschaft. Zuwendungsempfänger sind Vereine und Organisationen. Ebenfalls die Wasserrahmenrichtlinie bzw. den Gewässerschutz haben die Maßnahmen der „Naturnahen Gewässerentwicklung“ und der „Nachhaltigen Entwicklung von Lebensräumen“ in der Zielsetzung.

Den Erosionsschutz haben zwei Maßnahmen im den Förderzweck aufgenommen: die „Anwendung von Erosion mindernden Produktionsverfahren des Ackerfutterbaus“ und der „integrierte Obst- und Gemüsebau“. Beide Maßnahmen haben die Landwirte als Adressaten und beziehen sich auf deren Wirtschaftsweise.

Ansonsten fördert Mecklenburg-Vorpommern kaum relevante Maßnahmen im Hinblick auf den Hochwasserschutz.

Niedersachsen (NI) und Bremen (BR)

Niedersachsen arbeitet bei den Entwicklungsprogrammen für die ländlichen Räume mit Bremen zusammen. Beide Bundesländer bieten nahezu den gleichen Maßnahmenkatalog an. Lediglich Niedersachsen bietet 1-3 weitere Maßnahmen an (einjährige Blühstreifen, Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten auf Ackerflächen des Betriebes und Fließgewässerentwicklung im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie).

Der Hochwasserschutz steht bei einer Maßnahme im Vordergrund: „Hochwasserschutz im Binnenland“. Im Wesentlichen stehen bei der Maßnahme baulich Unternehmungen im Vordergrund der Förderung. Allerdings sollen die geförderten Projekte eine nachhaltige Entwicklung des ländlichen Raums u. a. im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Tätigkeiten bewirken und wenn möglich die Wiedergewinnung von Überschwemmungsgebieten erreichen. Zuwendungsempfänger sind Verbände und Körperschaften des öffentlichen Rechts.

Der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wird in Niedersachsen und Bremen eine hohe Priorität eingeräumt. Viele Programme betonen den Gewässerschutz. Bei der Maßnahme für die „Grundwasserschonende Landbewirtschaftung“ steht die Verbesserung der Boden- und Gewässerqualität im Vordergrund. Die geförderten Maßnahmen reichen von Umwandlung von Ackerland in Grünland über die Grundwasserschonende Bewirtschaftung von stillgelegten Ackerflächen bis zu Maßnahmen zur Gewässer schonenden ökologischen Bewirtschaftung. Eine ähnliche Ausrichtung

tragen auch die „begleitenden Maßnahmen zum Schutz der Gewässer“. Hier geht es jedoch hauptsächlich um Informationsveranstaltungen und Flächenerwerb zur Schutz der Trinkwassergewinnung. Die förderfähigen Akteure sind entsprechend auf Seiten der Wasserversorgungsunternehmen, Wasser- und Bodenverbände und Zweckverbände zu finden. Die Maßnahme zur „Fließgewässerentwicklung im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie“ (nur Niedersachsen, s. o.) sieht ebenfalls die öffentlich rechtliche Adressaten vor. Hier werden ganz konkret Maßnahmen zur Schaffung von Gewässerentwicklungsräumen in Auenbereichen, Anlage und Gestaltung von Randstreifen und Schutzpflanzungen, Verbesserung der Durchgängigkeit der Gewässer und des Wasserrückhalts in der Fläche gefördert.

Des Weiteren haben Maßnahmen im Förderpaket des Niedersächsischen und Bremer Agrar-Umweltprogramms indirekt positive Hochwasserschutzwirkungen. So werden Mulch- oder Direktsaat gefördert, Blühstreifen ebenso wie Zwischenfrüchte und Untersaaten. Die Maßnahme zur Mulch- oder Direktsaat hat insbesondere die Wassererosionsgefährdung als Schutzziel. Sie sieht Abstufungen je nach Gefährdung der Fläche vor und ist somit stark ortgebunden. Die Maßnahme gilt nur auf stark und mittel gefährdeten Flächen.

Bremen und Niedersachsen fördern auch Aufforstungen auf Acker- und Grünlandflächen.

Viele Maßnahmen sind in erster Linie auf den Naturschutz ausgelegt und haben über die Zielsetzung der Aufwandsreduzierung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie der Grünlandförderung implizit positive Wirkungen auf den Hochwasserschutz.

Niedersachsen und Bremen haben in der Förderperiode 2007-2013 auch ergebnisorientierte Grünlandförderung im Programm. Bei ergebnisorientierter Förderung wird nicht eine bestimmte Handlung, sondern das Resultat honoriert. Man erhofft sich durch diese Abwandlung eine größere Bereitschaft des Landwirts für umweltschonendes Verhalten.

Bestimmte Maßnahmen des Niedersächsischen und Bremer Agrar- Umweltprogramms (NAU/BAU) zur Flächenstilllegung mit bzw. ohne Anpflanzung von Hecken und zum Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten wurden nur einmalig angeboten (letztere im Jahre 2004) oder sind mittlerweile vom Förderkatalog gestrichen (erstere bis einschließlich 2004).

Nordrhein-Westfalen (NRW)

Nordrhein-Westfalen (NRW) bietet mit der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen des „Aktionsprogramms zur naturnahen Entwicklung der Gewässer 2. Ordnung in NRW“ die Förderung des Gewässerschutzes an. Die Richtlinie beinhaltet den Ankauf von Uferstreifen und deren standortgerechte Bepflanzung und Pflege zum Zwecke der Reduzierung der Belastung durch diffuse Quellen sowie

den monetären Ausgleich für Nutzungsausfälle von privaten Ufergrundstücken. Die Maßnahme ist an Gemeinden, Gemeindeverbände und Wasserverbände gerichtet.

Ebenso hat die Richtlinie Uferstrandstreifen den Schutz der Gewässer vor Stoffeinträgen wie Abschwemmungen und erosiver Bodenabtrag im Zuwendungszweck festgehalten. Die Förderung ist an Gewässerränder gebunden, die vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aus Gründen des Natur- und/ oder Gewässerschutzes als förderungswürdig anerkannt sind. Dies können auch Überschwemmungsgebiete sein.

Die Förderrichtlinie für „naturschutzgerechte Bewirtschaftung von Grünland“ im Rahmen des Vertragsnaturschutzes zielt auf den Schutz erhaltenswerter Grünlandbiotope in Feuchtwiesen, in Gewässerauen und im Mittelgebirge. Die Maßnahme zur Umwandlung von Acker in Grünland begrenzt ihre Zuwendungen gebietspezifisch auf Naturschutzgebiete, episodisch überschwemmte Auenlagen sowie Moorpufferzonen.

Weitere Maßnahmen mit positiver Wirkung auf Hochwasserschutz sind in der „Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung“ vorhanden. Hier werden extensive Dauergründlandnutzung, der Anbau einer vielfältigen Fruchtfolge sowie ökologische Produktionsverfahren gefördert.

Die Maßnahme der einzelflächenbezogenen Grünlandextensivierung einschließlich der Umwandlung von Ackerland in extensive Grünlandflächen in gesetzlich begrenzten Überschwemmungsgebieten, die in der früheren Förderperiode vorgesehen war, wird im Zeitraum 2007-2013 nicht mehr gefördert. Begründet wird die Entscheidung damit, dass zum einen über Cross Compliance Grünland im ausreichenden Maße erhalten bleibt und zum anderen die Akzeptanz für die Schaffung von Dauergrünland gerade in den aus Sicht des Überschwemmungsschutzes besonders sensiblen Bereichen in der Vergangenheit äußerst gering war (vgl. NRW-Programm „Ländlicher Raum“. Kapitel 5: Informationen über die Schwerpunkte, S.115). Weitere Maßnahmen, die nicht weiter gefördert werden, sind die Ackerextensivierung einschließlich der Anlage von Schon- und Blühstreifen, Erosionsschutz, die langjährige Stilllegung landwirtschaftlich genutzter Flächen zu Zwecken des Umweltschutzes sowie die Erstaufforstung landwirtschaftlicher Flächen.

Rheinland-Pfalz (RP)

Rheinland-Pfalz verfügt über eine Richtlinie zur Förderung der Umwandlung von Ackerland in Grünland auf Flächen, die an Gewässer angrenzen, in Überschwemmungsgebieten oder an erosionsgefährdeten Standorten in Wasserschutzgebieten liegen. Damit hat Rheinland-Pfalz den Hochwasserschutz in eine förderfähige Maßnahme für Landwirte übersetzt. Neben dem Überschwemmungsschutz haben zwei weitere geförderte Maßnahmen in Rheinland-Pfalz den Erosionsschutz zum Ziel:

„Vertragsnaturschutz Grünland – Umwandlung von Ackerland in artenreiches Grünland“ und „Umweltschonender Steil- und Steilstlagenweinanbau“. Dagegen wurde ein Förderprogramm für Uferstreifen, das in den Maßnahmen des FUL (Förderprogramm Umweltschonende Landbewirtschaftung) bis 2006 noch vorhanden war, aus dem Programm genommen. Auch eine Maßnahme zur Stilllegung von Ackerflächen wird nicht mehr gefördert. Ebenfalls nicht im Angebot befinden sich Maßnahmen im Rahmen zum „Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichen Produktionspotential sowie geeignete vorbeugende Aktionen“.

Schleswig-Holstein (SH)

Schleswig-Holstein fördert einige Maßnahmen mit einem expliziten Hochwasserschutzbezug. Im Rahmen der Richtlinie zum Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichen Produktionskapital sowie geeignete vorbeugende Maßnahmen sind auch Maßnahmen zur Verhütung von Hochwasserschäden vorgesehen. Die geförderten Maßnahmen sind jedoch zumeist baulicher Art und an Wasser- und Bodenverbände gerichtet. Ebenfalls an Verbände und Körperschaften des öffentlichen Rechts richtet sich die „Förderung zur Erhaltung und Verbesserung des ländlichen Erbes – Naturschutz und Landschaftspflege“. Unter Bezug auf die Wasserrahmenrichtlinie werden verschiedene, nicht näher spezifizierte Maßnahmen und Konzeptentwicklungen zu deren Umsetzung gefördert, die auch die Anlage von Feldgehölzen, Knicks und Hecken beinhalten können. Ein weiterer Teil der „Richtlinie zur Erhaltung und Verbesserung des ländlichen Erbes – WRRL“ bezieht sich auf die Wasserrahmenrichtlinie und fördert investive Maßnahmen zur naturnahen Gestaltung von Fließgewässern und zur Wiedervernässung von Niedermooren. Ohne direkt auf Hochwasserschutz einzugehen zielt die Förderung u. a. auf die Verminderung der Einträge von Nährstoffen in die Gewässer durch die Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung der angrenzenden Flächen, Verbesserung der Durchgängigkeit der Gewässer und der Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft. Primäre Zuwendungsempfänger sind wieder das Land, Körperschaften des öffentlichen Rechts und Unterhaltspflichtige an Gewässern. Im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen wird der Gewässerschutz auch über die Landwirte selber gefördert. Die Maßnahme zur Reduzierung von Stoffeinträgen in Gewässer fördert Untersaat und Zwischenfrüchte, Schonstreifen entlang von Gewässern und die verbesserte Stickstoffausnutzung aus flüssigem Wirtschaftsdünger – zusammengefasst in der Richtlinie zur Reduzierung der Stoffeinträge in Gewässer.

In der Maßnahme Vertragsnaturschutz wird Grünland gefördert, mit dem Verweis auf die Verantwortung von Schleswig-Holstein für die natürlichen und naturnahen Lebensräume einschließlich der schutzwürdigen Uferbereiche. Die Maßnahme möchte einen Beitrag zur Sicherung einer nachhaltigen Landbewirtschaftung beitragen. Insgesamt bietet Schleswig-Holstein relativ hohe Zuwendungen für die Maßnahme zwi-

schen 85 und 450 Euro – je nach Vertragsart und erfüllten Bedingungen der Aufwandsreduzierung bei Düngemitteln und niedrigen Viehbesatzstärken. Dagegen wird die Grünlandförderung im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen lediglich gering gefördert mit einem Satz von 35 Euro pro Hektar.

Einige Förderungen wie die Modulation² und betriebliche Grünlandextensivierung laufen aus und können nicht mehr neu beantragt werden. Modulation hatte unter anderem die Winterbegrünung (zum Zweck des Erosions- und Gewässerschutzes durch Bodenbedeckung im Herbst und Winter) und Mulchsaat-, Direktsaat- und Mulchpflanzverfahren (zum Zweck der Verringerung von Bodenerosion und Stoffeinträgen in die Gewässer) im Programm. Wahrscheinlich sind beide Maßnahmen in anderen Richtlinien subsumiert worden.

Saarland (SL)

Das Bundesland Saarland verfügt über eine Reihe von Maßnahmen, mit direktem Hochwasserbezug. So sind einige Förderungen im Rahmen der saarländischen Agrarumweltmaßnahmen begrenzt auf Flächen in Überschwemmungsgebieten. Dies betrifft vor allem die Förderung von Mulch- und Direktsaatverfahren, von Zwischenfruchtanbau und Zwischensaat, von umweltfreundlicher Gülleausbringung und von mehrjähriger Flächenstilllegung. Laut den Zuwendungsvoraussetzungen ist die Gewährung der finanziellen Unterstützung begrenzt auf die Einzugsgebiete der Oberflächenwasserkörper, die infolge landwirtschaftlicher Einflüsse als gefährdet eingestuft wurden und in denen ohne zusätzlich Maßnahmen die Umweltziele der WRRL bis zum Jahr 2015 nicht erreicht werden sowie auf Überschwemmungsgebieten gemäß Paragraf 31b des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG). Diese Einschränkung stellt eine Besonderheit vom Saarland im Bundesvergleich dar.

In der „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen des naturgemäßen Wasserbaus und der Gewässerentwicklung“ sind die naturnahe Gestaltung von Gewässern einschließlich ihrer Gewässerrandstreifen zur Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft, die Wiederherstellung und Fortentwicklung naturnaher Gewässerauen einschließlich von Auenwäldern, die Anlage von Gewässerrandstreifen und Schutzpflanzungen zur Verminderung von Stoffausträgen und Bodenabtrag und dergleichen mehr Gegenstand der Förderung. Zuwendungsempfänger sind auch hier vor allen Dingen die Körperschaften des öffentlichen Rechts.

Weitere Fördermaßnahmen wie Dauergrünland und ökologischen Landbau oder Erstaufforstung wirken indirekt positiv auf den Hochwasserschutz. Die Förderung vom artenreichen Dauergrünland erfährt eine Förderung von 216 Euro pro Hektar.

² Modulation ist ein Begriff, der für die Umverteilung von Mitteln der EU-Agrarförderung von der 1. Säule zur 2. Säule verwendet wird. In Schleswig-Holstein trägt auch ein auslaufendes Förderprogramm diesen Namen.

Sachsen (SN)

Das Bundesland Sachsen hat eine ganze Reihe von Maßnahmen mit explizitem Bezug zum Hochwasserschutz. Seit dem 31. Juli 2007 gibt es eine Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes und des präventiven Hochwasserschutzes. Die sehr breite Palette an Fördergegenständen umfasst von der Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten über bauliche Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes und Maßnahmen der Verbesserung des natürlichen Wasserrückhaltevermögens in Überschwemmungsgebieten bis zu Maßnahmen der Ausbildung und Fortbildung. Ungleich anderen ähnlich gestalteten Förderprogrammen anderer Bundesländer fördert Sachsen im Rahmen der Maßnahme neben den Gemeinden und Verwaltungsverbänden auch kleine und mittlerer Unternehmen und natürliche und juristische Personen des privaten Rechts. Damit öffnet Sachsen die Förderung auch direkt für Landwirte, sofern sie die Bedingungen erfüllen.

Auch die Förderrichtlinie Wasserwirtschaft enthält explizite Zielsetzungen für den Hochwasserschutz und die -schadensbeseitigung. Förderfähig sind neben Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr, Instandsetzungs- und Ersatzmaßnahmen auch Hochwasserschutzvorhaben wie der Erwerb von Retentionsflächen, Baumaßnahmen sowie die Anschaffung mobiler Vorrichtungen zum technischen Hochwasserschutz.

Darüber hinaus fördert Sachsen weitere Maßnahmen, die einen direkten Bezug zum Hochwasserschutz aufweisen: Ansaat von Zwischenfrüchten sowie Anbau von Untersaaten, Dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung. Als eine Voraussetzung zur Gewährung dieser Förderung müssen im 1. Jahr min. 50 % und ab dem 2. Jahr min. 30 % der nach dieser Maßnahme bewirtschafteten Gesamtfläche des Antragstellers in der Gebietskulisse Wasserrahmenrichtlinie/Hochwasserschutz des Freistaats Sachsen liegen. Außerdem zielt die Maßnahme der „Ökologischen Waldvermehrung“ ebenfalls im Rahmen der Förderrichtlinie Agrarumweltmaßnahmen und Waldmehrung auf den Schutz vor Hochwasser und Bodenerosion.

Neben diesen expliziten Bezügen werden auch bei der Förderung der „Naturschutzgerechten Bewirtschaftung und Gestaltung von Ackerflächen“ sowie der „extensiven Grünlandwirtschaft und naturschutzgerechten Grünlandbewirtschaftung und Pflege“ Maßnahmen mit positiver Wirkung auf den Hochwasserschutz beschrieben. Die Grünlandförderung zeichnet sich zudem durch relativ hohe Zuwendungen in Höhe von 108 bis 545 Euro pro Hektar aus – je nach ergriffenen Maßnahmen.

Sachsen-Anhalt (ST)

Sachsen-Anhalt hat in seinen Fördermaßnahmen keinen konkreten Hochwasserbezug. Lediglich zwei Mal zielen die angebotenen Maßnahmen auf den Erosionsschutz: bei der Förderrichtlinie „ländlicher Wegebau außerhalb von Bodenordnungsverfahren“ und bei der „Richtlinie umweltschonender Anbau“. Während die erste Richtlinie

Körperschaften des öffentlichen Rechts adressiert, richtet sich die Förderung umweltschonenden Anbaus an Landwirte und Winzer. Bei Letzteren wird auch das Ziel des Erosionsschutzes im Rahmen von Weinanbau in Direktzulagen und in Steillagen formuliert.

Indirekte Hochwasserschutzwirkungen können durch Maßnahmen der Erstaufforstung, der Maßnahmen zum Vertragsnaturschutz, der extensiven Produktionsverfahren bei Ackerkulturen oder bei Dauerkulturen sowie der Förderung extensiver Grünlandnutzung erzielt werden. Beide letztere Richtlinien sind zum Zeitpunkt dieser Zusammenfassung noch nicht veröffentlicht.

Thüringen (TH)

In Thüringen konnten die meisten Maßnahmen identifiziert werden, die einen möglichen positiven Bezug zum Hochwasserschutz aufweisen, 34 an der Zahl. Der allergrößte Teil der Maßnahmen entfällt auf das Kulturlandschaftsprogramm (KULAP). Hier werden insbesondere Naturschutzmaßnahmen gefördert, wobei eine ganze Reihe von Maßnahmen direkten Bezug zu Erosions- und Gewässerschutz: Artenreiches Grünland, Hecken und Schutzpflanzungen, Blühflächen und Blühstreifen, Anlage von Uferrandstreifen, Reduzierung des Stoffaustrags, Anbau von Zwischenfrüchten/Untersaaten, Anwendung von Mulch- oder Direktsaat und die Teichlandschaftspflege. Zwei weitere Maßnahmen jenseits von KULAP weisen ebenfalls das Förderziel Gewässerschutz auf: „Förderung von Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege in Thüringen“ und die Naturnahme Gewässerentwicklung.

Hochwasserschutz ist nur bei zwei Maßnahmen explizit Förderungsziel. Beide Richtlinien richten sich eher an Land und Körperschaften des öffentlichen Rechts als unterhaltspflichtige an Gewässern. Landwirte selber sind weniger Zuwendungsadressaten. Eine weitere Maßnahme fördert die Umwandlung von Ackerland in Grünland ist speziell an Überschwemmungsgebiete gekoppelt. Die Maßnahme erfährt eine besonders hohe Förderung mit 491 Euro/ha.

Tab. 4-3: Überblick über die Maßnahmen der Bundesländer mit Zielausrichtung auf Hochwasser- und Überschwemmungsschutz und Gewässer- und Erosionsschutz

	Hochwasser- und Überschwemmungsschutz	Gewässer- und Erosionsschutz
BB	Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichen Produktionspotenzial sowie geeignete vorbeugende Aktionen	Verbesserung Landschaftswasserhaushalt Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und Zahlungen im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie Naturschutzgroß- und Gewässerrandstreifenprojekte
BE	Wiederaufbau von durch Naturkatastro-	Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und

	Hochwasser- und Überschwemmungsschutz	Gewässer- und Erosionsschutz
	phen geschädigtem landwirtschaftlichen Produktionspotenzial sowie geeignete vorbeugende Aktionen	Zahlungen im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie Naturschutzgroß- und Gewässerrandstreifenprojekte
BR	Hochwasserschutz im Binnenland	Begleitende Maßnahmen zur Schutz der Gewässer Grundwasser schonende Landwirtschaft
BW	Förderrichtlinien Wasserwirtschaft 2009 FrWw 2009	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung SchALVO für Wasserschutzgebiete
BY	KULAP-A: Maßnahme 2.3 Extensive Grünlandnutzung entlang von Gewässern und sonstigen sensiblen Gebieten KULAP-A: Maßnahme 2.5 Extensive Weidenutzung durch Schafe und Ziegen Erstaufforstung landwirtschaftlicher Flächen Richtlinien für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben (RZWas 2005) Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichem Produktionspotenzial sowie geeignete vorbeugende Aktionen – Hochwasserschutz	KULAP-A: Maßnahme 2.1 Umweltorientierte Dauergrünlandnutzung KULAP-A: Maßnahme 2.2 Grünlandextensivierung durch Mineraldüngerverzicht KULAP-A: Maßnahme 2.4 Mahd von Steilhangwiesen KULAP-A: Maßnahme 3.2 Winterbegrünung KULAP-A: Maßnahme 3.3 Mulchsaatverfahren KULAP-A: Maßnahme 3.4 Umwandlung von Ackerland in Grünland entlang von Gewässern und sonstigen sensiblen Gebieten KULAP-A: Maßnahme 3.5 Grünstreifen zum Gewässer- und Bodenschutz KULAP-A: Maßnahme 4.2 Streuobstbau KULAP-A: Maßnahme 4.3 Umweltgerechter Weinbau in Steil- und Terrassenlagen Förderrichtlinien für Naturschutzgroßprojekte Erhaltung und Verbesserung des ländlichen Erbes
HE		HIAP: Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten (Winterbegrünung) HIAP: Anlage von Blühflächen oder Schonstreifen
HH		Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten im Ackerbau oder Begrünung von Dauerkulturen Anwendung von Mulch- oder Direktsaat oder Mulchpflanzverfahren im Ackerbau Schutz und Entwicklung von Flächen mit hohem Naturwert
MV	Gewässer- und Feuchtlebensräume Naturschutzgerechte Grünlandbewirt-	Landschaftspflege Naturnahe Gewässerentwicklung – (GAK)

	Hochwasser- und Überschwemmungsschutz	Gewässer- und Erosionsschutz
	schaftung	Anwendung von Erosion mindernden Produktionsverfahren des Ackerfütterbaus Integrierter Obst- und Gemüseanbau Nachhaltige Entwicklung von Lebensräumen
NI	Hochwasserschutz im Binnenland	Fließgewässerentwicklung im Sinne der EG WRRL Begleitende Maßnahmen zur Schutz der Gewässer Grundwasser schonende Landwirtschaft
NRW		Aktionsprogramms zur naturnahen Entwicklung der Gewässer 2. Ordnung in NRW Uferrandstreifen Vertragsnaturschutz
RP	Umwandlung einzelner Ackerflächen in Grünland	Umweltschonender Steil- und Steilstlagenweinbau Vertragsnaturschutz Grünland – Umwandlung von Ackerland in artenreiches Grünland
SH	Maßnahmen zur Verhütung von Hochwasserschäden	Naturschutz und Landschaftspflege WRRL – Naturnahe Gestaltung von Fließgewässern, Wiedervernässung von Niedermooren AUM: Reduzierung der Stoffeinträge in Gewässer AUM: Vertragsnaturschutz
SL	(SAUM) Mulch- und Direktsaatverfahren (SAUM) Zwischenfruchtanbau und Zwischensaaten (SAUM) Umweltfreundliche Gülleausbringung (SAUM) Mehrjährige Stilllegung	Gewässerentwicklung
SN	Förderrichtlinie Gewässer/Hochwasserschutz Förderrichtlinie Wasserwirtschaft Stoffeintragsminimierende Bewirtschaftung Ökologische Waldmehrung	
ST		Ländlicher Wegebau außerhalb von Bodenordnungsverfahren Richtlinie Umweltschonender Anbau

	Hochwasser- und Überschwemmungsschutz	Gewässer- und Erosionsschutz
TH	<p>Wiederaufbau von durch Naturkatastrophen geschädigtem landwirtschaftlichem Produktionspotenzial sowie geeignete vorbeugende Aktionen</p> <p>KULAP N5 – Umwandlung Ackerland in Grünland</p>	<p>KULAP L4 – Artenreiches Grünland</p> <p>KULAP L6 - Förderung der Pflege von Hecken und Schutzpflanzungen</p> <p>KULAP L31 – Förderung von Blühflächen oder Blühstreifen auf dem Ackerland</p> <p>KULAP L33 – Förderung der Anlage von Uferrandstreifen</p> <p>KULAP W1 – Reduzierung des Stickstoffaustrages</p> <p>KULAP W21 – Anbau von Zwischenfrüchten/Untersaaten</p> <p>KULAP W22 – Anwendung von Mulch- oder Direktsaat oder Mulchpflanzverfahren im Ackerbau</p> <p>KULAP N6 – Teichlandschaftspflege</p> <p>Förderung von Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege in Thüringen (NALAP)</p> <p>Naturnahe Gewässerentwicklung</p>

Anmerkung: Auch wenn die gleichen Maßnahmen in verschiedenen Bundesländern implementiert werden, werden sie häufig mit einer anderen Zielsetzung verknüpft. So findet sich die Maßnahme der Mulch- und Direktsaat mal in Verbindung mit Hochwasser, mal mit Erosionsschutz und mal ganz ohne relevante Bezugsetzung. Grundlage der Einstufung hier war die explizite Bezugsetzung in der Maßnahmenbeschreibung der Länder. Nicht auszuschließen ist, dass sich die Bezugsetzung als Konsequenz der EU-Hochwasserschutzrichtlinie im Verlauf des Projekts noch ändern wird.

4.1.3.1.7 Resümee

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwar die meisten Bundesländer Maßnahmen zur Förderung ausgeschrieben haben, die einen expliziten Hochwasserschutz (bzw. Überschwemmungsschutz) aufweisen. Viele dieser Maßnahmen sind jedoch baulicher Art und richten sich zumeist an Körperschaften des öffentlichen Rechts wie Wasser- und Bodenverbände, seltener an Landwirte als Privatpersonen oder Unternehmer. Häufiger sind hier Richtlinien mit explizitem Bezug zu Erosionsschutz und Gewässerschutz. Bei letzterem werden häufiger Körperschaften des öffentlichen Rechts und vor allem Wasser- und Bodenverbände als Zuwendungsempfänger adressiert. Die Erosionsschutzmaßnahmen richten sich dagegen meist an die Landwirte selber.

Insgesamt zeigt sich so, dass bisher die Landwirte nur relativ wenig direkt für den Hochwasserschutz in Verantwortung genommen werden bzw. ihnen entsprechendes

Verhalten nahe gelegt wird. Für die Bearbeitung des 2. Projektteils von MinHorLam sind diese sowie die an Behörden gerichteten Maßnahmen von grundlegendem Interesse. Auch dort, wo die Behörden oder Wasser- und Bodenverbände Adressaten der Maßnahmen sind, so sind diese für die Durchführung häufig auf die Zusammenarbeit mit Landwirten angewiesen.

Auffällig ist weiter, dass die Fördermaßnahmen der Bundesländer nur einen Teil der auf Expertenbasis als wirksam identifizierten Maßnahmen (Anhang B3 (Abschn. 1.1)) zum nicht-strukturellen Hochwasserschutz anbieten. Ein großer Teil der Maßnahmen findet überhaupt keine Würdigung in der Förderlandschaft.

Eine Erklärung könnte in der jungen EU-Hochwasserschutzrichtlinie liegen. Die EU-Richtlinie, die chronologisch die Grundlage für die Implementierung von Bundesgesetzen und den Programmen zur Verteilung von EU und Bundes Fördermittel stehen sollte, war zum Untersuchungszeitpunkt die jüngste Neuerung. Damit ist zumindest zum Teil zu erklären, warum relativ wenige Maßnahmen in den Förderkatalogen der Bundesländer nicht-strukturellen Hochwasserschutz im Agrarbereich fördern. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der EU-Hochwasserschutzrichtlinie im Oktober 2007 waren die vorhandenen Mittel bereits auf die Förderprogramme aufgeteilt. Abzuwarten bleibt, ob die bereits vorhandenen Fördertöpfe um die Zielsetzung des Hochwasserschutzes ergänzt werden oder ob sogar zusätzliche Maßnahmen mit der speziellen Ausrichtung formuliert werden, die dann Möglicherweise auch mit zusätzlichen Geldern bestückt werden.

4.1.3.2 Ergebnisse der repräsentativen Befragung

4.1.3.2.1 Charakterisierung der Stichprobe

Insgesamt wurden 973 Personen in ganz Deutschland angeschrieben. Abzüglich der Personen, die sich als nicht zuständig erklärt haben oder die unsere Mails nicht erreicht haben, wurden 861 Personen erfolgreich kontaktiert und um die Teilnahme an der Befragung gebeten. 309 Personen haben den Fragebogen komplett ausgefüllt. Der Rücklauf entspricht einer Quote von 36 %. Die Tab. 4-4 zeigt die Verteilung der Rücklaufquote und die Anzahl der (gültig) kontaktierten Personen in den unterschiedlichen Bundesländern.

Die Teilnehmerzahl in den verschiedenen Bundesländern ist sehr unterschiedlich und entspricht nicht der Größe der Bundesländer. Dies liegt zum einen an der unterschiedlichen Anzahl der Kontakte aber auch an sehr unterschiedlichen Rücklaufquoten aus den Bundesländern. Vor allem Thüringen hat eine geringe Rücklaufquote. Auch der Anteil der Teilnehmer aus Nordrhein-Westfalen entspricht nicht dem größten Bundesland Deutschlands.

Tab. 4-4: Der Rücklauf nach Bundesländern („kontaktiert“ bezieht sich nur auf die gültigen Kontakte)

	ausgefüllt	kontaktiert	Rücklaufquote
Baden-Württemberg	51	94	54,26 %
Bayern	32	113	28,32 %
Berlin	1	4	25,00 %
Brandenburg	32	67	47,76 %
Bremen	5	6	83,33 %
Hamburg	1	3	33,33 %
Hessen	42	84	50,00 %
Mecklenburg-Vorpommern	17	48	35,42 %
Niedersachsen	18	76	23,68 %
Nordrhein-Westfalen	22	80	27,50 %
Rheinland-Pfalz	15	55	27,27 %
Saarland	6	14	42,86 %
Sachsen	26	97	26,80 %
Sachsen-Anhalt	18	38	47,37 %
Schleswig-Holstein	14	31	45,16 %
Thüringen	9	51	17,65 %
Gesamt	309	861	35,89 %

Die Tab. 4-5 zeigt die Verteilung der Teilnehmer nach Bundesländern und Flusseinzugsgebieten. Insgesamt repräsentiert die Verteilung der Teilnehmerzahlen per Flusseinzugsgebiet in etwa die Größe der Flusseinzugsgebiete. Nicht in allen Fällen scheint die Zuordnung zum Flusseinzugsgebiet bekannt zu sein. Fünf Teilnehmer haben sich Flusseinzugsgebieten zugeordnet, die nicht durch das durch sie angegebene Bundesland fließen (Brandenburg: Donau, Bremen: Elbe und Ems, Hessen: Ems und Niedersachsen: Oder).

Die Altersstruktur der Teilnehmer zeigt ein Übergewicht an älteren Personen, die an der Befragung teilgenommen haben. Über die Hälfte der Befragten ordnete sich der Altersgruppe der 50-59 Jährigen zu (51 %), weitere 12 % der Altersgruppe der 60-69 Jährigen. Nur 7 % gaben an, jünger als 40 zu sein.

Bei der Geschlechtsverteilung ist ein deutliches Übergewicht an männlichen Teilnehmern zu verzeichnen: 13 % Frauen zu 87 % Männern. Das gilt insbesondere für die alten Bundesländer. In allen 5 neuen Bundesländern ist der Anteil weiblicher Befragter überdurchschnittlich hoch, zwischen 29 % in Mecklenburg-Vorpommern und 17 % in Sachsen-Anhalt. Besonders niedrig ist der Anteil der Frauen in den Bundesländern Bayern (6 %), Hessen, Schleswig-Holstein (jeweils 7 %) sowie Baden-Württemberg (8 %).

Tab. 4-5: Einzugsgebiete im Verantwortungsbereich der Teilnehmer in den Bundesländern
(Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente)

	BW	BY	BE	BB	BR	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Donau	15 37 %	25 61 %	-	1 2 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42 100 %
Eider	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 100 %	-	7 100 %
Elbe	-	4 4 %	1 1 %	26 25 %	1 1 %	1 1 %	-	9 9 %	5 5 %	-	-	-	25 24 %	18 17 %	8 8 %	8 8 %	106 100 %
Ems	-	-	-	-	1 5 %	-	1 5 %	-	9 47 %	8 42 %	-	-	-	-	-	-	18 100 %
Maas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 100 %	-	-	-	-	-	-	9 100 %
Oder	-	-	-	14 67 %	-	-	-	2 10 %	1 5 %	-	-	-	4 19 %	-	-	-	21 100 %
Rhein	44 33 %	15 11 %	-	-	-	-	35 26 %	-	-	17 13 %	15 11 %	6 4 %	-	-	-	3 2 %	135 100 %
Schlei/ Trave	-	-	-	-	-	-	-	3 27 %	-	-	-	-	-	-	8 73 %	-	11 100 %
Warnow/ Peene	-	-	-	-	-	-	-	16 100 %	-	-	-	-	-	-	-	-	16 100 %
Weser	-	1 2 %	-	-	5 10 %	-	19 38 %	-	11 22 %	7 14 %	-	-	-	2 4 %	-	5 10 %	50 100 %
Weiß nicht	-	-	-	1 100 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 100 %
	59	45	1	42	7	1	55	30	26	41	15	6	29	20	23	16	416

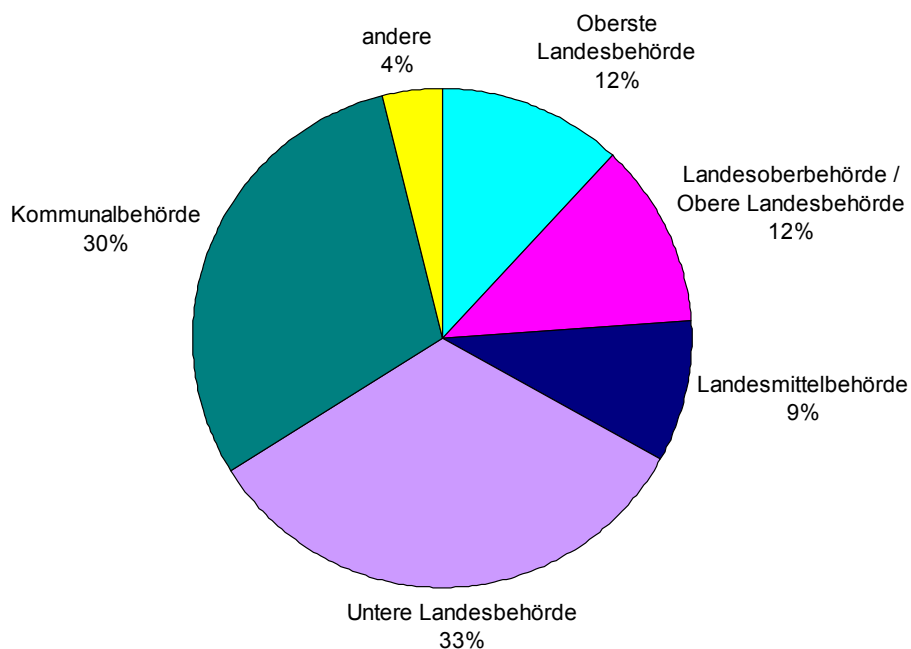


Abb. 4-1: Zugehörigkeit zu den behördlichen Verantwortungsebenen (Angegeben sind die gültigen Prozentwerte)

Die Stichprobe enthält Teilnehmer von allen behördlichen Ebenen. Der Anteil der Mitglieder von der Kommunalebene und den unteren Landesbehörden liegt bei jeweils ca. 1/3. Da viele Kommunalbehörden die Aufgaben der unteren Landesbehörden wahrnehmen, kann der Anteil der beiden Gruppen zusammengefasst werden. Damit wären 2/3 der Befragten von den untersten Landesbehörden und das übrige Drittel von den obersten, oberen und mittleren Behördenebenen (Abb. 4-1).

Die Verteilung der Bereiche, für welche die Teilnehmer in ihren Behörden verantwortlich oder zumindest mitverantwortlich sind, zeigt ein Übergewicht an wasserwirtschaftlichen Aufgabenbereichen gegenüber den landwirtschaftlichen Aufgaben. 190 der 309 Teilnehmer sind zuständig für wasserwirtschaftliche Aufgaben, aber nur 118 für landwirtschaftliche Aufgaben.

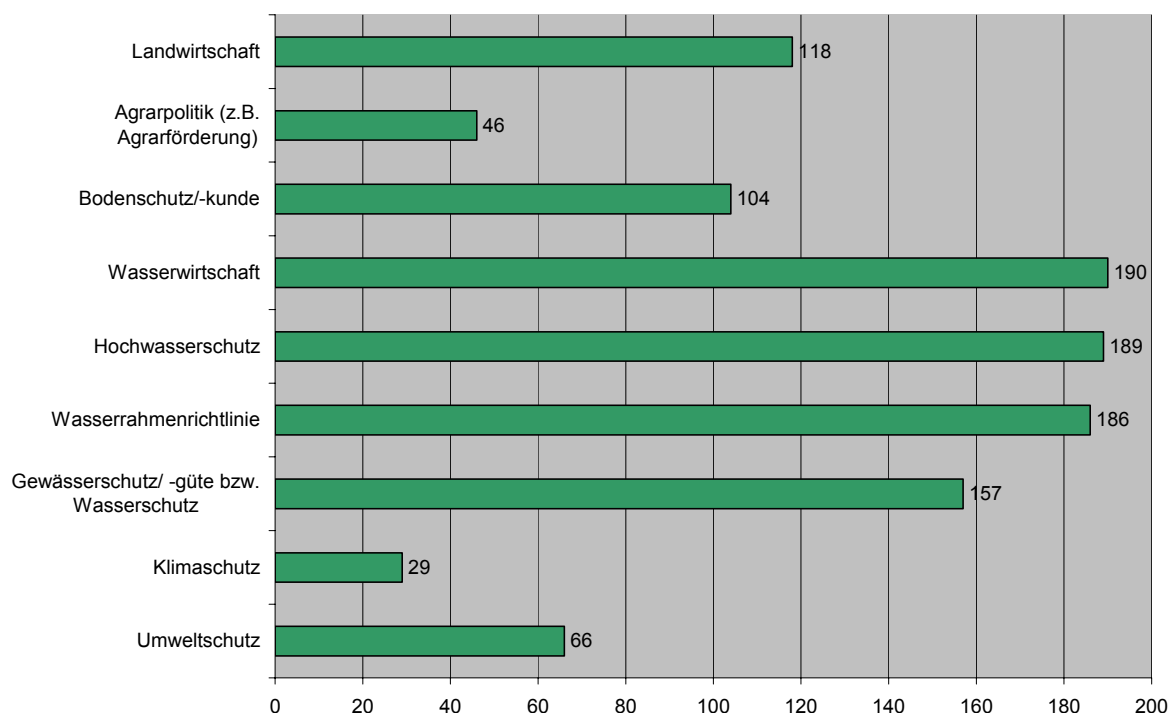


Abb. 4-2: Verantwortungsbereiche innerhalb der Behörden der Teilnehmer (Angegeben sind die absoluten Zahlen)

Die Selbstzuordnungen der Teilnehmer zu den jeweils angebotenen Verantwortungsbereichen (zuzüglich einer Auswertung der sonstigen Kategorie) wurden in Gruppen zusammengefasst. Es wurden drei reine Gruppen und vier Mischgruppen gebildet. Die reinen Gruppen umfassen Teilnehmer, die entweder nur für Verantwortungsbereiche zuständig sind, die der Landwirtschaft zuzuordnen sind (Landwirtschaft, Agrarpolitik (z. B. Agrarförderung) und Bodenschutz/-kunde), nur der Wasserwirtschaft (Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz, Wasserrahmenrichtlinie und Gewässerschutz/-güte bzw. Wasserschutz) oder nur dem Natur/- bzw. Umweltschutz (Klimaschutz und Umweltschutz). Die Mischgruppen umfassten Personen, deren Verantwortungsbereich in mehreren Gruppen angesiedelt ist: Landwirtschaft und

Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Naturschutz, Wasserwirtschaft und Naturschutz oder alle drei Gruppen gleichzeitig. Nach dieser Einordnung ordneten sich 52 Teilnehmer (17 %) lediglich dem Verantwortungsbereich der Landwirtschaft und 102 (33 %) dem Verantwortungsbereich der Wasserwirtschaft zu. In den Mischgruppen sind 70 (23 %) Teilnehmer dem Bereich Landwirtschaft und Wasserwirtschaft, 12 (4 %) dem Bereich Landwirtschaft und Naturschutz, 21 (7 %) dem Bereich Wasserwirtschaft und Naturschutz und 52 (17 %) allen drei Bereichen zugeordnet.

Ein Ausschlusskriterium für die Teilnahme an der Befragung war die Relevanz des Hochwasser-Themas in der behördlichen Arbeit des Befragten. Für ein knappes Drittel spielt Hochwasser eine sehr große Rolle und für gut 45 % ist Hochwasser ein Thema unter vielen. Für diejenigen, die mit wasserwirtschaftlichen Aufgaben in der Behörde betraut sind, spielt Hochwasser häufiger eine sehr große Rolle (Wasserwirtschaft: 43,2 %, Hochwasserschutz: 48,1 %, Gewässerschutz: 36,3 %, Wasserrahmenrichtlinie: 34,4 %:) als bei denjenigen, die ausschließlich für landwirtschaftliche Aufgaben zuständig sind (Landwirtschaft: 6,8 %, Bodenschutz: 21,2 %, Agrarpolitik 10,9 %). Am häufigsten spielt das Hochwasser eine sehr große Rolle bei den Personen, die mit Klimaschutz befasst sind: 55,2 %.

Tab. 4-6: Antworten auf die Frage „Spielt das Thema Hochwasser in Ihrer behördlichen Arbeit eine Rolle?“ (Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente)

	Häufigkeiten	gültige Prozente
Ja, Hochwasser spielt eine sehr große Rolle	96	31,1
Ja, es ist ein Thema unter mehreren	140	45,3
Ja, allerdings lediglich am Rande	72	23,3
Nein, gar nicht	1	0,3
	309	100,0

4.1.3.2.2 Betroffenheit von Hochwasser

Ein größerer Fragenkomplex wurde der Beschreibung der Betroffenheit von Hochwassern innerhalb des räumlichen Zuständigkeitsgebiets gewidmet. Für die Beschreibung der vergangenen Hochwasser wurden die Teilnehmer gebeten, eine eigene Einschätzung abzugeben. Es war uns also weniger wichtig, die konkreten Zahlen aus Dokumenten zu erfragen, als vielmehr die individuell wahrgenommenen Bedrohungen. Nach dem Ansatz der kognitiven Dissonanz aus der Sozialpsychologie (Festinger, 1957) wird die Erinnerung an Ereignisse von den zugrundeliegenden Einstellungen beeinflusst. Werden vergangene Hochwasser als häufig und stark wahrgenommen, können hieraus Rückschlüsse über eine insgesamt auch hohe Risikowahrnehmung getroffen werden. Diese Rückschlüsse sind verlässlicher, wenn

nach der eigenen Einschätzung vergangener Hochwasser als nach den konkreten Zahlen gefragt wird. Gleichzeitig müssen die Auswertungen auch als Einschätzungen der Behördenmitarbeiter betrachtet werden und sollten nicht als Beschreibung der tatsächlichen Qualität und Quantität vergangener Hochwasser betrachtet werden – auch wenn Einschätzungen und reale Zahlen nicht weit auseinander liegen müssen.

Für die Beschreibung der Betroffenheit von Hochwassern haben wir die Teilnehmer nach der Hochwasser-Gebietskulisse in ihrem Zuständigkeitsgebiet gefragt. Lediglich 6,5 % gaben an, aus einem reinen Hochwasserentstehungsgebiet zu kommen. Fast die Hälfte der Teilnehmer hat sich sowohl den Hochwasserentstehungsgebieten als auch den Überschwemmungsgebieten zugeordnet. Knapp 40 % gaben an, dass ihr Zuständigkeitsgebiet ganz in die Gebietskulisse Überschwemmungsgebiet fällt. Dabei ist die Zahl derer, die sich einem reinen Hochwasserentstehungsgebiet zugehörig fühlten mit 20 Teilnehmern wesentlich niedriger als die Zahl der Teilnehmer, die sich der Gebietskulisse Überschwemmungsgebiet (123 Personen) bzw. beiden Gebietskulissen gleichermaßen (151 Personen) zugeordnet haben. Grundsätzlich beschrieben die Teilnehmer aus den nördlichen Bundesländern ihr Zuständigkeitsgebiet prozentual häufiger als reines Überschwemmungsgebiet (Mecklenburg-Vorpommern: 70,6 %, Niedersachsen: 55,6 %, Brandenburg: 71,9 %), als Teilnehmer aus den südlichen Bundesländern (Baden-Württemberg: 27,5 %, Bayern: 18,8 %, Saarland: 16,7 %).

Die Teilnehmer sahen sich in den letzten 20 Jahren relativ häufig starken Hochwassern in ihren Zuständigkeitsgebieten ausgesetzt. Die Tab. 4-8 zeigt die Häufigkeiten der Hochwasserereignisse ausgewertet nach den zuständigen Flusseinzugsgebieten und Bundesländern der Teilnehmer. Besonders hoch haben die Teilnehmer am Rhein, und hier vor allem in Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz die Häufigkeit der Hochwasser eingeschätzt. 50 % der Teilnehmer im bayerischen und jeweils 33 % im hessischen und rheinland-pfälzischen Einzugsgebiet des Rheins haben die Häufigkeit als 11-20 Mal und häufiger als 20 Mal eingeschätzt. Ebenfalls hoch ist die Häufigkeit der Hochwasser im Flusseinzugsgebiet der Donau in Baden-Württemberg und in Bayern eingeschätzt worden. Jeweils ca. 33 % haben 11-20 Mal oder häufiger als 20 Mal Hochwasser erfahren. Wegen der insgesamt geringen Fallzahlen bei einzelnen Bundesländern und Flusseinzugsgebieten kann eine Verallgemeinerung der Auswertung nur bedingt vorgenommen werden. Einzelne Ausreißer verzerren bei geringen Fallzahlen schnell das Ergebnis.

Tab. 4-7: Beschreibung des räumlichen Zuständigkeitsgebiets im Hinblick auf die Gebietskulissen Hochwasserentstehungsgebiet bzw. Überschwemmungsgebiet. Angegeben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente.

	Hochwasserentstehungsgebiet	Überschwemmungsgebiet	Beides gleichermaßen	Weder noch	<i>Weiß nicht</i>
BW	6 11,8 %	14 27,5 %	27 52,9 %	4 7,8 %	-
BY	4 12,5 %	6 18,8 %	20 62,5 %	1 3,1 %	1 3,1 %
BE	-	-	-	1 100,0 %	-
BB	-	23 71,9 %	8 25,0 %	-	1 3,1 %
BR	-	4 80,0 %	1 20,0 %	-	-
HH	-	-	1 100,0 %	-	-
HE	2 4,8 %	12 28,6 %	26 61,9 %	1 2,4 %	1 2,4 %
MV	-	12 70,6 %	3 17,6 %	2 11,8 %	-
NI	2 11,1 %	10 55,6 %	6 33,3 %	-	-
NW	-	4 18,2 %	16 72,7 %	2 9,1 %	-
RP	-	6 40,0 %	8 53,3 %	1 6,7 %	-
SL	-	1 16,7 %	5 83,3 %	-	-
SN	4 15,4 %	12 46,2 %	10 38,5 %	-	-
ST	-	9 50,0 %	9 50,0 %	-	-
SH	-	6 42,9 %	8 57,1 %	-	-
TH	2 22,2 %	4 44,4 %	3 33,3 %	-	-
	20 6,5 %	123 39,8 %	151 48,9 %	12 3,9 %	3 1,0 %

Tab. 4-8: Häufigkeiten der HW-Ereignisse in den letzten 20 Jahren nach Flusseinzugsgebieten und Bundesländern in Prozent (grüner Wert: keine Hochwasser und 1-2 Mal, orangener Wert: 3-5 Mal und 6-10 Mal, roter Wert: 11-20 Mal und häufiger als 20 Mal)

	BW	BY	BE	BB	BR	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Donau	2 (13%) 8 (53%) 5 (33%)	1 (4%) 16 (64%) 8 (32%)	-	0 1 (100%) 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (7%) 25 (61%) 13 (31%)
Eider	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (14%) 4 (57%) 2 (29%)	-	1 (14%) 4 (57%) 2 (29%)
Elbe	-	0 2 (67%) 1 (33%)	0 1 (100%) 0	3 (12%) 19 (76%) 3 (12%)	0 1 (100%) 0	0 1 (100%) 0	-	3 (43%) 3 (43%) 1 (14%)	0 4 (80%) 1 (20%)	-	-	-	2 (8%) 16 (64%) 7 (28%)	1 (6%) 14 (78%) 3 (17%)	0 7 (88%) 1 (13%)	2 (25%) 6 (75%) 0	11 (11%) 74 (73%) 17 (17%)
Ems	-	-	-	-	0 1 (100%) 0	-	0 1 (100%) 0	-	2 (22%) 5 (56%) 2 (22%)	0 5 (71%) 2 (29%)	-	-	-	-	-	-	2 (11%) 13 (67%) 4 (22%)
Maas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (13%) 5 (63%) 2 (25%)	-	-	-	-	-	-	1 (13%) 5 (63%) 2 (25%)
Oder	-	-	-	3 (23%) 9 (69%) 1 (8%)	-	-	-	1 (50%) 1 (50%) 0	0 1 (100%) 0	-	-	-	0 3 (75%) 1 (25%)	-	-	-	4 (20%) 14 (70%) 2 (10%)
Rhein	9 (21%) 26 (61%) 8 (19%)	1 (7%) 6 (43%) 7 (50%)	-	-	-	-	2 (6%) 20 (61%) 11 (33%)	-	-	2 (13%) 10 (67%) 3 (20%)	0 10 (67%) 5 (33%)	1 (17%) 4 (67%) 1 (17%)	-	-	-	0 3 (100%) 0	15 (12%) 79 (61%) 35 (27%)
Schlei-/Trave	-	-	-	-	-	-	-	1 (50%) 0 1 (50%)	-	-	-	-	-	-	0 5 (63%) 3 (38%)	-	1 (10%) 5 (50%) 4 (40%)
Warnow/Peene	-	-	-	-	-	-	-	6 (43%) 7 (50%) 1 (7%)	-	-	-	-	-	-	-	-	6 (43%) 7 (50%) 1 (7%)
Weser	-	0 1 (100%) 0	-	-	0 2 (50%) 2 (59%)	-	2 (12%) 9 (53%) 6 (35%)	-	1 (9%) 7 (64%) 3 (27%)	0 5 (83%) 1 (17%)	-	-	-	0 2 (100%) 0	-	0 4 (80%) 1 (20%)	3 (7%) 30 (65%) 13 (28%)
Weiß nicht	-	-	-	0 1 (100%) 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 1 (100%) 0
	58	43	1	40	6	1	51	25	26	36	15	6	29	20	23	16	

Hinsichtlich der Art der Hochwasser, die im räumlichen Zuständigkeitsgebiet besonders häufig vorgekommen sind, gaben die meisten Teilnehmer an, gleichermaßen von Schmelzhochwassern im Winter/ Frühling und von Sommerhochwassern betroffen zu sein (43,2 %). Ebenfalls ein großer Teil der Teilnehmer hat eine Vorwiegende Betroffenheit von Schmelzhochwassern im Winter/Frühling angegeben (39,5 %). Lediglich ein kleiner Anteil der Teilnehmer von 11,8 % sah sich in seinem Zuständigkeitsgebiet vornehmlich von Sommerhochwassern betroffen. Zu den Ländern mit den häufigsten Nennungen gehören Bayern (29,0 %), Brandenburg (22,6 %) und Mecklenburg-Vorpommern (21,4 %). Die Bundesländer mit Schmelzhochwasser im Winter/ Frühling als häufigste Hochwasserart waren Bremen (75,0 %), Hessen (55,0 %), Rheinland-Pfalz (60,0 %), Saarland (100,0 %) und Sachsen-Anhalt (50,0 %). Interessant ist, dass Winter/ Frühlingshochwasser unabhängig von der Gebietskulisse des Zuständigkeitsbereichs als die häufigste Hochwasserart abgegeben wurden. Bei 40 % der Teilnehmer aus Hochwasserentstehungsgebieten und 43,5 % der Teilnehmer aus Überschwemmungsgebieten sind Winter/Frühlingshochwasser die häufigsten Hochwasser. Für ähnlich viele (40 % in Hochwasserentstehungsgebieten und 49,3 % in Überschwemmungsgebieten) kommen beide Hochwasserarten ungefähr gleich häufig vor. Überraschend ist, dass unabhängig von der Gebieteskulisse Sommerhochwasser seltener sind. Bei der Gebieteskulisse Überschwemmungsgebiet wurden Sommerhochwasser prozentual noch seltener genannt (12,2 %) als bei reinen Hochwasserentstehungsgebieten (15,0 %).

Die Teilnehmer gaben insgesamt sehr häufig an, von starken bis sehr starken Hochwasser betroffen worden zu sein. Über die Hälfte der Teilnehmer gaben an, in ihrem Zuständigkeitsbereich in den letzten 20 Jahren als stärkstes Hochwasser ein Hochwasser der Einstufung HQ_{100} oder mehr erlebt zu haben. Lediglich 11 % der Teilnehmer haben die höchste Jährlichkeit mit HQ_{20} oder niedriger angegeben. Besonders häufig genannt wurden die hohe Jährlichkeiten in Baden-Württemberg (56 % gaben HQ_{100} oder höher als stärkstes Hochwasser an), Bayern (55 %), Brandenburg (55 %), Sachsen (84 %), Sachsen-Anhalt (78 %) und Thüringen (88 %). Die durchschnittliche Höhe der Jährlichkeiten, die von den Teilnehmern angegebene wurden, übersteigt die statistisch erwartbare durchschnittliche Jährlichkeit über die Einzugsgebiete hinweg. Im Normalfall würde man die häufigsten Nennungen bei HQ_{20} oder HQ_{50} erwarten. Diese Verschiebung könnte zum einen durch eine Erhöhung des Hochwasserrisikos z. B. durch den Klimawandel begründet sein, durch einen zufälligen Anstieg der Hochwasser in den letzten Jahren (hier sind vor allem die Jahrhunderthochwasser an der Oder 1997 und an der Elbe 2002 zu nennen und die Hochwasser am Rhein 1999) oder durch eine besondere Motivation und Häufigkeit der Teilnahme von Behördenmitarbeitern aus besonders betroffenen Regionen.

Tab. 4-9: Beschreibung des räumlichen Zuständigkeitsgebiets im Hinblick auf die Gebietskulissen Hochwasserentstehungsgebiet bzw. Überschwemmungsgebiet. (Angaben sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente.)

	Winter/ Frühling Hochwasser	Sommer- hochwasser	Beides gleichermaßen	Andere Hochwasser	<i>Weiß nicht</i>
BW	17 34,0 %	3 6,0 %	27 54,0 %	2 4,0 %	1 2,0 %
BY	10 32,3 %	9 29,0 %	12 38,7 %	-	-
BE	-	-	-	-	1 100,0 %
BB	10 32,3 %	7 22,6 %	13 41,9 %	1 3,2 %	-
BR	3 75,0 %	-	1 25,0 %	-	-
HH	-	1 100,0 %	-	-	-
HE	22 55,0 %	1 2,5 %	16 40,0 %	-	1 2,5 %
MV	6 42,9 %	3 21,4 %	3 21,4 %	2 14,3 %	-
NI	7 41,2 %	-	8 47,1 %	1 5,9 %	1 5,9 %
NW	9 45,0 %	3 15,0 %	7 35,0 %	-	1 5,0 %
RP	9 60,0 %	1 6,7 %	5 33,3 %	-	-
SL	6 100,0 %	-	-	-	-
SN	3 11,5 %	5 19,2 %	18 69,2 %	-	-
ST	9 50,0 %	1 5,6 %	8 44,4 %	-	-
SH	3 21,4 %	-	7 50,0 %	4 28,6 %	-
TH	3 37,5 %	1 12,5 %	3 37,5 %	1 12,5 %	-
	117 39,5 %	35 11,8 %	128 43,2 %	11 3,7 %	5 1,7 %

Lediglich 13 % der Befragten sind der Ansicht, in Ihrem Zuständigkeitsgebiet sei man ausreichend auf zukünftige Hochwasser vorbereitet. Fast die Hälfte sieht noch einige Anpassungsanstrengungen als erforderlich und ein weiteres gutes Viertel gibt an, dass noch einige geringe Anpassungsanstrengungen notwendig seien. Vor allem die Teilnehmer in Bayern geben überdurchschnittlich häufig den Bedarf an großen Anpassungsanstrengungen an zukünftige Hochwasser an. In Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern sehen überdurchschnittlich viele Teilnehmer ihr Bundesland als ausreichend vorbereitet an.

Tab. 4-10: Jährlichkeiten der Hochwasser nach den Bundesländern

	BW	BY	BE	BB	BR	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
< HQ ₁₀	3 6 %	0	0	2 7 %	0	0	0	1 7 %	0	0	0	0	1 4 %	0	1 7 %	0	8 3 %
HQ ₁₀	1 2 %	1 3 %	0	3 10 %	0	0	2 5 %	1 7 %	0	0	0	0	0	0	0	0	8 3 %
HQ ₂₀	1 2 %	2 7 %	0	0	0	0	6 15 %	1 7 %	0	4 20 %	0	0	1 4 %	1 6 %	0	0	16 5 %
HQ ₅₀	10 20 %	5 16 %	0	2 7 %	1 25 %	0	7 18 %	4 29 %	6 35 %	6 30 %	6 40 %	2 33 %	1 4 %	1 6 %	4 29 %	0	55 19 %
HQ ₁₀₀	13 26 %	8 26 %	0	6 19 %	2 50 %	0	8 20 %	1 7 %	6 35 %	2 10 %	5 33 %	3 50 %	5 19 %	10 56 %	4 29 %	4 50 %	77 26 %
> HQ ₁₀₀	15 30 %	9 29 %	1 100 %	11 36 %	0	0	8 20 %	2 14 %	2 12 %	8 40 %	1 7 %	0	17 65 %	4 22 %	2 14 %	3 38 %	83 28 %
Weiß nicht	7 14 %	6 19 %	0	7 23 %	1 25 %	1 100 %	9 23 %	4 29 %	3 18 %	0	3 20 %	1 17 %	1 4 %	2 11 %	3 21 %	1 13 %	49 17 %
	50 100 %	31 100 %	1 100 %	31 100 %	4 100 %	1 100 %	40 100 %	14 100 %	17 100 %	20 100 %	15 100 %	6 100 %	26 100 %	18 100 %	14 100 %	8 100 %	296 100 %

Tab. 4-11: Einschätzung notwendiger Anpassungsanstrengungen zur Vorbereitung auf Hochwasser

	BW	BY	BE	BB	BR	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Ausreichend vorbereitet	10 20 %	1 3 %	-	3 9 %	-	-	6 14 %	4 24 %	3 17 %	1 5 %	5 33 %	1 17 %	1 4 %	3 17 %	1 7 %	-	39 13 %
Noch einige geringe Anpassungsanstrengungen	16 31 %	6 19 %	1 100 %	9 31 %	2 40 %	1 100 %	8 19 %	3 18 %	4 22 %	5 23 %	5 33 %	3 50 %	7 27 %	6 33 %	3 21 %	-	79 26 %
Noch einige Anpassungsanstrengungen	20 39 %	14 44 %	-	7 22 %	1 20 %	-	22 52 %	8 47 %	11 61 %	15 68 %	5 33 %	1 17 %	14 54 %	6 33 %	7 50 %	8 89 %	142 46 %
Noch große Anpassungsanstrengungen	2 4 %	5 16 %	-	3 9 %	2 40 %	-	3 7 %	1 6 %	-	1 5 %	-	-	3 12 %	1 6 %	1 7 %	1 11 %	27 9 %
Weiß nicht	3 6 %	6 19 %	-	7 22 %	-	-	3 7 %	1 6 %	-	-	-	1 17 %	1 4 %	2 11 %	2 14 %	-	22 7 %
Gesamt	51 100 %	32 100 %	1 100 %	32 100 %	5 100 %	1 100 %	42 100 %	17 100 %	18 100 %	22 100 %	15 100 %	6 100 %	26 100 %	18 100 %	14 100 %	9 100 %	309 100 %

In den Zuständigkeitsgebieten der Teilnehmer kommen Hochwasser in erster Linie durch überstauende Nässe durch Starkregen auf der Fläche zustande, laut Auswertung der Fragebögen. (→ intern diskutieren) Dies gilt insbesondere im Falle der Teilnehmer aus der Gebietskulisse „Hochwasserentstehungsgebiet“. Am zweit häufigsten werden „über die Ufer und Deiche tretendes Wasser“ als Hochwasserursprünge genannt. Vor allem in der Gebietskulisse „Überschwemmungsgebiet“ und im Falle von beiden Gebietskulissen ist die Zahl der Fälle von „über die Ufer und Deiche tre-

tenden Wasser“ sehr hoch (57 bzw. 84 Nennungen von 115 bzw. 148) und wurde ähnlich häufig genannt, wie Starkregeneignisse.

Tab. 4-12: Zustandekommen der Hochwasser in Abhängigkeit der Hochwasser Gebietskategorien (Angaben in absoluten Zahlen. Mehrfachnennungen waren möglich.)

	Hochwasser-entstehungsgebiet	Überschwem-mungsgebiet	Beides gleichermaßen	Weder noch	Weißt nicht	Gesamt
Überstauende Nässe durch Starkregen	18	68	97	5	2	190
Durchdrückendes Wasser hinter Deichen	-	36	20	-	-	56
Über Ufer bzw. Deiche tretendes Wasser	4	57	84	6	1	152
Deichbruch	-	17	10	-	-	27
Weiß nicht	-	1	3	-	-	4
	20	115	148	10	3	296

Tab. 4-13: Häufigkeiten der unterschiedlichen Schadensarten. (Angabe sind die absoluten Zahlen und die gültigen Prozente.)

	immer	häufig	gelegentlich	selten	gar nicht
Schäden an privaten Gegenständen, Gebäuden und Grundstücken	25 8,9 %	63 22,3 %	91 32,3 %	87 30,9 %	16 5,7 %
Schäden an kommunalen Gebäuden, Gegenständen und Infrastruktur	11 4,0 %	41 14,8 %	81 29,2 %	96 34,7 %	48 17,3 %
Schäden an Hochwasser-schutzanlagen	10 3,6 %	24 8,8 %	57 20,8 %	103 37,6 %	80 29,2 %
Versorgungsproblem	-	7 2,7 %	30 11,4 %	108 41,1 %	118 44,9 %
Schäden an landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Wassererosion	18 6,4 %	82 29,2 %	104 37,0 %	64 22,8 %	13 4,6 %
Schäden an landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Erntevernichtung oder Verlust der Erntequalität	19 7,0 %	53 19,6 %	99 36,5 %	79 29,2 %	21 7,7 %
Schäden an landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Schadstoffeinträge über Sedimentation	14 5,7 %	32 13,0 %	65 26,4 %	84 34,1 %	51 20,7 %
Evakuierungen	-	5 1,9 %	17 6,3 %	80 29,7 %	167 62,1 %
Körperliche oder psychische Schäden der Bevölkerung	-	3 1,3 %	6 2,6 %	61 26,6 %	159 69,4 %

Die am häufigsten vorkommenden Schäden die durch die Teilnehmer genannt wurden, sind Schäden an privaten Gegenständen, Gebäuden und Grundstücken (31,2 % gaben „immer“ oder „häufig“ als Frequenz an), Schäden an landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Wassererosion (35,6 %) und Schäden an landwirtschaftlichen Flächen durch Erntevernichtung oder Verlust der Erntequalität (26,6 %). Erosion wird somit noch vor beschädigtem Privatbesitz als größtes Problem bei Hochwassern angesehen.

4.1.3.2.3 Risikowahrnehmung und Rolle der Landwirtschaft

Die Einstellung der Teilnehmer zu Hochwasser und deren Ursachen haben wir in einigen Fragen im Fragebogen adressiert. Ziel war es, ein Bild zu bekommen von den Vorstellungen und Ideen, die in den Behörden hinsichtlich Hochwasser herrschen. Hierzu haben wir den Teilnehmern einige Aussagen präsentiert und nach der Zustimmung gefragt. Wir wollten wissen, inwiefern die frühere Vorstellung, Hochwasser seien durch technische Maßnahmen kontrollierbar noch von den Behördenmitarbeitern vertreten wird. Der Aussage „Hochwasser sind unberechenbar, weswegen es keinen umfassenden Hochwasserschutz geben kann“ haben 21 % der Teilnehmer voll und ganz und 21 % eher zugestimmt. 29 % konnten sich der Aussage „teils teils“ anschließen. Insgesamt haben nur 19 % der Aussage eher nicht bzw. überhaupt nicht zustimmen können (Tab. 4-14).

Hinsichtlich der Aussagen, die einen expliziten Bezug zur Landwirtschaft ausgewiesen haben (Aussage 2. und 6.) zeichnet sich ein recht heterogenes Bild der Teilnehmer ab. Die Aussage „Die Eindeichung landwirtschaftlicher Flächen hat keine relevanten Auswirkungen auf die Entwicklung des Hochwassergeschehens“ fragt nach den Einstellungen der Teilnehmer zum Schutz landwirtschaftlicher Flächen vor Hochwasser und der Rolle von Deichen bei der Hochwasserentwicklung. Die Mehrzahl der Teilnehmer stimmt der Aussage eher nicht bzw. überhaupt nicht zu (insgesamt 63 %). Etwas weniger stark (53 %, die eher nicht und überhaupt nicht zustimmten) lehnten die Teilnehmer die 6. Aussage „Die landwirtschaftliche Flächennutzung erschwert die Versickerung des Wassers, was zu einer Verschärfung des Hochwasserrisikos führt“ ab. Die Landwirtschaft wird in der Mehrheit nicht als ein Akteur bei der Verschärfung des Hochwasserrisikos gesehen. Dagegen wird die Eindeichung als Problem verschärfend angesehen. Dies zeigt auch das Zustimmungsverhalten zu Aussage 3 „Durch Deiche zum Schutz der Siedlungen in Flussnähe werden dem Fluss notwendige Retentionsflächen genommen“ mit einer Gesamtzustimmung von 61 % und zu der Aussage 7 „Die Eindeichung der Flüsse im Oberlauf beschleunigt den Wasserabfluss und führt zur Erhöhung der Hochwassergefahr im unteren Flussverlauf“ mit 83 % Gesamtzustimmung. Andererseits werden Deiche als wirkungsvolle Maßnahme angesehen, was die hohe Zustimmung von 76 % insgesamt zu der Aussage 5 „Durch intakte Hochwasserschutzeinrichtungen wie Deiche

und Rückhaltebecken können Hochwasser effektiv von Siedlungsflächen zurückgehalten werden“ signalisiert. Beachtenswert ist auch die insgesamt recht hohe Zahl der unklaren Zuordnung in Form von „teils teils“ Aussagen. Das kann als fehlendes Wissen oder als differenzierte Betrachtung gewertet werden.

Tab. 4-14: Ursachenzuschreibung: Zustimmung zu unterschiedlichen Aussagen zum Hochwasser. (Angaben in Prozent.)

		stimme voll und ganz zu	stimme eher zu	teils teils	stimme eher nicht zu	stimme überhaupt nicht zu
1	Hochwasser sind unberechenbar, weswegen es keinen umfassenden Hochwasserschutz geben kann.	31 %	21 %	29 %	16 %	3 %
2	Die Eindeichung landwirtschaftlicher Flächen hat keine relevanten Auswirkungen auf die Entwicklung des Hochwassergeschehens.	6 %	11 %	22 %	34 %	29 %
3	Durch Deiche zum Schutz der Siedlungen in Flussnähe werden dem Fluss notwendige Retentionsflächen genommen.	26 %	35 %	24 %	11 %	5 %
4	Die zunehmende Zahl und Intensität der Hochwasser ist eine Folge des Klimawandels.	7 %	34 %	39 %	18 %	3 %
5	Durch intakte Hochwasserschutzanlagen wie Deiche und Rückhaltebecken können Hochwasser effektiv von Siedlungsflächen zurückgehalten werden.	26 %	50 %	19 %	5 %	1 %
6	Die landwirtschaftliche Flächennutzung erschwert die Versickerung des Wassers, was zu einer Verschärfung des Hochwasserrisikos führt.	3 %	18 %	28 %	35 %	18 %
7	Die Eindeichung der Flüsse im Oberlauf beschleunigt den Wasserabfluss und führt zur Erhöhung der Hochwassergefahr im unteren Flussverlauf.	43 %	40 %	13 %	4 %	

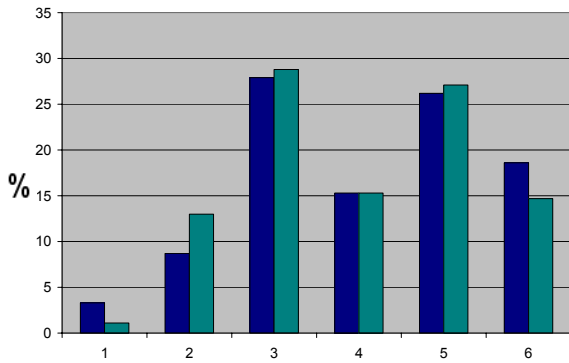
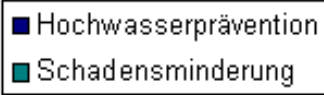
Ein Anteil der Landwirtschaft an der Entstehung und Verschärfung des Hochwasserrisikos wird durch die Teilnehmer durchaus postuliert, jedoch mehrheitlich als gering eingestuft. Lediglich 16 % der Befragten denken, die Landwirtschaft hätte keinen Einfluss auf das Hochwasserrisiko. Ein Viertel der Befragten ordnet der Landwirtschaft sogar einen mittleren Anteil zu. Mit insgesamt 46 % schätzt die Mehrheit der Befragten den Anteil der Landwirtschaft als gering ein und nimmt damit die Landwirtschaft zumindest in Teilen mit in die Verantwortung.

Interessant ist, dass der Anteil der Landwirtschaft für die Entstehung und Verschärfung des Hochwasserrisikos deutlich geringer durch Teilnehmer aus dem Verantwortungsbereich Landwirtschaft oder Landwirtschaft+Naturschutz als durch Teilnehmer aus dem Verantwortungsbereich Wasserwirtschaft oder Wasserwirtschaft+Naturschutz angesehen wird. 30,8 % der Teilnehmer aus dem Bereich der Landwirtschaft und 25,0 % aus dem Bereich der Landwirtschaft+Naturschutz messen der Landwirtschaft keine Bedeutung für die Hochwasserrisikominderung bei. Von den Teilnehmern, die sich dem Bereich der Wasserwirtschaft zugeordnet haben, denken nur 12,9 % und aus der Gruppe der Wasserwirtschaft+Naturschutz nur 19,0 %, die Landwirtschaft könne keinen Beitrag leisten. Hier ist ein recht deutlicher Unterschied in der Einschätzung zwischen den behördlichen Sektoren zu beobachten.

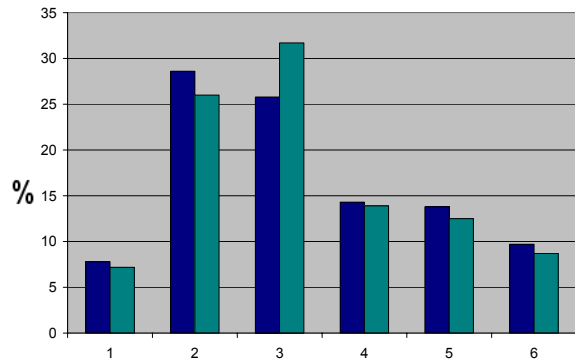
Tab. 4-15: Einschätzung des Anteils der Landwirtschaft an der Entstehung und Verschärfung des Hochwasserrisikos in Abhängigkeit des Zuständigkeitsgebiets des Teilnehmers (Angaben in absoluten Zahlen und Prozent)

	Gesamt	Gruppierte Zuständigkeitsbereiche						
		LW	WW	NS	LW+WW	LW+NS	WW+NS	LW+W W+NS
Sehr großer Anteil	4 1,3 %	-	2 2,0 %	-	1 1,4 %	-	1 4,8 %	-
Großer Anteil	19 6,2 %	2 3,8 %	8 7,9 %	-	3 4,3 %	-	-	6 11,5 %
Mittlerer Anteil	82 26,6 %	7 13,5 %	28 27,7 %	-	22 31,4 %	2 16,7 %	9 42,9 %	14 26,9 %
Geringer Anteil	142 46,1 %	27 51,9 %	46 45,5 %	-	31 44,3 %	7 58,3 %	6 28,6 %	25 48,1 %
Keine Bedeutung	50 16,2 %	16 30,8 %	13 12,9 %	-	9 12,9 %	3 25,0 %	4 19,0 %	5 9,6 %
Weiß nicht	11 3,6 %	-	4 4 %	-	4 5,7 %	-	1 4,8 %	11 3,8 %
<i>N</i>	308 100 %	52 100 %	101 100 %	0 100 %	70 100 %	12 100 %	21 100 %	52 100 %

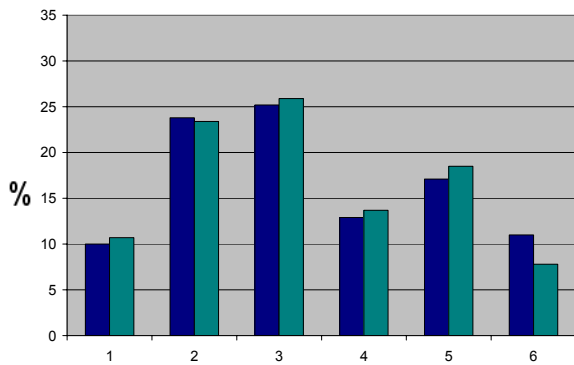
Neben dieser allgemeinen Einschätzung haben wir ganz konkret gefragt, wie einzelne landwirtschaftliche Maßnahmen in ihrer Wirkung auf Hochwasserentstehung bzw. deren Prävention und auf die Minderung des Schadens im Hochwasserfall eingeschätzt werden. Für die Einschätzung stand den Teilnehmern ein Skala von 1 = sehr hoher Beitrag bis 6= kein Beitrag zu Verfügung. Insgesamt wird die Wirkung über alle Maßnahmen hinweg als mittel stark eingeschätzt. Die Maßnahmen, die als erfolgreichsten beurteilt werden sind die „Anlage Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen“, die „Umwandlung von Acker in Grünland“ sowie „ergänzende Erosionsmaßnahmen“. Die am schlechtesten beurteilte Maßnahme ist die „Umstellung auf ökologischen Landbau“, der „Einsatz von Direktsaatverfahren“ und „Fruchtfolgen mit min. 4 Hauptkulturarten und max. 1 Hackfrucht“. Die Ergebnisse zu dieser Frage sind in zweierlei Hinsicht interessant. Zum einen zeigt sich, dass es keinen großen Unterschied in der Einschätzung der Effekte auf die Hochwasserprävention bzw. auf die Schadensminderung gibt. In den meisten Fällen wird der mögliche Effekt auf die Schadensminderung etwas positiver eingeschätzt. Zum andern gehen die Einschätzungen der Teilnehmer zum Teil weit auseinander, was durch die hohe Streuung gesehen werden kann. Dies lässt darauf schließen, dass die Teilnehmer sehr differierende Ansichten über die Wirkung landwirtschaftlicher Maßnahmen haben.



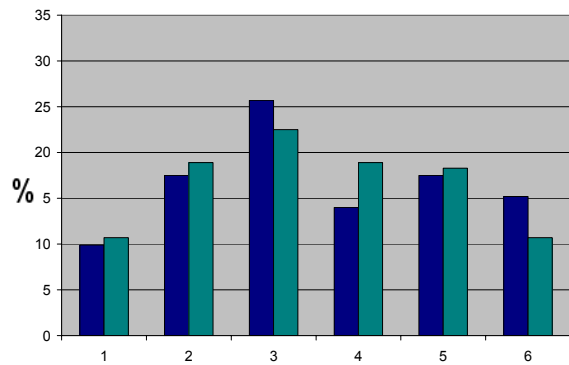
Fruchtfolgen
 Median = 4 / 4
 Mittelwert = 4,1 / 3,9
 s = 1,390 / 1,333



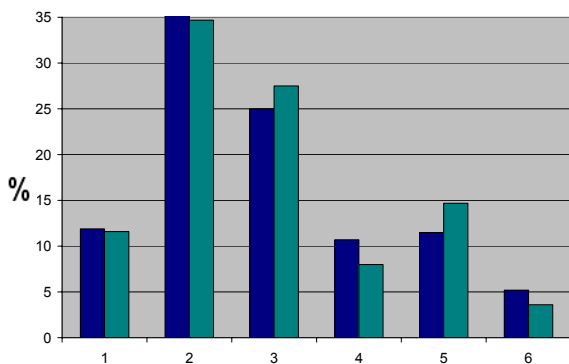
Zwischenfrüchte und Untersaaten
 Median = 3 / 3
 Mittelwert = 3,3 / 3,3
 s = 1,451 / 1,384



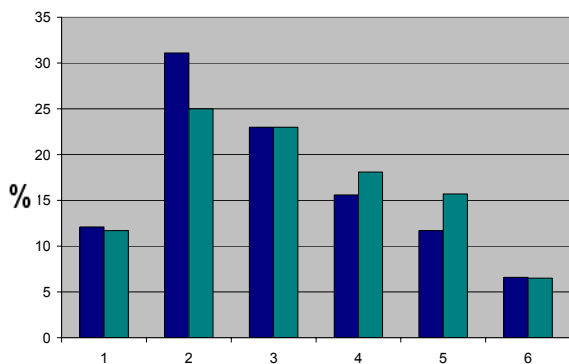
Dauerhaft konservierende, pfluglose Bodenbearbeitung
 Median = 3 / 3
 Mittelwert = 3,4 / 3,3
 s = 1,523 / 1,473



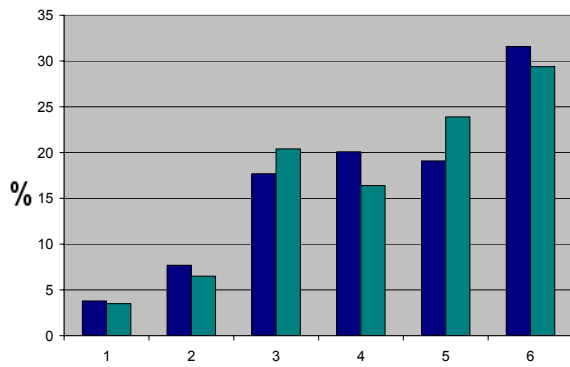
Direktsaatverfahren
 Median = 3 / 3
 Mittelwert = 3,6 / 3,5
 s = 1,572 / 1,512



Ergänzende Erosionsschutzmaßnahmen
 Median = 3 / 3
 Mittelwert = 2,9 / 2,9
 s = 1,364 / 1,341



Vermeidung von Bodenverdichtungen
 Median = 3 / 3
 Mittelwert = 3,0 / 3,2
 s = 1,421 / 1,440

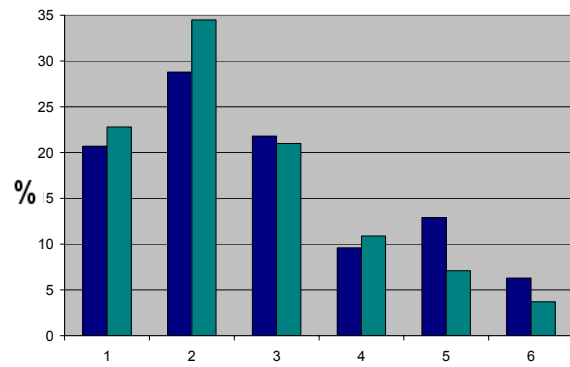


Ökologischer Landbau

Median = 5 / 5

Mittelwert = 4,4 / 4,4

s = 1,466 / 1,431

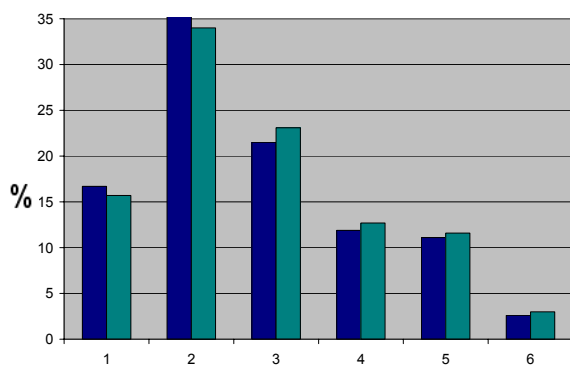


Umwandlung von Acker in Grünland

Median = 3 / 2

Mittelwert = 2,8 / 2,6

s = 1,508 / 1,343

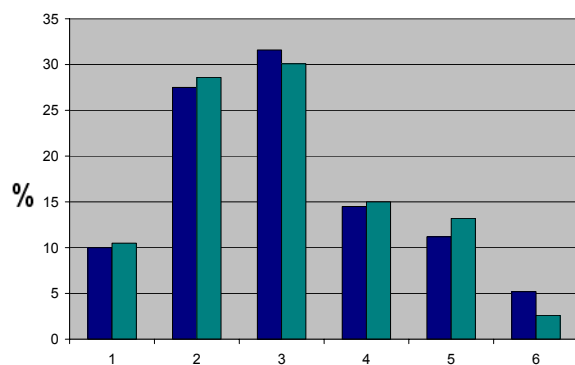


Anlage Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen

Median = 2 / 3

Mittelwert = 2,7 / 2,8

s = 1,325 / 1,338



Flurneueordnung, Verlegung von Wirtschaftswegen,...

Median = 3 / 3

Mittelwert = 3,1 / 3,0

s = 1,319 / 1,275

Abb. 4-3: Bewertung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Maßnahmen im Hinblick auf einen positiven Einfluss auf Hochwasserentstehung (Hochwasserschutz) und auf die Schadenshöhe. (Angaben in den Abbildungen in Prozent.)

4.1.3.2.4 Beeinflussung landwirtschaftlichen Handelns

Wird die Landwirtschaft als ein Teil der Hochwasserrisiko-Managementpläne angesehen, stehen den Behörden verschiedene Wege für die Beeinflussung des Verhaltens von Landwirten zur Verfügung. Im Wesentlichen spielen hierbei die Agrarförderung, die Gesetzgebung und Informationsvermittlungen eine Rolle. Je nach Dringlichkeit und Vorteilsnahme kann der eine oder andere Weg der Beeinflussung als der Adäquate identifiziert werden. Wird in einem Gebiet eine Form der Ackernutzung als unentbehrlich bzw. als auszuschließen angesehen, können Gesetze die hierbei erforderliche Dringlichkeit durchsetzen. Ist eine bestimmte Form der Ackernutzung bevorzugt und hat diese auch ökonomische Vorteile für den Landwirt, kann eine Informationsvermittlung zu der erwünschten Handlungsänderung führen. In allen anderen

Fällen bieten Agrarförderprogramme einen guten Anreiz, gesellschaftlich und ökologisch erwünschtes landwirtschaftliches Verhalten zu fördern.

In insgesamt drei Fragen haben wir die Teilnehmer der Befragung gebeten, verschiedene Arten der möglichen Beeinflussung landwirtschaftlichen Verhaltens im Hinblick auf ihre Relevanz als Instrument zum Hochwasserschutz und zur Reduzierung von Hochwasserschäden zu beurteilen. Alle drei abgefragten Einflusswege der ökonomischen Anreize, gesetzlichen Regelungen und Informationsvermittlungen wurden von den Befragten als ähnlich wichtig eingestuft. Gut 30 % der Befragten sehen alle drei Einflusswege als wichtig an. Weitere über 40 % schätzen die Einflusswege als eher wichtig ein – bei der Methode der Informationsvermittlung sind es sogar über 50 %. Insgesamt ist der Zuspruch zu den ökonomischen Anreizen, gesetzlichen Regelungen und Informationsvermittlungen als relativ hoch anzusehen. Alle drei Einflusswege werden als wichtige Instrumente des Hochwasserrisiko-Managements angesehen.

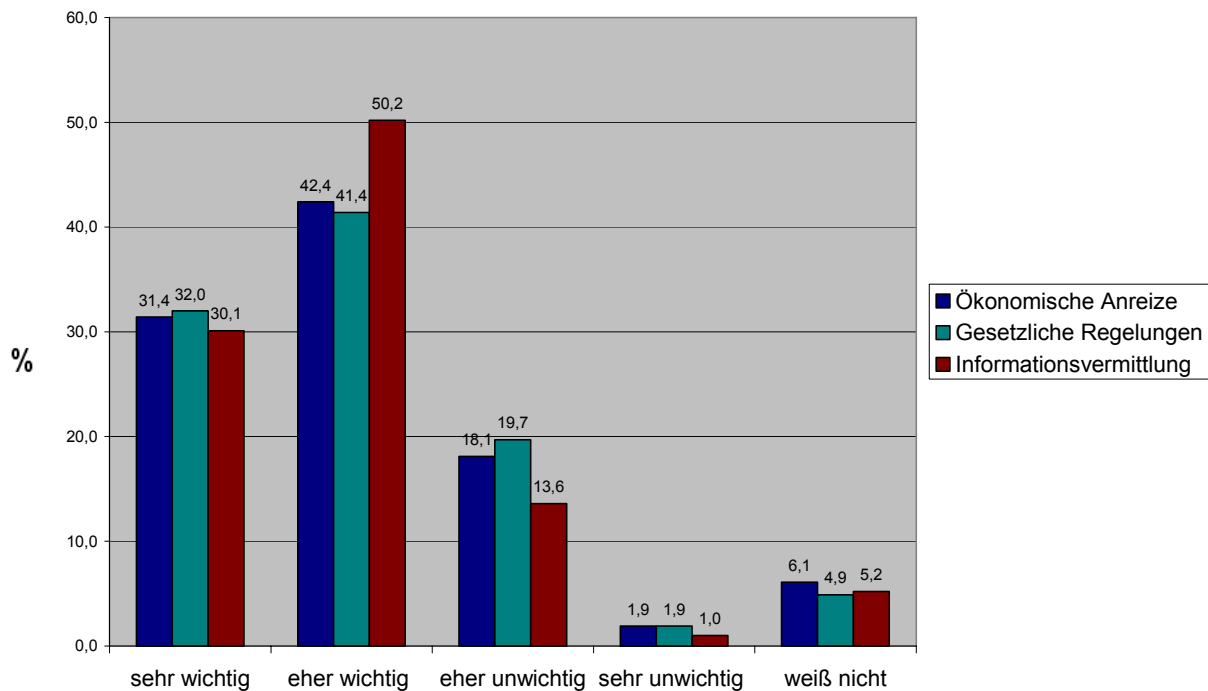


Abb. 4-4: Einschätzung der Relevanz ökonomischer Anreize, gesetzlicher Regelungen und Informationsvermittlung als Instrumente zum Hochwasserschutz und zur Reduzierung von Hochwasserschäden.

4.1.3.2.5 Agrarumweltprogramme

Neben der allgemeinen Einschätzung der Befragten zu der Wirkung der unterschiedlichen landwirtschaftlichen Maßnahmen im Hinblick auf die Reduzierung des Hochwasserrisikos wurden auch die Teilnehmer auch gebeten, die Agrarförderprogramme ihrer Bundesländer einzuschätzen. Hierdurch wollten wir erfahren, wie ganz konkrete

Agrarprogramme als Maßnahme für den nicht-strukturellen Hochwasserschutz eingeschätzt werden. Die Auswertung der Bewertungen zu den Agrarumweltprogrammen für die einzelnen Bundesländer und einzelnen Maßnahmen ist in Anlage B3 (Abschn. 1.3) im Detail nachzulesen. Zusammenfassend soll hier nur auf einige Trends der sehr ausführlichen Fragen hingewiesen werden.

Insgesamt ist zu sehen, dass über alle Bundesländer hinweg die Maßnahmen mit Bezug zur Wasserrahmenrichtlinie oder zum Gewässerschutz am positivsten bewertet wurden. Zwischen 23 % und 88 % der Teilnehmer in den Bundesländern haben diese Agrarprogramme als „sehr gut“ oder „gut“ bewertet im Hinblick auf ihre Eignung, die landwirtschaftliche Flächennutzung im Sinne des Hochwasserschutzes und der Reduzierung von Hochwasserschäden zu beeinflussen. Moderat hohe Zustimmung erfuhren auch Programme zur Aufforstung. Hier haben jeweils 13 % bis 53 % der Teilnehmer die Bewertung „sehr gut“ oder „gut“ abgegeben. Sehr unterschiedlich ist die Einschätzung von Grünland. Zum einen sind hier sehr unterschiedliche Programme zusammengefasst von Maßnahmen zur extensiven Grünlandnutzung entlang von Gewässern und sonstigen sensiblen Gebieten bis zu Maßnahmen zur Erhaltung von Streuobstbeständen. Insgesamt haben zwischen 10 % und 78 % der Teilnehmer diese Maßnahmen als „sehr gut“ bzw. „gut“ beschrieben (ausgenommen kleiner Bundesländer, die auf Grund ihrer geringen Teilnehmerzahl zwischen 0 % und 100 % variierten). Mulch- und Direktsaatverfahren variierten zwischen 20 % und 67 % positiver Einschätzungen und Programme zum Zwischenfruchtanbau zwischen 43 % und 67 %.

Es können auch Unterschiede zwischen den Bundesländern beobachtet werden. Neben den Unterschieden in den Programmen und den verschiedenen Einschätzungen über deren Wirkung sind auch Unterschiede im Hinblick auf die Anzahl der „weiß nicht“ Antworten zu sehen. Diese sind besonders häufig in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein und Thüringen. Das hat Auswirkungen auf die Zustimmungsraten zu den einzelnen Programmen, die mit hohen „weiß nicht“ Antwortraten automatisch sinken. Interessanterweise sind die Zahlen der „weiß nicht“ Antworten bei der Bewertung zu Wasserwirtschaftlichen Programmen niedriger. Dies könnte daran liegen, dass insgesamt die Teilnehmerzahl aus den wasserwirtschaftlichen Behörden höher war als aus landwirtschaftlichen Behörden und dass diesen diese Programme geläufiger waren.

4.1.3.2.6 Informationsvermittlung an Landwirte

Als Grundlage zusätzlicher Informationsvermittlungen an Landwirte über Möglichkeiten und Wege des landwirtschaftlichen Hochwasserschutzes und zur Reduzierung der Hochwasserschäden kann der wahrgenommene Informationsgrad der Landwirte angesehen werden. Nur wenn das Wissen als nicht ausreichend angesehen wird,

werden sich die Behörden voraussichtlich für eine Informationsvermittlung an Landwirte einsetzen. Die Ergebnisse unserer Befragung zeigen, dass die Behördenmitarbeiter in Deutschland zum einen selten eine eindeutige Meinung zu diesem Thema vertreten. Lediglich 4 bzw. 6 % der Teilnehmer sehen die Landwirte als ausreichend bzw. nicht ausreichend informiert an. Jeweils knapp 40 % der Teilnehmer entschieden sich für eine der tendenziellen Antworten „eher ja“ oder „eher nein“. Das bedeutet, dass die Landwirte entweder als sehr unterschiedlich informiert oder aber nur über bestimmte Maßnahmen ausreichend informiert sind. Zum anderen zeigt das Ergebnis, dass es keine Mehrheit für eine der beiden Richtungen („eher ja“ bzw. „eher nein“) gibt. Beide Antworten wurden genauso oft angekreuzt. Ein Vergleich der Bundesländer zeigt, dass es abgesehen von Bremen (wegen der geringen Fallzahl keine Verallgemeinerung möglich) vor allem Teilnehmer aus den neuen Bundesländern Sachsen (58 %), Sachsen-Anhalt (50 %) und Mecklenburg-Vorpommern (47 %) sind, die überdurchschnittlich häufig Landwirte als eher ausreichend informiert über die Möglichkeiten zur landwirtschaftlichen Hochwasserrisiko-Minderung ansehen.

Tab. 4-16: Bewertung des Informationsgrads der Landwirte

	BW	BY	BE	BB	BR	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Ja	2 4 %	2 6 %	-	3 9 %	-	-	1 2 %	6 6 %	-	-	1 7 %	-	1 4 %	2 11 %	-	-	13 4 %
Eher ja	22 43 %	12 38 %	-	12 38 %	4 80 %	-	14 33 %	8 47 %	6 33 %	6 27 %	3 20 %	2 33 %	15 58 %	9 50 %	3 21 %	3 33 %	119 39 %
Eher nein	17 33 %	16 50 %	-	8 25 %	-	1 100 %	22 52 %	3 18 %	9 50 %	9 41 %	8 53 %	2 33 %	6 23 %	6 33 %	8 57 %	4 44 %	119 39 %
Nein	3 6 %	1 3 %	-	2 6 %	-	-	2 5 %	-	-	4 18 %	1 7 %	2 33 %	-	-	1 7 %	1 11 %	17 6 %
Weiß nicht	7 14 %	1 3 %	1 100 %	7 22 %	1 20 %	-	3 7 %	5 29 %	3 17 %	3 14 %	2 13 %	-	4 15 %	1 6 %	2 14 %	1 11 %	41 13 %
Gesamt	51 100 %	32 100 %	1 100 %	32 100 %	5 100 %	1 100 %	42 100 %	17 100 %	18 100 %	22 100 %	15 100 %	6 100 %	26 100 %	18 100 %	14 100 %	9 100 %	309 100 %

Über die Hälfte der Befragten gab an, über keine Erfahrungen mit Informationsvermittlungen zu haben. Das kann dadurch bedingt sein, dass die Behörden nicht direkt mit Landwirten zusammenarbeiten und diese Aufgaben von anderen Organisationseinheiten wahrgenommen werden. Von denen, die bereits Erfahrungen mit Informationsvermittlungen gemacht haben, waren diese in den meisten Fällen vorwiegend positiv (24 %). Lediglich 9 % der Teilnehmer hatten vorwiegend oder durchgängig negative Erfahrungen gemacht.

Tab. 4-17: Art der Erfahrungen mit Informationskampagnen nach Bundesländern (Angaben in absoluten Zahlen und Prozenten)

	BW	BY	BE	BB	BR	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Keine Erfahrungen	30 69 %	10 31 %	1 100 %	18 56 %	2 40 %	1 100 %	20 47 %	10 60 %	10 56 %	14 64 %	6 40 %	4 67 %	12 46 %	6 33 %	1 79 %	6 67 %	161 52 %
Durchgängig positiv	-	2 6 %	-	-	1 20 %	-	4 10 %	-	1 6 %	-	2 13 %	-	2 8 %	-	-	-	12 4 %
Vorwiegend positiv	10 20 %	10 31 %	-	7 22 %	2 40 %	-	10 24 %	1 6 %	5 28 %	7 32 %	5 33 %	-	9 35 %	6 33 %	2 14 %	1 11 %	75 24 %
Weder positiv noch negativ	5 10 %	3 9 %	-	7 22 %	-	-	2 5 %	5 29 %	2 11 %	1 5 %	1 7 %	2 33 %	1 4 %	4 22 %	1 7 %	1 11 %	35 11 %
Vorwiegend negativ	6 12 %	7 22 %	-	-	-	-	4 10 %	1 6 %	-	-	1 7 %	-	2 8 %	2 11 %	-	1 11 %	24 8 %
Durchgängig negativ	-	-	-	-	-	-	2 5 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 1 %
Gesamt	51 100 %	32 100 %	1 100 %	32 100 %	5 100 %	1 100 %	42 100 %	17 100 %	18 100 %	22 100 %	15 100 %	6 100 %	26 100 %	18 100 %	14 100 %	9 100 %	309 100 %

4.1.3.2.7 Gesetzliche Regelungen

Insgesamt ist die Haltung der befragten Behördenmitarbeiter zu den Gesetzen zur Minimierung der Auswirkung landwirtschaftlicher Flächennutzung und des Schutzes der landwirtschaftlichen Flächen vor Hochwasser sowie zu der Einhaltung dieser Gesetze durch Landwirte positiv. Knapp 70 Prozent der Befragten halten die bestehenden Gesetze im Großen und Ganzen für ausreichend. Besonders niedrig ist die Zustimmung in Thüringen. Hier halten nur 22 % der Befragten die Gesetze für ausreichend, gefolgt von Brandenburg mit 53 %. Umgekehrt ist die Zustimmung zu den Gesetzen besonders hoch in Niedersachsen (94 %) und im Saarland (83 %).

Hinsichtlich der Einhaltung der Gesetze durch Landwirte ist ebenfalls ein hohes Vertrauen zu erkennen. 61 % der Befragten gaben an, dass in ihrem Bundesland die Gesetze ihrer Meinung nach eingehalten bzw. eher eingehalten werden. 26 % sind dagegen der Meinung, die Gesetze werden eher nicht oder nicht eingehalten. Besonders hoch ist dieses Vertrauen in Brandenburg (75 %), in Bremen (100 %) und Niedersachsen (72 %). Niedrige Zustimmungen wurden in Nordrhein-Westfalen (36 %), Saarland (67 %) und Schleswig-Holstein (44 %) beobachtet.

Als weitere Frage in Bereich der Gesetze haben wir die Teilnehmer nach Meinung zur Einschränkung der Ackerflächenbewirtschaftung in Überschwemmungsgebieten gefragt. Wir wollten wissen, ob sie der Meinung sind, die Ackerbewirtschaftung ohne Einschränkung weiter möglich sein soll oder nur unter Einhaltung strenger Auflagen (z. B. konservierende Bodenbearbeitung) oder ob alle Ackerflächen in Grünland umgewandelt werden sollen oder aber ob gar keine Bewirtschaftung auf diesen Flächen möglich sein soll. Insgesamt hat die Mehrzahl der Befragten für eine eingeschränkte ackerbauliche Nutzung gestimmt (42 %). Für eine Umwandlung der Ackerflächen in

Grünland waren 30 % der Befragten und für eine uneingeschränkte Ackerbauliche Nutzung 23 %. Lediglich 1 % der Befragten sprach sich gegen jegliche Form der Bewirtschaftung der Flächen aus.

4.1.3.2.8 Kooperationen – Bestand und Bedarf

Das Management von Hochwasserrisiken umfasst eine Vielzahl von Bereichen, die in der behördlichen Organisationsstruktur oftmals von verschiedenen Abteilungen wahrgenommen werden. Zusätzlich spielen externe, nicht behördliche Partner eine wichtige Rolle. Für ein erfolgreiches Hochwasserrisiko-Management ist eine Absprache und Abstimmung der Managementstrategien zwischen Behörden und Partnern ein wichtiges Kriterium.

Im Rahmen unserer Befragung haben wir die Teilnehmer nach deren wahrgenommenem Kooperationsbedarf mit unterschiedlichen Behörden und Partnern gefragt. Von Bedeutung spielte hierbei, wer aus Sicht der Teilnehmer die relevanten Partner waren, wie die Kooperationen strukturiert sind, wer Entscheidungsbefugnisse hat und wie die Zufriedenheit mit den Kooperationen ist.

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass mit großem Abstand die Wasser- und Bodenverbände einerseits und die landwirtschaftliche Berufsvertretung andererseits als wichtige Partner gesehen werden (Tab. 4-18). Ungefähr halb so viele Teilnehmer nannten Katastrophenschutz, Ingenieurbüros und Wasserwirtschaftsbehörden als wichtige Kooperationspartner.

Tab. 4-18: Auswahl der als relevant eingestuft und genannte Partner in Behörden und außerhalb. (Angaben in absoluten Zahlen)

	N
Wasser- und Bodenverbände	230
Landwirtschaftliche Verbände	208
Katastrophenschutz	110
Ingenieurbüros	109
Wasserwirtschaftsbehörde	97
Forschungszentren und Universitäten	68
Kommunen / Landkreise	51
Landwirtschaftsbehörde	43
Naturschutzbehörde	37
Wasserwerke	31
Bauern / Bürger	7
interstaatliche Zusammenarbeit	4

Personen, die eine oder mehrere Behörden und Partner als relevante Partner für Kooperationen angesehen haben, sehen mehrheitlich einen hohen Abstimmungsbedarf der eigenen Organisationseinheit mit den jeweiligen Behörden und Partnern. Im Fall von Wasser- und Bodenverbänden geben sogar 50 von 223 Befragten den Kooperationsbedarf als „sehr hoch“ an, im Falle der Wasserwirtschaftsbehörden 20 von 93 Befragten.

Tab. 4-19: Wahrgenommener Bedarf an Zusammenarbeit zwischen Behörden und außerbehördlichen Partnern (Angaben in absoluten Zahlen)

	kein	gering	mittel	hoch	sehr hoch	N
Wasser- und Bodenverbände	3	18	66	86	50	223
Landwirtschaftliche Verbände	3	13	62	98	28	204
Katastrophenschutz	8	16	26	33	20	103
Ingenieurbüros	1	15	37	46	7	106
Wasserwirtschaftbehörde	2	5	19	47	20	93
Forschungszentren und Universitäten	1	7	28	23	6	65
Kommunen / Landkreise	2	5	5	22	16	50
Landwirtschaftsbehörde	3	3	5	24	7	42
Naturschutzbehörde	-	3	11	10	10	34
Wasserwerke	1	8	8	10	2	29
Bauern / Bürger	-	-	1	1	1	3
interstaatliche Zusammenarbeit	-	-	1	1	2	4

Die Zusammenarbeit zwischen Behörden und Partnern kann auf unterschiedliche Arten organisiert sein. Sie kann formalisiert sein (von der eigenen oder höhergestellten Organisationseinheit formell festgesetzt) oder aber informell (persönliche Netzwerke) zustande kommen. Sie kann regelmäßig (regelmäßige Beratungstreffen) oder ad hoc (im Fall eines Klärungsbedarfs) zustande kommen. Die Art, wie die Kooperation mit und zwischen Behörden und Partnern organisiert wird, lässt Rückschlüsse über die Professionalisierung des Hochwasserrisiko-Managements im Agrarbereich zu.

Die Ergebnisse der Befragung deuten auf ein Übergewicht informell und ad hoc organisierter Zusammenarbeit hin. In den meisten Fällen stellt diese Form der Zusammenarbeit die am häufigsten genannte Zusammenarbeitsform dar. Lediglich mit der Landwirtschaftsbehörde wurde häufiger die informell und regelmäßige Form der Zusammenarbeit angegeben sowie im Falle von der Naturschutzbehörde. Bei letzterer dominieren die formalisierte und ad hoc sowie die formalisierte und regelmäßige Zusammenarbeitsform.

Tab. 4-20: Form der Zusammenarbeit zwischen den Behörden und Partnern (Angaben in absoluten Zahlen)

	informell & ad hoc	informell & regelmäßig	formalisiert & ad hoc	formalisiert & regelmäßig	keine Zusammenarbeit erforderlich	N
Wasser- und Bodenverbände	68	61	41	44	4	218
Landwirtschaftliche Verbände	82	70	33	11	4	200
Katastrophenschutz	37	18	27	19	3	104
Ingenieurbüros	56	22	15	7	2	102
Wasserwirtschaftbehörde	27	22	25	18	1	93
Forschungszentren und Universitäten	41	12	5	3	1	62
Kommunen / Landkreise	14	12	12	12	1	51
Landwirtschaftsbehörde	14	16	5	5	1	41
Naturschutzbehörde	7	5	11	11	0	34
Wasserwerke	10	7	7		1	25
Bauern / Bürger	3	0	3	1	0	7
interstaatliche Zusammenarbeit	0	1	1	2	0	4

Bei der weiteren Beschreibung der Kooperationsstrukturen wurden die Teilnehmer gebeten, die Form der Entscheidungsfindung zwischen den jeweiligen Kooperationspartnern zu beschreiben. Zur Wahl standen die Anpassung der einen Seite an die andere, die Verhandlung zweier gleichberechtigter Partner, der Mehrheitsentscheid, die Hierarchieentscheidung und die eigenständige, einseitige Entscheidungsfindung. Die am häufigsten genannte Form der Entscheidungsfindung zwischen den Behörden und Partnern war die Verhandlung. Definiert waren Verhandlungen in der Art, dass Entscheidungen in gemeinsamen Verhandlungen ausdiskutiert werden. An zweiter Stelle, aber deutlich seltener wurde die Form der hierarchischen Entscheidungsfindung („Die Entscheidung wird letztendlich von hierarchisch übergeordneten Einheiten gefällt“) oder die selbständige Entscheidungsfindung („Jede Seite trifft die Entscheidung für ihren Arbeitsbereich selbst“) genannt. Seltener wurden die Formen der Anpassung („Meist passt sich eine Seite den Vorstellungen der anderen Seite an“) und der mehrheitlichen Entscheidungsfindung („Die Entscheidungsfindung erfolgt auf Grundlage einer Mehrheitsentscheidung“) genannt. Die genauen Zahlen für die jeweiligen Behörden und Partner sind in Tab. 4-21 dargestellt.

Mehrheitlich sind die Teilnehmer der Befragung mit den Kooperationen zufrieden. Bei fast allen Partnern war die Kategorie „eher zufrieden“ die am häufigsten genannte - mit Ausnahme von den landwirtschaftlichen Verbänden. Die Zufriedenheit mit den landwirtschaftlichen Verbänden wurde mehrheitlich als teils/teils zufrieden bezeichnet. Besonders hoch war dagegen der Anteil der sehr zufriedenen bei der Kooperation mit der Wasserwirtschaftsbehörde.

Tab. 4-21: Prozess der Entscheidungsfindung zwischen den Behörden und Partnern (Angaben in absoluten Zahlen)

	Anpassung	Verhandlung	Mehrheit	Hierarchie	Selbständig	N
Wasser- und Bodenverbände	11	128	12	17	22	190
Landwirtschaftliche Verbände	6	108	6	14	30	164
Katastrophenschutz	9	32	1	35	10	87
Ingenieurbüros	11	54	1	16	7	89
Wasserwirtschaftbehörde	8	34		19	6	67
Forschungszentren und Universitäten	2	22	2	7	12	45
Kommunen/ Landkreise	2	26	1	8	5	42
Landwirtschaftsbehörde		26		8	5	39
Naturschutzbehörde	4	20		6	3	33
Wasserwerke	1	15		2	6	24
Bauern/ Bürger		3			1	4
interstaatliche Zusammenarbeit		3	1			4

Tab. 4-22: Zufriedenheit mit der Kooperation (Angaben in absoluten Zahlen)

	sehr zufrieden	eher zufrieden	teils teils	eher nicht zufrieden	nicht zufrieden	N
Wasser- und Bodenverbände	38	99	56	9	2	204
Landwirtschaftliche Verbände	24	61	73	15	5	178
Katastrophenschutz	14	52	24	3		93
Ingenieurbüros	11	62	24	4	1	102
Wasserwirtschaftbehörde	19	29	16	5	3	72
Forschungszentren und Universitäten	7	32	10	2	1	52
Kommunen/ Landkreise	8	23	16	1	1	49
Landwirtschaftsbehörde	9	15	12		2	38
Naturschutzbehörde	6	13	10	3	2	34
Wasserwerke	1	13	10	1		25
Bauern/ Bürger		3	3	1		7
interstaatliche Zusammenarbeit	1	1	2			4

Eine weitere Frage bezieht sich auf die Einbindung der Landwirte bzw. deren Vertreter in die behördliche Entscheidungsfindung über Förderung und Maßnahmen bzw. Gesetze der landwirtschaftlichen Hochwasserrisikominderung. Angesichts der Tatsache, dass diese Maßnahmen als Adressaten die Landwirte haben und bei der Umsetzung auf deren Kooperation angewiesen sind, war von Interesse, ob in der be-

hördlichen Praxis die Positionen der Landwirte in die Entscheidungen miteinbezogen werden. Die Auswertung zeigt, dass jeweils ca. ein Drittel der Teilnehmer bei der Entscheidungsfindung die betroffenen Landwirte (91 von 307 Nennungen) und bzw. oder die Interessensverbände (97 von 309 Nennungen) kontaktieren (Mehrfachnennungen waren hier möglich). 35 bzw. 65 der befragten Personen versuchen die Perspektive der Landwirte über wissenschaftliche Experten oder über eigene Antizipationen zu berücksichtigen. Insgesamt berücksichtigen lediglich 10 der Befragten die Sichtweisen der Landwirte überhaupt nicht. Über die Hälfte der Befragten (166 von 309) gab jedoch bei dieser Frage an, keine Entscheidungen über Fördermaßnahmen zu treffen.

Zusätzlich wollten wir wissen, ob die Landwirte stärker als bisher in die Entwicklung der Fördermaßnahmen einbezogen werden sollen und durch wen die Initiative hierzu erfolgen solle. Knapp 15 % der Befragten haben diese Notwendigkeit generell verneint. 24 % bzw. 6 % waren der Meinung, dass die Initiative hierzu von den Landwirtschaftsverbänden bzw. von den Landwirten selber ausgehen solle. 7 % der Teilnehmer waren der Ansicht, dass die Initiative durch die eigene Organisationseinheit erfolgen solle, 16 % durch alle Seiten. Die größte Gruppe – knapp 29 % - wollte sich bei dieser Frage nicht festlegen.

4.1.3.2.9 Diskussion

Die Auswertung der Befragung zeigt, dass der Landwirtschaft mehrheitlich ein moderater Einfluss auf das Hochwasserrisiko eingeräumt wird, ihre Rolle als Verursacher wird von knapp 50 % der Befragten als gering und von weiteren 26 % als von mittlerer Bedeutung eingeschätzt. Die Möglichkeiten, mit nicht-strukturellen landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Hochwasserprävention bzw. zur Schadensminderung beizutragen, werden von den Befragten sehr divergierend beurteilt. Dieses Ergebnis lässt mehrere Interpretation zu: es legt zunächst nahe, dass die Wirkung als lokal sehr unterschiedlich angesehen wird. Auch ist es möglich, dass der Kenntnisstand in den Behörden zu den konkreten Maßnahmen sehr unterschiedlich ist, insbesondere da sich zwei Drittel der Befragten dem wasserwirtschaftlichen Bereich zuordnen. Offensichtlich ist hier – zumindest zum Teil - nach dem Bekanntheitsgrad der Maßnahmen entschieden worden (vgl. Gigerenzer, 2007): so haben Maßnahmen, die ein relativ breites Medienecho hatten, wie die Umwandlung von Ackerland in Grünland eine besonders hohe Bewertung.

Bedeutendste Partner der befragten Behördenmitarbeiter/innen sind klar die Wasser- und Bodenverbände einerseits und die landwirtschaftlichen Interessenorganisationen andererseits, genannt weit vor z. B. anderen Behörden oder kommunalen Verwaltungen. Damit wird die Praxisnähe des Themas auch aus Sicht der Behördenvertreter verdeutlicht. Nicht überraschend sind Regelmäßigkeit und Formalisierung der Ko-

operation mit Wasser- und Bodenverbänden stärker ausgeprägt als bei der Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Verbänden. Insgesamt organisieren aber die meisten Behörden ihre Zusammenarbeit mit externen Partnern ad hoc und informell. Auch die Notwendigkeiten und Möglichkeiten, Landwirte direkt oder indirekt bei der Politikentwicklung zu beteiligen werden stark divergierend beurteilt. Gleichzeitig werden die Landwirte mehrheitlich als nicht gänzlich ausreichend informiert über ihre Handlungsoptionen angesehen. Hier steckten weitere Chancen für eine Intensivierung der Bemühungen und Vermeidung möglicher Konflikte bei Nichtinformation und mangelnder Abstimmung mit den Landwirten.

4.1.4 Ergebnisse und Diskussion der Aufstockungsphase des Projektes

Als Ergänzung und Vertiefung zur bundesweiten Kooperationsanalyse wurden in neun Bundesländern unstrukturierte Leitfadeninterviews in obersten und oberen Landesbehörden geführt (siehe Abschn. 4.1.2.4). Erstes Thema dieser Gespräche war die Rolle, die die Landwirtschaft im Hochwasserrisikomanagement einnimmt bzw. einnehmen sollte: Hier war die Ausgangslage zu Projektbeginn, dass der Landwirtschaft eine vermeintlich starke und aktive Rolle zugedacht wurde – zumindest in öffentlichen und politischen Diskursen. Die eingangs erwähnte Untersuchung, aber auch die naturwissenschaftlichen Studien der Projektpartner in MinHorLam zeigten, dass die tatsächliche Relevanz landwirtschaftlicher Aktivitäten in Fachkreisen deutlich geringer eingestuft wird. Mit Bezug auf diese Diskrepanz war es nun das Ziel von AP3 in der Aufstockungsphase, die Wahrnehmung und Argumentation aus politisch-administrativen Kreisen differenzierter aufzunehmen und in die Analyse einzubeziehen. Ergänzend hierzu wurde auch die Risikowahrnehmung der Landwirte, wie sie in der empirischen Untersuchung von AP4 ermittelt wurde, an die Behördenmitarbeiter/innen zurückgemeldet und um Stellungnahmen gebeten. Ein zweiter Themenpunkt, der eine vertiefte Betrachtung erforderte, waren Fragen zur Kooperation zwischen unterschiedlichen Behörden einerseits und zwischen Behörden und anderen Organisationen andererseits. Hier waren zum einen die strukturellen Komponenten von Interesse, zum anderen aber auch die subjektive Wahrnehmung und Zufriedenheit der Gesprächspartner. Drittes Gesprächsthema war schließlich die Frage, wie sich die Verantwortlichen zu den hier untersuchten Fragen informieren und durch wen sie ihr Wissen beziehen. Hintergrund dieser Frage war die sehr unterschiedliche Einschätzung der Wirksamkeit spezifischer nicht-struktureller Maßnahmen in der Befragung (Abb. 4-3). Im Folgenden werden die Interviewergebnisse summarisch zu den drei Themenbereichen dargestellt und diskutiert. Das Kapitel wird abgeschlossen mit Schlussfolgerungen, die auch auf die bundesweite durchgeführte Hauptuntersuchung Bezug nehmen.

4.1.4.1 Zur Rolle der Landwirtschaft für das Hochwasserrisikomanagement

Die Rolle der Landwirtschaft bei der Hochwasserrisikominderung wird von den befragten Experten in den land- und wasserwirtschaftlichen Abteilungen der Ministerien bzw. Landesanstalten durchweg als eher gering eingeschätzt. Ihr wird eine graduelle Minderung des Hochwasserrisikos zugesprochen, allerdings ist auch deutlich, dass aus Sicht der Interviewpartner die Landwirte wohl eher dem Flächenschutz (Erhalt von Ackerflächen) Priorität geben als der Hochwasserprävention (BY). Von mehreren Gesprächspartnern wird der Erhalt von Grünland bzw. die Umwandlung von Ackerland in Grünland als wichtiger Beitrag der Landwirte gegen die Erosionsgefährdung von Flächen eingeschätzt (HE, MV, SA, SH). Dennoch sind sich hier die meisten Befragten darüber im Klaren, dass diese Maßnahme in Überschwemmungsgebieten in erster Linie positive Wirkung auf die Gewässerqualität hat und nicht auf das Hochwasserrisiko (MV). Dies wird auch durch eine Studie untersetzt, die von Vertretern der niedersächsischen Landwirtschaftskammer zitiert wird mit den Worten „*Die visuelle Einschätzung der Landwirte, dass im Hochwasserschutz in den Auen Erosion kein flächenhaftes Problem darstellt, wurde bestätigt*“.

Von den Gesprächspartnern werden auch noch weitere Ansatzpunkte für relevantes landwirtschaftliches Handeln angeführt, wie z. B. Direktsaat und konservierende Bodenbearbeitung (SN, NI), andererseits aber auch eingeräumt, dass die Landwirtschaft nicht als wichtigster Akteur in der Hochwasserprävention wahrgenommen wird (HE). Der Informationsstand der Landwirte wird unterschiedlich beurteilt: während in Thüringen eine breite Informiertheit zu Erosionsschutz und zur Wasserrahmenrichtlinie bestehe, auch induziert durch entsprechende Fördermaßnahmen, wird für Niedersachsen festgestellt, dass Landwirte relativ wenig über Hochwasserentstehung und –prävention wissen und sich vor allem als Geschädigte betrachten. In mehreren Bundesländern wird daher auch für die Anwendung entsprechender Agrarumweltmaßnahmen bzw. den Einsatz von Beratungsangeboten plädiert (NI, SN, SA, TH).

In der Perspektive der Interviewpartner konzentriert sich die Risikowahrnehmung der Landwirte vor allem auf die Problematik der Kontamination durch Schadstoffe im Überschwemmungsfall und entsprechende Entschädigungsmöglichkeiten (BY, NI, SA, SN). Ansonsten wird die Risikowahrnehmung als tendenziell gering eingeschätzt, so z. B. dass Landwirte wenig Verständnis haben für Einschränkungen, die Behörden auf Grund des Wassergesetzes für ihre Flächen aussprechen (HE). Und oftmals werden auch emotionale Vorbehalte gegen konservierende Bodenbearbeitung wahrgenommen, begründet damit dass diese gegen traditionelle Vorstellungen der Ackerbewirtschaftung verstoße (SN). In Schleswig-Holstein wurde beobachtet, dass Landwirte technische Maßnahmen für eher angemessen halten als landwirtschaftliche, und das vergleichsweise geringe Problembewusstsein wird darauf zurückgeführt, dass in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts kaum Hochwasser als Folge von Starkregenereignissen aufgetreten seien und entsprechend das Erosionsbewusst-

sein gering sei. In Thüringen dagegen wird eine gute Risikosensibilisierung konstatiert, da alle Informationen im Internet verfügbar sind und besonders für Überschwemmungsgebiete viele Informationen bereitgestellt und auch Frühwarnungsmaßnahmen eingerichtet wurden. Mehrere Stimmen fordern aber zu prüfen, inwieweit Pegelstände im Internet abzurufen sind, (früh) Warnsysteme verbessert werden müssen (SN) bzw. ein allgemeines Warnsystem bei Sturzflutereignissen zu entwickeln sei. (TH).

4.1.4.2 Behördliche Kooperation

Aus der Hauptuntersuchung war deutlich geworden, dass einerseits Formen informeller und situativer Kooperation gegenüber der institutionalisierten überwiegen und andererseits aber ein hoher Kooperationsbedarf insbesondere im Bezug auf die land- und wasserwirtschaftlichen Akteure wahrgenommen wird. Ziel der vertieften Befragung war es daher, näher zu beleuchten, welche Kooperationsformen sich bereits als geeignet erwiesen haben bzw. ob und wie Institutionalisierungsprozesse vorangetrieben werden sollten. Die Leitfadengespräche ergaben überwiegend, dass die flexible, ad hoc Kooperation befürwortet wird und keine weitere Formalisierung erwünscht ist (BY, MV, SA). Allerdings wird gleichzeitig auch belegt, dass an den großen Flüssen wie Rhein und Elbe bereits Formen institutionalisierter Kooperation existieren, durch die die Landwirtschaft (direkt oder über Vertreter) in Abstimmungsprozesse zum Hochwasserschutz mit einbezogen werden (NRW, MV). Während für Hessen keine Konflikte, aber auch keine konkreten Kooperationen auf ministerieller Ebene vermerkt werden, ist der Austausch in anderen Bundesländern viel intensiver, besonders dort, wo Landwirtschaft und Wasserwirtschaft Abteilungen in einem Ministerium sind (NI, SH, TH). Sowohl in Niedersachsen als auch in Schleswig-Holstein und Thüringen wird über eine gute Vernetzung auf allen entscheidungsrelevanten Ebenen berichtet, aber während im ersten Fall mehr Institutionalisierung als zuträglich wahrgenommen wird (NI), gilt für letztere, dass mehr Formalisierung nicht erforderlich, sondern eine weitere flexible Zusammenarbeit gewünscht ist (SH, TH). Auch zu den anderen Akteursgruppen wie z. B. den Kreisbauernverbänden und den Wasser- und Bodenverbänden bestehen gute Arbeitskontakte (SA, SH) sowie zu Facharbeitsgruppen auf Bundesebene (SN).

4.1.4.3 Meinungsbildung und Informationsbeschaffung zu nicht-strukturellen Maßnahmen

Da die Bewertung nicht-struktureller Maßnahmen durch die Behördenvertreter in der Hauptuntersuchung recht breit streute, war ein weiteres Thema der vertiefenden qualitativen Untersuchung die Frage des Informationszugangs und des verfügbaren Fachwissens in den Behörden. Dabei zeigte sich eine stark variierende Situation:

Während mancherorts die Informationsbeschaffung und der –austausch zur Hochwasserthematik vorwiegend informell stattfindet, gibt es in anderen Einrichtungen eigene Expertise und auch umfangreiche Untersuchungen (HE, SN) und es werden keine gravierenden Wissenslücken zu Zusammenhängen im Hochwassergeschehen konstatiert. Einige der Befragten wiesen auf persönliche Expertennetzwerke hin, während andere auch angeben, gezielt Gutachten und z. B. Stellungnahmen des Bauernverbandes einzuholen. Expliziter Informations- und Forschungsbedarf wurde für den Bereich der Schadensermittlung und –bewertung festgestellt.

4.1.5 Schlussfolgerungen

4.1.5.1 Schlussfolgerungen aus dem Basisprojekt

Seit Oktober 2007 ist in Deutschland die EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie in Kraft. Sie hat zum Ziel, das Risiko von hochwasserbedingten nachteiligen Folgen zu verringern. Ähnlich zu der Wasserrahmenrichtlinie soll die Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie innerhalb eines Einzugsgebiets abgestimmt und koordiniert werden. In den sogenannten Hochwasserrisiko-Managementplänen sollen bis zum 22.12.2015 Strategien zum Hochwasserrisikomanagement in den drei Bereichen: Hochwasservorsorge, Hochwasser Flächenmanagement sowie technischer Hochwasserschutz entwickelt werden. Hierbei kann die Landwirtschaft insbesondere im Bereich der Vorsorge auf der Fläche und des natürlichen Wasserrückhalts über Überschwemmungsgebiete zu einem interessanten Ansprechpartner für die Hochwasserrisiko-Managementpläne werden. Ob und inwiefern dies geschehen wird, ist derzeit noch nicht absehbar. Bisher haben die Bundesländer soweit bekannt, mit der konkreten Ausarbeitung noch nicht begonnen.

Nichtsdestotrotz haben viele der Bundesländer bereits im Rahmen Ihrer Förderpolitik Maßnahmen speziell mit Bezug zu Hochwasser- und Überschwemmungsschutz angeboten und initiiert. In etwa die Hälfte dieser Maßnahmen umfasst allerdings den technischen Hochwasserschutz sowie Flächenrückgewinnung und weniger konkrete landwirtschaftliche Landnutzungsmaßnahmen. Gleichzeitig fördern die Bundesländer viele Maßnahmen mit Wirkung auf Infiltration und Erosion. So fördern beispielsweise 2/3 aller Bundesländer den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten und ebenso viele die Verwendung von Direkt- und Mulchsaat-Verfahren und die Umwandlung von Ackerflächen mit hoher Erosions- und Überschwemmungsgefährdung in Grünland. Fast alle Länder fördern außerdem die Anlage von Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen.

Zusätzlich besitzt die EU selbst einen Spielraum, im Rahmen der Agrarförderung gezielt neue bzw. bekannte Agrarumweltprogramme an die Bedingung des Hochwasser- bzw. Erosionsschutzes zu koppeln. Gelder aus dem EU-Agrarfördertöpfen könnten in Zukunft noch stärker zum Zweck der Umsetzung der Hochwasserrisiko-

Managementrichtlinie und damit in entsprechende Agrarumweltprogramme mit Wirkung auf Hochwasser- und Erosionsschutz kanalisiert werden.

Von Seiten der Behörden wird eine recht hohe Betroffenheit von vergangenen Hochwassern wahrgenommen, gleichzeitig fühlen sich die meisten nicht ausreichend auf zukünftige Hochwasser vorbereitet. Die Auswertung der Online-Befragung unter den Mitgliedern der Landwirtschafts- und Wasserwirtschaftsbehörden in Deutschland zeigen eine hohe Betroffenheit von Hochwasser. Über die Hälfte der Befragten gab an, in den letzten 20 Jahren als stärkstes Hochwasser in ihrem Zuständigkeitsgebiet, ein Hochwasser mit der Jährlichkeit von bis zu HQ 100 oder sogar über HQ 100 erlebt zu haben, ein weiteres Fünftel von mindestens HQ 50. Gleichzeitig fühlen sich sehr viele Behördenmitarbeiter noch nicht ausreichend vorbereitet auf zukünftige Hochwasser. Knapp 2/3 der Teilnehmer geben an, dass in Ihrem Einzugsgebiet noch einige oder einige geringe Anpassungsmaßnahmen erforderlich seien. Von Seiten der Behörden wird somit noch Handlungsbedarf gesehen. Weitere Maßnahmen zur Hochwasserrisikomanagement würden mit großer Wahrscheinlichkeit als wichtig angesehen und begrüßt werden.

Im Allgemeinen werden agrarische Landnutzungsmaßnahmen von Seiten der Behörden nur in einem geringen Maße verantwortlich gemacht für die Entstehung und Verschärfung des Hochwasserrisikos. Nichtsdestotrotz wird ein im Schnitt mittleres Potential für die Entstehung von Hochwassern und die Reduzierung der Schadenshöhe der einzelnen agrarischen Landnutzungsmaßnahmen postuliert. Am positivsten wird dabei die Wirkung von Infiltration fördernden bzw. Wasser rückhaltenden Strukturen, der Umwandlung von Acker in Grünland und von ergänzenden Erosionsschutzmaßnahmen (wie Hangquerbearbeitung und Erosionsstreifen) beurteilt. Abgeleitet kann gesagt werden, dass von Seiten der Behörden generell eine gewissen Bereitschaft und Chance in dem Einsatz von agrarischen Landnutzungsmaßnahmen gesehen wird. Die Förderung solcher Maßnahmen kann als ein Baustein des Hochwasserrisikomanagements angesehen werden, auch wenn es sicher nicht der wichtigste oder einzige Baustein sein kann. Die Wirkung muss regional bewertet werden. Interessant ist auch, dass sich die Einschätzungen der Behördenmitarbeiter sehr voneinander unterscheiden. Die gleichen Maßnahmen werden von einigen als sehr erfolgversprechend und von anderen als wirkungslos angesehen. Als Ursache können hierbei wahrscheinlich regional geographische Unterschiede sowie unterschiedliche Ausbildungen und Traditionen der Behördenmitarbeiter angesehen werden. Es könnte sich jedoch lohnen, hier über Informationsvermittlung mögliche Wissenslücken zu schließen.

Gerade in den alten Bundesländern sind die Landwirte nach Ansicht der Behördenmitarbeiter weniger gut über ihre Möglichkeiten zum landwirtschaftlichen Hochwasserschutz und zur Reduzierung der Hochwasserschäden informiert. Ein Grund könnten hierfür die unterschiedlichen landwirtschaftlichen Strukturen der Bundeslän-

der sein. In den neuen Bundesländern ist die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe nach Transformationen früherer LPG-Strukturen wesentlich geringer und die Größe der Betriebe höher. Die alten Bundesländer zeichnen sich dagegen durch eine sehr große Menge kleinerer Betriebe, die zum Teil auch nur nebenerwerblich arbeiten. Diese große Menge von Landwirten zu erreichen und zu informieren stellt eine große Herausforderung dar. Eine finanzielle und logistische Unterstützung der betroffenen Behörden könnte hier eine gute Wirkung erzielen.

Ein Punkt, der bisher nur wenig reguliert zu sein scheint und viel Unsicherheit von Seiten der Landwirte und Behördenmitarbeiter hervorruft ist die Schadensregulierung im Falle von Schadstoffkontaminierten Flächen als Folge von Hochwassern auf Feldern und in Flutungspoldern. Offen sind hier im Wesentlichen Fragen der Schadstoffverursachung bzw. der Kontaminationsquellen (die nicht immer eindeutig kausal rückverfolgbar sind), Fragen der Schadenshöhe (und der Kostenübernahme von Bodenuntersuchungen), Fragen der Verwendung der kontaminierten Flächen und Erntegüter (Bodenabtrag, Verwendung der Erntegüter zur Energiegewinnung, ...) sowie der Kostenübernahme bzw. Entschädigungszahlungen für unbrauchbar gewordene Flächen. Die bisherige Praxis scheint regional sehr unterschiedlich, wobei die Landwirte häufig auf den Kosten sitzen bleiben. Rein rechtlich sind die Landwirte für die Entfernung und Beseitigung der Kontaminationen selber Verantwortlich. Hier ist erhebliches Konfliktpotential gegeben und ein dringender Handlungsbedarf auf regulatorischer Ebene.

Schlussendlich bestehen auch in Bezug auf die behördliche Kooperationspraxis zum landwirtschaftlichen Hochwasserrisikomanagement Optimierungsmöglichkeiten. In Anbetracht der Tatsache, dass mit dem Thema Hochwasserschutz eine ganze Reihe von unterschiedlichen behördlichen Sektoren befasst ist, ist eine gute Absprache und Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen und Partnern ein wichtiger Baustein. Auch von Seiten der Behördenmitarbeiter wird der Bedarf an Zusammenarbeit mehrheitlich als hoch angesehen. Gleichzeitig ist die Zusammenarbeit mit den meisten Behörden und außerbehördlichen Partnern nur informell und ad hoc organisiert. Im Falle von zeitlich und örtlich unvorhersehbaren Starkregenereignissen kann eine ad hoc Zusammenarbeit die adäquate Form darstellen. Bei der Regulierung größerer Gewässer und Hochwasser als Folge von Deichüberschwemmungen, Deichunter-spülungen und -brüchen scheint das Risiko kalkulierbarer und eröffnet Möglichkeiten für einen guten vorsorgenden Hochwasserschutz. Eine Zunahme der Institutionalisierung der Zusammenarbeit könnte hier von großer Bedeutung sein. Die EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie mit ihrer Fokussierung auf Flussgebiete gibt hier bereits einen guten Weg vor, der unbedingt weiter beschritten werden sollte.

4.1.5.2 Schlussfolgerungen aus der Aufstockungsphase des Projektes

Die Auswertung der Leitfadengespräche mit Vertreter/innen der oberen und obersten Landesbehörden zeigen, dass

- sich die Einschätzung der Möglichkeiten und Grenzen nicht-struktureller landwirtschaftlicher Maßnahmen weitgehend mit der im Projekt erarbeiteten Bewertung deckt;
- die Kooperationspraxis zwischen den Bundesländern und auch zwischen ‚großen‘ und ‚kleinen‘ Flüssen sowohl im Formalisierungsgrad als auch im Erfolg variiert; Somit können die für dieses Thema bestehenden Unterschiede zwischen den Ländern und Regionen Deutschlands, die schon die Hauptuntersuchung nahelegte, bestätigt und differenziert werden; und
- in den Ministerien der Kenntnisstand und der Informationszugang als überwiegend ausreichend, aber auch als stark persönlich geformt beschrieben wird.

Das erste Auswertungsergebnis steht in einem gewissen Kontrast zu der heterogenen Wahrnehmung der landwirtschaftlichen Optionen, die sich aus der schriftlichen Befragung von überwiegend unteren und mittleren Landesbehörden ergeben hatte. In dieser Hinsicht kann daher die Annahme getroffen werden, dass letztere tendenziell schlechter informiert sind, bzw. höhere Erwartungen an die Landwirtschaft haben als die verantwortlichen Ansprechpartner in Ministerien und Landesämtern. Vor diesem Hintergrund wird als wichtigste Schlussfolgerung betrachtet, dass eine allgemeine Verbesserung des Informationsstandes zu den Möglichkeiten und Grenzen nicht-struktureller landwirtschaftlicher Maßnahmen über alle Entscheidungsebenen vor allem im Bereich der mittleren und unteren Behörden anzustreben ist.

Eine zweite Schlussfolgerung ist zu ziehen im Hinblick auf die Institutionalisierung von Kooperation zwischen Behörden und zwischen Behörden und Praxispartnern: Hier spielen offensichtlich zum Teil strukturelle Rahmenbedingungen eine fördernde Rolle (z. B. wenn beide Fachbereiche Teil eines Ministeriums sind), aber auch positive Erfahrungen in benachbarten Arbeitsfeldern wie z. B. die institutionalisierten Gebietskooperationen der Wasserrahmenrichtlinie. Die Formalisierung von Kooperationen wird – vor allem für kleinräumige Problemlagen – tendenziell eher abgelehnt. Hier wäre daher zu prüfen, ob die regionale Kooperationsfähigkeit durch entsprechendes *capacity building* gefördert werden sollte.

Als allgemeine Tendenz lässt sich auch festhalten, dass alle Interviewpartner die Art der Kooperation, die sie gerade haben, als die Richtige ansehen, unanhängig davon, welche Kooperationsform das jeweils ist. Dort, wo über die WRRL oder externe Rahmenbedingungen eine hohe Formalisierung gegeben ist, wird dies als Gewinn bezeichnet, wo es das nicht gibt, wird die informelle Arbeit als ausreichend angesehen. Dieses Ergebnis kann zum einen organisationstheoretisch interpretiert werden, dergestalt dass es in den Behörden einen gewissen Veränderungswiderwillen gibt.

Eine zweite Interpretationsebene ist die methodische Ebene, nämlich dass gegenüber externen Personen keine Kritik geäußert werden sollte. Eine dritte institutionelle Interpretation berücksichtigt die föderale politische Struktur Deutschlands und die damit einhergehende bewusste Dezentralisierung und Heterogenität in der Organisationslandschaft. Somit kann die vorliegende Untersuchung hier zu keinen endgültigen Schlussfolgerungen kommen und zunächst nur die situative Herangehensweise an die Kooperationsfrage empfehlen.

4.2 AP4 – Risikowahrnehmung und -bewusstsein von Akteuren in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsregionen

4.2.1 Ziel- und Aufgabenstellung

a) Thema AP4:

- Risikowahrnehmung und -bewusstsein von Akteuren in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsregionen

b) Leitung:

- Uni Hamburg (BIOGUM)

c) Kooperation:

- ZALF-LWH, ZALF-SÖ, LfULG, UFZ

d) Ziele:

- Identifikation und Analyse von Problembewusstsein und Risikowahrnehmung von Landwirten in Bezug auf die mögliche Erhöhung oder Minderung von Hochwasserrisiken durch nicht-strukturelle agrarische Maßnahmen
- Identifikation und Analyse akteurspezifischer Entscheidungslogiken bei der Umsetzung nicht-struktureller agrarischer Maßnahmen auf der Basis subjektiv wahrgenommener vermittelnder (Bewusstsein, Wissen etc.) und motivierender Faktoren (Kosten, Anreize etc.)

e) Hypothesen:

- Akteure, die nicht-strukturelle Maßnahmen im Agrarbereich anwenden bzw. in ihre Umsetzung einbezogen sind, nehmen aufgrund ihres gesellschaftlichen Kontextes, des individuellen Wissensstandes, kognitiver Prozesse (Information, Kommunikation) etc. nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit wahr (potenzielle Risiken, Optionen, Restriktionen etc.). Die Vielfalt dieser Wahrnehmungen kann in Beziehung zu Ergebnissen wissenschaftlicher Risikoanalysen gesetzt werden, um davon Hinweise für das Risikomanagement zu erlangen.
- Akteurspezifische Entscheidungslogiken (Verhaltensselektion, Bildung von Intentionen) basieren auf multiplen Zielen (nicht nur solchen, die auf der Minderung von Hochwasserrisiken beruhen). Anreizmaßnahmen, die die Akteure motivieren sollen, nicht-strukturelle agrarische Maßnahmen anzuwenden, müssen deshalb einen zusätzlichen akteurspezifischen Aufwand einbeziehen.

f) Methoden / Arbeitsschritte:

- Leitfadengestützte qualitative persönliche und telefonische Interviews mit Landwirten, in potenziellen Abflussbildungs- und Überschwemmungsgebieten (auch Polder).
- Akteurspezifische Analyse kognitiver Prozesse der Verhaltensselektion und Intentionsbildung.
- Analyse und Strukturierung akteurspezifischer Entscheidungslogiken anhand geeigneter Darstellungstechniken zur Abbildung individueller Risikowahrnehmungen, Optionen und Bewertungsmuster.

Aus dem Aufstockungsantrag neu hinzugekommene Arbeitsaufgabe:

- Durchführung von 40 telefonischen quantitativen Interviews mit Landwirten, die insbesondere in Flutpoldern und Überflutungsgebieten wirtschaften. Diese zusätzlichen Informationen ermöglichen durch eine statistische quantitative Analyse verallgemeinerungsfähige Aussagen zum Hochwasserrisikomanagement in diesen Gebieten. Die Landwirte werden zudem mit den Ergebnissen des AP5 des Hauptprojektes konfrontiert und bewerten diese in Bezug auf die praktische Anwendbarkeit
- Untersuchung von Determinanten und Voraussetzungen für Verhaltensänderungen bzw. Verbesserungen der Landbewirtschaftung zur Verminderung Starkregen und Hochwasser bedingter Schäden
- Erarbeitung von Interventionsstrategien zur Verbesserung des Hochwasserrisikomanagements bei der Landbewirtschaftung durch Landwirte. Dies erfolgt im Dialog mit den Landwirten und unter Berücksichtigung der Ergebnisse von AP1 bis AP3

Beitrag zur Erreichung des Projektziels (durch o. g. Arbeitsaufgaben):

- Verallgemeinerungsfähige Aussagen zu Problemen und Lösungsansätzen des Hochwasserrisikomanagements der Landbewirtschaftung in Flutpoldern und Überflutungsgebieten (Deichvorland)
- Kritischer Methodenvergleich mit vergleichbaren Forschungsansätzen, insbesondere bei der sequenzieller Kombination qualitativer und quantitativer Vorgehensweisen
- Interventionsstrategien zur Verbesserung des Hochwasserrisikomanagements der Landbewirtschaftung
- Zielgruppen gerechte Aufarbeitung der Ergebnisse für die DWA Publikation

g) Angestrebte Ergebnisse:

- Ergebnisse der akteurspezifischen Analyse kognitiver Prozesse der Verhaltensselektion und Vergleich kognitiver Faktoren mit wissenschaftlich erhobenem Wissen.
- Hinweise für ein erfolgreiches Risikomanagement bei Landwirten.
- Eingereichte wissenschaftliche Publikationen.

h) Bemerkungen

Die Erkenntnisse der Analysen dieses Arbeitspaketes wurden mit den Ergebnissen der anderen Teilprojekte im Arbeitspaket 5 (AP5) in einem partizipativen Analyseansatz verknüpft und einer transdisziplinären Bewertung unterzogen, mit dem Ziel, konkrete Ansatzpunkte für eine verbesserte Hochwasserprävention im Agrarbereich zu identifizieren.

4.2.2 Theoretische und konzeptionelle Verortung

4.2.2.1 Vom Sicherheitsdenken zur Risikokultur

In Folge der Häufung extremer Hochwasserereignisse in der jüngeren Vergangenheit wurde verstärkt über eine Ablösung des bisherigen Sicherheitsdenkens durch eine Risikokultur diskutiert (Grünewald et al., 2003). Diese Risikokultur wird durch vier zentrale Fragen charakterisiert:

- 1) Was kann überhaupt passieren (Risikoanalyse)?
- 2) Was darf nicht passieren (Risikobewertung)?
- 3) Welche Sicherheit für welchen Preis (Risikobewertung)?
- 4) Wie kann mit dem Risiko bestmöglich umgegangen werden (Risikoumgang)?

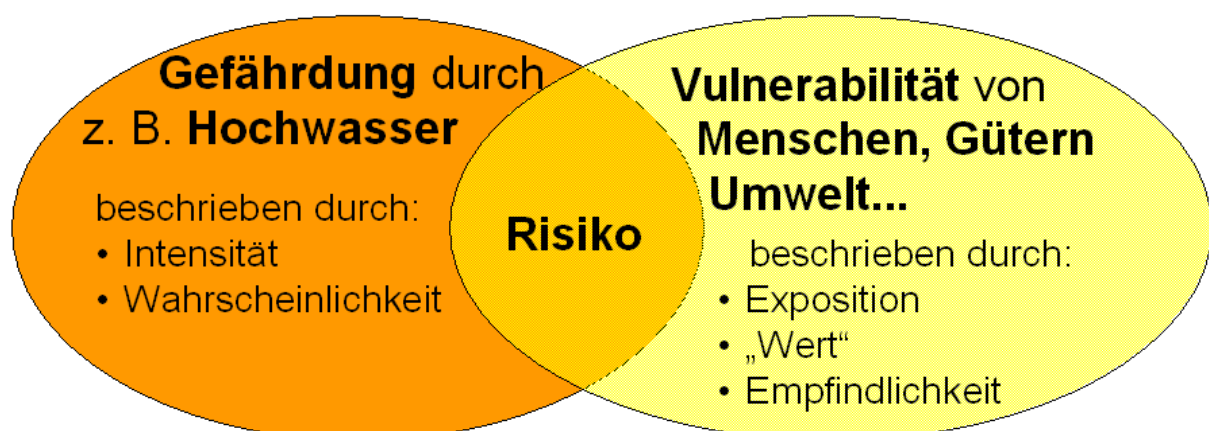


Abb. 4-5: Schematische Darstellung des Risikokonzeptes, auf dem die Arbeiten des AP4 basieren (verändert nach Grünewald et al., 2003)

Zugleich wurde eine veränderte Definition von Risiko vorgeschlagen, durch die technische oder hydrologische Konzepte auf der Basis von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß abgelöst werden sollen. Diese Definition beschreibt Risiko als ein subjektives Konzept (Slovic, 2000), in dem sich Risiko aus der Interaktion von wahrgenommener Gefährdung und subjektiv empfundener Vulnerabilität ergibt. Dieses Risikokonzept wurde den Arbeiten im AP4 zugrunde gelegt.

4.2.2.2 Problembewusstsein und Risikowahrnehmung

Am Beginn des Forschungsprozesses stand die These, dass Akteure, die nicht-strukturelle Maßnahmen im Agrarbereich anwenden bzw. in ihre Umsetzung einbezogen sind, aufgrund ihres gesellschaftlichen Kontextes, des individuellen Wissensstandes, kognitiver Prozesse (Information, Kommunikation) etc. nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit wahrnehmen (potenzielle Risiken, Optionen, Restriktionen etc.).

Wir konnten durch unsere Analyse diese These und somit den generellen Befund bestätigen, dass Wahrnehmung stets selektiv ist (Renn et al., 2007; Böhm, 2002).

Es wurde insofern davon ausgegangen, dass die Vielfalt der Wahrnehmungen von Landwirten in Beziehung zu Ergebnissen wissenschaftlicher Risikoanalysen gesetzt werden kann. Für ein funktionierendes Risikomanagement ist es daher notwendig, diese Vielfalt von Wahrnehmungen zu berücksichtigen.

Für die Risikowahrnehmung sind insbesondere sieben Determinanten wichtig und für unser Untersuchungsdesign leitend (Terpstra, 2006):

- 1) der Anstieg bzw. die wahrgenommene Erhöhung des Risikos
- 2) die Emotionalisierung durch das Risiko bzw. die Wirkmächtigkeit des wahrgenommenen Risikos Angst, Emotionen, Stress auszulösen
- 3) die Kenntnis der Betroffenen bzw. das Maß, wie Akteure glauben, das Risiko zu kennen und potenziell gefährdet zu sein
- 4) die angenommene Unterstützung bzw. das Maß, wie Akteure glauben, dass die Gesellschaft Maßnahmen zur Risikoreduktion unterstützt
- 5) das Vertrauen bzw. das Maß, wie Akteure den Zuständigen (Behörden etc.) vertrauen, dass diese Informationen über das Risiko vollständig und ungeschönt weitergeben
- 6) die Einschätzung der Kenntnis von Experten bzw. das Maß wie Akteure glauben, dass Experten und Entscheidungsträger Kenntnis über das Risiko haben
- 7) die angenommene Steuerbarkeit bzw. das Maß, wie Akteure glauben, auf das Risiko Einfluss nehmen zu können.

Weiterhin legen die Ergebnisse bisheriger Risikoforschung nahe, dass von diesen sieben Determinanten die Emotionalisierung (2) und Kenntnis der Betroffenen (3)

besonders wichtig sind (Hänze, 2002). Wobei die emotionale Wirksamkeit von der künftig erwarteten Betroffenheit sowie von den eigenen Erfahrungen mit Hochwasser abhängt und durch psychische Prozesse (z. B. Vermeidung von kognitiver Dissonanz) gedämpft wird.

4.2.2.3 Betroffenheit - Vulnerabilität

Ihre subjektive Betroffenheit leiten Menschen aus eigener Erfahrung mit früheren Schadensereignissen ab. Es können jedoch auch Berichte von Dritten (z. B. von Bekannten, älteren Menschen, Experten, Medien) Befürchtungen nähren, dass eine Gefährdung durch künftige Extremereignisse vorliegt, auch wenn bisher selbst keine eigenen Erfahrungen gesammelt wurden. Die Befürchtung, in Zukunft betroffen oder stärker betroffen sein zu können, kann zudem durch Berichte über Klimaveränderungen oder eigene Beobachtungen von klimatischen Entwicklungen verstärkt werden (Blaikie et al., 1994; Messner und Meyer, 2006).

Für Landwirte, die Flächen in Auen bewirtschaften, erhöht sich die Vulnerabilität, wenn im Zuge des Hochwasserrisikomanagements Retentionsräume geöffnet oder Flutungspolder errichtet werden und in der Folge bisher durch Dämme geschützte Flächen auch schon bei niedrigeren Wasserständen überflutet werden.

Das Ausmaß der Betroffenheit wird zudem durch die Art der Schäden, die durch Hochwasser und Starkregen verursacht werden, bestimmt:

- Schäden durch Verlust einer Ernte. Diese Schäden können ggf. durch Noternte und/ oder Neuansaat verringert werden.
- Langfristige Schäden durch persistente Schadstoffe, die auf überschwemmten Flächen abgelagert werden
- Starkregen bedingte kurzfristige Schäden durch Erosion oder Verschlammung. Bei häufiger Wiederkehr kommt es auch zu langfristigen Schäden durch die Verringerung der Bodenfruchtbarkeit. Erosion kann zudem Schäden im Unterliegerbereich durch unerwünschte Ablagerungen verursachen.

Das Risiko von Schäden, die unmittelbar durch Überschwemmung verursacht werden, unterscheidet sich somit vom Erosionsrisiko oder dem Risiko von Schadstoffbelastungen durch die Dauer bzw. das Ausmaß langfristiger Folgewirkungen und die Beeinflussbarkeit durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen.

4.2.2.4 Akteurspezifische Entscheidungslogiken und Veränderungen risikorelevanten Verhaltens

Die zentrale Hypothese zu akteurspezifischen Entscheidungslogiken (Verhaltensselektion, Bildung von Intentionen) zu Beginn der Untersuchung war, dass diese auf

multiplen Zielen basieren und nicht nur auf solchen, die auf eine Minderung von Hochwasserrisiken abzielen. Dies mag zwar trivial klingen, Akteure des Hochwasserrisikomanagements scheinen dies jedoch nicht immer zu berücksichtigen. Anreize, die Akteure motivieren sollen, nicht-strukturelle agrarische Maßnahmen anzuwenden, müssen deshalb weitere Interessen und Aspekte berücksichtigen und auch den zusätzlichen akteurspezifischen Aufwand für eine Maßnahme einbeziehen (z. B. Lantermann, 1999; Willock et al., 1999b; McGregor et al., 1996; Steinhauser et al., 1992). Aufwand bedeutet in diesem Zusammenhang nicht nur Kosten, sondern auch Aufwand der notwendig ist, um Gewohnheiten, kulturelle Gepflogenheiten und etablierte Praktiken zu verändern.

Die Untersuchung von Entscheidungslogiken und Verhaltensänderungsprozessen im AP4 wurde auf jene Aspekte fokussiert, die für das Hochwasserrisikomanagement relevant sind. Aus der zentralen These geht jedoch bereits hervor, dass für risikorelevante Entscheidungen stets auch andere Lebensbereiche der Akteure von Bedeutung sind. Deshalb wurden auch Erkenntnisse und Vorarbeiten berücksichtigt, die nicht auf Hochwasser und Starkregen bedingte Risiken Bezug nehmen (Hänze, 2002; vgl. Zimmermann und Gutsche, 1991; Fürst, 1995).

4.2.2.5 Entstehen von Verhalten und Bedingungen von Verhaltensänderungen

Wissen wirkt nicht immer unmittelbar auf das Verhalten. Für ein funktionierendes Risikomanagement, d. h. für die Entwicklung von funktionierenden Strategien, um Landwirte für nicht-strukturelle Maßnahmen zu gewinnen, ist daher ein Blick in die Psychologie des menschlichen Verhaltens hilfreich. Wir beschränken uns dabei nur auf ein für unsere Zwecke nützlich und ausreichendes psychologisches Modell. Menschliches Verhalten ist in der Regel polytelisch organisiert, d. h. es wird in den meisten Fällen von mehreren Zielen geleitet (Hänze, 2002; Lantermann, 1999). Das eigentliche Verhalten wird situativ durch das oder die Motiv(e) mit größter Motivstärke bestimmt. Die Auswahl des Handlung leitenden Motivs bzw. der Handlung leitenden Motive kann dabei bewusst oder unbewusst erfolgen. Die Motivstärke ergibt sich aus der Verbindung der Wichtigkeit des Motivs mit der Erfolgswahrscheinlichkeit für seine Erreichung. Die Wichtigkeit eines Motivs wiederum ergibt sich aus der Dringlichkeit und der Höhe der relativen spezifischen Bedeutung eines Bedürfnisses. Die Erfolgswahrscheinlichkeit wird zudem aus den konkreten Handlungsbedingungen auf Basis der allgemeinen Kompetenz oder Selbstwirksamkeit und der epistemischen oder sachbezogenen Kompetenz ermittelt (Dörner, 1998: 437 ff).

Die Ausbildung der Kompetenz oder Selbstwirksamkeit wird entscheidend durch frühere eigene Erfahrungen, Beobachtung der Effekte eigenen Verhaltens, Rückmeldungen wichtiger Bezugspersonen sowie Beobachtung des Verhaltens dieser Be-

zugspersonen beeinflusst. Sie setzt sich aus einer Reihe von (bewährten) Verhaltensmustern zusammen, die je nach Situation und Bedarf abgerufen werden und zur Bewertung der aktuellen Verhaltensmöglichkeiten genutzt werden können (Lantermann et al., 1992a; Lantermann et al., 1992b). Lebenssituationen, Gefahren oder Risiken, die zuvor noch nie erfahren, beobachtet oder von anderen vermittelt wurden, können nur mit ähnlichen eigenen, beobachteten oder vermittelten Erfahrungen verglichen werden. Ist nur eine vermeintliche Vergleichbarkeit gegeben, die auf Fehleinschätzungen beruht, werden Handlungsmöglichkeiten falsch oder unzureichend bewertet. Kommt ein Individuum zur Schlussfolgerung, dass eine Vergleichbarkeit mit eigenen, beobachteten oder vermittelten Erfahrungen nicht gegeben ist, kann es keine Bewertung vornehmen und im Falle entsprechenden Bedarfs oder ausreichender Neugier durch exploratives Verhalten das Unbekannte erkunden (Dörner, 1998).

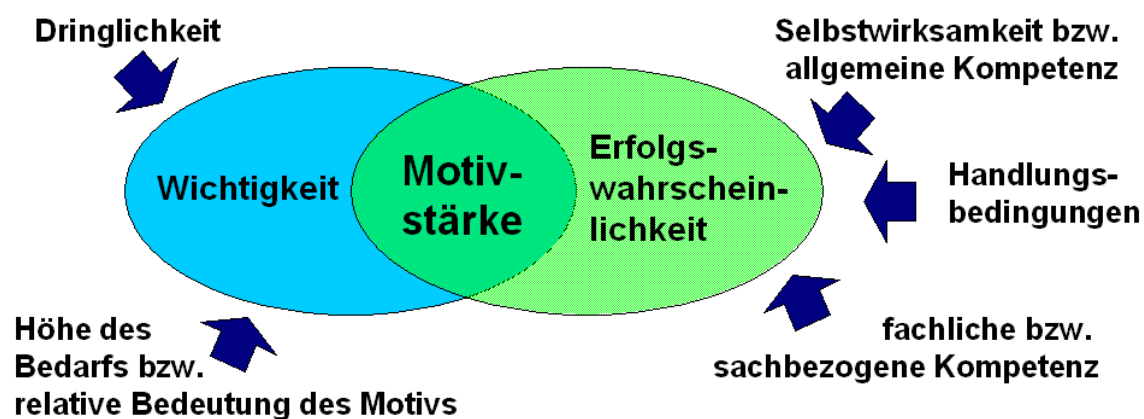


Abb. 4-6: Schematisch Darstellung der Faktoren, die für die Ermittlung der Motivstärke und damit für die Auswahl der handlungsleitenden Motive bedeutsam sind (Dörner, 1998: 437 ff)

4.2.2.6 Fazit: Risikorelevante Verhaltensselektion

Aus den oben aufgeführten Theorieansätzen und Literatur zum Hochwassermanagement sowie aus früheren Untersuchungen zu risikorelevantem Verhalten haben wir zur Erreichung der Ziele des Teilprojekts folgende Hypothesen aufgestellt. Diese bildeten die Grundlage für die Erstellung der Interviewleitfäden.

- 1) Landwirte sind der Ansicht, dass staatliche Organisationen für das Risikomanagement zuständig sind. Sie sind bezüglich des Risikomanagements und des Schadensausgleichs auf staatliche und nicht-staatliche Organisationen angewiesen.
- 2) Landwirte sind nicht für Informationen seitens des Hochwasserrisikomanagements zugänglich oder nicht zur Umsetzung konkreter, Risiko mindernder Maßnahmen in der Lage, wenn ihre Aufnahmefähigkeit und ihre diesbezüglichen Handlungsmöglichkeiten durch (akute) Probleme oder Krisen, die nicht mit dem Hochwasserrisiko in Zusammenhang stehen, eingeschränkt sind.

- 3) Auch wenn Landwirte sich des Hochwasserrisikos bewusst sind, gibt es viele psychologische Faktoren (z. B. Vermeidung von kognitiver Dissonanz), die dazu führen, dass sie ihr eigenes Risiko unterschätzen oder verdrängen.
- 4) Landwirte sehen keinen Bedarf für eine andere Wirtschaftsweise oder glauben nicht, dass Sie in Ergänzung zur aktuellen Betriebsführungspraxis mehr zur Risikominderung beitragen können, weil
 - sie glauben, schon optimal zu wirtschaften und sich nicht veranlasst fühlen, an ihrer Wirtschaftsweise etwas zu verändern,
 - keine tauglichen und sinnvollen Alternativen zur aktuellen Praxis sehen,
 - positive Effekte von Veränderungen bzw. Zusammenhänge zwischen ihrer Art der Landbewirtschaftung und der Betroffenheit anderer für sie nicht nachvollziehbar sind,
 - Veränderungen negative Folgen für den eigenen Betrieb erwarten lassen und sie deshalb Zusammenhänge zwischen ihrer Art der Landbewirtschaftung und der Betroffenheit anderer nicht erkennen wollen,
 - sie selbst keinen Vorteil, sondern nur Nachteile von diesen Veränderungen haben oder
 - selbst nicht von Hochwasser- oder Erosionsschäden betroffen sind.
- 5) Die Wahrscheinlichkeit für Veränderungen der Wirtschaftsweise bzw. die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements steigt, wenn
 - Veränderungsbedarf/ -druck bzw. kognitive Dissonanz vorliegt,
 - bekannte Kollegen, deren fachliche Kompetenz hoch eingeschätzt wird, diese Maßnahmen bereits seit längerem erfolgreich anwenden,
 - innovative Landwirte gefunden werden können, die für Veränderungen besonders offen sind und über die Fachkompetenz und Selbstwirksamkeit verfügen, ein mit der Veränderung verbundenes höheres Bewirtschaftungsrisiko zu tragen,
 - Landwirte durch persönliche oder gesundheitliche Krisen zu Veränderungen gezwungen sind,
 - die jeweiligen Maßnahmen nicht im Widerspruch zu zentralen Einstellungen und Wertvorstellungen stehen,
 - Landwirte hohes Vertrauen zu Beratern oder Vertretern des staatlichen Risikomanagements haben, die ihnen die Anwendung der Maßnahmen nahe legen,
 - Bedingungen geschaffen werden, die die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen nahe legen oder

- sich Landwirte von der Anwendung der Maßnahmen selbst relevante Vorteile und Verbesserungen versprechen.

4.2.3 Methodisches Vorgehen im AP4

4.2.3.1 Auswahl und Anzahl befragter Landwirte

Die Daten für die empirischen Analysen wurden in zwei Wellen mittels Leitfaden gestützter persönlicher Interviews mit 17 Landwirten sowie nachfolgend mittels telefonischer Interviews mit 42 Landwirten erhoben. Von den persönlich befragten Landwirten bewirtschaften acht Betriebsleiter Ackerflächen in Überschwemmungsgebieten bzw. Flutungspoldern. In den telefonischen Interviews wurden ergänzend weitere 22 Betriebsleiter mit Flächen in Überflutungsgebieten befragt. Neun Landwirte, die persönlich befragt wurden, und 20, die telefonisch interviewt wurden, bewirtschaften Ackerland in Hochwassererentstehungsgebieten bzw. Mittelgebirgslagen. Einige der befragten Landwirte engagieren sich in der landwirtschaftlichen Interessenvertretung, Vereinen oder in Wasserschutzkooperationen. Ein Landwirt übt Funktionen in überbetrieblichen Genossenschaften aus und ist Bürgermeister.

In Abb. 4-7 sind die geographische Lage der Betriebe und die zentralen Charakteristika der Befragungsregionen hinsichtlich der Hochwasser- und Starkregensrisiken dargestellt.

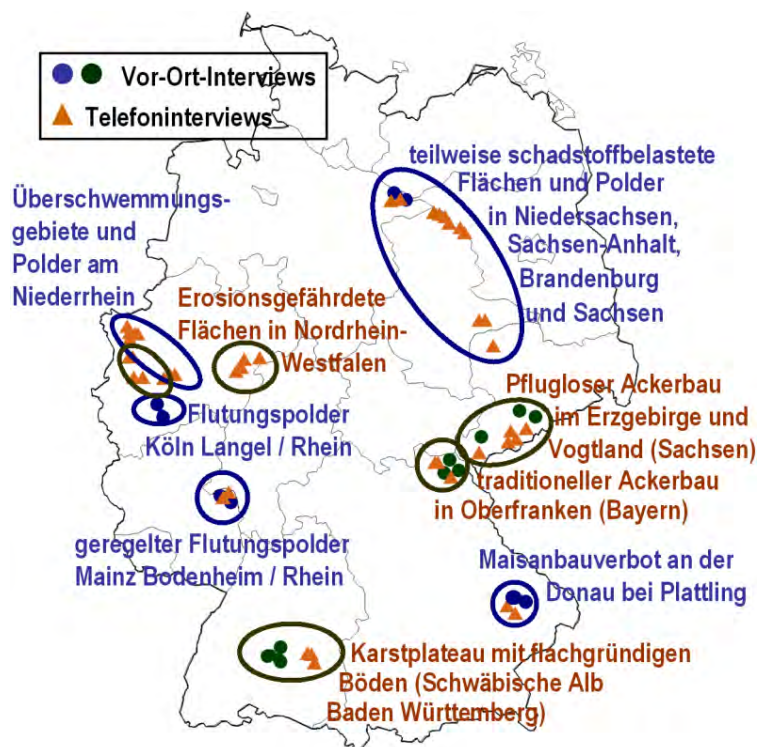


Abb. 4-7: Überblick über die Befragungsgebiete und die jeweils bedeutsamen Charakteristika (Punkte und Dreiecke in den Kreisen stehen für die Anzahl der befragten Landwirte und die ungefähre Lage ihrer Betriebe)

4.2.3.1.1 Allgemeine Charakteristika der befragten Landwirte und ihrer Betriebe

Die 59 interviewten Betriebsleiter waren zum Zeitpunkt der Befragungen zwischen 24 und 76 Jahre und durchschnittlich 49 Jahre alt. Die Zeitspanne, seitdem sie ihre Betriebe bereits als Betriebsleiter führen, liegt bei 56 Landwirten zwischen 0 und 49 Jahren und beträgt im Durchschnitt 21 Jahre. Ein Befragter studiert noch und wird den Betrieb in absehbarer Zukunft übernehmen und zwei Befragte sind Buchhalter auf größeren Betrieben. Bis auf vier Ausnahmen haben alle Befragten eine landwirtschaftliche Ausbildung (etwa als Landwirtschaftsmeister) oder ein landwirtschaftliches Studium (z. B. Agrarwissenschaften) absolviert.

Die Betriebsgrößen der befragten Landwirte unterschieden sich zwischen den alten und neuen Bundesländern erheblich (Abb. 4-8). In den neuen Bundesländern lagen sie in den Entstehungsgebieten bei 1520 ha (Ackeranteil 68 %, Pachtflächenanteil 88 %) und in den Überschwemmungsgebieten bei 1688 ha (Ackeranteil 67 %, Pachtflächenanteil 60 %). In den alten Bundesländern betrug sie bei Betrieben in Entstehungsgebieten bei 115 ha (Ackeranteil 59 %, Pachtflächenanteil 53 %) und in den Überschwemmungsgebieten bei 90 ha (Ackeranteil 72 %, Pachtflächenanteil 57 %). Die Betriebe in den neuen Bundesländern waren also ca. 13-mal (Entstehungsgebiete) bzw. 19-mal (Überschwemmungsgebiete) größer. Das Mittel der Betriebsgrößen lag jedoch deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 48,3 ha (Statistisches Bundesamt und BMELV, 2007). Der Ackerflächenanteil war in den Überschwemmungsgebieten mit 72 % am größten. Der Anteil an Pachtflächen war hingegen mit 88 % in den Mittelgebirgslagen der neuen Bundesländer am größten und betrug im Durchschnitt

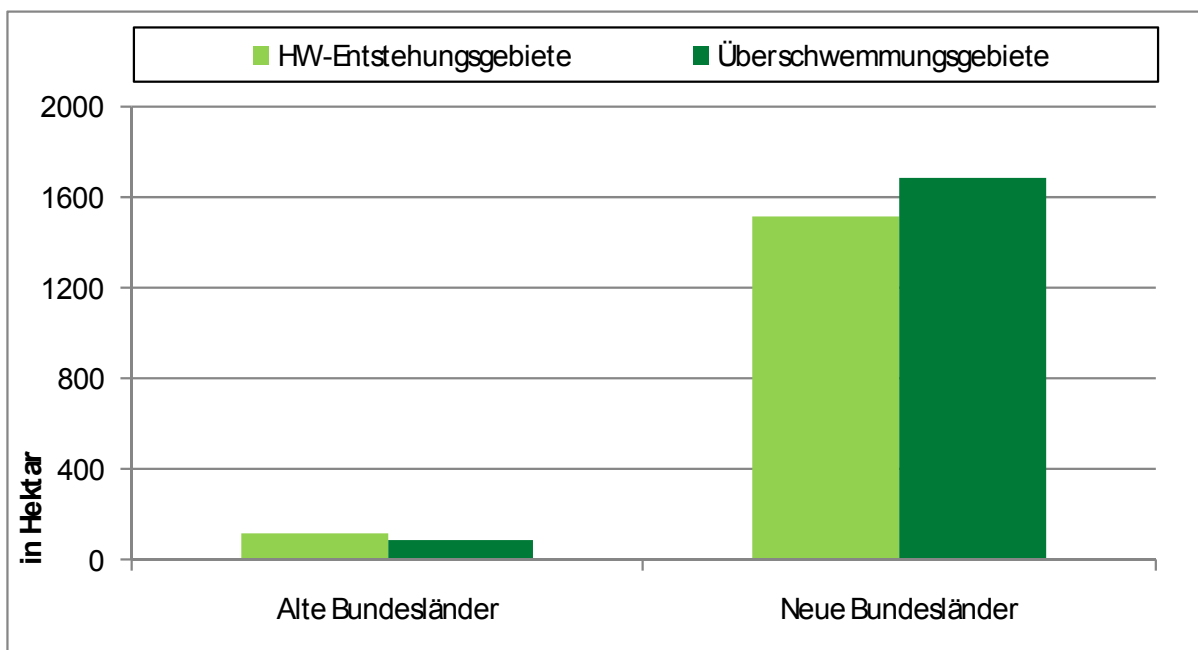


Abb. 4-8: Von befragten Landwirten durchschnittlich bewirtschaftete Betriebsfläche (n=58)

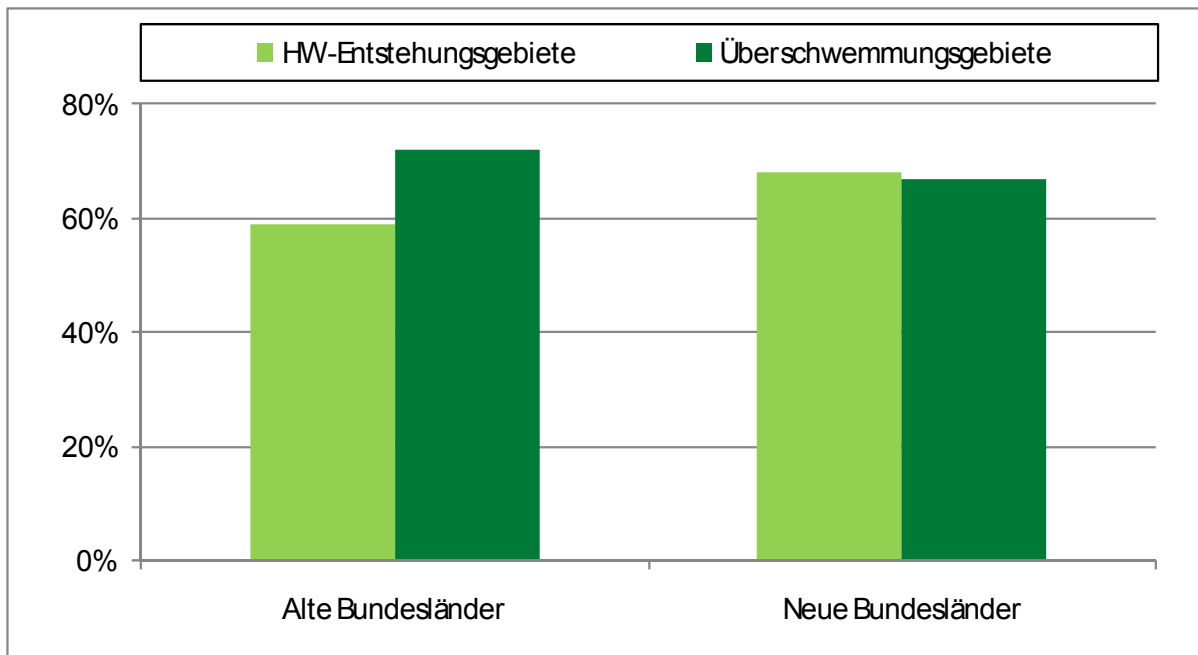


Abb. 4-9: Durchschnittlicher Ackerflächenanteil auf Betrieben der befragten Landwirte (n=58)

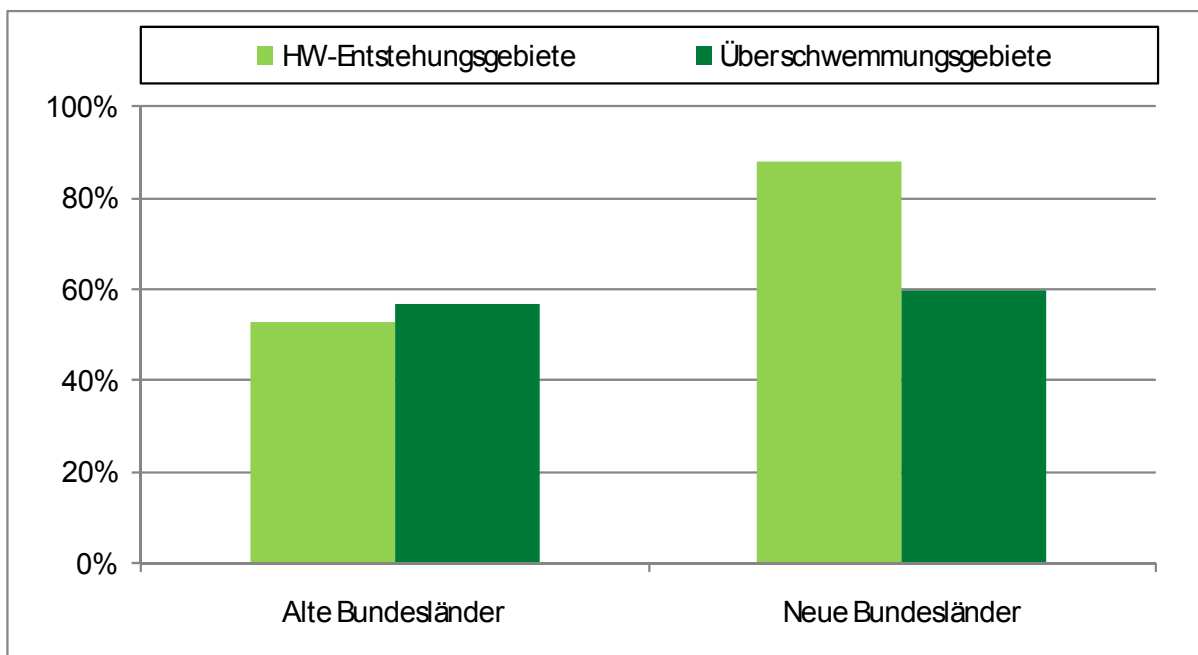


Abb. 4-10: Durchschnittlicher Pachtflächenanteil auf Betrieben der befragten Landwirte (n=58)

Die Betriebe in den neuen Bundesländern wurden bis auf eine Ausnahme als Genossenschaften oder Gesellschaften bzw. im Haupterwerb geführt. Der Betriebsleiter des Nebenerwerbsbetriebs war hauptberuflich in einem Bauernverband tätig. In den alten Bundesländern wurden von den 21 Betrieben in den Mittelgebirgslagen drei im Nebenerwerb und von den 21 Betrieben in den Überschwemmungsgebieten zwei im Nebenerwerb geführt.

In Tab. 4-23 wurde dargestellt, welche Betriebszweige auf den Betrieben der befragten Landwirten vorzufinden sind. Mit einer Ausnahme (leitende Funktion in einem Landesbauernverbandes) bewirtschafteten sämtliche Landwirte Ackerflächen. Auf sämtlichen Betrieben in den neuen Bundesländern wurden neben dem Ackerbau auch Tiere gehalten und auf knapp 2/3 der Betriebe Milchvieh. In den alten Bundesländern wurde insbesondere in den Überschwemmungsgebieten die Tierhaltung aufgeben (40 % viehlos). In den Hochwasserentstehungsgebieten der alten Bundesländer wirtschafteten nur 14 % viehlos.

Tab. 4-23: Betriebszweige auf Betrieben befragter Landwirte

Betriebszweige (Mehrfachnennungen möglich)	Überschwemmungsgebiete (n=29)	Hochwasserentstehungsgebiete (n=29)
Marktfrucht	22	19
Milchviehhaltung	14	16
Mutterkuhhaltung/Rindermast	5	10
Schweinehaltung	2	4
Gemüse, Weinbau	2	1

4.2.3.1.2 Detaillierte Charakteristika der befragten Landwirte in Überschwemmungsgebieten und Flutungspoldern

Vier der befragten 30 Landwirte bewirtschafteten schadstoffbelastete Flächen, darunter auch Ackerflächen, im Überschwemmungsgebiet der Elbe in Niedersachsen. Vier Landwirten war nicht bekannt, ob ihre Flächen mit Schadstoffen belastet sind und die übrigen 20 gaben an, dass sie keine Probleme mit Schadstoffbelastungen hätten. Zwei Landwirte haben in Folge der Schadstoffkontamination ihrer Flächen die Tierhaltung aufgegeben. Neben der Aufgabe der Tierhaltung können die Landwirte ihre Flächen aufgrund der Schadstoffbelastung nur noch begrenzt nutzen. Zum Teil verwerten die Landwirte ihre Grünschnitte in einer hofeigenen oder hofnahen Biogasanlage.

Vier Landwirte bewirtschaften Ackerflächen im Überschwemmungsgebiet der Donau bei Plattling, in dem 2007 teilweise der Anbau von Mais verboten wurde, damit die Abflusskapazität bei Hochwasserereignissen nicht verringert wird. Im Gegenzug wurden den Landwirten Ersatzflächen außerhalb des Überschwemmungsgebietes zum Kauf angeboten und die Flächen im Überschwemmungsgebiet von der Wasserwirtschaftsverwaltung erworben, jedoch mit der Bedingung, keinen Mais anzubauen, wieder an die Landwirte verpachtet. Zwei in den Telefoninterviews befragte Landwirte aus der Donauregion waren nicht direkt von dem Maisanbauverbot betroffen, da sie keinen Mais anbauen bzw. keine Flächen im betroffenen Gebiet bewirtschaften.

Vier Landwirte bewirtschaften einen großen Teil ihrer Ackerflächen in einem geregelten Flutungspolder in Mainz-Bodenheim am Rhein. Zum Zeitpunkt der Befragung waren die Bauarbeiten am Polder noch nicht abgeschlossen und es lagen noch keine Erfahrungen mit der gezielten Flutung vor.

Zwei Landwirte bewirtschaften Ackerflächen in einem regelbaren Flutungspolder bei Köln-Langel am Rhein, bei dem die Bauarbeiten zum Zeitpunkt der Befragung ebenfalls noch nicht abgeschlossen waren. Diese Landwirte zählen seit einigen Jahren zu den Anwendern der konservierenden Bodenbearbeitung, weil ihnen dies aus Gründen des Trinkwasserschutzes nahe gelegt wurde.

Sieben Landwirte, die Flächen in den Poldern Grietherbusch und Ilverich und Bereichen mit Deichrückverlegungen in Bislich und Lohrwardt bewirtschaften, wurden telefonisch befragt. Beim Polder Grietherbusch handelt es sich um einen Sommerpolder, der nur vor kleineren Hochwassern schützt. Alle anderen Polder bzw. Deichrückverlegungen wurden oder werden derzeit gebaut bzw. fertig gestellt und es liegen keine Erfahrungen mit der gezielten Flutung vor.

In Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen wurden neun Betriebsleiter telefonisch befragt, die Flächen in den Überschwemmungsgebieten der Elbe, Havel und Mulde bewirtschaften. Zwei von diesen Landwirten gaben an, dass ihre Flächen mit Schadstoffen belastet sind.

Die Flutungspolder Köln-Langel, Mainz-Bodenheim und Ilverich werden in Zukunft nur geflutet, wenn bei einer Überschreitung des Bemessungshochwassers Deichüberströmungen mit der Folge von Deichbrüchen und großflächigen Überschwemmungskatastrophen drohen. In Nordrhein-Westfalen wurde in Aussicht gestellt, dass eine Flutung nach aktueller Hochwasserstatistik nur in Abständen von mehr als 100 Jahren erfolgen würde und eine Veränderung der Landnutzung in den steuerbaren Rückhalteräumen nicht erforderlich sei (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, 2007).

4.2.3.1.3 Charakteristika der befragten Landwirte in den Hochwasserentstehungsgebieten bzw. Mittelgebirgslagen

Von den acht Landwirten, die im sächsischen Erzgebirge und Vogtland befragt wurden, zählen vier zu den konsequenten und erfolgreichen Anwendern dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaatverfahren. Wobei drei Landwirte Direktsaatverfahren nur sehr eingeschränkt anwenden können, weil sie Tiere halten und Wirtschaftsdünger nach der Ausbringung einarbeiten müssen. Weitere drei Landwirte in diesem Gebiet bearbeiten ihre Flächen nur teilweise konservierend Bodenbearbeitung und pflügen bei Bedarf in Intervallen von fünf bis 10 Jahren um den Unkrautdruck zu vermindern. Ein befragter Landwirt in diesem Gebiet pflügt seine

Flächen nach wie vor jährlich, weil frühere Versuche keine zufriedenstellenden Erträge gebracht hatten.

Fünf der sechs befragten Landwirte im angrenzenden Oberfranken (Bayern) zählen zu den Anwendern traditioneller Ackerbaumethoden. Sie zweifeln aus verschiedenen Gründen an der dauerhaften Praktikabilität der konservierenden Bodenbearbeitung, obwohl sie ihre Betriebe unter ähnlichen naturräumlichen Bedingungen wie die Kollegen in Sachsen führen. Lediglich einer der befragten oberfränkischen Landwirte bewirtschaftet seine Flächen ebenfalls schon seit geraumer Zeit konsequent konservierend.

Sechs interviewte Landwirte bewirtschaften relativ flachgründige Böden auf der Schwäbischen Alb in Baden Württemberg. Einer der Landwirte war ein halbes Jahr vor der Befragung im Juni 2008 von einer extremen Sturzflut betroffen, bei der enorme Sachschäden entstanden und auch Menschen zu Tode kamen. Diese Landwirte bewirtschaften ihre Ackerflächen bis auf eine Ausnahme ebenfalls mit traditionellen Ackerbauverfahren.

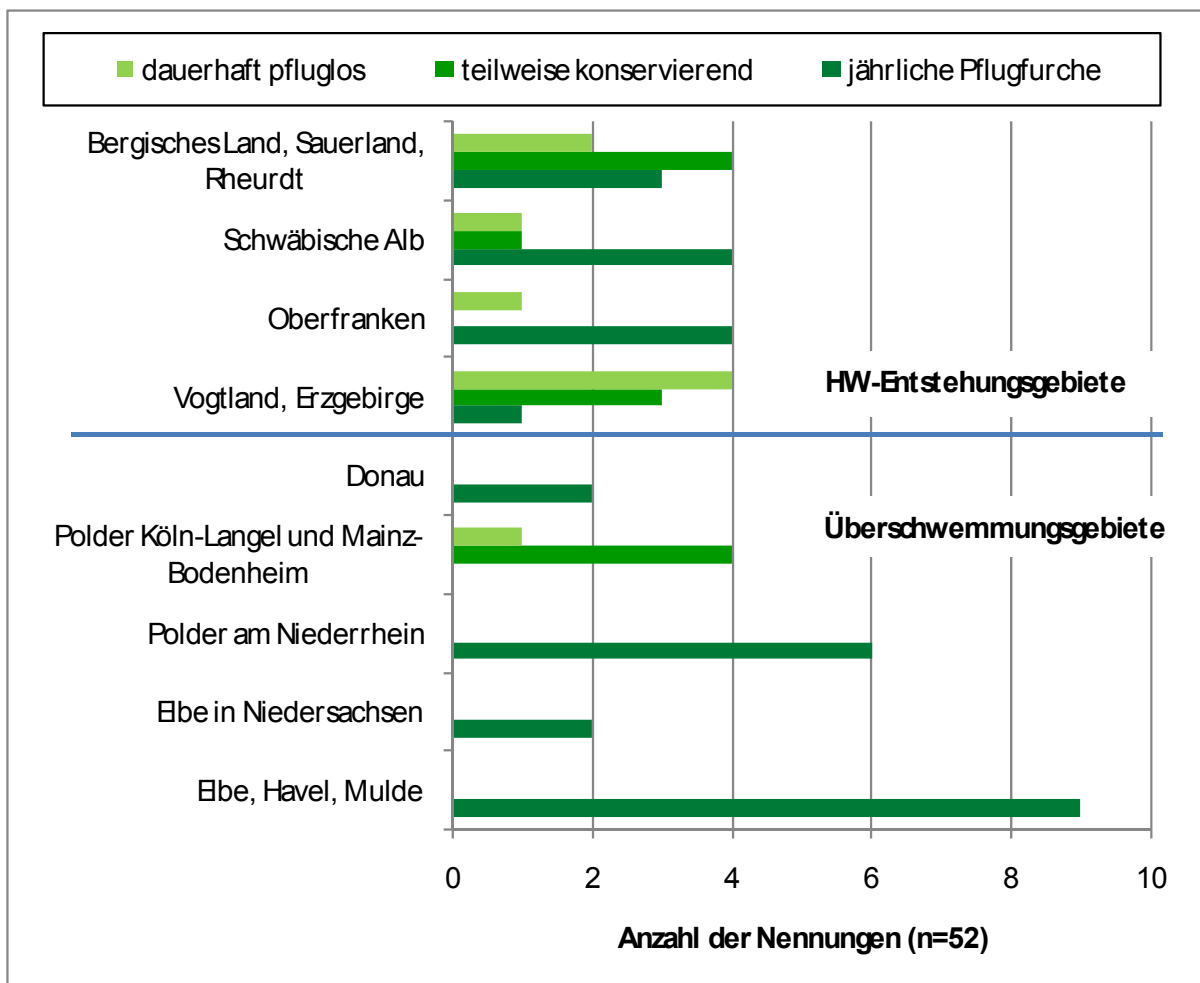


Abb. 4-11: Anwendung konservierender Bodenbearbeitung durch befragte Landwirte in den Befragungsgebieten

Weitere neun Betriebe wurden im Sauerland, dem Bergischen Land und einem erosionsgefährdeten Gebiet westlich des Rheins z. B. bei Rheurdt befragt. Sechs der Landwirte wenden Maßnahmen der konservierenden Bodenbearbeitung an, vier davon verzichten allerdings z. B. wegen des Unkrautdrucks nicht vollständig auf den Pflug.

4.2.3.2 Durchführung der Befragung

Eine umfangreiche Literaturrecherche und die Formulierung von Arbeitshypothesen bildeten die Basis für die Erstellung der Interviewleitfäden für die persönlichen wie auch die telefonischen Interviews. Bei der Gestaltung der Leitfäden und insbesondere bei der Durchführung der Interviews wurde jedoch eine vorschnelle Konzentration und Perspektivenverengung auf vordefinierte Hypothesen vermieden. Es wurde ein möglichst unbefangenes Herangehen an den Forschungsgegenstand durch die BearbeiterInnen angestrebt und gleichzeitig wurde auch den Interviewpartnern durch eine entsprechende Gesprächsführung die Gelegenheit zur eigenständigen themenbezogenen Exploration gegeben (Mayring, 2008). Der Fragebogen für die telefonischen Interviews wurde auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse aus den Face-to-Face-Interviews erarbeitet. Der Leitfaden für die persönlichen Interviews diente als Orientierungsrahmen und „Gedankenstütze“ für den Interviewer (Lamnek, 2005: 367). Die offene Befragung mit Leitfadenunterstützung ermöglichte es, die forschungsrelevanten Aspekte abzufragen und gleichzeitig durch Ad-hoc-Fragen zu ergänzen (vgl. Lamnek, 2005: 365). Bei den telefonischen Interviews wurde den Befragten ebenfalls die Gelegenheit gegeben, zu den einzelnen Fragen frei zu explorieren. Der Fragebogen enthielt jedoch auch halb-offene und geschlossene Fragen, um die Interviewführung am Telefon zu erleichtern und eine kürzere Interviewdauer zu ermöglichen. Mögliche Antwortkategorien wurden den Befragten nur dann vorgelesen, wenn diese Schwierigkeiten mit der spontanen Beantwortung hatten oder dies im Einzelfall für die ausführliche Erläuterung der Frage erforderlich war.

Die Vorgehensweise zielte darauf ab, die relevanten Aspekte zu den Themenbereichen Problembewusstsein, Risikowahrnehmung, Risikomanagement und Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen möglichst vollständig zu erfassen und eine umfangreiche empirische Basis für die systematische und theoriegeleitete Auswertung zu erarbeiten. Die Befragung sollte die Möglichkeit bieten, mentale Modelle der Akteure in Bezug auf die Wirkungszusammenhänge von nicht-strukturellen Maßnahmen auf Hochwasserausmaß und -schäden zu erfassen und die kognitiven Prozesse der Verhaltensselektion und Intentionbildung akteurspezifisch zu analysieren (Lamnek, 2005; Flick, 1995). Die Auffassungen der Landwirte sollten nicht durch vorgegebene Antwortkategorien – vor allem thematische – beeinflusst werden. Zum anderen wurden die Forschungsergebnisse nicht durch den „Horizont“ der Forscher beschränkt, sondern dieser wurde letztlich durch die Landwirte selbst bestimmt.

4.2.3.2.1 Aufbau der Interviewleitfäden und Befragungsinhalte

Der erste Teil der persönlichen wie auch telefonischen Interviews bezog sich auf die allgemeine Entwicklung der Landwirtschaft und die Bedeutung von Hochwasser- und Starkregenrisiken in der Region. Im zweiten Teil wurden Fragen zum Grad der wahrgenommenen Verwundbarkeit und Gefährdung gestellt. Im dritten Teil wurde mit allgemeinen Fragen zu den nicht-strukturellen Maßnahmen überleitet und in der Folge auf einzelne Maßnahmen bzw. Maßnahmengruppen eingegangen. Die Maßnahmen wurden nach folgenden Kriterien gruppiert:

- Wirkung und inhaltliche Abgrenzung
- Veränderungsaufwand bei der Anwendung
- erforderliche Kompetenzen bzw. Zuständigkeit für die Anwendung.

Die zehn Maßnahmengruppen, die sich aus dieser Gruppierung ergaben, wurden mit den KollegInnen des gesamten Projektteams abgestimmt und auch im Teilprojekt 3 (AP3) für die Erstellung des Maßnahmenkatalogs verwendet.

Die nachfolgend aufgelisteten Maßnahmen bzw. Maßnahmengruppen wurden auf Karten gedruckt und den Betriebsleitern bei den Face-to-Face-Interviews vorgelegt und erläutert. Anschließend wurden die Befragten gebeten, die Maßnahmengruppen sowohl hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Verminderung von Hochwasser- und Starkregenrisiken als auch hinsichtlich ihrer Sinnhaftigkeit und Anwendbarkeit aus betrieblicher Sicht zu bewerten und in einer entsprechenden Reihenfolge zu sortieren:

- Fruchtfolgen mit mind. 4 Hauptkulturarten u. max. 1 Hackfrucht
- Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten
- dauerhaft konservierende, pfluglose Bodenbearbeitung
- Einsatz von Direktsaatverfahren
- Ergänzende Erosionsschutzmaßnahmen (z. B. Hangquerbearbeitung, Untergliederung von Schlägen zur Anpassung der Hauptfrüchte an die Erosionsgefährdung, begrünte Erosionsschutzstreifen bzw. Abflussbahnen)
- Vermeidung von Bodenverdichtungen (z. B. Niederdruckbereifung, Zwillingsbereifung, Zusammenlegung von Arbeitsgängen, befahren und bearbeiten nur bei guter Tragfähigkeit des Bodens)
- Umstellung auf Ökologischen Landbau
- Umwandlung von Acker in Grünland (von Flächen mit hoher Erosions- und Überschwemmungsgefährdung sowie Gewässerrandstreifen)
- Anlage Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen (z. B. Aufforstung, Biotopgestaltung, Gewässerrandstreifen mit schnellwachsenden Hölzern, Kleinspeicher, Hangmulden)

- Flurneuordnung, Verlegung von Wirtschaftswegen, Anlage von Feldgehölzen in erosionsgefährdeten Bereichen

Bei den telefonischen Interviews wurde die Bewertung und Anwendung der Maßnahmen durch entsprechende Fragen ermittelt.

Sowohl in den persönlichen wie auch telefonischen Interviews wurden ergänzend Fragen zum Betrieb, zur betrieblichen Entwicklung und zum Betriebsleiter gestellt, um die Befragungsergebnisse statistisch einordnen zu können.

Für die Befragung von Landwirten in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsgebieten wurden zwar dieselben Interviewleitfäden verwendet, die Formulierung der Fragen wurde jedoch an die spezifischen betrieblichen und regionalen Bedingungen angepasst. Darüber hinaus wurden in den Interviews in jenen Bereichen Schwerpunkte gesetzt, in denen besondere individuelle Betroffenheit vorlag oder für das Projekt besonderes Erkenntnisinteresse bestand:

- Bei Landwirten, die Flächen in Überschwemmungsgebieten, Flutungspoldern oder überschwemmungsgefährdeten Gebieten bewirtschaften, lag der Schwerpunkt deshalb bei den Möglichkeiten zur Verminderung von Überschwemmungsschäden (z. B. durch Noternten) und bei Einschränkungen bzw. Anforderungen, die sich durch die Lage ihrer Betriebe und Flächen in Gebieten mit Hochwasserrisiko ergeben.
- Bei Landwirten in Mittelgebirgen oder Hochwasserentstehungsgebieten lag der Fokus auf der Betroffenheit von Starkregenereignissen und der Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen zur Verminderung des Erosionsrisikos und Erhöhung des Wasserrückhalts.

4.2.3.2 Durchführung und Dauer der Interviews

Die befragten Betriebsleiter wurden in den Face-to-Face-Interviews schon von der Aufwärmphase an zu einem freien Redefluss angeregt, damit ihre Aussagen so wenig wie möglich durch vorgefasste Annahmen und Hypothesen beeinflusst wurden (Lamnek, 2005). Der Redefluss wurde erst unterbrochen, wenn Aussagen auf Inhalte abschweiften, die nicht mehr mit dem Untersuchungsziel in Zusammenhang standen. Während der persönlichen als auch der telefonischen Interviews wurden die Fragen des Leitfadens nicht immer in strenger Reihenfolge abgearbeitet, sondern der Exploration der Interviewpartner angepasst und es wurden auch Gedankengänge aufgegriffen und weiterverfolgt, solange sie für die Forschungsziele relevant erschienen, auch wenn sie im Leitfaden nicht enthalten waren. Wenn Sachverhalte dargestellt oder Zusammenhänge erläutert wurden, die im Interviewleitfaden erst zu einem späteren Zeitpunkt angesprochen worden wären, wurden die Aussagen festgehalten und später nur noch zur Vervollständigung erforderliche Ergänzungsfragen gestellt.

Die Vorkenntnisse der Bearbeiter in Fragen des Hochwasserrisikomanagements und der Landwirtschaft erleichterten den Aufbau eines tragfähigen Kontakts zu den Interviewpartnern sowie das Stellen treffender Fragen bzw. das Vertiefen von Themen, die entsprechende inhaltliche Vorkenntnisse voraussetzen.

Die Interviews wurden mit einer möglichst empathischen Haltung durchgeführt, ohne das Verhalten und die Meinung der Landwirte zu bewerten oder gar abzuwerten oder als Interviewer gar selbst in emotionale Verhaltensweisen zu verfallen. Bei Landwirten, die durch ihre Aussagen Ärger, Frustration oder andere unangenehme Gefühle über ihre aktuelle Lebens- und Arbeitssituation zum Ausdruck brachten, wurde versucht durch „aktives Zuhören“, also durch die Wiederholung der wahrgenommenen Gefühle in knappen Worten, Verständnis entgegen zu bringen. Dadurch gelang es in sämtlichen Interviews, das Gespräch und eine ausreichende Arbeitsfähigkeit aufrechtzuerhalten und wieder zum Interviewleitfaden bzw. den intendierten Gesprächsinhalten zurückzukehren. Die Methode des aktiven Zuhörens wurde auch angewendet, wenn die Aussagen der Landwirte missverständlich erschienen.

Die Vor-Ort-Interviews dauerten im Durchschnitt ca. 95 Minuten, wobei die kürzesten Gespräche nach ca. 60 Minuten beendet waren und die längsten ca. drei Stunden in Anspruch nahmen. Die Dauer der telefonischen Interviews lag im Schnitt bei ca. 18 Minuten. Die Dauer des kürzesten Telefonats lag bei ca. 9 Minuten und die Dauer des längsten Gesprächs bei ca. 36 Minuten.

Sämtliche Interviews wurden mit einem digitalen Audiorekorder aufgezeichnet. Gleichzeitig wurden von den InterviewerInnen am Notebook stichwortartige Notizen angefertigt. Die Audioprotokolle der persönlichen Interviews wurden zusätzlich vollständig transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet. Die entwickelten Transkriptionsregeln ermöglichen ein wortgenaues Protokoll mit Kennzeichnung von besonderen Pausen, Unterbrechungen und nicht-sprachlichen Äußerungen (z. B. Lachen). Abschweifungen und linguistische Besonderheiten (äh, hm, ...) wurden nicht transkribiert. Die nach dem ersten Auswertungsschritt in paraphrasierter Form vorliegenden Inhaltsprotokolle wurden den Landwirten zur Validierung übermittelt. Drei Landwirte haben sich zurückgemeldet und die Übereinstimmung des Protokolls mit ihren Angaben bestätigt. Einem Landwirt war ein Tippfehler bei den Angaben über die Nutzung der Betriebsflächen aufgefallen.

Die Stichwortprotokolle der telefonischen Interviews wurden von den ProjektbearbeiterInnen mit Hilfe der Audioprotokolle ergänzt und den Befragten ebenfalls zur Validierung übermittelt.

4.2.3.2.3 Auswertung der persönlichen Interviews

Die Interviews wurden mit dem Verfahren der zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2008) ausgewertet, d. h. sie wurden einer dreistufigen Einzelfallanalyse unterzogen und systematisch verglichen.

Die dreistufige akteurspezifische Analyse zielte darauf ab, aus den Transkripten jene Inhalte herauszuarbeiten, die Auskunft geben über

- das Problembewusstsein,
- die wahrgenommene Bedrohung und Vulnerabilität wertgeschätzter Güter bzw. das wahrgenommene Risiko,
- Optionen und Restriktionen bei der Wahl von Landnutzungsverfahren,
- die wahrgenommene Verhaltenseffizienz und Selbsteffizienz,
- die subjektive Bewertung nicht-struktureller Maßnahmen, des Spielraums sowie der Kosten für ihre Anwendung in Relation zur Bewertung der aktuellen Landnutzungspraxis und
- Prozesse der Verhaltensselektion, Intentionsbildung bzw. akteurspezifische Entscheidungslogiken.

Die Aussagen der Landwirte in den Interviews wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Fragestellung bewertet und im ersten Schritt der Zusammenfassung, der sogenannten Paraphrasierung, in stichwortartiger Form auf wesentliche Aussagen verdichtet. Im zweiten Schritt, der Generalisierung, wurden die Paraphrasen auf ein einheitliches Abstraktionsniveau gehoben. Ziel dieses Vorgehens ist es, eine große Materialmenge auf ein überschaubares Maß zu kürzen und die wesentlichen Inhalte zu erhalten (Mayring, 2008).

Für den dritten Schritt wurde zunächst aus den Forschungsfragen und Arbeitshypothesen ein dreistufig gegliedertes Kategoriensystem abgeleitet, dem die Inhalt tragenden Textstellen zugeordnet werden konnten. Dieses Vorgehen entspricht einer deduktiven Kategoriendefinition. Hierbei werden aus dem bisherigen Forschungsstand und entsprechenden Theorien die Kategorien in einem Operationalisierungsprozess auf das Material hin entwickelt (vgl. Mayring, 2008). Im ersten Durchlauf wurden die Textstellen folgenden Kategorien der zweiten Ebene zugeordnet:

Problembewusstsein und Risikowahrnehmung

- risikorelevante Wahrnehmung
- eigene Erfahrungen mit Extremereignissen
- individuelle Risiko-Einschätzung/ Bewertung/ Bewusstsein
- Bewertung der Risikorelevanz landwirtschaftlicher Landnutzung und der Beeinflussbarkeit des Risikos
- Sonstiges zu Wahrnehmung und Bewusstsein

Entstehung und Veränderung risikorelevanten Verhaltens, sowie Entscheidungslogiken bei der Umsetzung

- persönlichkeitsbezogene Voraussetzungen
- betriebliche, soziale, beeinflussbare regionale Faktoren
- kaum/ nicht veränderbare Rahmenbedingungen für risikorelevantes Verhalten
- Sonstiges zu Entscheidungslogiken und Verhaltensänderungen – Ermittlung der relativen Vorzüglichkeit

Bewertung einzelner nicht-struktureller Maßnahmen

- Fruchtfolgen mit mind. 4 Hauptkulturarten u. max. 1 Hackfrucht
- Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten
- dauerhaft konservierende, pfluglose Bodenbearbeitung
- Einsatz von Direktsaatverfahren
- Ergänzende Erosionsschutzmaßnahmen
- Vermeidung von Bodenverdichtungen
- Umstellung auf Ökologischen Landbau
- Umwandlung von Acker in Grünland (von Flächen mit hoher Erosions- und Überschwemmungsgefährdung sowie Gewässerrandstreifen)
- Anlage Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen
- Flurneuordnung, Verlegung von Wirtschaftswegen, Anlage von Feldgehölzen in erosionsgefährdeten Bereichen
- sonstige Maßnahmen

Im zweiten Schritt erfolgte die Zuordnung zu den Kategorien dritter Ordnung. Auf dieser Kategorieebene erfolgte dann die Reduktion, bei der die jeweils zugeordneten Textstellen auf zentrale Aussagen zusammengefasst und interpretiert wurden.

Im nächsten Schritt wurden diese reduzierten Textstellen auf der dritten Kategorieebene systematisch verglichen, um Aussagen abzuleiten, die für sämtliche befragte Landwirte gelten bzw. Aussagen, die nur in einem bestimmten Kontext bzw. nur in Überschwemmungs- oder Hochwasserentstehungsgebieten gültig sind.

4.2.3.2.4 Quantitative Auswertung

Für die quantitative Auswertung wurde das Verfahren der induktiven Kategoriebildung gewählt. Aus den paraphrasierten Aussagen der Landwirte wurden zu den einzelnen Fragen der telefonischen Interviews sukzessive Antwortkategorien generiert. Bei Kategorien, die im Verlaufe der Auswertung neu gebildet wurden, wurde bei zuvor ausgewerteten Interviews nochmals geprüft, ob eine Veränderung der Zuordnung erforderlich ist. In die quantitative Auswertung wurden, soweit dies möglich war, auch

die Ergebnisse der Face-to-Face-Interviews mit einbezogen. Die Zuordnung der Aussagen zu Kategorien erfolgte in einer Excel-Tabelle. Mit dieser Tabelle wurden die Ergebnisse (Anzahl der Nennungen und prozentuale Verteilung) zu einzelnen Fragen errechnet und visualisiert. Ergänzend wurden inhaltliche Einzelfallanalysen zu allen Interviews durchgeführt sowie statistische Analysen mit SPSS.

4.2.4 Ergebnisse zur Risikowahrnehmung und dem Problembewusstsein von Landwirten

Im Folgenden werden die Ergebnisse der persönlichen und telefonischen Interviews dargestellt, die beschreiben, wie die befragten Landwirte ihr persönliches Hochwasserrisiko wahrnehmen und welches Problembewusstsein damit zusammenhängt. Dabei konnten wir etliche Aussagen identifizieren, die unabhängig davon sind, ob der Landwirt in einem Hochwasserentstehungsgebiet wirtschaftet oder in einem Überschwemmungsgebiet. Die Aussagen, die jedoch von der Lage des Betriebs abhängen, sind in eigenen Unterkapiteln zusammengefasst (Abschnitt 4.2.4.8 und 4.2.4.9).

Zur jedem thematischen Abschnitt wird immer auch eine Interpretation der Ergebnisse angeboten bzw. die Aussagen in den Kontext unserer theoretischen Annahmen gestellt. Wo sinnvoll, lassen wir auch die empirischen Erkenntnisse aus der Literatur einfließen. Durch dieses Vorgehen hoffen wir, zur interdisziplinären Verständlichkeit der Ergebnisse beizutragen.

4.2.4.1 Selektive Wahrnehmung zentraler Wirklichkeitsausschnitte

Entsprechend den allgemeinen Erkenntnissen zur „Wahrnehmung“ zeigt sich auch bei der Hochwasserrisikowahrnehmung von Landwirten, dass diese nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit wahrnehmen. Diese Fokussierung der Wahrnehmung auf bestimmte Wirklichkeitsausschnitte wird umso stärker, je bedeutsamer sie für die aktuelle Lebenssituation der Befragten sind.

So wurden von einigen Betriebsleitern, bei denen Erosionsrisiken von hoher Bedeutung sind, Starkregen bedingte Schäden in den Interviews ausführlich thematisiert. Sind Erosionsschäden erst in jüngerer Vergangenheit aufgetreten bzw. wurden in Folge von Schäden umfangreiche Erosionsschutzmaßnahmen diskutiert oder ergriffen (z. B. staatlich induzierten Aktivitäten zur Verminderung von Erosionsschäden, wie Erosionsschutzprogramme oder die Ausweisung von Bodenschutzgebieten), nehmen sie in der Risiko- und Problemdarstellung der Akteure entsprechenden Raum ein. Im Vergleich dazu thematisierten Landwirte, die Flächen an großen Flüssen bewirtschaften, in erster Linie ihre Betroffenheit durch Überschwemmungen. Erst auf gezielte Nachfrage wurde auch dort von vereinzelt Erosionsschäden gesprochen.

Insgesamt waren Hochwasser- und Starkregenrisiko für alle befragten Landwirte zum Zeitpunkt der Befragung eher von untergeordneter Bedeutung und wurden zumindest von den wirtschaftlichen Bedingungen für die betriebliche Entwicklung (Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse und Energie; Höhe und Zuverlässigkeit staatlicher Zahlungen) überlagert (z. B. I5; I12; I13; I2; I3; I8; I11)³. Andere Faktoren mit höherer Bedeutung waren eine wahrscheinliche Betriebsauflösung, weil der Hofnachfolger fehlt (z. B. I8; I16), sowie der Aufwand und die Probleme im Zusammenhang mit der Antragstellung und Kontrolle von staatlichen Zahlungen (z. B. I11)

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Lindell und Hwang (2008). Sie stellten fest, dass die Risikowahrnehmung eng mit den persönlichen Hochwassererfahrungen korreliert. Eine erhöhte Sensibilität gegenüber Hochwasserrisiken besteht insbesondere nach negativen Hochwassererfahrungen mit hoher eigener Betroffenheit (Plapp und Werner, 2006).

Andere Risiken wie z. B. wirtschaftliche Not wegen niedriger Erzeugerpreise oder Zukunftssorgen infolge der Diskussionen über eine Aufhebung der Milchkontingentierung scheinen jedoch eine hohe emotionale Belastung, insbesondere für Betriebsleiter von Milchviehbetrieben darzustellen und eine starke Fokussierung der Wahrnehmung auf die jeweils relevanten Problembereiche zur Folge zu haben. Davies und Hodge (2006) berichten davon, dass auch schon praktische Probleme bei der Betriebsführung genügend Stress auslösen können, um die Bereitschaft zur Berücksichtigung umweltbezogener Ziele bei der Landnutzung deutlich zu verringern.

4.2.4.2 Unbewusste bzw. intuitive Wahrnehmung

Die Interviews legen die Schlussfolgerung nahe, dass sich das Hochwasser- und das Starkregenrisiko der bewussten Wahrnehmung und Reflexion einiger Landwirte im Alltag weitgehend entziehen. In einigen Fällen haben Landwirte im ersten Teil des Interviews den Risiken eher geringe Bedeutung beigemessen oder eine Gefährdung gar verneint, im Laufe des Interviews bei weiterem Nachfragen jedoch von Ereignissen berichtet, bei denen zum Teil erhebliche Schäden aufgetreten sind (z. B. I4; I11).

Das Risiko, dass die eigene Hofstelle überflutet werden könnte, wurde beispielsweise von einigen Landwirten zunächst mit Nein beantwortet und erst auf Nachfrage, was im Falle eines Dammbrochs bzw. einer Überströmung des Deichs passieren würde, bejaht (I2; I6; I7).

Andererseits scheint regelmäßige Betroffenheit (z. B. Überflutung von Vorlandflächen bei Winterhochwassern) dazu zu führen, dass diese Ereignisse zwar wahrgenommen und in der Bewirtschaftung der betroffenen Flächen berücksichtigt werden, beim be-

³ Aussagen, die direkt auf bestimmte Interviews zurückzuführen sind, werden mit der Interviewnummer gekennzeichnet. Der Buchstabe „I“ steht dabei für persönliche Interviews, der Buchstabe „T“ für telefonische Interviews.

wussten Entscheiden über die Bewirtschaftung jedoch in den Hintergrund treten (I16; I15; I10; I2).

Wir folgern aus diesen Befunden, dass Landwirte mit dem bisherigen Hochwasserrisiko zu leben gelernt haben und somit Überflutungen im Vergleich zu anderen Risiken (z. B. Entwicklung von Erzeugerpreisen oder von staatlichen Zahlungen) eher unbewusst oder intuitiv berücksichtigt werden. Für ein verbessertes Hochwasserrisikomanagement bedeutet dies, dass solche Landwirte Informationen zum Hochwasserrisikomanagement keine höhere oder nur geringere Bedeutung beimessen als anderen Informationen, die für die Betriebsführung relevant sind.

4.2.4.3 Frühere individuelle Erfahrungen und Kenntnisse

Frühere individuelle Erfahrungen und Kenntnisse beeinflussen die Wahrnehmung. Je nachdem, von welchen Risiken Landwirte in der Vergangenheit stärker betroffen waren, berichteten sie über diese jeweils wesentlich ausführlicher und widmen diesen im Interview höhere Aufmerksamkeit. Im Bezug auf die Bewertung und den Umgang mit diesen Risiken fühlen sie sich kompetenter als z. B. Behördenvertreter.

„Da weiß ich besser Bescheid, als wenn das von den Behörden in der Zeitung bekannt gemacht wird. Da saufen wir nämlich schon ab, wenn die Behörden das merken. Das ist nicht so prall.“ (I2)

Landwirte an großen Flüssen beobachten beispielsweise im Falle drohender Hochwasser laufend die Pegelstände, um das Maß der aktuellen Gefährdung selbst einschätzen und sich auf die Hochwasserwelle vorbereiten zu können.

Man lebt hier am Fluss mit dem Risiko und fährt am Tag zwei, dreimal raus, um den Wasserstand zu beobachten und zu sehen, ob und wie stark er steigt.“ (I17)

Deutlich wird dies auch bei einem Landwirt, der einen Betrieb mit Flächen in einem Überschwemmungsgebiet relativ neu übernommen hatte und der mangels ausreichender Erfahrungen und Kenntnisse mit den ackerbaulichen Bedingungen seine Probleme hat:

„Ich bin vor 10 Jahren hierher gezogen. Hätte ich zu dem Zeitpunkt gewusst, wie schwierig die Bedingungen hier an der Elbe sind, hätte ich das vielleicht nicht gemacht.“ (T15)

Mit dem Zusammenhang zwischen Betroffenheit, Wahrnehmung, Erfahrung und Kenntnis befassten sich auch Kruse und Kuhlicke (2009). Sie stellten ebenfalls fest, dass nur jene wahrgenommenen Wirklichkeitsausschnitte, die sich in Erfahrungsräume und Erwartungshorizonte integrieren lassen, bedeutend und sinnvoll erschei-

nen. Derart eingeordnete und strukturierte Informationen und Kenntnisse bilden die Basis von Handlungen und die Anwendung von Hochwasser-Vorsorgemaßnahmen.

4.2.4.4 Sozialer Kontext und ortsübliche Landnutzungspraktiken

Der Einfluss des sozialen Kontextes und der ortsüblichen Landnutzungspraktiken auf die Wahrnehmung kann aus dem Vergleich zwischen Oberfranken (Bayern) und dem Vogtland bzw. Erzgebirge (Sachsen) abgeleitet werden. Obwohl in beiden Gebieten relativ ähnliche naturräumliche Voraussetzungen für den Ackerbau vorzufinden sind, unterscheiden sich die Aussagen der Landwirte hinsichtlich der Anwendung von Erosionsschutzmaßnahmen, insbesondere dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaatverfahren deutlich. Diese Unterschiede könnten zwar teilweise auch durch ungleiche landwirtschaftliche Strukturen erklärt werden. Sie scheinen aber auch durch verschiedene landwirtschaftliche Tradition und durch den hohen Anteil von Landwirten, die in Sachsen auf den Einsatz des Pfluges verzichten und vergleichsweise geringen Anteil in Oberfranken zurückzuführen sein (I10; I11; I12; I13; I14; I15).

4.2.4.5 Determinanten HW- Risikowahrnehmung

4.2.4.5.1 Sieben Determinanten der Hochwasserrisikowahrnehmung

Wie schon in Abschnitt 4.2.2.2 ausgeführt wurde, waren sieben Determinanten der Hochwasserrisikowahrnehmung (Terpstra, 2006) leitend für diese Untersuchung. Aus dem eigenen empirischen Datenmaterial sind keine Widersprüche zu den Thesen von Terpstra (2006) ableitbar. Die besonders interessanten Befunde zu den Determinanten sind im Folgenden aufgeführt.

Zur Determinante 1 (Erhöhung des Risikos):

46 % der befragten 59 Betriebsleiter gehen von einem Anstieg des Hochwasser- und Starkregenrisikos aus, dagegen glauben 34 % dass es zu keiner Erhöhung des Risikos kommen wird. Die restlichen 20 % sind der Ansicht, dass die Entwicklung des Risikos nicht vorhersehbar ist. Interessanterweise ist der Prozentsatz von Landwirten, die von einer Zunahme ausgehen, in Mittelgebirgslagen mit 66 % deutlich höher als bei den 30 Landwirten in den Überschwemmungsgebieten. Dort beträgt der Anteil nur 27 %. Der Prozentsatz jener Landwirte in Überschwemmungsgebieten, die kein Ansteigen des Risikos erwarten, beläuft sich auf 47 %. Landwirte, die nicht erwarten, dass das Starkregen- und Hochwasserrisiko zunimmt, verweisen darauf, dass es immer schon extreme Ereignisse gegeben hat, wobei einige Landwirte mit der Beantwortung dieser Frage große Mühe hatten.

„Das Hochwasserrisiko kann man hier nicht minimieren, es hat immer Hochwasser gegeben und wird es geben nur in unterschiedlichen Höhen.“ (T137)

„Das war schon vor 20 oder 30 Jahren so und wird auch in 20 oder 30 Jahren so sein. Man muss sich eben drauf einstellen, dass so etwas auftritt, das war schon früher so und wird auch so bleiben. (T118)

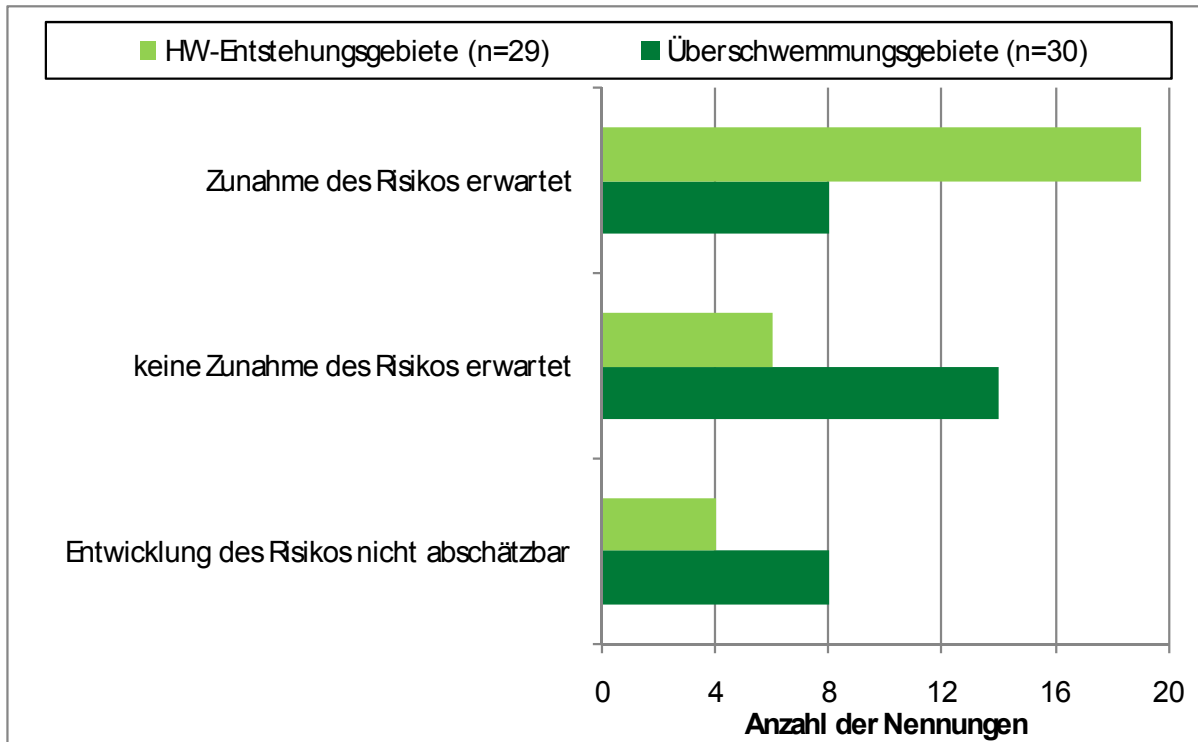


Abb. 4-12: Von befragten Landwirten in Überschwemmungs- und Hochwasserentstehungsgebieten erwartete künftige Entwicklung des Hochwasser- und Starkregenrisikos

Einige nehmen zwar eine Zunahme von Starkregenereignissen und einen Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen wahr, gehen deshalb jedoch nicht davon aus, dass dies zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Schäden führen wird. Keiner der Landwirte, die von einem Ansteigen des Risikos ausgehen, scheint aus der Einschätzung des Hochwasser- und Starkregenrisikos einen Bedarf für Veränderungen der eigenen Landnutzungspraxis abzuleiten, der über die schon bisher üblichen Anpassungen an aktuelle Anforderungen hinausgeht. Darüber hinaus sind nach Ansicht der Landwirte die Versiegelung von Flächen, die Entwässerung von Siedlungen bzw. Verkehrsflächen sowie die Regulierung von Flüssen für die Höhe des Hochwasserrisikos bedeutsamer als die Art der Landnutzung in den Einzugsgebieten.

„Zur Steigerung des Hochwasserrisikos tragen alle Maßnahmen bei, die zu einer Bündelung von Niederschlägen führen, d. h. wo die Niederschläge nicht versickern können oder gehalten werden, sondern ein schneller Abfluss gewährleistet wird“ (I13).

Deshalb sind 24 von 30 Befragten in Überschwemmungsgebieten der Meinung, dass eine Stabilisierung oder Verringerung des Hochwasserrisikos nur durch Verbesserungen des strukturellen Hochwasserschutzes (z. B. Rückhaltebecken, Versickerung von Regenwasser, Hochwasserschutzdämme) erreicht werden kann und nicht durch eine Veränderung der Ackerflächenbewirtschaftung.

Im Gegensatz zu den hier befragten Landwirten, die sich nicht veranlasst fühlen, weitere Anpassungen ihrer Wirtschaftsweise an das Hochwasserrisiko vorzunehmen, bekundeten Landwirte in England relativ kurze Zeit nach Extremhochwassern im Sommer 2007 die Bereitschaft, ihre Wirtschaftsweise an das gestiegene Hochwasserrisiko anzupassen (Posthumus et al., 2008). Eine Ursache hierfür könnten die hohe Betroffenheit und die kurzen Zeitspanne zwischen dem Ereignis und der Befragung sein. Denn in der eigenen Untersuchung lagen extreme Hochwasserereignisse, bei welchen die Landwirte mit beträchtlichen Schäden zu kämpfen hatten, bereits mehrere Jahre zurück bzw. sie waren nur von häufigen kleineren Hochwassern betroffen, die in der Regel nur geringe Schäden verursachen.

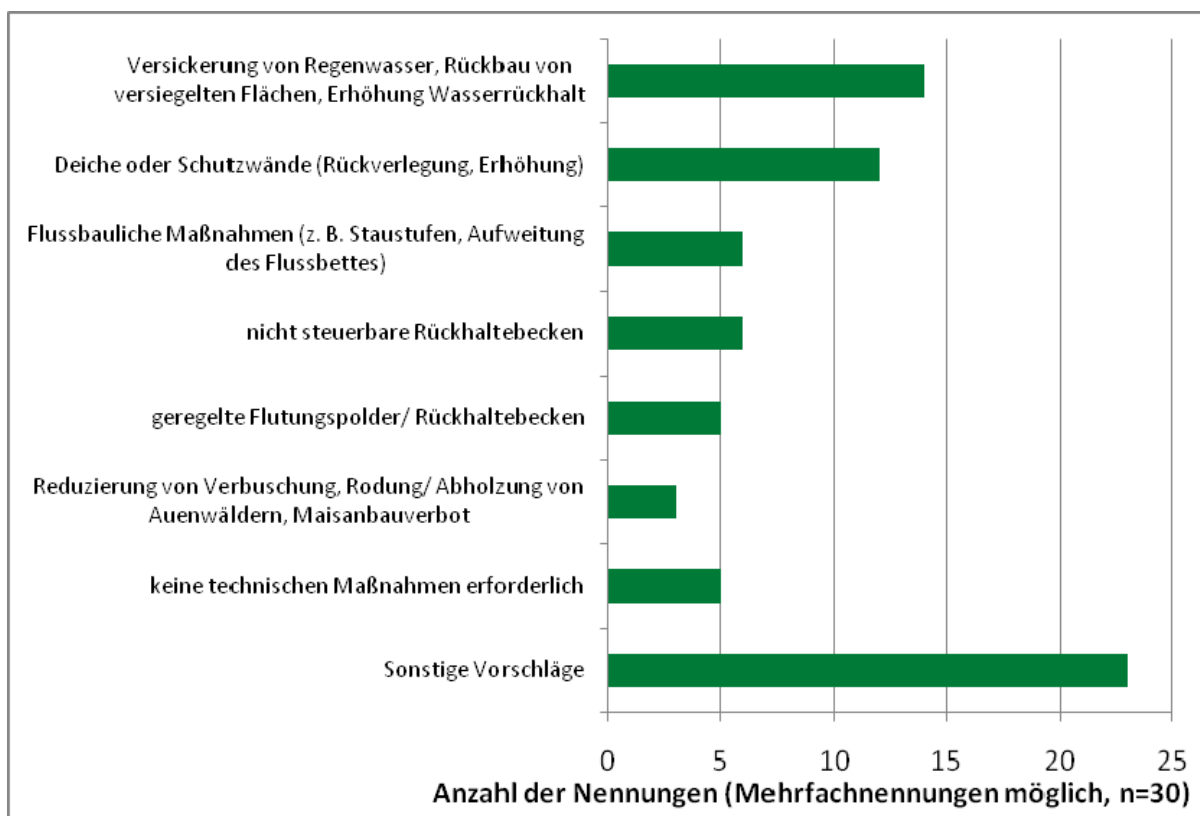


Abb. 4-13: Maßnahmen, die nach Ansicht von Landwirten in Überschwemmungsgebieten zur Verringerung des Hochwasserrisikos ergriffen werden sollten

Bebauung, Flächenversiegelung und Flussvertiefungen wurden auch in der Untersuchung von Heinrichs und Grunenberg (2007) von den Betroffenen als Hauptursachen für die Zunahme des Hochwasserrisikos gesehen. Die Mehrzahl der Befragten geht deshalb davon aus, dass nur durch die Verbesserung des strukturellen Hochwasserschutzes eine Verringerung des Hochwasserrisikos erreicht werden kann und nicht

durch die Veränderung der Ackerflächenbewirtschaftung. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Posthumus et al. (2008).

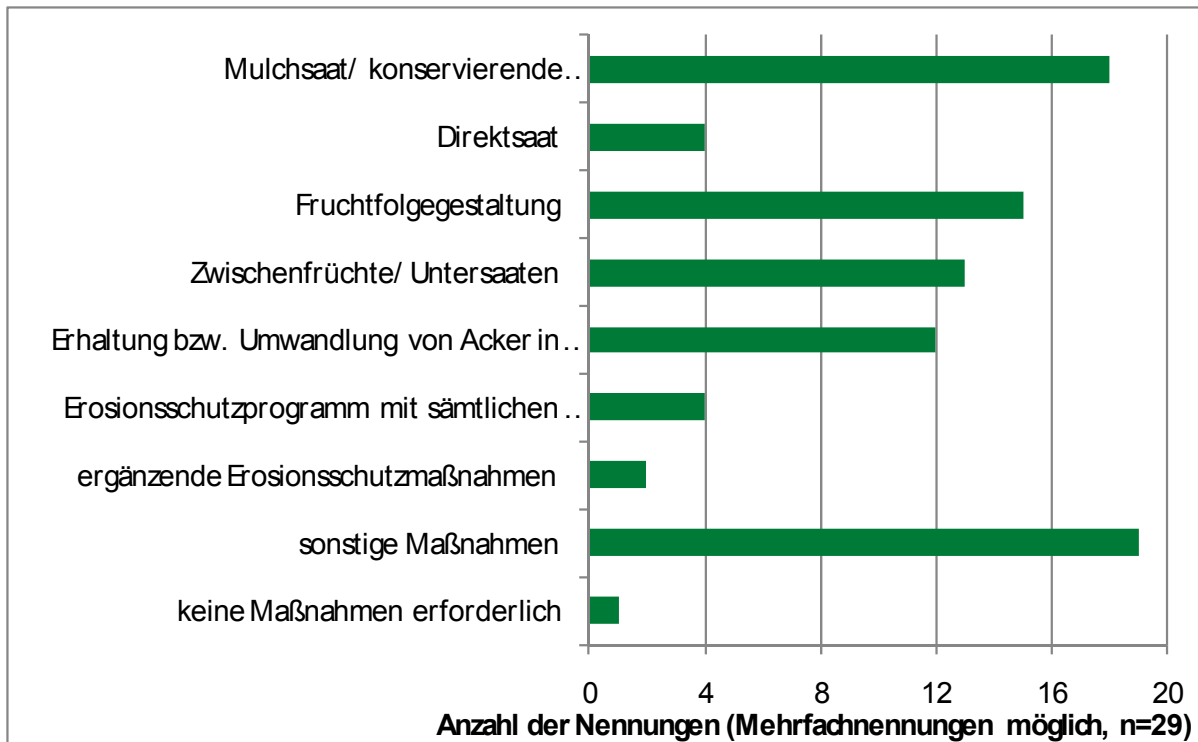


Abb. 4-14: Maßnahmen, die nach Ansicht von Landwirten in Hochwasserentstehungsgebieten zur Verringerung des Erosions- und Starkregenrisikos ergriffen werden sollten

Die Determinante 2 (Emotionalisierung durch das Risiko) konnte nicht geprüft werden, weil keine Landwirte befragt werden konnten, die infolge hohen Hochwasser- oder Starkregenrisikos akutem Stress ausgesetzt waren oder in Folge von Hochwasser- oder Starkregenrisiken besonders emotionalisiert wirkten. Die Determinante 3 (eigene Kenntnis des Risikos) wurde bereits im Abschnitt 4.2.4.3 behandelt.

Zur Determinante 4 (Unterstützung durch Gesellschaft):

Die unterstützenden Maßnahmen, die Akteure von der Gesellschaft zur Risikoreduktion erwarten, nehmen offensichtlich Einfluss auf die Wahrnehmung der Landwirte. Denn das hohe Vertrauen in das staatliche Risikomanagement bzw. den technischen Hochwasserschutz ist einer der Gründe, weshalb Betriebsleiter davon ausgehen, dass es trotz einer Zunahme des Starkregenrisikos nicht zu einer Erhöhung des Hochwasserrisikos kommen wird (z. B. I6; I7; I8; T111).

Zur Determinante 5 (Information von Behörden):

Das Vertrauen in die Vollständigkeit und Qualität der Informationsaktivitäten von Behörden war bei den befragten Landwirten sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die Informationsaktivitäten wurden zum Teil kritisch, zum Teil ambivalent und zum Teil auch positiv bewertet: Zwölf von 28 Betriebsleitern bezeichneten die Informationsaktivitäten als nicht ausreichend, sechs als unehrlich und vier waren der Meinung, dass

Informationen nicht schnell genug bereitgestellt werden. Zwölf Landwirte fanden die Aktivitäten der Behörden zufrieden stellend. Die Unzufriedenheit mit behördlichen Informationsaktivitäten war mit ca. 80 % der Nennungen in den Überschwemmungsgebieten deutlich höher als in den Mittelgebirgslagen.

Die genannten Gründe hierfür sind unter anderem der Umgang der Behörden mit hochwasserbedingten Schadstoffbelastungen, unbefriedigende Informationsaktivitäten im Zuge des technischen Hochwasserschutzes und die schlechte Behandlung der Landwirtschaft in Relation zum Naturschutz.

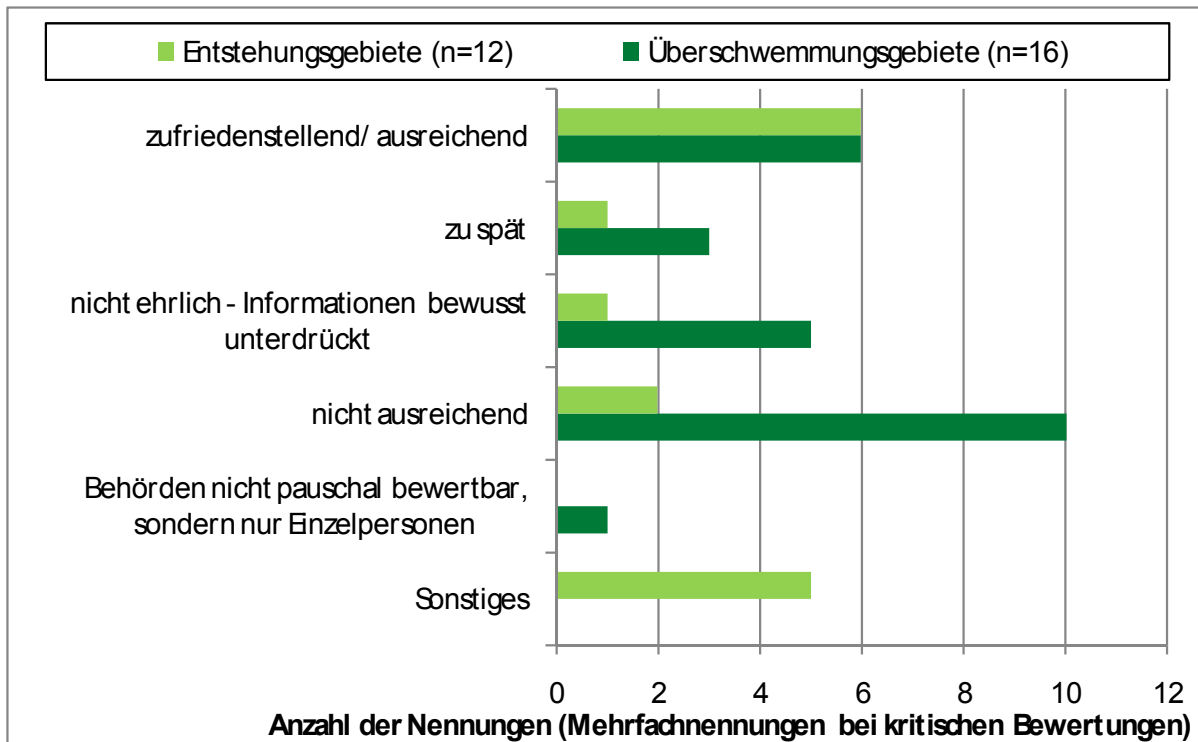


Abb. 4-15: Bewertung der Informationsaktivitäten von Behörden durch Landwirte mit besonders hoher Exposition für Hochwasser- oder Starkregenrisiken

Zur Determinante 6 (Vertrauen in Experten):

Die Kenntnis von Experten bzw. Entscheidungsträgern über das Risiko wird ambivalent bewertet. Einerseits wird häufig Misstrauen über die Kenntnis von Experten zum Ausdruck gebracht und bezweifelt, dass diese aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge überhaupt zuverlässige bzw. brauchbare Aussagen machen können. Andererseits kann aus dem Vertrauen in den technischen Hochwasserschutz abgeleitet werden, dass die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit technischer Maßnahmen überaus positiv bewertet wird, so dass knapp die Hälfte der Landwirte in den Überschwemmungsgebieten und 20 % in den Mittelgebirgslagen davon ausgehen, dass Hochwasser und Starkregen bedingte Risiken nicht zunehmen werden.

Zur Determinante 7 (Beeinflussbarkeit des Risikos):

Bezüglich der Steuerbarkeit bzw. dem Maß, wie Akteure glauben, auf das Risiko Einfluss nehmen zu können, ergab sich für die Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsgebiete jeweils ein relativ einheitliches Bild. In den Entstehungsgebieten gehen sämtliche Landwirte davon aus, dass sie durch ihre Wirtschaftsweise und die "richtige" ackerbauliche Nutzung zur Verminderung des Hochwasserrisikos beitragen. Landwirte, die jährlich pflügen (ca. 40 % in Entstehungsgebieten und ca. 80 % in Überschwemmungsgebieten), gehen meist davon aus, dass eine entsprechende Fruchtfolgegestaltung mit einem hohen Anteil an Winterungen oder Zwischenfrüchten zur Verminderung des Erosionsrisikos und der Erhöhung des Infiltrationsvermögens der Böden beitragen. Die übrigen Landwirte sehen vor allem in der Anwendung von konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaatverfahren ihre Leistungen für die Risikominderung.

In den Überflutungsgebieten sehen ca. 30 % der Landwirte keine und ca. 60 % nur geringe Möglichkeiten, zur Risikominderung beizutragen. Die übrigen wollten z. B. mangels ausreichenden Fachwissens keine Einschätzung abgeben. Die Häufigkeit und Intensität von Niederschlagsereignissen sind nach Ansicht der Landwirte jedenfalls nicht beeinflussbar, sondern lediglich ihre Auswirkungen.

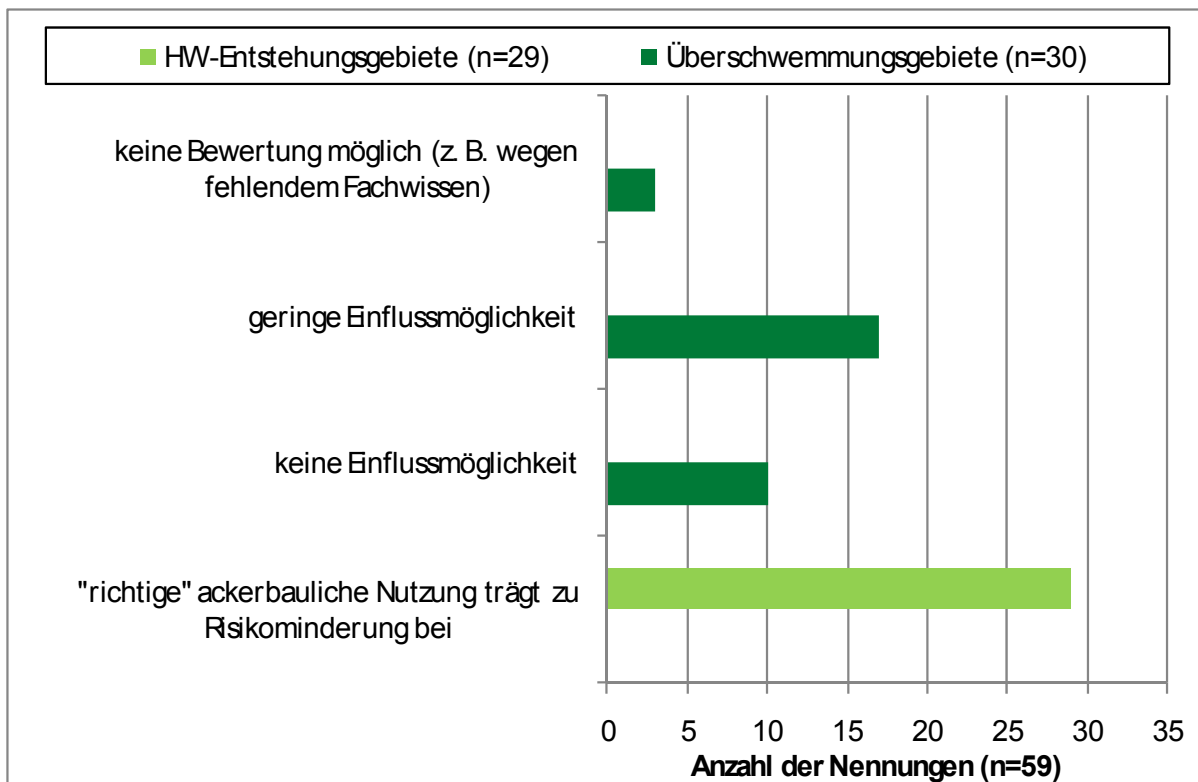


Abb. 4-16: Einschätzung der eigenen Möglichkeiten, das Erosions- und Hochwasserrisiko zu beeinflussen

4.2.4.5.2 Vier Determinanten der Risikowahrnehmung in Hochwasser-entstehungs- und Überschwemmungsgebieten

Auf Basis unserer Ergebnisse haben wir ein speziell auf die Landwirtschaft fokussiertes Konzept der Risikowahrnehmung im Zusammenhang mit Starkregen- und Hochwasserereignissen in Entstehungs- und Überschwemmungsgebieten abgeleitet. Dieses Konzept basiert auf vier Determinanten, in denen zentrale Faktoren verdichtet sind:

- Die jeweilige aktuelle betriebliche Praxis und die Bedingungen für deren Veränderung. Dazu gehören insbesondere die wahrgenommene Selbstwirksamkeit bzw. selbstattribuierte Kompetenz sowie die emotionale Belastung durch externe Einflüsse.
- Das Ausmaß individueller Betroffenheit von Hochwasser- und Starkregenrisiken in jüngerer Vergangenheit.
- Die spezifischen persönlichen Einstellungen des Betriebsleiters insbesondere zur landwirtschaftlichen Betriebsführung (z. B. Einsatz innovativer Technik) und
- die soziale Einbindung bzw. die dominierenden Betriebsführungspraktiken im jeweiligen sozialen Netzwerk.

Diese vier Faktoren stehen untereinander in dynamischer Wechselwirkung. Ändert sich einer dieser Faktoren, bedingt dies in der Regel auch Veränderungen der anderen Determinanten.

Auf die Bedeutung persönlicher Einstellungen und sozialer Einflussfaktoren bei betrieblichen Entscheidungen verweisen auch Willock et al. (1999a), Lynne und Rola (2001) sowie Beedell und Rehman (1999). Letztere untersuchten die Anwendbarkeit der Theorie geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991) für die Erklärung des Verhaltens von Landwirten. Sie nennen Familie, Freunde, Politik, Medien und Beratungsstellen als zentrale Faktoren, die die Ausprägung individueller Einstellungen und in der Folge Entscheidungsfindungsprozesse und das Verhalten beeinflussen.

Am Beispiel des Erosionsrisikos, der Bewertung erosionsbedingter Schäden und der möglichen Verhaltensänderung zum Erosionsschutz (konservierende Bodenbearbeitung) zeigt sich das Zusammenwirken dieser vier Determinanten. Im Folgenden werden diese Beispiele und unsere Schlussfolgerungen für Strategien zur Verbesserung des Hochwasserrisikomanagements dargestellt:

Landwirte, die in traditionsgeprägte Strukturen eingebettet sind, in denen großer Wert auf einen „sauberen Acker“ gelegt wird, sind davon überzeugt, dass sie alles im Rahmen ihrer Möglichkeiten stehende tun, um Erosion zu vermeiden. Sie bewirtschaften besonders erosionsgefährdete Flächen als Grünland und können sich einen dauerhaften Verzicht auf den Pflug nicht vorstellen, weil dies ihnen nicht machbar

erscheint oder verschiedene, schwerwiegende Nachteile z. B. einen deutlich höheren Pflanzenschutzmittelaufwand nach sich zieht.

„Also ich mach ja durchaus auch Minimalbodenbearbeitung nach Raps - kein Problem, dann kann ich den Boden pfluglos bearbeiten. Wenn ich Raps anbauen will, wird es schwieriger, weil wenn ich vorher Winterweizen dort stehen hatte und den Raps rechtzeitig raus bringen will, ist die Zeitspanne zwischen Ernte und Aussaat zu kurz. Wenn ich es trotzdem mache, habe ich halt das Durchwuchsproblem, dass ich dann eigentlich nur chemisch lösen kann“ (I12).

„Glyphosat ist jetzt doppelt so teuer, jetzt überlegt sich das schon so mancher. ... Wir lassen die pfluglose Bodenbearbeitung wieder sein. Wir bekommen zu viele Probleme mit Wurzelunkräutern. Wir wollen nicht alles mit der Chemiekeule beseitigen. Mit der Chemie wird das zu teuer. Wir machen aber so viel konservierend wie möglich, weil unsere Böden unheimlich schwer sind und beim Pflügen viel Diesel verbraucht wird“ (I6).

Landwirte, die hingegen bereits seit längerem auf den Einsatz des Pfluges konsequent verzichten, sehen im Pflügen eine der Hauptursachen für erhöhtes Erosionsrisiko und verringerte Wasseraufnahmefähigkeit der Böden. Sie sehen derzeit keine gravierenden Probleme bei der Anwendung und befürchten lediglich, dass ein Verbot verschiedener Pflanzenschutzmittel, insbesondere von Glyphosat, die Wirtschaftlichkeit der konservierenden Bodenbearbeitung gefährden könnte.

Wird nun ein Landwirt, der sich den Verzicht auf den Pflug nicht vorstellen konnte, mit einer Reihe von extremen Starkregenereignissen konfrontiert, die jeweils knapp nach der Bestellung seiner Ackerflächen auftreten und erheblichen Schaden anrichten, kann dies ein grundlegendes Umdenken induzieren (z. B. I13). Einen ähnlichen Effekt können Diskussionen auslösen, die geführt werden, wenn ein Hofnachfolger nach dem Studium mit der Überzeugung auf den Betrieb seiner Eltern zurückkehrt, dass dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung gegenüber dem Einsatz des Pfluges unbedingt zu präferieren sei (z. B. I8). Ein anderer Anlass für den dauerhaften Verzicht auf den Pflug (z. B. I15), kann im Laufe der Jahre daraus erwachsen, dass ein benachbarter Kollege, der seine Flächen konsequent mit Direktsaatverfahren bestellt, damit hervorragende betriebliche Erfolge erzielt und durch vielfältige Fruchtfolge auch den Einsatz von Pflanzenschutzmittel auf einem ortsüblichen Niveau halten kann. Darüber hinaus können steigende Preise für Glyphosat (z. B. I6) oder Diesel (z. B. I14; I8) entweder den weiteren Einsatz oder den Verzicht auf den Pflug nahe legen.

Hat einer dieser Umstände zur Folge, dass ein Landwirt sich entschließt, seine Flächen konservierend zu bewirtschaften, und gelingt es ihm, diese Umstellung erfolgreich zu bewältigen, verändert dies in der Regel wiederum die Bewertung des Erosionsrisikos und erosionsbedingter Schäden.

Davies und Hodge (2006) gehen mit ihren Schlussfolgerungen noch einen Schritt weiter und nehmen an, dass eine veränderte Praxis auch zu einer Veränderung relevanter Einstellungen führt. Was auch nach dem Konzept der Vermeidung kognitiver Dissonanz eine logische Schlussfolgerung wäre. Anpassungen von Einstellungen an eine veränderte Landnutzungspraktik wurden auch in anderen Untersuchungen vermutet (Schoon und te Grotenhuis, 2000; Padel und Powell, 2002; Darnhofer et al., 2005). Die große Herausforderung sehen Beedell und Rehman (2000) darin, das Interesse jener Landwirte für verbesserten Erosionsschutz und konservierende Bodenbearbeitung zu wecken, die davon überzeugt sind, schon alles in ihren Möglichkeiten stehende für den Erosionsschutz zu tun. Die eigenen Ergebnisse legen diesbezüglich den Ansatz nahe, soziale Netzwerke gezielt zu nutzen und den Kontakt zu innovativen Praktikern zu fördern, die entsprechende Maßnahmen seit längerem erfolgreich anwenden.

Dass es durchaus Potenziale für Verbesserungen gibt, legen die Aussagen einiger Landwirte nahe, die dem Erosionsproblem anscheinend eher aus dem Weg zu gehen versuchen, als es zu lösen: Sie bauen besonders erosionsgefährdete Kulturen dort an, wo abgeschwemmte Erde nicht in Kellern oder auf Straßen abgelagert wird, sondern dort, wo dies nicht Konflikte mit Dritten verursacht (z. B. TI41). Ingram et al. (2010) erklären derartiges Verhalten damit, dass Landwirte in erster Linie das Pflanzenwachstum und den Ertrag im Blick haben (müssen) und erst danach die Folgen von Starkregenereignissen. Außerdem stehen laut Ingram et al. häufig auch sachliche Zwänge (z. B. zeitgerechte Aussaat oder Ernte) einer optimalen erosionsschützenden Wirtschaftsweise entgegen.

4.2.4.6 Bewertung des Risikos in Abhängigkeit von eigener Betroffenheit und Selbstwirksamkeit

Da es im Rahmen des Projektes nicht möglich war, die regional relevante Risikoeinschätzung von Experten zu ermitteln, kann die angemessene Risikoeinschätzung durch Betroffene nur ansatzweise beurteilt werden.

Insgesamt scheint jedoch eine Tendenz vorhanden zu sein, Hochwasser- und Erosionsrisiken zu verdrängen. Darüber hinaus ist insbesondere bei Erosionsrisiken von Bedeutung, dass Ursachen und Lösungen für die Probleme außerhalb der eigenen Handlungssphäre gesucht werden. Einige Landwirte kritisierten beispielsweise, dass unterhalb ackerbaulich genutzter Hänge oder in Überschwemmungsgebieten Baugebiete ausgewiesen wurden, in denen dann die größten Probleme auftreten (z. B. I16, TI32, I15).

Zu Hinweisen auf die Unlösbarkeit des Problems oder das Fehlverhalten von anderen neigen vor allem jene Landwirte, die wenig Möglichkeiten sehen, das Risiko durch eine Veränderung der Ackernutzung deutlich zu verringern (I11; I17; TI16).

4.2.4.7 Bewertung des eigenen Hochwasserrisikos in Relation zum Risiko anderer Betroffener

Einige der befragten Landwirte kamen von sich aus darauf zu sprechen, dass der Schutz von Siedlungen wichtiger ist als der Hochwasserschutz von landwirtschaftlichen Flächen.

„Bevor eine Stadt absäuft, kann ruhig eine landwirtschaftliche Fläche absaufen und irgendeine Ernte kaputt sein, weil das billiger ist, als wenn eine Stadt absäuft. Das ist ganz klar und dafür haben wir auch Verständnis. Man darf die Landwirte aber nicht auf ihren Schäden alleine sitzen lassen.“ (I17)

Sie betonen jedoch, dass Hochwasserschutzmaßnahmen nicht auf Kosten der Landwirte realisiert werden sollten. Vielmehr wird eine angemessene Beteiligung an den Kosten durch die Nutznießer erwartet.

„Die Kosten können doch nicht dem Landwirt aufgebürdet werden, wenn er fachlich nicht wirklich was verkehrt gemacht hat.“ (I14)

„Wenn die Kommune den Bachlauf nicht richtig pflegt oder Baugenehmigungen erteilt, die dann ein Hindernis im Flusslauf darstellen, dann kann die Kosten nicht auch noch der Geschädigte tragen.“ (I13)

Auch in anderen Untersuchungen (Posthumus et al., 2008; Heinrichs und Grunenberg, 2007) äußerten sich Landwirte in ähnlicher Weise: Der Schutz von Siedlungen hat Vorrang, sollte jedoch nicht auf Kosten von Landwirten realisiert werden. In vielen Fällen fühlen sich Landwirte überproportional belastet (Heinrichs und Grunenberg, 2007). Verbesserte Gewässerpflege und angepasste Siedlungsentwicklung werden neben technischem Hochwasserschutz ebenfalls als Maßnahmen zur Risikominderung angeführt (vgl. hierzu auch Posthumus et al., 2008).

4.2.4.8 Besonderheiten in Hochwasserentstehungsgebieten und Mittelgebirgslagen

Landwirte beobachten klimatische Veränderungen: Einerseits fallen Niederschläge konzentrierter und Starkregenereignisse nehmen zu, wodurch sich das Risiko von Erosion und Hochwasser erhöht. Andererseits wird auch ein Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen beobachtet. Der Temperaturanstieg und die Abnahme von Spätfrösten werden jedoch insbesondere in Mittelgebirgslagen positiv bewertet, weil hierdurch das Wachstum verbessert und das Risiko von Frostschäden bei Mais deutlich verringert wird.

Als kurzfristige Folgen von Starkregenereignissen, insbesondere nach der Aussaat, werden Bodenabtrag, Verschlämmung, Saatgutverlust, die Zerstörung von Kulturen

und die Beschädigung von Infrastruktur wahrgenommen. Die langfristigen Folgen von Erosion sind nach Ansicht der Landwirte die Abnahme des Humusgehalts und karge Böden. Treten an Bächen oder kleineren Flüssen Überschwemmungen auf, ist danach angeschwemmter Unrat zu beseitigen und im Falle von Verklausungen durch Totholz kann es auch zur Verlagerung des Bach- oder Flussbettes kommen.

Die Höhe von Starkregen bedingten Risiken hängt stark vom Zeitpunkt des Ereignisses ab und ist bei konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflug knapp nach der Aussaat am höchsten. Stark erosionsgefährdete Flächen sollten deshalb mit Mulch- oder Direktsaat genutzt oder in Grünland umgewandelt werden (z. B. I12; I13; I17; I3; I8).

Landwirte, die in der Vergangenheit selbst von Erosionsschäden betroffen waren, sind der Ansicht, dass sie auch selbst für die Beseitigung der Schäden verantwortlich sind bzw. entsprechende Vorsorge zu treffen haben, damit Schäden so gering wie möglich bleiben. Wenn trotzdem Erosionsschäden auftreten, fühlen sich einige Landwirte verpflichtet, diese Schäden auch selbst wieder zu beseitigen.

„Also wenn die Erde von unserem Feld herunter auf eine Straße geschwemmt wird, fühlen wir uns ganz klar verpflichtet, das auf eigene Kosten wieder in Ordnung zu bringen“ (TI29).

Eine Ausnahme bilden jene Betriebsleiter, an deren Ackerflächen am Hangfuß Siedlungsgebiete ausgewiesen wurden, in denen in der Folge verstärkt Probleme aufgetreten waren. In diesen Fällen sollten sich nach Ansicht der Landwirte auch die Gemeinden an der Beseitigung der Schäden finanziell beteiligen, da sie für die Ausweisung der Baugebiete verantwortlich sind.

„Von staatlicher Seite sollte unterlassen werden, dass da unterhalb von Hängen gebaut wird. Wenn dann der Schlamm dahin kommt, gibt es Ärger“ (TI25).

„Das Baugebiet hätte nicht unterhalb des Hanges ausgewiesen werden dürfen. Deshalb sollte die Gemeinde die Kosten mittragen“ (TI32).

Einige Landwirte arrangieren sich auch mit diesem Problem und gehen ihm durch entsprechende Anpassungen aus dem Weg.

„Hackfrüchte werden nicht mehr auf Flächen in Ortslage angebaut und die Särichtung ist nicht mehr Richtung Ortslage.“ (TI31)

Landwirte in Entstehungsgebieten glauben, dass es sinnvoll ist, das Wasserspeichervermögen der Böden möglichst hoch zu halten, weil dann der Abfluss geringer ist. Das Wasserrückhaltevermögen ist höher, wenn keine Bodenverdichtungen vorhanden sind und die Oberfläche rau oder bewachsen ist.

„Meiner Ansicht nach sind Bodenverdichtungen eins der größten Probleme im Ackerbau. Die Äcker sind extrem verdichtet, kaum einer fährt

mit einem Tiefenlockerer. Das Wasser kann nicht eindringen und muss oben weglaufen“ (I14).

Wald hat nach Ansicht der Landwirte ein höheres Rückhaltevermögen als landwirtschaftlich genutzte Flächen. Das Rückhaltevermögen von Grünland gegenüber Ackerland wird hingegen unterschiedlich bewertet. Auf der einen Seite sind einige Landwirte, vor allem jene, die Direkt- oder Mulchsaatverfahren anwenden, der Meinung, dass konservierend bewirtschaftete Ackerflächen unter Umständen mehr Wasser zurückhalten als Grünland (z. B. I14). Auf der anderen Seite gibt es Aussagen wie folgt:

„Grünland ist weniger anfällig. Bei einer gesunden Grasnarbe muss richtig viel Wasser kommen, damit die erodiert, auch mit einer gesunden Flora drauf. ... Grünland ist ganz klar besser wie Acker, weil wenn der klassisch bearbeitet wird, dann kann man den Boden wegblasen“ (I4).

Grünland wird also im Vergleich zu gepflügten Ackerflächen in der Regel als weniger erosionsgefährdet eingestuft, wobei die Nutzung von Grünland jedoch als eine wenig willkommene Verpflichtung oder Last empfunden wird.

„Das Ansäen von Gras ist nicht wirtschaftlich oder es ist für viele Betriebe überhaupt nicht nutzbar.“ (TI16)

Zudem dürften wirtschaftliche Einbußen durch Erosion und Überschwemmung auf mäßig bis wenig gefährdeten Flächen in der Regel geringer sein als Einkommenseinbußen durch die Umwandlung in Grünland. Auch strukturelle Erosionsschutzmaßnahmen (z. B. die Anlage von Hecken) werden aus demselben Grund in der Regel nur auf stark gefährdeten Flächen ergriffen.

Grundsätzlich sind Landwirte bestrebt, einen hohen Wasserrückhalt auf Ackerflächen zu gewährleisten und Erosion bzw. erosionsbedingte Schäden und Bodenverdichtungen so weit wie möglich zu vermeiden, auch deshalb, weil die Vermeidung von Starkregen bedingten Schäden im eigenen Interesse steht. Aus betrieblichen oder klimatisch bedingten Zwängen ist es jedoch nicht immer möglich, Ackerflächen optimal zu bewirtschaften und ein Befahren und Bearbeiten der Flächen bei zu hohen Wassergehalten zu vermeiden. Zudem kann auch das Ergreifen von Erosionsschutzmaßnahmen den gegenteiligen Effekt haben, wenn z. B. nach der Aussaat einer Zwischenfrucht mit herkömmlicher Saatechnik ein Starkregenereignis auftritt, dass auf einem Stoppelfeld deutlich weniger Schaden angerichtet hätte (I11).

Insgesamt sind nach Ansicht der Landwirte die eigenen Möglichkeiten, das Hochwasserrisiko durch Landnutzungsänderung zu vermindern, im Vergleich zu strukturellen Hochwasserschutzmaßnahmen gering bis unbedeutend. Denn die Versiegelung von Flächen, die Entwässerung von Siedlungen und Verkehrswegen, Flussbegradigungen und die Bebauung von Retentionsflächen sind für das Ausmaß von Hochwasserschäden wesentlich bedeutsamer als die Art der landwirtschaftlichen Land-

nutzung (z. B. I6; I7; I8; I9). Zudem ist die Aufrechterhaltung einer hohen Produktivität und eines hohen Anteils von Ackerflächen zur Ernährungssicherung unumgänglich. Wobei die befragten Landwirte auch der Ansicht sind, dass eine hohe Speicherkapazität des Bodens in geringem Maße zu einer Verringerung des Hochwasserrisikos beiträgt.

„Zur Steigerung von Hochwassern tragen alle Maßnahmen bei, die zu einer Bündelung von Niederschlägen führen, d. h. wo die Niederschläge nicht versickern können oder gehalten werden, sondern ein schneller Abfluss gewährleistet wird“ (I13).

4.2.4.9 Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten

Ein zuverlässiges Frühwarnsystem, das rechtzeitig Auskunft über die Höhe des zu erwartenden maximalen Pegels und das Ausmaß voraussichtlicher Überschwemmungen gibt, würde von einzelnen Landwirten zur unmittelbaren Schadensvermeidung begrüßt werden (I2). Andere halten dies für zwecklos (I8). Beziehungsweise sind sie der Ansicht, dass sie zusätzliche Informationen der Verwaltung nicht benötigen, weil sie selbst die Entwicklung der Pegelstände beobachten und einschätzen können, was sie zur Schadensvermeidung tun können. Sämtliche Landwirte betonen jedoch, dass sie alles in ihrem Möglichen stehende tun, um den Schaden so gering wie möglich zu halten (I17; I8).

Ca. 30 % der Landwirte in den Überschwemmungsgebieten sehen keine und ca. 60 % nur geringe Möglichkeiten, selbst zur Risikominderung beizutragen. Auf die Frage, welche Maßnahmen zur Hochwasserrisikominderung ergriffen werden sollten, wurde am häufigsten (ca. 50 %) die Erhöhung des Wasserrückhalts in den Einzugsgebieten (z. B. durch Versickerung von Regenwasser) genannt. Technische Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Dämme, geregelte und ungeregelte Rückhaltebecken, Vorlandaufweitungen) wurden ebenfalls von zahlreichen Landwirten als Risikominderungsstrategien angeführt.

Der Grad der Betroffenheit und das Schadensausmaß im Hochwasserfall werden für Landwirte nicht nur durch den Anteil von Acker- und Grünland in den Überschwemmungsgebieten bestimmt, weil landwirtschaftliche Kulturen bei Hochwasser auch in den Hochwasser gefährdeten Gebieten hinter dem Deich z. B. durch austretendes Grundwasser oder Rückstau aus Gräben und Drainagen geschädigt werden können. Zudem hängt das Schadensausmaß entscheidend vom Zeitpunkt des Hochwassers ab: Die Schäden von Winterhochwassern sind in der Regel gering bzw. können durch Nachsaat von Sommerungen mit relativ geringen Kosten kompensiert werden. Hochwasser im späten Frühling und Sommer, bei denen eine Noternte wegen des schnellen Anstiegs der Pegel oder wegen unzureichender Erntewürdigkeit der Kulturen möglich sind, richten den größten Schaden an (I2; I8).

„Und für entgangene Ernten oder Getreide, wenn es kaputt geht, da gibt es keinen Anspruch gegenüber irgendjemand. Ist auch nie angeklungen, dass wir da Schadenersatz haben wollen. Man versucht das zu minimieren. Wenn sie jetzt Wintergerste hätten, dann geht in den Senken Getreide kaputt. Gut dann sät man, wenn das Wasser weg ist, noch etwas anderes nach. Eine Zwischenfrucht oder man sät Hafer dorthin, der später gesät werden kann, um die Flächen noch zu nutzen, oder man lässt sie. Das muss jeder selbst entscheiden. Aber da hat keiner einen Anspruch gegenüber dem Staat oder sonst jemand für Schadenersatz. Das ist halt Natur“ (I8).

Landwirte in Überschwemmungsgebieten schenken dem staatlichen Hochwasserrisiko-Management in der Regel hohes Vertrauen und gehen davon aus, dass weitere strukturelle Maßnahmen zur Risikominderung umgesetzt werden. Knapp die Hälfte der 30 befragten Landwirte erwartet unter anderem auch deshalb keine Verschärfung des Hochwasserrisikos insbesondere für Siedlungen und ihre Hofstelle.

Überraschenderweise trifft dies auch für Landwirte zu, die mit der Wasserwirtschaftsverwaltung wegen der Vorgehensweise bei der Umsetzung struktureller Hochwasserschutzmaßnahmen in ihrer unmittelbaren Umgebung (z. B. Bau von geregelten Flutungspoldern) unzufrieden sind (z. B. I6, I7). Dies könnte dadurch bedingt sein, dass sie selbst erlebt haben, dass diese Schutzmaßnahmen auch gegen Widerstände vor Ort umgesetzt werden.

Der Fall, dass sämtliche Schutzmaßnahmen bei besonders extremen Ereignissen unzureichend sein könnten oder ein Deich brechen könnte, führt nicht zu besonderem Verhalten oder besonderer Risikoeinschätzung. Denn obwohl den Befragten bewusst war, dass ihre Hofstelle und ihr Wohnhaus im Extremfall überflutet werden könnte, fühlen sie sich nicht bedroht oder zu einer Veränderung ihrer Wohnsituation oder Lebensweise veranlasst, sogar dann nicht, wenn sie als Deichwärter wissen, dass Deichbrüche bei extremen Hochwassern nicht immer vermieden werden können.

Im Falle von Extremhochwassern, bei denen Deiche brechen, Siedlungsgebiete überflutet werden und die wirtschaftliche Existenz von Menschen gefährdet wird, sollte der Staat bzw. die Solidargemeinschaft nach Ansicht der befragten Landwirte zur Linderung von Notfällen beitragen (I1; I13; I14; I17; I2). Wobei kritisch bewertet wird, dass vor den großen Hochwassern auch Überschwemmungsflächen bebaut wurden, die von den Hochwassern besonders stark getroffen wurden und die man deshalb besser nicht bebaut hätte. Ein Landwirt schlug vor, staatliche Zuschüsse zu Hochwasserrisikoversicherungen zu gewähren, um dadurch im Hochwasserfall nicht mit Schadensausgleichsansprüchen konfrontiert zu werden (I12). Wenn befragte Betriebsleiter in der Vergangenheit, also vor mehr als ca. fünf Jahren, von extremen Hochwasser oder Starkregen bedingten Schäden betroffen waren, wurde ihnen Unterstützung aus staatlichen Mitteln oder Spenden angeboten. Diese reichten in der

Regel aus, um die Schäden und Verluste teilweise auszugleichen und gravierenden Liquiditätsengpässen zu entgehen.

Diese Schlussfolgerungen legen auch Ergebnisse von Befragungen nahe, die kurz nach dem Auftreten von Hochwassern durchgeführt wurden (z. B. Posthumus et al., 2008), oder von Untersuchungen, die sich mit den Auswirkungen von Krisen auf die Wahrnehmung und das Verhalten von Landwirten befasst haben (Lantermann et al., 1992a).

Einige befragte Landwirte äußerten Unverständnis über vermeintliche Widersprüche im Hochwasserrisikomanagement. Es ist für sie nicht nachvollziehbar, dass einerseits Maßnahmen zur Erhöhung des Wasserrückhalts (z. B. Rückhaltebecken, Erhaltung von Auenvegetation) ergriffen werden, gleichzeitig jedoch auch Maßnahmen zur Erhaltung einer hohen Abflusskapazität (z. B. Maisanbauverbot). Bezüglich der Aufrechterhaltung einer hohen Abflusskapazität und der Vermeidung eines Anstiegs der Deichbruchgefahr wird die Ackernutzung und der Anbau von Mais wesentlich weniger problematisch bewertet als die Ausdehnung von Gehölzen in den Überschwemmungsgebieten, insbesondere auch deshalb, weil Mais nur von Juni bis August/ September Abflussbehinderungen verursacht.

„Ich kritisiere immer, dass Gehölz mit einer Höhe von 4 – 6 Metern im Abflussbereich stehen darf, und zwar dort, wo früher kein Gehölz stand. Und dann wird der Maisanbau verboten und es wird gesagt, dass die Abflusskapazität heute schlechter ist als früher. Dann muss der Grund dafür beseitigt und der frühere Zustand beim Gehölz wieder hergestellt werden“ (I17).

Das Risiko von Erosion und Gewässerverschmutzung durch die ackerbauliche Nutzung ist nach Ansicht der befragten Landwirte vernachlässigbar (z. B. I1; I2; I8; I16; I17), insbesondere weil Noternten durchgeführt werden, wenn diese erforderlich und möglich sind. Wenn es zu Erosionsschäden käme, würden diese nur vereinzelt und lokal begrenzt auftreten. Ablagerungen von Schlamm, Unrat und Treibholz wären im Hochwasserfall eher die Regel. Hinzu kommt, dass es häufig keine Alternative zur ackerbaulichen Nutzung gibt, weil Grünlandaufwüchse nicht verwertet werden können, wenn keine Tiere gehalten werden oder diese noch stärker mit Schadstoffen kontaminiert sind als das Erntegut von Ackerkulturen. Hinzu kommt noch, dass die Umwandlung in Grünland einen deutlichen Wertverlust der Flächen zur Folge hätte. Zwei Landwirte, die Flächen im Maisanbauverbotsgebiet an der Donau bewirtschaften, kritisieren zudem, dass der Naturschutz gegenüber der Landwirtschaft unverhältnismäßig bevorzugt wird.

„Beim Gehölz haben sie nur 12 % geschnitten, aber der Mais musste ganz raus. Der Naturschutz ist stärker als die Landwirte. Obwohl das Gehölz das ganze Jahr da steht und der Mais nur von Juni bis September oder Oktober.“ (I16)

Ein Großteil der befragten Landwirte erhebt für Verluste durch Hochwasser auf Flächen im Überschwemmungsgebiet keinen Entschädigungsanspruch. Lediglich für Flächen in Rückhalteräumen, die nach deren Inbetriebnahme häufiger überflutet werden würden als davor, finden sie eine Entschädigung im Flutungsfalle legitim, da sie zum Vorteil Dritter eine Erhöhung des Risikos von Überschwemmungen und Schadstoffkontaminationen in Kauf nehmen.

„Sie können den Flutungspolder hier nicht zum Nulltarif haben. Denn die Flächen im Retentionsraum haben an Wert verloren. Wenn jetzt jemand Ackerflächen kaufen würde, der wird die im Polder nicht mehr kaufen, weil der sagt: ist ja Retentionsraum. Auch wenn es de facto nicht schneller volllaufen würde, weil der alte Deich ja bleibt. Aber nur durch den Bau des Polders hat eine Wertminderung stattgefunden, die keiner ausgleicht.“ (I8).

Werden vom Staat Schadensausgleichszahlungen z. B. für Ernteauffälle gewährt, sollten sämtliche Landwirte Entschädigungen erhalten und weniger stark Betroffene nicht durch Mindestschadensregelungen ausgeschlossen werden. Denn der Ausschluss einzelner Landwirte wird als Ungleichbehandlung empfunden und hat soziale Unstimmigkeiten zur Folge.

„Wir hatten 2 – 3-mal Entschädigungen bekommen. Meistens sind 50 % des Schadens vom Staat ersetzt worden. ... Aber es gab erst ab einem Mindestbetrag eine Entschädigung. (...) Viele kleinere Betriebe, bei denen nicht viel Fläche betroffen war, haben deshalb nichts bekommen. Die haben sich geärgert: „Ja ihr kriegt was“. Ich hab gesagt, ich hab auch gerade die Hälfte bekommen, 50 % des Schadens hab ich trotzdem noch selbst getragen.“ (I17)

4.2.5 Ergebnisse zu Handlungspraktiken und Handlungsspielräumen in der Landwirtschaft

Im vorherigen Abschnitt wurden die Ergebnisse zur Risikowahrnehmung und Problembewusstsein dargestellt. Nun geht es im Folgenden um die Frage, welche Handlungspraktiken zurzeit von den Landwirten zur Hochwasserrisikominimierung durchgeführt werden und wie sie selbst ihre Handlungsspielräume für weitergehende Verhaltensänderungen einschätzen. Wie oben stellen wir neben den Ergebnissen aus den Interviews auch jeweils unsere Interpretationen und vergleichbare empirische Ergebnisse aus der Literatur dar.

4.2.5.1 Ergebnisse zu den Hypothesen für risikorelevante Verhaltensselektion

Im Abschnitt 4.2.2.6 fassen wir unsere theoretische Verortung zur Verhaltensselektion in fünf Thesen zusammen. Diese werden im Folgenden unseren empirischen Befunden gegenübergestellt.

These 1: Landwirte sind der Ansicht, auf staatliche und nicht-staatliche Organisationen angewiesen zu sein, weil der Staat für das Risikomanagement und den Schadensausgleich zuständig ist.

Diese Hypothese ist nur für solche Landwirte zutreffend, deren Flächen oder Hofstelle im Falle eines Überströmens oder Brechens von Deichen überflutet werden könnten. In diesen Fällen können sie Schäden ohne Unterstützung von Dritten nicht vollständig vermeiden, sondern lediglich das Schadensausmaß vermindern, indem sie bei ausreichender Zeitspanne, Befahrbarkeit der Flächen und Erntewürdigkeit der Bestände Noternten durchführen.

Für kleinere Hochwasser, bei denen nur ungeschützte Vorlandflächen oder Sommerdeiche überströmt werden, ist diese Hypothese nicht zutreffend, denn Landwirte haben die Bewirtschaftung dieser Flächen auf das erhöhte Überflutungsrisiko abgestimmt und gelernt, mit dem Hochwasser zu leben.

Für unmittelbar Starkregen bedingte Risiken und Erosion ist diese Hypothese ebenfalls nicht zutreffend. Auch in Gebieten mit einer höheren Gefährdung durch Starkregen vermittelten Betriebsleiter in der Regel den Eindruck, selbst am besten entscheiden zu können, welche Nutzung für ihren Standort am sinnvollsten ist. Einige Landwirte legen auch großen Wert darauf, selbst entscheiden zu können, mit welchen Maßnahmen den Risiken begegnet wird, und empfinden z. B. die Ausweisung von Bodenschutzgebieten als nicht wünschenswerte Einschränkung (z. B. TI16, TI32). Wenn andererseits im Rahmen von Erosionsschutzprogrammen finanzieller Ausgleich für die Anwendung aufwändiger bzw. mit Investitionen verbundener Maßnahmen gewährt wird, erleichtert dies nach Meinung der Landwirte deren Umsetzung (I8; Teilnehmer des Erfahrungsaustauschs in Feilitzsch).

These 2: Landwirte sind nicht für Informationen zugänglich oder zur Umsetzung Risiko mindernder Maßnahmen in der Lage, wenn ihre Aufnahmefähigkeit und Handlungsmöglichkeiten durch (akute) Probleme eingeschränkt sind.

Bei den Interviews nahmen Rahmenbedingungen oder Entwicklungen, die von den Betriebsleitern als belastend empfunden wurden, großen Raum ein. Darüber hinaus wurde im Bezug auf die Anwendung von Maßnahmen, die mit finanziellen Risiken oder Investitionen verbunden sind, auf die wirtschaftlich angespannte Situation bzw. die fehlende Planungssicherheit für Investitionen hingewiesen und damit begründet, dass derartige Veränderungen nicht finanzierbar sind.

„Wir planen keine Veränderungen mehr. Wie auch. wir haben etwa eine Million investiert in den letzten fünf Jahren, um überhaupt noch wirtschaften zu können, und dann bekommt man so einen Niederschlag durch die gesunkenen Preise. In diesem Jahr haben wir etwa 130.000 Euro weniger verdient als im letzten Jahr und die Kosten sind gleich geblieben. Aber man kann von heute auf morgen den Betrieb nicht so verändern, dass man das auffangen kann“ (T128).

These 3: Auch wenn Landwirte sich des Hochwasserrisikos bewusst sind, gibt es viele psychologische Faktoren, die dazu führen, dass sie ihr eigenes Risiko unterschätzen oder verdrängen.

Wie schon oben bezüglich der Risikowahrnehmung ausgeführt, wird das Risiko von selten auftretenden Extremereignissen tendenziell verdrängt und wird daher auch nicht relevant für das Verhalten. Ein Landwirt, der ehrenamtlich als Deichgeschworener tätig ist und im Hochwasserfall für die Organisation der Deichwache zuständig ist, antwortete beispielsweise auf die Frage, ob die Hofstelle bei Extremhochwassern überflutet werden würde:

„Nein. (mit einem Lachen hinterher) Höchstens beim Deichbruch. Bei extremem Hochwasser steht das Wasser in der Küche einen Meter hoch“ (I1)

Vorsorge wird für diesen Fall nicht getroffen:

„Man lebt damit. Wir haben Vertrauen in unseren Deich. Der ist ziemlich neu.“ Nach einer kurzen Pause wurde jedoch ergänzt: „Allerdings, 2002 haben schon einige im Dorf ihre Elektrogeräte, Möbel und Wertvolleres auf den Dachboden gebracht. Die hatten schon Angst“ (I1).

Wenn die Hofstelle jedoch häufig durch Hochwasser von der Außenwelt abgeschnitten ist wie z. B. in manchen Gebieten am Niederrhein, scheint ein angemessener Umgang mit dem Risiko die Regel zu sein und die These trifft nicht zu. Landwirte mit häufig überschwemmten Hofstellen treffen hier selbst entsprechende Vorsorge für den Hochwasserfall und verfügen über langjährige Erfahrungen und Kenntnisse:

„Wir wissen schon vorher über Fernsehen, Radio, Internet, Videotext, wenn ein Hochwasser kommt. Wir haben dann etwa eine Woche Zeit, uns darauf vorzubereiten. Wenn zusätzlich zum Rhein die Mosel Hochwasser hat, dann müssen wir hier mit einem höheren Wasserstand rechnen. Dann können wir uns darauf einrichten. Nur wenn noch Hochwasser von der Mosel dazukommt, kommt es hier am Niederrhein zu einem größeren Hochwasser. 1993 oder 1995, da stand bei vielen das Wasser in der Wohnung. Bei einem extremen Hochwasser muss die Milch mit THW-Booten vom Hof gebracht werden. Hier hat auch eigentlich jeder ein eigenes Boot. Alle, die hier in das Gebiet ziehen und das mit dem Hochwasser nicht kennen, wenn man denen sagt, ab morgen Abend kommt Ihr hier nicht mehr weg, fahrt in die Stadt und holt euch

Lebensmittel, dann glauben die das nicht, und nachher ist das Geschrei dann groß“ (T139).

These 4: Landwirte sehen keinen Bedarf für eine andere Wirtschaftsweise, weil

- sie glauben, schon optimal zu wirtschaften,
- sie keine tauglichen und sinnvollen Alternativen sehen,
- positive Effekte von Veränderungen nicht nachvollziehbar sind,
- Veränderungen negative Folgen für sie selbst erwarten lassen,
- sie selbst keinen Vorteil davon haben oder
- sie selbst nicht von Hochwasser- oder Erosionsschäden betroffen sind.

Eine oder mehrere dieser Begründungen waren für sämtliche der befragten Landwirte dafür ausschlaggebend, dass sie einzelne nicht-strukturelle Maßnahmen nicht anwenden. Vielfach war insbesondere die erste Begründung bedeutsam: Die befragten Landwirte waren davon überzeugt, dass ihre Art der Landbewirtschaftung für ihren Standort und ihre betrieblichen Bedingungen die am besten geeignetste ist bzw. dass sie im Rahmen des Möglichen „optimal“ ist. Bei Landwirten, die nicht-strukturelle Maßnahmen bereits anwenden, wurde mit dieser Einschätzung hingegen begründet, weshalb es sinnvoll ist, die Maßnahmen anzuwenden. Deshalb war die Bewertung einzelner Maßnahmen in Abhängigkeit von der eigenen betrieblichen Praxis sehr unterschiedlich und widersprüchlich:

- Maßnahmen, die auf dem eigenen Betrieb schon angewendet werden, werden positiv bewertet bzw. es werden in erster Linie ihre Vorteile beschrieben und
- Maßnahmen, die auf dem eigenen Betrieb nicht angewendet werden bzw. bei denen auch keine Kollegen bekannt sind, die diese Maßnahmen seit längerem erfolgreich anwenden, werden kritisch bewertet bzw. es wird angezweifelt, dass die Maßnahmen praktikabel sind.

These 5: Die Wahrscheinlichkeit für die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen steigt, wenn

- Veränderungsbedarf/ -druck bzw. kognitive Dissonanz vorliegt,
- bekannte Kollegen diese Maßnahmen bereits erfolgreich anwenden,
- innovative Landwirte gefunden werden können, die besonders offen sind und über die Fachkompetenz und Selbstwirksamkeit verfügen, ein höheres Bewirtschaftungsrisiko zu tragen,
- Landwirte durch Krisen zu Veränderungen gezwungen sind und
- die Maßnahmen nicht im Widerspruch zu zentralen Einstellungen und Wertvorstellungen stehen,
- Landwirte hohes Vertrauen zu Beratern haben, die ihnen die Anwendung der Maßnahmen nahe legen,

- Bedingungen geschaffen werden, die die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen nahe legen oder
- Landwirte sich von den Maßnahmen Verbesserungen versprechen.

Bei sämtlichen Landwirten, die nicht-strukturelle Maßnahmen praktizieren, waren mindestens einer oder mehrere der angeführten Bedingungen oder Faktoren hierfür ausschlaggebend. Sie sollten daher besonders bei der Strategie zur Verbesserung des Hochwasserrisikomanagements angewendet werden.

4.2.5.2 Besonderheiten in Hochwasserentstehungsgebieten

Die befragten Landwirte bemühen sich aus Eigeninteresse, ihr Hauptproduktionsmittel Boden zu erhalten und den Schaden für Siedlungen und den eigenen Wohnort so gering wie möglich zu halten.

„Den Boden zu zerstören, wäre das Letzte, was ich als Landwirt machen kann.“ (I12)

Dennoch ist Erosion bei extremen Ereignissen nicht völlig vermeidbar. Darüber hinaus ist jeder Standort/ Schlag individuell zu bewerten und zu entscheiden, welche Maßnahmen bei vertretbaren Kosten zum besten Ergebnis führen.

Welche Erosionsschutzmaßnahmen unter den eigenen spezifischen Standortbedingungen und betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen geeignet erscheinen, hängt stark von der aktuellen betrieblichen Praxis, dem Betriebstyp und vom Erfolg ab, mit dem Kollegen einzelne Maßnahmen anwenden. Nicht strukturelle Maßnahmen werden von Landwirten nicht einzeln bewertet, sondern unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen.

„Es ergibt sich eines mit dem anderen. Wir betrachten es nicht mehr als Einzelmaßnahme, sondern sehen es komplex. Wir haben uns angewöhnt, nicht nur an das zu denken, was direkt darauf folgt, sondern möglichst langfristig zu denken.“ (I14)

Das wichtigste Bewertungskriterium scheint die Gesamtheit der Auswirkungen auf den mittel- bis langfristigen betrieblichen Erfolg zu sein. Wobei der Begriff Erfolg in diesem Zusammenhang nicht nur den betriebswirtschaftlichen Erfolg meint, sondern auch die (Selbst-)Wertschätzung und Selbstwirksamkeit einschließt, die Landwirte aus ihrer Betriebsführung ableiten können.

4.2.5.2.1 Bewertung nicht-struktureller Maßnahmen

Einzelne Maßnahmen wie z. B. die **dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung bzw. Mulch- und Direktsaatverfahren** werden sehr kontrovers bewertet und auch in

sehr unterschiedlichem Maße angewendet (Abb. 4-11 und Abb. 4-17). Ihre Anwendung ist in Mittelgebirgslagen mit knapp 60 % weiter verbreitet als in Überschwemmungsgebieten. Wobei auch in den Mittelgebirgslagen nur ca. 30 % der befragten Landwirte die konservierende Bodenbearbeitung dauerhaft anwenden. Der Verbreitungsgrad ist insbesondere in Gebieten hoch, in denen die Anwendung durch verstärkte Beratung und Förderung angeregt und erleichtert wird (Erzgebirge und Vogtland, Teile des Bergischen Landes, des Sauerlandes und anderen besonders erosionsgefährdeten Gebieten in Nordrhein Westfalen, sowie in einem Wasserschutzgebiet südöstlich von Köln). In den übrigen Gebieten, in denen Landwirte befragt wurden, sind Betriebsleiter, die seit Jahren konsequent auf den Pflug verzichten, offensichtlich Einzelfälle, die über ein hohes Maß Fachkompetenz, viel Erfahrung und einen Meistertitel oder akademischen Abschluss verfügen.

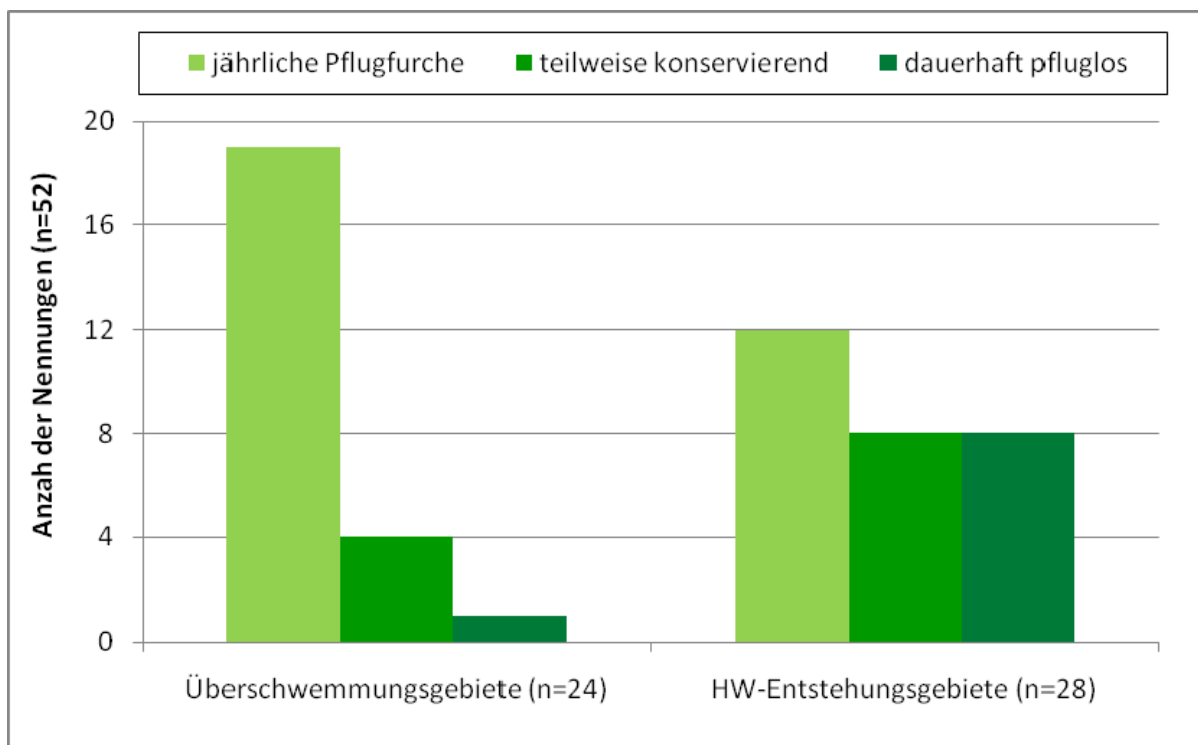


Abb. 4-17: Einsatz des Pfluges und konservierender Bodenbearbeitung in Überschwemmungs- und Hochwasserentstehungsgebieten durch die befragten Landwirte

Aufschlussreich ist diesbezüglich der Vergleich von Landwirten, die konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat seit längerem erfolgreich anwenden (Erzgebirge/ Vogtland/ Köln) mit anderen Landwirten, die in Bayern und Baden Württemberg unter teils sehr ähnlichen naturräumlichen Bedingungen Ackerbau mit regelmäßiger Pflugfurche betreiben:

Erfolgreiche Anwender dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung bzw. Mulch- und Direktsaatverfahren (I13; I17; I8; I14):

- sind von der Effektivität und Sinnhaftigkeit überzeugt und

- schätzen sie insbesondere wegen des geringeren Arbeitsaufwands, der geringeren Maschinenkosten und der besseren Befahrbarkeit der Ackerflächen.
- Die primären Anlässe für die Anwendung waren die Einsparung von Kosten, Trinkwasserschutz oder ideelle Motive (z. B. in Natur und Boden so wenig wie möglich einzugreifen, um Bodenerosion zu vermeiden und trotzdem Brotgetreide zu erzeugen).
- Auf flachgründigen Standorten fallen durch den Verzicht auf den Pflug und die tiefgründige Bodenbearbeitung auch Kosten für das Steine lesen weg.
- Die Verminderung von Erosions- und Hochwasserrisiken scheint zum Teil nur ein willkommener Nebeneffekt der Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung gewesen zu sein.
- Mittlerweile ist jedoch bei den Landwirten sogar die Überzeugung gewachsen, dass der Wasserrückhalt auf konservierend bearbeiteten Ackerflächen ähnlich hoch oder sogar noch höherer ist als auf Grünland.
- Die dauerhafte Anwendung konservierender Bodenbearbeitung und der Einsatz von Direktsaatverfahren erfordern nach Ansicht erfolgreicher Anwender ein hohes Maß an Überzeugung und stellen hohe Anforderungen an die Fachkompetenz und das Durchhaltevermögen der Betriebsleiter.

„Beim Direktsaatverfahren werden Arbeitsgänge eingespart und deshalb fallen weniger Arbeitsstunden an und geringere Maschinenkosten und Verschleiß. ... Das ist aber eine komplizierte Sache mit dem Pflanzenschutz. Man muss es sehr genau verfolgen, dass man nicht mehr Pflanzenschutzmittel braucht als bei konventioneller Bestellung. Da muss man ein hohes Engagement mitbringen.“ (I13)

„Eine Äußerung meines Vaters zur Mulchsaat war: „Es mag ja sein, dass du mehr erntest. Aber wie sieht das aus, was soll der Kollege sagen“ Ich sagte: „Ist mir egal, ich ernte es gleich und habe weniger Kosten.“ Das muss erst mal klick machen. Ich habe Geld gespart, auch wenn es nicht so schön aussieht. Man gewöhnt sich mittlerweile daran. Es ist normal. Es ist fast normal, dass Flächen ohne zu pflügen gesät werden.“(I8)

- In Zukunft könnten Einschränkungen beim Pflanzenschutz die Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung gefährden (z. B. Bekämpfung von Mäusen, Anwendung von Glyphosat).
- Direktsaatverfahren können nur angewendet werden, wenn kein oder nur wenig Wirtschaftsdünger mit herkömmlicher Technik ohne Injektionsverfahren ausgebracht wird.

Landwirte, die den Pflug einsetzen,

- hegen grundlegende Zweifel an der langfristigen Praktikabilität.

„Für mich gehört der Pflug dazu. Für mich gehört der Pflug weiterhin auf den Acker“ (T116)

- Sie berichten von Kollegen, die versucht haben auf den Pflug zu verzichten und ihn letztlich doch wegen verschiedener Probleme, unter anderem Bodenverdichtungen, z. B. nach der Rübenenernte, wieder einsetzen mussten.

„Ich kenne spezialisierte Ackerbaubetriebe, die hatten alle konservierende Bodenbearbeitung betrieben. Jetzt hat jeder wieder einen Pflug gekauft.“(13)

- Sie fürchten den erhöhten Bedarf an synthetischen Pflanzenschutzmitteln bzw. möchten nicht mehr Pflanzenschutzmittel ausbringen als bisher.
- Die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung erfordert hohe Investitionen und ist deshalb mit einem hohen Anwendungsrisiko verbunden.
- Die eigene Praxis der Ackernutzung ist für diese Landwirte deshalb unter aktuellen Bedingungen die bestmögliche, die in Frage kommt.

Dass erhöhter Unkrautdruck und damit einhergehend steigender Pflanzenschutzaufwand ein Hinderungsgrund für die dauerhafte Anwendung konservierender Bodenbearbeitung darstellen, wurde auch in anderen Untersuchungen bestätigt (vgl. Dittrich und Wolfram, 2006).

Diese Faktoren und Netzwerkexternalitäten bzw. Nachbarschaftseffekte dürften für die dauerhafte Anwendung konservierender Bodenbearbeitung bedeutsamer sein als andere, statistisch überprüfbare Faktoren oder Zusammenhänge. Lediglich hinsichtlich des Alters der befragten Landwirte zeichnen sich ebenfalls statistisch nachweisbare Zusammenhänge ab.

Beim Alter sind hinsichtlich der Anwendung konservierender Bodenbearbeitung folgende Zusammenhänge erkennbar: Landwirte zwischen 31 und 40 Jahren sowie über 60 Jahre pflügen ihre Äcker zu den größten Anteilen (73 % und 80 %) jährlich. Sehr junge Landwirte (bis 30 Jahre) wählen in der Stichprobe stets „Kompromisslösungen“ (kein völliger Verzicht und kein absoluter Einsatz auf den/ des Pfluges). In der Altersgruppe zwischen 51 und 60 Jahren verzichten mit einem Drittel anteilsmäßig die meisten Landwirte zu 100 % auf den Pflug. Das Korrelationsmaß Cramer's V (0,36) lässt erkennen, dass es einen kleinen bis mittleren positiven Zusammenhang zwischen Alter und Anwendung des Pfluges gibt: Je älter der Landwirt, desto weniger (oder gar keine) Flächen bewirtschaftet er pfluglos. Mit etwas größerem Toleranzbereich (6,3 % Irrtumswahrscheinlichkeit) kann der Zusammenhang als signifikant gedeutet werden.

Ähnlich kontrovers wie zur konservierenden Bodenbearbeitung sind die Meinungen der Landwirte auch zur **Hangquerbearbeitung**. Ein Teil der Landwirte geht von

einem geringeren oder keinem, ein Teil von einem höheren Erosionsrisiko aus, wenn Flächen quer zum Hang bearbeitet und bestellt werden.

Tab. 4-24: Zusammenhang zwischen dem Einsatz konservierender Bodenbearbeitung und dem Alter der Landwirte (n=52)

Pflugeinsatz	bis 30 Jahre	31 bis 40 Jahre	41 bis 50 Jahre	51 bis 60 Jahre	über 60 Jahre	Gesamt
100 % pfluglos	0	2	3	3	1	9
	0 %	18,2 %	15,8 %	33,3 %	10 %	17,3 %
über 70 % pfluglos	1	1	3	1	1	7
	33,3 %	9,1 %	15,8 %	11,1 %	10 %	13,5 %
unter 70 % pfluglos	2	0	3	0	0	5
	66,7 %	0 %	15,8 %	0 %	0 %	9,6 %
jährliches Pflügen	0	8	10	5	8	31
	0 %	72,7 %	52,6 %	55,6 %	80 %	59,6 %
Gesamt	3	11	19	9	10	52
	5,8 %	21,2 %	36,5 %	17,3 %	19,2 %	100 %

Umwandlung von Acker in Grünland: Typische Grünlandstandorte, also Flächen mit besonders hohem Überschwemmungs- und Erosionsrisiko werden soweit dies möglich ist auch als Grünland genutzt. Denn die Grünlandnutzung wird auch von den meisten Landwirten als weniger schadanfällig bewertet.

„Eine Möglichkeit wäre, mit dem Getreidebau ganz aufzuhören und nur noch Grünland zu machen, da ist die Gefahr nicht mehr so groß.“ (T130)

Bei der Nutzung von Grünland ergibt sich jedoch für viehlos wirtschaftende Betriebe das Problem, dass sie keine Verwertungsmöglichkeit für die Aufwüchse haben. Dies betrifft insbesondere Betriebe, die in Mittelgebirgslagen oder mit Flächen in Flussauen die Tierhaltung aus Rentabilitätsgründen aufgeben. Biogasanlagen tragen bisher häufig nur wenig zur Lösung dieses Problems bei, weil auch dort die Wirtschaftlichkeit der Verwertung von Mais deutlich positiver bewertet wird als die Verwertung von Grassilage. Insgesamt können mit Grünland im Vergleich zur ackerbaulichen Nutzung nur geringere Deckungsbeiträge erzielt werden.

„Die Umwandlung von Acker in Grünland wäre eine deutliche Flächenentwertung für die Besitzer und außerdem wären die Erlöse für die Bewirtschafter wesentlich geringer.“ (I16)

Ein ähnliches Problem ergibt sich bei der Erhaltung oder Anlage von **Hecken, begrünten Erosionsschutzstreifen bzw. Abflussbahnen, Feldgehölzen und Biotopen**. Da diese die Bewirtschaftungskosten erhöhen, werden sie, wenn überhaupt, nur auf Flächen mit besonderer Gefährdung als sinnvoll erachtet und angewendet.

Bodenverdichtungen werden auf Ackerflächen so weit wie möglich vermieden, weil sie unmittelbar das Ertragspotenzial der Flächen deutlich vermindern. Unter lang an-

haltenden, sehr ungünstigen Witterungsbedingungen kann es allerdings vorkommen, dass gewisse Bodenverdichtungen in Kauf genommen werden müssen, weil die Flächen sonst gar nicht beerntet oder bestellt werden können.

Die befragten Landwirte geben an, ihre **Fruchtfolgen** möglichst vielfältig zu gestalten. Die Vorzüglichkeit von Mais führt jedoch dazu, dass er in einigen Fällen einen Anteil von mehr als 30 % in der Fruchtfolge einnimmt. Die Begünstigung des Maisanbaus durch die aktuellen Rahmenbedingungen wird auch von einigen Landwirten kritisiert.

„Der Maisanbau sollte reduziert werden. Eigentlich sollte das Erneuerbare Energien Gesetz geändert werden, damit nicht mehr so viel Mais für die Biogasanlagen angebaut wird.“ (T124)

Landwirte sind bestrebt, einen hohen Anteil ihrer Ackerflächen auch über die Wintermonate zu begrünen. Wobei der Anbau von Winterungen gegenüber dem **Anbau von Zwischenfrüchten** bevorzugt wird. Zwischenfrüchte werden bisher eher nur dann angebaut, wenn staatliche Förderungen gewährt werden, weil der Aufwand in Relation zum wahrnehmbaren Nutzen (z. B. Gründüngung, Erosionsverminderung) relativ hoch erscheint.

Die Effektivität des **Ökologischen Landbau** hinsichtlich der Verminderung von Hochwasser- und Starkregenrisiken wurde von den 17 konventionell wirtschaftenden Landwirten niedrig bewertet oder in Frage gestellt. Auch seine Praktikabilität und Sinnhaftigkeit wurde angezweifelt. Ein Landwirt meinte jedoch, dass ein ökologisch wirtschaftender Kollege den Ökologischen Landbau wahrscheinlich an die erste Stelle setzen würde.

Die **Anlage Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen, Flurneuordnung, Verlegung von Wirtschaftswegen** sowie die **Anlage von Feldgehölzen in erosionsgefährdeten Bereichen** wurden bezüglich ihrer Wirksamkeit zur Verminderung von Hochwasser- und Starkregenrisiken zwar positiv bewertet. Die Anwendung sehen Landwirte jedoch nicht in ihrem alleinigen Kompetenzbereich, sondern in dem der zuständigen Verwaltung.

4.2.5.2.2 Bedingungen für die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen

Die Anwendung von nicht-strukturellen Maßnahmen, die weit reichende betriebliche Veränderungen voraussetzen (z. B. konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaatverfahren, Ökologischer Landbau), kommt derzeit in der Regel nur für Landwirte in Betracht, die überdurchschnittlich innovativ sind oder ihre Betriebe in Gebieten führen, in denen diese Verfahren bereits weit verbreitet sind. Die Einbindung in (soziale) Netzwerke, in denen sich diese Innovationen bereits bewährt haben, kann die Anwendung ebenfalls sehr erleichtern. Die Ursache hierfür scheinen Netzwerkexterna-

litäten oder Nachbarschaftseffekte zu sein: Rückkoppelungs- und Lerneffekte, die sich aus der Interaktion zwischen Anwendern gleicher oder ähnlicher Landnutzungssysteme ergeben (vgl. Brandes, 1995; Recke et al., 2001). Für den Ökologischen Landbau konnte diesbezüglich nachgewiesen werden, dass er sich vor allem in jenen Gebieten ausdehnt, in denen bereits eine relativ hohe Dichte an Ökobetrieben vorzufinden ist (Bichler und Häring, 2003; Rigby und Cáceres, 2001). Die räumliche Nähe fördert offensichtlich technologische Weiterentwicklung und erleichtert den Informationsaustausch zwischen den Landwirten. Sie erleichtert auch die enge Einbeziehung von Landwirten in Innovation fördernde Netzwerke (vgl. Terpstra, 2006). Denn die Einbindung in einer Wasserschutzkooperation scheint z. B. südöstlich von Köln einer der wichtigsten Auslöser für die Anwendung von Mulch- und Direktsaatverfahren in einer Region mit intensivem viehlosem Ackerbau gewesen zu sein. Jedenfalls sind gute Argumente und gute Vorbilder zu finden, die weit verbreitete Vorbehalte entkräften können, die Angst vor Fehlschlägen nehmen, insbesondere die Angst vor den mit Fehlschlägen einher gehenden Kosten und Auswirkungen auf das Ansehen bei Kollegen und die Selbstwertschätzung. Nur wenn die erforderlichen Veränderungen bewältigbar erscheinen und mit relativ hoher Sicherheit langfristig erfolgreich angewendet werden können, werden sich Landwirte für diese grundlegenden Veränderungen entscheiden, sofern ihnen die aktuelle betriebliche Situation diesen Entscheidungsspielraum überhaupt lässt. Denn Landwirte, die durch wirtschaftliche Nöte in ihren Entscheidungsmöglichkeiten stark eingeschränkt oder mit der kurzfristigen Existenzsicherung völlig ausgelastet sind, können die erforderlichen Veränderungen gar nicht umsetzen, auch wenn sie möchten.

„Es können sich nur gesunde Betriebe Umweltschutz leisten. Wenn sie mit den Rücken an der Wand stehen und nicht wissen, wo sie morgen das Geld hernehmen sollen, dann ist ihnen der Umweltschutz egal. Dann machen sie gar nichts mehr, dann denken sie nur noch, ich muss überleben. Aber wenn es ein gesunder Betrieb ist, der denkt auch noch für die Zukunft, für Umweltschutz, damit er weiter existieren kann. Einer der mit dem Rücken an der Wand steht, der macht das nicht.“ (18)

Sattler und Nagel (2010) bestätigen, dass ökonomische Faktoren bzw. die Sicherheit keine wirtschaftlichen Einbußen in Kauf nehmen zu müssen, wichtige Faktoren für die Anwendung konservierender Bodenbearbeitung sind. Sattler und Nagel (2010), aber auch Lynne und Rola (2001) betonen jedoch, dass andere Faktoren wie z. B. der Aufwand und das Risiko für die Anwendung sowie die Effektivität wichtiger oder zumindest gleich wichtig sind wie wirtschaftliche Faktoren.

Die eigenen Möglichkeiten Hochwasser bedingte Risiken durch Veränderungen der Landnutzung zu vermindern, werden im Vergleich zu strukturellen Maßnahmen der Risikominderung insgesamt als relativ unbedeutend eingestuft. Sie tragen nach Ansicht der Landwirte lediglich zur Vermeidung von Erosionsschäden und zur Aufrechterhaltung einer hohen Versickerungskapazität auf eigenen Betriebsflächen bei, ver-

hindern dadurch jedoch nur geringfügig das Risiko von Überschwemmungen. Die Minderung von Erosions- und Hochwasserrisiken ist jedenfalls als Motiv für die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen nicht ausreichend sein. Sollen Landwirte für die Anwendung gewonnen werden, ist deshalb nach weiteren Motiven zu suchen, die für die Anwendung sprechen könnten (z. B. Kostensenkung beim Steine lesen) oder eine Veränderung der Bedingungen für die Anwendung anzustreben.

4.2.5.3 Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten

Landwirte, die Flächen in Überschwemmungsgebieten bewirtschaften, verfügen in der Regel über langjährige Erfahrungen bei der Bewertung des Risikos und der Rentabilität der ackerbaulichen Nutzung. Für das Schadensausmaß ist jeweils der Zeitpunkt der Hochwasser entscheidend. Sommerhochwasser sind wesentlich problematischer, traten in der Vergangenheit jedoch auch seltener auf als Überflutungen im Winterhalbjahr. Bisher werden in den Überschwemmungsgebieten am Rhein, der Elbe und der Donau deshalb auch Flächen ackerbaulich genutzt, die im Herbst und Winter in Abständen von weniger als 5 Jahre überflutet werden. Bei Schäden in Winterungen werden dann im Frühjahr Sommerungen nachgesät oder es werden von vornherein nur Sommerungen oder Mais angebaut. Mais ist wegen seiner geringen Schadanfälligkeit und relativ kurzen Vegetationsdauer die bevorzugte Ackerkultur. Ernteaufträge von 100 % sind insbesondere beim Anbau von Mais sehr selten und Schäden häufig in Senken konzentriert. Zudem verursacht Staunässe auch hinter dem Deich Überschwemmungen, Bewirtschaftungserschwernisse und Ertragseinbußen.

Wie schon oben erwähnt beobachten Landwirte in Überschwemmungsgebieten bei drohendem Hochwasser aufmerksam die Entwicklung der Pegelstände. Sofern die Zeitspanne vor dem Eintreffen der Hochwasserwelle ausreichenden Entscheidungs- und Vorbereitungsspielraum lässt, prüfen sie jeweils auch die Sinnhaftigkeit und Durchführbarkeit von Noternten der bedrohten Kulturen. Wenn genügend Zeit vorhanden ist, die Kulturen erntewürdig bzw. verwertbar sind und die Flächen befahren werden können, werden Noternten aus Eigeninteresse und zur Minimierung des Schadens durchgeführt. Die Noternte von Grünland wird jedoch häufig durch naturschutzbedingte Erntebeschränkungen (z. B. Schnitttermine) erschwert. Durch die Beantragung von Ausnahmegenehmigungen für die Noternte entsteht bürokratischer Aufwand, welcher Zeit für andere Vorkehrungsmaßnahmen nimmt und eine rechtzeitige Beerntung gefährden kann. Pauschale Freigaben seitens der zuständigen Stellen in Folge behördeninterner Vorwarnung würden diesbezüglich eine deutliche Verbesserung darstellen.

„Wenn das Wasser kommt, hat man noch 3 – 4 Tage Zeit, um das Gras noch von den Vordeich-Flächen zu bekommen. Dann gibt es aber das

Problem, dass man die Flächen wegen des Naturschutzes nicht mähen darf, und erst die Genehmigung einholen muss. Man muss trotzdem noch fragen, auch wenn das Hochwasser kommt. Dann geben die, die Flächen frei. Von der Behörde wird man aber gar nicht informiert, dass eine Überschwemmung droht. Man muss das für sich selber abschätzen. Es wäre eine Erleichterung, wenn die Behörden sagen würden, dass geerntet werden darf“ (I1).

Die Möglichkeiten zur Durchführung der Noternten von Getreidebeständen könnten nach Angaben der Landwirte deutlich verbessert werden, wenn in der Nähe Biogasanlagen vorhanden sind, die bereit sind Getreidesilagen abzunehmen. Wobei bisher nur wenige Landwirte diese Option in Erwägung ziehen (I17). Der Bau von Biogasanlagen entlang großer Flüsse könnte nicht nur die Verwertung der Silagen von Ackerkulturen erleichtern. Biogasanlagen, die technisch für die Verwertung von Grünlandaufwüchsen geeignet sind, könnten generell auch die Bewirtschaftung von Wiesen erleichtern, wenn die Anzahl Tier haltender Betriebe nicht ausreicht oder die Flächen mit Schadstoffen kontaminiert sind.

Derzeit ist die Rentabilität der Ackernutzung auch auf Überschwemmungsflächen deutlich höher als die Grünlandnutzung bzw. die Nutzung als Grünland ist nur dann möglich, wenn die Verwertung der Aufwüchse gesichert ist. Hinzu kommt, dass Sommerhochwasser auch bei Grünland problematisch sind und dass im Falle von Schadstoffbelastungen der Flächen die Ackernutzung vorteilhaft ist, weil Biomasse von Äckern eher weniger belastet ist als von Wiesen.

„Jetzt haben wir Auflagen bekommen, was wir machen sollen, z. B. im Herbst kurz schneiden, damit die Sedimentanhaftung an den Pflanzen verringert wird. Die Schadstoffe kommen nämlich über die Sedimente ins Erntegut. Wo bei Hochwasser das Wasser länger stehen bleibt, werden die Schadstoffe abgelagert, dort wächst aber auch das meiste Gras“ (I1).

Landwirte wünschen sich deshalb, dass zuständige Behörden die landwirtschaftlichen Möglichkeiten und Einschränkungen bei der Nutzung von Überschwemmungsflächen erfragen bzw. diese berücksichtigen, bevor sie den Ackerbau verbieten oder Nutzungsbeschränkungen (z. B. Maisanbauverbot) für den Ackerbau erlassen. Landwirte sind grundsätzlich bereit, zum Risikomanagement beizutragen, wenn aus ihrer Sicht die Verhältnismäßigkeit der Einschränkungen gegeben ist und sie sich nicht gegenüber den Nutznießern der Einschränkungen benachteiligt fühlen (I16; I17). Die Sinnhaftigkeit eines Maisanbauverbots bei gleichzeitiger Ausdehnung von Gehölzbeständen in abflussrelevanten Auenbereichen war für vier befragte Landwirte jedenfalls nicht nachvollziehbar und rief deshalb Widerstand hervor. Denn Mais wirkt im Gegensatz zu Gehölz nur in der Hauptvegetationsperiode (Juni – September) und nur in Bereichen mit geringer Fließgeschwindigkeit Abfluss mindernd und der Abflusswiderstand von Gehölz ist zudem wesentlich höher als der von Mais.

„Beim Gehölz haben sie nur 12 % geschnitten, aber der Mais musste ganz raus. Der Naturschutz ist stärker als die Landwirte. Obwohl das Gehölz das ganze Jahr steht und der Mais von ca. Juni-Oktober, Abfluss mindernd ist“ (I16).

Wenn betroffene Flächen aufgekauft und Ersatzflächen ohne Bewirtschaftungseinschränkungen bereitgestellt werden, sind Widerstände zwar geringer, das Unverständnis, die Unzufriedenheit und der Ärger über die Priorität des Naturschutzes bleiben jedoch und beeinträchtigen die Kooperationsbereitschaft der Landwirte. Der bereitwillige Verzicht auf die Ackernutzung oder den Anbau von Mais ist deshalb nur dann wahrscheinlich, wenn eine deutliche Minderung des Hochwasserrisikos außerhalb der Überschwemmungsgebiete glaubhaft vermittelt werden kann und dadurch nicht nur das Erreichen von Naturschutzziele gewährleistet oder als unverhältnismäßige Benachteiligung empfunden wird. Fehlen glaubhafte und überzeugende Nachweise, dass Einschränkungen oder ein Verbot der ackerbaulichen Nutzung in Relation zu anderen möglichen Maßnahmen tatsächlich Verbesserungen bringen bzw. werden diese Nachweise nicht in verständlicher Weise vermittelt, ist mit Widerstand seitens der Landwirte zu rechnen. Lediglich das Aufkaufen der betroffenen Flächen und das Bereitstellen von Ersatzflächen ohne Nutzungseinschränkungen sowie die Rückverpachtung der Flächen mit den Nutzungseinschränkungen an die Landwirte können dann noch eine gewisse Akzeptanz hervorrufen.

„Wenn die Auflagen auf unseren früheren Flächen im Überschwemmungsgebiet, die wir mit der Auflage keinen Mais anzubauen, wieder pachten konnten, wesentlich stärker werden, dann pachten wir sie einfach nicht mehr. Das habe ich jetzt jederzeit in der Hand. Ich bin froh, dass das jetzt so geworden ist. Wenn der Staat auf seinen Flächen Auflagen macht und sagt, dass es nur als Grünland genutzt werden darf. Dann habe ich eigentlich kein Problem und pachte sie nicht mehr“ (I17).

4.2.5.4 Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten mit Schadstoffkontamination

Jene Landwirte, die schadstoffkontaminierte Flächen in den Elbauen bewirtschaften, haben für diese Beeinträchtigungen ihrer Flächen bisher keine staatlichen Entschädigungen erhalten. Zwei von ihnen haben nicht zuletzt wegen der Schadstoffkontamination die Tierhaltung aufgegeben. Als einzige Nutzungsmöglichkeit für stark belastetes Grünland bleibt die Bereitstellung von Substrat für Biogasanlagen. Zwei Landwirte beliefern einen Biogasanlagenbetreiber, der andere hat sich entschlossen, selbst eine in Betrieb zu nehmen. In den Anlagen werden schadstoffkontaminierte mit nicht kontaminierten Aufwüchsen gemischt und die Gärreste anschließend auch auf nicht bzw. wenig kontaminierte Flächen ausgebracht, sodass es zu einer stetigen Schadstoffverlagerung auf unbelastete Flächen kommt.

Das Ausmaß der aktuellen Belastung und das Risiko weiterer Kontamination mit Schadstoffen scheinen von Einzugsgebiet zu Einzugsgebiet unterschiedlich zu sein. Weiterhin wurden beispielsweise am Rhein und der Donau die Überschwemmungsflächen weniger umfangreich untersucht als im Bereich der Elbe. Den Landwirten am Rhein, die Flächen in den neu errichteten Poldern bewirtschaften, wurden Zusagen für Schadensersatz im Falle von Schadstoffkontamination in Folge von gezielten Flutungen mit dem Argument verwehrt, dass es am Rhein keine Probleme mit Schadstoffen gäbe.

An der Elbe und auch anderen Flüssen in Niedersachsen stellen Schäden durch Schadstoffkontaminationen jedoch ein wesentlich größeres Problem dar als unmittelbare Überflutungsschäden an landwirtschaftlichen Kulturen. In einigen Fällen ist die einzige verbleibende Nutzungsmöglichkeit die energetische Verwertung der Aufwüchse, insbesondere von Grünland. Auf Ackerland könnten zwar Pflanzenarten und Sorten angebaut werden, deren Ernteprodukte nicht oder kaum kontaminiert sind, ein Umbruch von Grünland ist jedoch in der Regel aus verschiedenen Gründen (z. B. Naturschutz) nicht möglich oder gewollt.

Einer der befragten Landwirte wies zudem auf das Problem hin, dass Kontaminationen mit derzeit bekannten Schadstoffen nur ein Teil des Problems darstellen könnten und dass sich in den nächsten Jahren unter Umständen Belastungen mit Stoffen als Problem herausstellen könnten, die derzeit noch nicht bekannt sind bzw. analytisch erfasst werden:

„Das Problem möglicher Schadstoffkontaminationen im Polder habe ich jetzt so noch nicht bedacht. ... Der Rhein ist recht sauber geworden, sagt man. Ich könnte mir schon vorstellen, dass gewisse Schadstoffe im Boden haften bleiben. Das Schlimme ist, dass es Schadstoffe gibt, die man heute gar nicht kennt. Da könnte dann irgendwann gesagt werden, dass die Flächen nicht mehr genutzt werden können. Das Risiko ist sicherlich da. Das würde uns keiner absichern.“ (I9)

4.2.5.5 Besonderheiten in gesteuerten Flutungspoldern

Die Bauarbeiten an den Poldern waren zum Zeitpunkt der Interviews noch nicht oder erst vor kurzem abgeschlossen. Deshalb konnten Landwirte noch keine Erfahrungen mit dem Betrieb der Polder sammeln. Den Landwirten wurde von der Wasserwirtschaftsverwaltung mitgeteilt, dass die Polder nur bei Extremhochwassern geflutet werden. Auslöser für die Flutung ist jeweils das Überschreiten eines bestimmten Pegelstandes in den unterliegenden Städten. Dieser Pegelstand wurde in Mainz Bodenheim nach Angaben eines Landwirts in den vergangenen 40 Jahren zweimal erreicht. In Köln-Langel wird eine Flutung von der Wasserwirtschaftsverwaltung in Abständen von mehr als 100 Jahren erwartet. Deshalb wurden in beiden Fällen keine

Änderungen der Landnutzung in den Poldern vorgeschrieben, sondern lediglich eine Flurneuordnung der Ackerflächen vorgenommen.

Für die Landwirte sind jedoch nicht nur künftige Schäden durch die Flutung der Polder problematisch, sondern auch die Flächenverluste und die Wertminderung der Schläge in den Poldern (I8; I6; I9), die nur teilweise durch Bewirtschaftungserleichterungen im Zusammenhang mit der Flurneuordnung kompensiert wurden. Zudem können Veränderungen des Grundwasserregimes durch Dichtwände unter dem Polderdamm auch außerhalb des Polders gelegene Flächen beeinträchtigen. Durch Flächentausch sollte zudem vermieden werden, dass die Flächen einzelner Betriebe zum überwiegenden Teil in den Poldern liegen (I6).

In einem Fall (Mainz-Bodenheim) wurden Ausgleiche für entstehende Nutzungseinschränkungen, Ernteauffälle und Ersatzbeschaffungen in Aussicht gestellt. In Köln-Langel erwarten die befragten Landwirte jedoch, dass sie Ausgleiche gerichtlich einklagen müssen, weil es keine verbindlichen Zusagen gibt:

„Ich könnte mir vorstellen, dass es einen Rechtsstreit über Schadenersatzzahlungen geben wird, wenn die den Polder fluten. Dann werden die Landwirte argumentieren, dass die Flächen nicht überschwemmt worden wären, wenn die Klappen oben geblieben wären. Dann würde aber die Behörde sagen, der Deich hätte die Höhe nicht gehalten.“⁴

Einen Anspruch auf Ausgleiche sehen sie in den Fällen gerechtfertigt, in denen ihre Flächen ohne die Flutung des Polders Hochwasser frei geblieben wären. Insbesondere hinsichtlich potentieller Schadstoffkontaminationen durch die Flutung wird das Verhalten der Wasserwirtschaftsverwaltung als unbefriedigend empfunden. Für die Landwirte ist nicht nachvollziehbar, weshalb die Behörden zögern Schadenausgleich zuzusichern, wenn sie ohnehin davon überzeugt sind, dass diese nicht auftreten würden (I9). Für den Polder bei Mainz Bodenheim waren die Aussagen der Landwirte diesbezüglich jedoch widersprüchlich und ein Landwirt geht davon aus, dass er im Schadensfall entschädigt werden würde (I6). Das Problem potenzieller Ernteverluste im Zuge von Flutungen sehen Tierhalter kritischer als viehlos wirtschaftende Landwirte. Denn für sie fallen nicht nur Einnahmen weg, sondern sie müssen auch Ersatzbeschaffungen für Tierfutter zu höheren Preisen tätigen. Sie versuchen deshalb in den Poldern, soweit ihnen dies möglich ist, nur Marktfrüchte anzubauen.

„Was jetzt auch wieder ein Knackpunkt ist, wir haben 50 ha landwirtschaftliche Nutzfläche im Polder, das sind alles hofnahe Flächen. Das Risiko ist jetzt immer, dass nicht ich weiß, wann der geflutet wird. Ich kann die Flächen nicht voll in die Futterplanung mit einbeziehen. ... Ich habe mir gedacht, dass es am besten für mich wäre die Zuckerrüben in das Gebiet zu pflanzen, denn wenn es dann geflutet wird, wird der

⁴ Wegen der räumlichen Kennzeichnung des Zitats wird aus Gründen der Anonymisierung die Quelle nicht genannt.

Schaden ersetzt. Das Futter brauche ich aber für meine Tiere und wenn der Schaden auch ersetzt wird, muss ich trotzdem noch Ersatzfutter beschaffen. Bei den Rüben ist es mir egal, solange ich den Schaden ersetzt bekomme. Wir müssen das Risiko halt umverteilen“ (16).

Im Falle einer drohenden Flutung der Polder würden es die betroffenen Landwirte begrüßen, wenn zusätzlich zu den üblichen Mitteilungen über die Entwicklung der Pegelstände Informationen über die Entwicklung der Hochwasserwelle durch zuverlässige Vorwarnsysteme bereitgestellt werden würden, damit Entscheidungen über Noternten erleichtert werden und diese durchgeführt werden können, sofern eine Bewertung sinnvoll und das Erntegut rentabel verwertbar ist.

Hinsichtlich der Informationsaktivitäten im Vorfeld der Errichtung der Polder waren die Landwirte unzufrieden und hatten den Eindruck, dass Behördenvertreter sie nicht ehrlich und fair informiert hätten. Landwirte hatten den Eindruck, dass relevante Informationen bewusst zurückgehalten wurden und dass unangenehme Fakten beschönigt und verharmlost wurden (19; 17). Zudem stellen die befragten Landwirte die Verhältnismäßigkeit von Kosten und Nutzen in Frage und bezweifeln die Effektivität der Polder für die Risikominderung der Unterlieger. Es ist für sie nicht nachvollziehbar, was eine Absenkung des Pegels um wenige Zentimeter bringen soll (19). Deshalb wird die Sinnhaftigkeit des Polderbaus angezweifelt, auch wenn eine grundsätzliche Bereitschaft vorhanden ist, zum Schutz von Siedlungen beizutragen. Zudem haben insbesondere die Landwirte in Köln, wo sich eine Bürgerinitiative dafür eingesetzt hatte, dass ein wesentlich größeres Poldervolumen realisiert wird, den Eindruck, dass sich die Nutznießer des Polderbetriebs nicht in ausreichendem Maße an den Kosten beteiligen bzw. keine Entschädigungen für das benachteiligte Gebiet im Polder bereit stellen.

„Das ist jetzt ein spezielles Problem von uns, dass also auf der linken Rheinseite Bürgerinitiativen hingehen und sich beschweren oder den Retentionsraum noch größer haben wollen, um selbst geschützt zu sein, um selbst optimale Wohnlagen zu haben. Und dieser Schutz soll auf unsere Kosten erfolgen.“ (18)

Solange sich Landwirte nicht gerecht behandelt fühlen und den Eindruck vermittelt bekommen, dass sie zum Vorteil der Unterliegerregionen oder des Naturschutzes Nachteile in Kauf nehmen müssen (z. B. Naturschutzgebiet von Polder ausgenommen), ohne angemessen entschädigt zu werden, nehmen sie gegenüber der Errichtung von Poldern eine kritische Haltung ein. Dass Landwirte durchaus zur Zusammenarbeit und zu Veränderungen ihrer Wirtschaftsweise bereit sind, kann aus folgendem Umstand gefolgert werden: Die beiden Landwirte in Köln-Langel beteiligen sich aktiv an einer Wasserschutzkooperation und haben in diesem Zusammenhang ihre Ackerflächenbewirtschaftung auf konservierende Bodenbearbeitung umgestellt.

4.2.5.6 Einbettung risikorelevanter Verhaltensselektion in die allgemeine Betriebsführungspraxis und Lebensgestaltung

Aus den Aussagen der Landwirte kann abgeleitet werden, dass ackerbauliche Maßnahmen so gewählt werden, dass sie den Fortbestand des Betriebs sichern bzw. nicht gefährden, sowie die soziale Einbettung und das persönliche Wohlbefinden nicht verschlechtern, auch wenn sie im Bezug auf das Hochwasser- oder Erosionsrisiko suboptimal sind.

Dabei ist auch die Entwicklungsperspektive des Betriebs entscheidend: Ein Betriebsleiter, der im Zuge der Pensionierung seinen Betrieb in absehbarer Zukunft aufgeben wird (18), bewertet grundlegende und riskante betriebliche Veränderungen in der Regel anders als ein Betriebsleiter, bei dem die Fortführung des Betriebs durch einen Hofnachfolger gesichert ist und der deshalb die Auswirkungen von Veränderungen über einen längeren Zeitraum abschätzt und berücksichtigt.

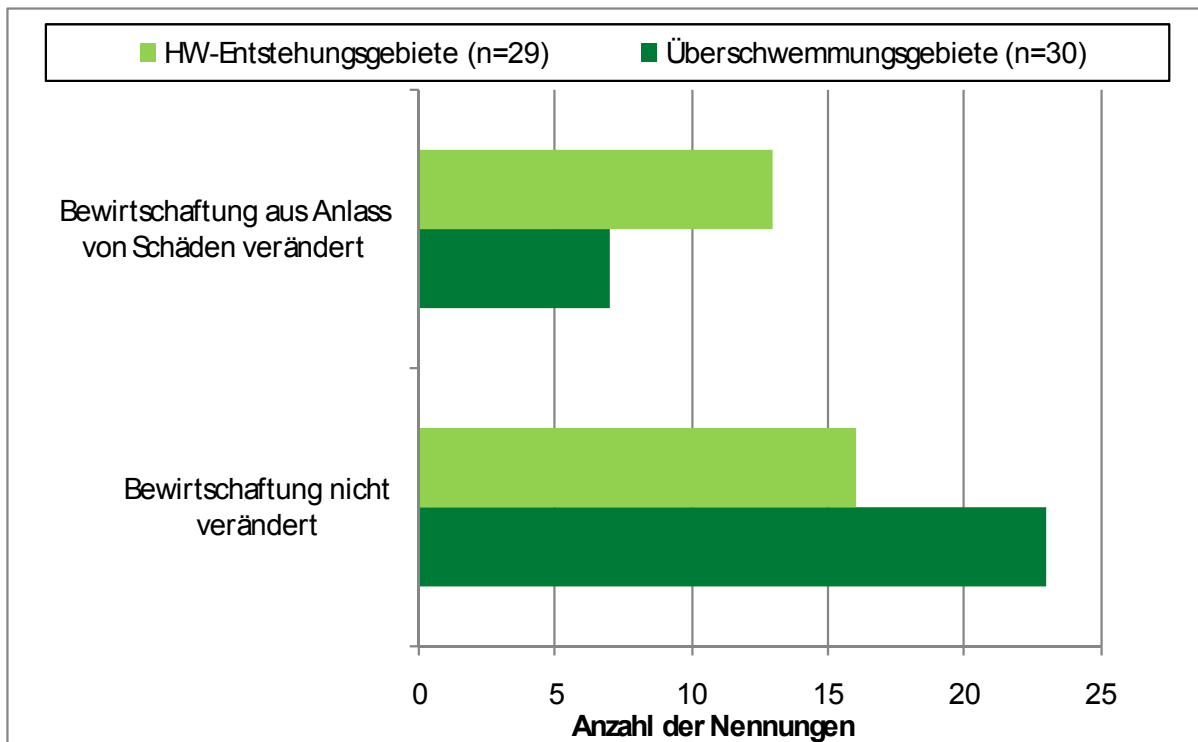


Abb. 4-18: Anteile von Landwirten, die aus Anlass von Hochwasser- oder Starkregen bedingten Schäden ihre Wirtschaftsweise verändert haben

Die untergeordnete Bedeutung von Starkregen oder Hochwasser bedingten Schäden bei der Gestaltung der Ackerflächennutzung zeigt sich auch in Abb. 4-18. Dass 77 % der Landwirte in den Überschwemmungsgebieten aus Anlass von Schäden ihre Bewirtschaftung nicht verändert haben, belegt die oben beschriebenen Selbsteinschätzungen der Landwirte, dass ihre Art der Landnutzung bereits optimal angepasst ist und andererseits, dass das Ausmaß der Schäden in Relation zu anderen Faktoren keine weiteren Veränderungen rechtfertigen.

Der Anteil der Landwirte, die aus Anlass von Schäden durch Erosion ihre Art der Ackernutzung in Mittelgebirgslagen verändert haben, beträgt 45 %. Die Ursache hierfür sind in erster Linie behördliche Vorgaben oder Konflikte mit Anrainern, die die Landwirte veranlassen haben, sich verstärkt um eine Vermeidung von Erosion bzw. von Konflikten, die durch die Ablagerung von Boden verursacht werden, zu bemühen. Einige Landwirte gaben an, dass sie keine weiteren Veränderungen vorgenommen haben, weil sie nicht von Erosionsproblemen betroffen sind oder ihre Bewirtschaftung bereits optimal angepasst haben.

Entscheidungen werden in der Regel durch Widersprüche zwischen Entscheidungskriterien (z. B. kurz- und mittelfristige Auswirkungen auf Ertrag) und gesellschaftlichen Anforderungen erschwert (z. B. optimaler Ertrag für Ernährungssicherung; minimale Erosion und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit; Unternehmerisches Handeln, das auch ohne staatliche Zahlungen ein ausreichendes Einkommen sichert; Erhaltung einer vielfältigen Landschaft mit hoher Biodiversität).

„Landwirte sehen sich zum Erreichen von Höchsterträgen gezwungen oder haben einen Hang dazu. Dann ist im vorigen Jahr, als das Getreide knapp war, auch noch seitens der Politik gefordert worden, dass intensiver gewirtschaftet werden soll, damit man höhere Erträge erzielt. Das war ein Fehler. Man kann nicht höhere Erträge fordern und gleichzeitig den Anteil des Ackerlandlandes für Bauland, den Naturschutz oder den Anbau nachwachsender Rohstoffe permanent reduzieren“ (I13).

„Die betriebswirtschaftliche Entscheidung darf nicht vor der ökologischen stehen. Ökonomie und Ökologie gehören zusammen“ (I12).

Obwohl sich Landwirte bemühen, mit ihren Entscheidungen möglichst vielen Anforderungen gerecht zu werden und betriebswirtschaftliche mit ökologischen Zielen in Übereinstimmung zu bringen, können Entscheidungen, die aus unternehmerischer und betriebswirtschaftlicher Sicht richtig sind, aus ökologischer Sicht trotzdem bedenklich sein bzw. würden seitens des Naturschutzes und der Wasserwirtschaft kritisch bewertet werden. So begünstigen die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen derzeit z. B. den Anbau von Mais sowie den Umbruch von Grünland und legen es gleichzeitig nahe die Umwandlung von Acker- in Dauergrünland so lange wie möglich zu vermeiden, da die Ackernutzung eine eindeutige betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit aufweist.

Hinzu kommt, dass langfristige Überlegungen und strategische Planungen nur dann möglich sind, wenn keine akuten Notlagen zu bewältigen sind. Unsichere Perspektiven und sehr schwierige wirtschaftliche Bedingungen machen derzeit insbesondere Milchviehbetrieben zu schaffen (I12; I5; I17; I1; I14).

Entscheidungen über Veränderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung werden also in der Regel nach Abwägen zahlreicher Kriterien und vor dem Hintergrund der bisherigen Praxis getroffen. Die Auswertung der Interviews legt darüber hinaus

die Schlussfolgerung nahe, dass dieser Prozess des Abwägens nicht nur kognitiv erfolgt, sondern je nach Art der Entscheidung und je nach Höhe des Veränderungsdrucks auch unterbewusst bzw. intuitiv. Zudem scheinen bei Entscheidungen in unterschiedlich hohem Maße Emotionen und nicht explizit artikulierbare Motive und Hemmnisse sowie Einstellungen von Bedeutung zu sein.

Aus den Aussagen der Landwirte ergeben sich somit keine Widersprüche zur These, dass bei Entscheidungen über die Landnutzung jeweils das Zusammenwirken von zwei Parametern bedeutsam ist (Abb. 4-6):

- Die **Wichtigkeit** einzelner Kriterien, die sich aus der *Dringlichkeit* (Maß, wie akut ein Ziel erreicht werden muss, damit die Existenz nicht gefährdet wird z. B. durch die Beseitigung von Hochwasserschäden) und der relativen spezifischen *Bedeutung* für den Betriebsleiter und Betrieb (z. B. Höhe des Einkommens in Relation zum Ansehen bei Kollegen oder dem Erreichen ideeller Ziele) zusammensetzt und
- die subjektive **Erfolgswahrscheinlichkeit**, die sich aus dem Handlungsspielraum bzw. den Rahmenbedingungen und der individuellen (Fach-) Kompetenz für die erfolgreiche Anwendung von Landnutzungsoptionen bzw. Alternativen in Relation zur bisherigen Praxis ergibt.

Bei Entscheidungen wird jeweils also nicht nur die Dringlichkeit und Bedeutung einzelner Motive berücksichtigt, sondern auch die Wahrscheinlichkeit, die jeweils zur Auswahl stehenden Ziele im verfügbaren Zeitraum auch tatsächlich erreichen zu können, die sogenannte Bewältigungsbewertung.

Wahrnehmung, Bewertung der Wichtigkeit und der Erfolgswahrscheinlichkeit beeinflussen sich gegenseitig positiv. Eine hohe Betroffenheit induziert eine hohe Dringlichkeit und Wichtigkeit und kann somit grundlegendes Umdenken und Verhaltensänderungen bewirken (Böhm, 2002; Posthumus et al., 2008). Hüther (2006) beschreibt den Zusammenhang zwischen Betroffenheit und Wichtigkeit folgendermaßen: „Wirklich wichtig wird einem Menschen etwas nur dann, wenn es ihn selbst betrifft und ihn deshalb auch betroffen macht. [...] Betroffenheit ist ein zutiefst unangenehmes Gefühl, weil es unser bisheriges Denken, Fühlen und Handeln in Frage stellt.“

Die theoretischen Konzepte von Hüther (1996, 2005, 2006) und Dörner (1998) sind daher gut geeignet, um auch Entscheidungsfindungsprozesse und Verhaltenssteuerung im Kontext des Hochwasserrisikos in der Landwirtschaft zu erklären. Denn obwohl Einstellungen und bisher praktizierte Verhaltensweisen nicht immer bewusst reflektiert werden, nehmen sie in Abhängigkeit von aktuellen Rahmenbedingungen und ggf. Verhaltensdruck großen Einfluss Entscheidungsprozesse und künftiges Verhalten. Zudem sind bei Entscheidungen je nach Problemdruck, Unbestimmtheit

oder Stress in unterschiedlich hohem Maße Emotionen für die Verhaltenssteuerung von Bedeutung.

4.2.6 Schlussfolgerungen – Politikempfehlungen

4.2.6.1 Öffentlicher und politischer Diskurs

Landwirte stehen vor dem Problem, dass unterschiedliche gesellschaftliche Anforderungen an sie herangetragen werden, die sich zum Teil widersprechen.

Auf der einen Seite stehen Anforderungen, die auf eine Erhöhung der betriebswirtschaftlichen Effizienz und Optimierung bzw. Erhöhung der Produktionsintensität abzielen: Die Landwirtschaft soll möglichst kostengünstig und in ausreichender Menge Nahrungsmittel von möglichst hoher Qualität bereitstellen. In jüngerer Vergangenheit wurde die Landwirtschaft darüber hinaus als Lieferant nachwachsender Rohstoffe für die energetische und stoffliche Nutzung entdeckt. Gleichzeitig wird Kritik an der Höhe staatlicher Zahlungen geübt, die der Landwirtschaft bzw. dem Ernährungssektor aus öffentlichen Haushalten zufließen. Daran wird häufig die Forderung geknüpft, dass Landwirte verstärkt unternehmerisch handeln und sich von staatlichen Zahlungen unabhängig machen sollten, damit staatliche Ausgaben gesenkt werden können.

Auf der anderen Seite werden Forderungen erhoben, dass in der Landwirtschaft verstärkt Ziele des Natur-, Umwelt-, Wasser-, Landschafts-, Boden- und Klimaschutzes berücksichtigt werden sollen. Hinzu kommen die in diesem Projekt untersuchten Forderungen, durch die landwirtschaftliche Nutzung in den Einzugsgebieten auch zu einer Verminderung von Hochwasser- und Erosionsrisiken beizutragen. Insgesamt also Anforderungen, für deren Erfüllung Landwirte betriebswirtschaftliche Kriterien hinter ökologische zurückstellen müssten, wenn sie ihnen voll gerecht werden wollen.

Die Art, wie Landwirte bisher ein Optimum zwischen diesen Anforderungen zu finden versuchen, wird zumindest von einer Seite mit Unverständnis belohnt und als unzureichend bewertet. Je nach Interessenslage der Kritiker wird Landwirten entweder Profitgier oder mangelhaftes unternehmerisches Handeln unterstellt. In der Regel wird dabei nicht berücksichtigt, dass Landwirte unter höchst unterschiedlichen naturräumlichen und strukturellen Bedingungen wirtschaften und mit Betrieben von sehr unterschiedlicher Größe und Rationalisierungsgrad den gleichen oder ähnlichen Bedingungen gerecht werden müssen.

Deshalb wäre ein öffentlicher Diskurs über die gesellschaftlichen Anforderungen, die an die Landwirtschaft gestellt werden, ein wichtiger erster Schritt, um Landwirten den Umgang mit diesem Dilemma zu erleichtern bzw. die Konsistenz ihres Entscheidungsraums zu erhöhen. Denn die Erstellung einer öffentlich weitgehend akzeptierten Prioritätenreihung könnte Widersprüche zwischen den Anforderungen schon im Vorfeld entschärfen und Landwirten erleichtern, ihre Betriebsführung so zu optimie-

ren, dass diese ein deutlich höheres Maß an gesellschaftlicher Akzeptanz und Anerkennung findet.

Damit einhergehen könnte/ sollte auch die Bewertung von Leistungen der Landwirtschaft, die über die Bereitstellung von Nahrungsmitteln und Rohstoffen hinausgehen bzw. der Erfüllung anderer gesellschaftlicher Anforderung an die Landnutzung dienen (z. B. Erhöhung der Infiltration und des Wasserrückhaltevermögens der Böden, Erhaltung von Grünland oder Umwandlung von Acker in Grünland, Erhaltung und Pflege von Landschaftsstrukturelementen). Da einige dieser Leistungen bisher nicht monetär bewertet werden (können) und ihre Erbringung nicht oder nicht ausreichend honoriert wird bzw. mit betriebswirtschaftlichen Einbußen verbunden ist, wäre zu diskutieren, wie die Erbringung dieser Leistungen angemessen vergütet werden könnte.

4.2.6.2 Konsistente politische u. wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Ein möglicher Pfad für Verbesserungen, der an diesen Diskurs anknüpft, könnte die Weiterentwicklung des Systems staatlicher Zahlungen für die Landwirtschaft sein. Denn wenn es gelingt weitgehenden Konsens über die gesellschaftlichen Anforderungen an die Landnutzung zu finden oder zumindest die Übereinstimmung im Vergleich zur aktuellen Situation zu erhöhen, wäre es eher möglich, konsistente politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft umzusetzen.

Wenn z. B. Grünland in bestimmten Regionen gewünscht wird, wären Bedingungen zu schaffen, die die Erhaltung und Nutzung von Grünland gegenüber dem Anbau von z. B. Mais wirtschaftlich nicht benachteiligen. Ein anderer Bereich wäre die Berücksichtigung naturräumlicher Voraussetzungen (Hanglagen und typische Grünlandstandorte, Hecken und kleine Schlaggrößen in erosionsgefährdeten Gebieten), die aus betriebswirtschaftlicher Sicht strukturelle Nachteile darstellen, jedoch aus Sicht des Hochwasserrisikomanagements und Erosionsschutzes gewünschte und erhaltenswerte Nutzungsformen und Landschaftselemente sind.

Derzeit werden strukturelle Unterschiede und gesellschaftliche Leistungen bei staatlichen Direktzahlungen für die Landwirtschaft nicht berücksichtigt und es stellt sich die Frage, ob es nicht schon auf dieser Stufe sinnvoll wäre, die Rahmenbedingungen zu verändern. Denn es könnten schon bei diesen Zahlungen Formen der Landnutzung und Landschaftsgestaltung begünstigt werden, die zu einer Minimierung des Hochwasser- und Erosionsrisikos beitragen und die derzeit im Vergleich zur Ackernutzung in Gunstlagen ökonomisch benachteiligt sind.

Eine weitere Option zur Schaffung konsistenter Rahmenbedingungen wären der Ausbau von Agrarumweltprogrammen und die verstärkte Berücksichtigung von nicht-strukturellen Maßnahmen (z. B. Mulch- und Direktsaat, vielfältige Fruchtfolgen, Zwischenfruchtanbau, Erosions- und Bodenschutz, Biologischer Landbau).

Einen Pfad zur Optimierung der Rahmenbedingungen außerhalb der Landwirtschaftspolitik stellt das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) dar. In der reformierten Fassung, die 2009 in Kraft getreten ist, wurde zwar bereits ein Bonus für die Verwertung von Landschaftspflegematerial eingeführt. Insgesamt begünstigt das EEG jedoch nach wie vor intensiven Maisanbau für die Biogaserzeugung. Hier könnte durch die Einführung zusätzlicher oder die Veränderung bestehender Boni die Konkurrenzfähigkeit von Alternativen zu Mais verbessert werden. Diese Alternativen könnten nicht nur Aufwüchse von Dauergrünland sein, sondern auch Substrate von Ackerland (z. B. Gräser, Leguminosen, Getreide), die im Gemenge nicht nur als Hauptkulturen sondern auch als Zwischenfrüchte und Untersaaten kultiviert werden, und dadurch zu einer Verminderung des Erosionsrisikos und einer Steigerung des Wasserrückhaltevermögens beitragen.

4.2.6.3 Informationsaktivitäten und offener Austausch

Neben der Optimierung der Rahmenbedingungen könnte die Anwendung von sowohl nicht-strukturellen Maßnahmen zur Hochwasserrisikominderung als auch von strukturellen Maßnahmen, die Landwirte betreffen (z. B. Bau von geregelten Flutungspoldern), durch eine Verbesserung von Informationsaktivitäten gefördert werden. Im Zuge der Informationsbereitstellung müsste Landwirten der Eindruck vermittelt werden, dass von ihnen nicht nur Veränderungen und Entgegenkommen erwünscht werden, sondern dass ein aufrichtiges Interesse an ihren Anliegen besteht und ihre Befürchtungen ernst genommen werden. Es darf jedenfalls nicht der Eindruck vermittelt werden, dass Landwirte zum Vorteil anderer selbst Nachteile in Kauf nehmen müssen.

Im Zuge von Informationsaktivitäten müsste zudem nachvollziehbar dargestellt werden, warum der Wasserrückhalt in bestimmten Bereichen gesteigert und in anderen Bereichen die Abflusskapazität erhöht bzw. hoch gehalten werden soll (z. B. durch ein Maisanbauverbot). Einige Landwirte sehen zwischen diesen beiden Bestrebungen derzeit Widersprüche. Hinzu kommt, dass sie sich insbesondere in den Flussauen gegenüber dem Naturschutz benachteiligt fühlen. Sei es, weil nur der Maisanbau verboten wird, die Abfluss vermindernde Wirkung von Gehölzbeständen jedoch nicht reduziert wird oder weil nur Ackerflächen in geregelte Flutungspolder einbezogen werden, Naturschutzgebiete jedoch nicht. Ehrliche, nachvollziehbare Information würde jedenfalls statt einer strategisch gefilterten Kommunikation Verbesserungen bringen und die Kooperationsbereitschaft erhöhen.

4.2.6.4 Diffusion innovativer nicht-struktureller Maßnahmen

Damit nicht-strukturelle Maßnahmen, deren Anwendung mit hohem Umstellungsrisiko verbunden ist, in der Praxis verstärkt Berücksichtigung finden, dürfte die Förde-

rung des Kontakts zwischen potenziellen Anwendern und erfolgreichen Praktikern neben den bisher üblichen Instrumenten der Information und Beratung besonders effektiv sein. Der im Rahmen von MinHorLam organisierte Erfahrungsaustausch zwischen Praktikern aus dem Erzgebirge, Vogtland und Oberfranken bestätigte diesen Förderungsansatz: Die Veranstaltung mit 25 Landwirten und insgesamt 33 Teilnehmern stieß auf großes Interesse und wurde durchwegs positiv bewertet. Von anwesenden Landwirten wurde mehrfach der Wunsch nach einer Wiederholung des Erfahrungsaustauschs bzw. Fortführung in Form von Betriebsbesichtigungen geäußert. Derartige Veranstaltungen könnten auch der Ausgangspunkt für Kooperationen zwischen erfolgreichen Anwendern und interessierten Landwirten werden, was die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaat oder Biologischen Landbau deutlich erleichtert würde.

4.2.6.5 Erarbeitung von Lösungen für Gebiete mit schadstoffbelasteten Flächen

Die Kontamination ihrer Flächen mit Schadstoffen im Zuge von Überflutungen stellt für einige Landwirte derzeit das größte betriebliche Problem dar, für das noch keine zufrieden stellende Lösung gefunden wurde. Sie haben für diese Bewirtschaftungs einschränkungen bisher keine staatliche Entschädigung erhalten und die Nutzung der Flächen für die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung ist nur noch eingeschränkt oder gar nicht möglich. Verblieben ist in einigen Fällen bisher nur die Option der Biogaserzeugung, die jedoch von dem Nachteil gekennzeichnet ist, dass Schadstoffe mit den Gärresten auch auf unbelastete Flächen verlagert werden. Sollten diese aktuellen Probleme niedersächsischer Landwirte mit Schadstoffkontaminationen bei Landwirten an anderen größeren Flüssen bekannt werden (z. B. durch Präsenz in den Medien), könnten sich in Zukunft die Widerstände gegen den Bau von Flutungspoldern deutlich erhöhen. Landwirten am Rhein und der Donau ist dieses Problem schon in Ansätzen bekannt, und sie begegnen deshalb bisherigen Auskünften der Behörden mit großem Misstrauen und fühlen sich nicht ehrlich informiert. Zudem wurde von diesen Landwirten auch die Befürchtung geäußert, dass ihre Flächen mit Substanzen kontaminiert werden könnten, deren schädliche Wirkung derzeit gar noch nicht bekannt ist.

Deshalb wären zu Fragen der Schadstoffbelastung und Verwertung schadstoffbelasteter Biomasse verstärkt Forschungsaktivitäten zu fördern und Lösungen zu entwickeln, die Landwirte nicht als einzige unmittelbare Leidtragende dieses Problems zurücklassen.

5 AP5 – Optionen für land- und forstwirtschaftliche Minderungsstrategien im Gesamtkonzept des Hochwasserrisikomanagements auf Flussgebietsebene

5.1 Einleitung/ Zielstellung

Maßgebend für die Arbeiten zu AP5 waren die im Projektantrag festgelegten Ziele und Kriterien, wobei es im Verlauf der Projektbearbeitung einzelne Modifikationen zu Methoden gab, auf die im Bericht hingewiesen werden wird.

Auszug AP5 aus dem Projektantrag MinHorLam:

a) Thema AP5:

- Optionen für land- und forstwirtschaftliche Minderungsstrategien im Gesamtkonzept des Hochwasserrisikomanagements auf Flussgebietsebene

b) Leitung:

- ZALF-LWH / ZALF-SÖ

c) Kooperation:

- Uni Hamburg (BIOGUM), LfULG, UFZ

d) Ziele:

- Bewertung der Risiko und Schaden mindernden Effektivität land- und forstwirtschaftlicher (nicht-struktureller) Maßnahmen im Rahmen eines integrierten Hochwasserrisikomanagements
- Transdisziplinäre Erarbeitung von optionalen Hochwasserrisiko-Managementstrategien im land- und forstwirtschaftlichen Sektor sowie Erarbeitung zugehöriger Entscheidungs- und zielgruppenspezifische Argumentationshilfen

e) Hypothesen:

- Die Systematisierung und Bewertung von ökologisch und ökonomisch wirksamen Risiko mindernden Landnutzungspraktiken bedingt einen interdisziplinären Ansatz.
- Die Entwicklung bzw. der Einsatz lokal und regional angepasster, nicht-struktureller Hochwasserrisiko-Minderungsstrategien im Agrarbereich erfordert die Anwendung partizipativer Analyse- und Entscheidungsmethoden, die die Kooperation zwischen den unterschiedlichen institutionellen Akteuren unterstützen und institutionellen Defiziten begegnen.

f) Methoden/ Arbeitsschritte:

- Schrittweise multi-kriterielle Systematisierung und Einschätzung nicht-struktureller agrarischer Maßnahmen durch die Projektpartner
- Transdisziplinäre Einschätzung zur Ausweisung von politischen Instrumenten, die zur Unterstützung der Umsetzung nicht-struktureller Maßnahmen im Agrarbereich geeignet sind
- Ausarbeitung von Empfehlungen für die Einbeziehung nicht-struktureller agrarischer Maßnahmen in die Umsetzung der Europäischen Hochwasser-Richtlinie
- Aufbereitung des Fachwissens und der (kontroversen) Bewertungen der hydrologischen Wirksamkeit (Risiko-/ Schadensminderung) von nicht-strukturellen Maßnahmen im Agrarbereich mit Fuzzy-Inferenz-Technik

Aus dem Aufstockungsantrag neu hinzugekommene Arbeitsaufgabe:

- Einarbeitung der Ergebnisse aus den Erweiterungsaufgaben aus AP1 bis AP4 in den Ergebnisbericht (Entwurf vom 31. Juli 2009)
- Zusammenstellung von Entscheidungs- und Handlungsoptionen zur Integration von nicht-strukturellen Landnutzungsmaßnahmen in Gesamtkonzepte des Hochwasserrisikomanagements
- Erarbeitung einer publikationsreifen Abschlussdokumentation (als DWA Themenheft)

Beitrag zur Erreichung des Projektziels (durch o. g. Arbeitsaufgaben):

- Verallgemeinerbare Aussagen zur Wirkung von nichtstrukturellen Landnutzungsmaßnahmen auf Hochwasserentstehungsprozesse und auf die Ausprägung von Hochwasserrisiken in Überschwemmungsgebieten
- Bereitstellung von Eckdaten und Schwellenwerten der Hochwasserentstehung bzw. von Überschwemmungsereignissen für die Versachlichung der öffentlichen Diskussion zur Verursachung von Hochwasserrisiken durch unsachgerechte land- und forstwirtschaftliche Flächennutzung
- Beiträge zu verbesserten Risikovermeidungsstrategien im Zusammenwirken von Akteuren/ Betroffenen und Institutionen/ Verwaltungen
- Vorschläge für Fördermaßnahmen zur Verminderung des HW-Risikos/ Verbesserung des HW-Risikomanagements
- Praxisorientierte Abschlusspublikation (DWA Themenblatt) mit hohem Verbreitungsgrad
- Handlungshilfe für die Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie

g) Angestrebte Ergebnisse:

- Katalog multi-kriteriell bewerteter nicht-struktureller Maßnahmen zum Hochwasserrisikomanagement

- Anregungen für Regelungen zur Förderung/ Finanzierung bzw. Schadensregulierung/ Verlusterstattung im Zusammenhang mit nicht-strukturellen agrarischen Maßnahmen im Hochwasserrisikomanagement
- Empfehlungen und Kriterien für nicht-strukturelle agrarische Maßnahmen zum Hochwasserrisikomanagement mit Bezug auf die EU-Hochwasserrichtlinie (deutsch/ englisch)
- Populärwissenschaftliche Publikationen zu Wirkungen, Möglichkeiten und Grenzen nicht-struktureller agrarischer Maßnahmen im Hochwasserrisikomanagement (deutsch/ englisch)
- Wissenschaftliche Publikationen

h) Bemerkungen

In die Bearbeitung von AP5 fanden die Ergebnisse der Arbeitspakete AP1 bis AP4 Eingang. Die Ergebnisaussagen der naturwissenschaftlich-technischen Arbeitspakete AP1 (Hochwasserentstehungsgebiete) und AP2 (Überschwemmungsgebiete) wurden mit den Ergebnissen der sozialwissenschaftlichen Befragungen und Erhebungen aus AP3 (Institutionenanalyse) und AP4 (Betroffenheitsanalyse) verknüpft und einzugsgebietsbezogen bewertet.

5.2 Wertung der Ergebnisse aus AP1 bis AP4 als Kriterien für die Ableitung von Optionen zum Hochwasserrisikomanagement

5.2.1 Einfluss von Vegetation und Landnutzung auf hochwasserrelevante Abflussbildung (Schlussfolgerungen aus AP1)

Die Hypothesen des Projektantrages sind in vollem Umfang bestätigt worden.

Eine Beeinflussung des Gebietsabflusses durch Vegetation bzw. Landnutzungs- und/ oder Bewirtschaftungswandel kann es nur unmittelbar auf den Abflussbildungsflächen geben, Die gesamten übrigen Abflussstrukturen wie Gräben, Bäche, Wege u. a. bleiben unverändert.

In Abhängigkeit von Niederschlagsintensität, Niederschlagsdauer, Boden- und Reliefbedingungen sowie Vegetation infiltriert ein bestimmter Anteil des Niederschlages und versickert in verfügbare (Poren)-Speicherräume des Bodens/ Grundwasserleiters. Der an der Geländeoberfläche abfließende Niederschlagsanteil unterliegt in Abhängigkeit vom Geländegefälle und der durch den Flächenbewuchs gegebenen Rauigkeit einer gewissen Retardation. Eine Abflussminderung erfolgt auch durch Interzeption von Niederschlagsanteilen in der oberirdischen Vegetation und ggf. anschließender unmittelbarer Verdunstung.

Mit zunehmender Niederschlagsintensität und Niederschlagsdauer entwickeln sich die genannten Abflusskomponenten immer mehr in Richtung Oberflächenabfluss bis hin zum Erreichen eines standort- und vegetationsabhängigen Grenzwertes, ab dem der gefallene Niederschlag praktisch vollständig und ohne Retardation als Oberflächenabfluss abgeführt wird. Diese Grenzwerte sind bei allen beobachteten Hochwasserereignissen mit Risikopotenzial deutlich überschritten worden. Die in der Anfangsphase solcher Niederschlagsentwicklungen noch vorhandenen Abminderungen durch Infiltration und Versickerung sind in Bezug auf die nachfolgende Ausprägung von risikobehafteten Hochwasserabflüssen vernachlässigbar gering.

Durch nichtstrukturelle Landnutzungsmaßnahmen ist hinsichtlich extremer Abflussmengen in Hochwasserentstehungsgebieten keine Risikominderung zu erreichen. Eine deutliche Risikominderung kann aber hinsichtlich der Auslösung von Erosionsprozessen und des Verlaufs von nachfolgenden Bodenabträgen, die als hochwasserinhärente Schlammfrachten ein hohes Risiko für Unterlieger (Siedlungen, Verkehrswege, Gewässer, Gewerbegebiete) darstellen, durch Erosionsschutzmaßnahmen erreicht werden. Die Anwendung solcher Maßnahmen ist in Hochwasserentstehungsgebieten deshalb generell geboten, auch wenn die Risikominderungseffekte wegen vielfältiger Imponderabilien im extremen Hochwasserfall nicht garantiert werden können. Das Erosionsrisiko ist ansteigend von Wald → Grünland → Ackerland mit gezielten Erosionsschutzmaßnahmen → Ackerland ohne Erosionsschutzmaßnahmen.

Entscheidungen darüber ob und welche Erosionsschutzmaßnahmen oder ggf. auch Nutzungswechsel zur Anwendung kommen erfordern Abwägungen mit betriebswirtschaftlichen Interessen, bestehenden Fördermöglichkeiten und den Risikominderungszielen der zu erstellenden Hochwasserrisiko-Managementpläne gemäß EU-HWRM-Richtlinie (s. Abschnitt 5.2.3 und 5.2.4)

5.2.2 Wirkungen nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten als Hochwasserrisikokomponenten (Schlussfolgerungen aus AP2)

Der Abfluss auf den Überschwemmungsflächen der bei Hochwassers ausufernden Flüsse unterliegt gegenüber dem Fluss (Hauptgerinne) Retardationseffekten infolge der Relief bedingten geringeren Wassertiefen, der durch die Vegetation bewirkten Fließwiderstände (hydraulische Rauigkeiten) und von räumlich weiter abgelegenen sogenannten „Totzonen“. Diese Faktoren haben Auswirkungen auf den sich einstellenden Wasserstand im gesamten Abflussquerschnitt (Fluss plus überschwemmte Aue). Auwälder, insbesondere verbuschte Weichholzauen, bewirken hohe Fließwiderstände/ hydraulische Rauigkeiten, bei Grünland, insbesondere Mähweide, ist die

hydraulische Rauigkeit vergleichsweise gering; Ackerkulturen liegen mit ihren Rauigkeitseffekten dazwischen, meist näher dem Grünland.

Hinsichtlich Wasserstand erhöhender Wirkungen durch Ackerkulturen (gegenüber Grünland) auf durchströmten Überschwemmungsflächen weisen Mais und Sonnenblumen (ggf. auch Getreide) auf Grund ihrer Rauigkeitsbeiwerte das höchste Aufstau Potenzial auf. Die möglichen Risikozeiträume sind auf die fortgeschrittenen Wachstumsstadien dieser Kulturen in der Vegetationsperiode eingegrenzt, d. h. Mai bis maximal September mit Betroffenheit durch Sommerhochwasser. Kritische Wasserstandserhöhungen infolge großer Abflusswiderstände von Ackerkulturen bzw. darauf zurückzuführende Deichüberströmungen sind nicht bekannt. In eigenen Berechnungen sind unter der Annahme flächendeckender Mais- bzw. Sonnenblumenkulturen im gesamten Überschwemmungsgebiet gegenüber Graslandnutzung bei extremen HW-Abflüssen in der Größenordnung von Jahrhunderthochwassern maximale Wasserstandserhöhungen von 0,30 bis 0,70 m, in Einzelfällen auch bis > 1,00 m ermittelt worden. Bei den in praxi üblichen Landnutzungsmustern auf Einzelschlägen bei Aussparung der unmittelbar flussnahen Bereiche wird die konkrete Wasserstandserhöhung aus der retardierenden Wirkung der Pflanzenbestände aber deutlich unter diesen Werten liegen. Als kritische Bereiche sind generell schmale Vorländer, schmale Hauptflussschläuche oder beide in Kombination anzusehen.

Überschwemmungsflächen sind grundsätzlich Sedimentationsräume, für die mit dem Hochwasser von oberhalb eingetragenen partikulären Stofffrachten. Ursache sind die gegenüber dem Hauptgerinne geringeren Fließgeschwindigkeiten und damit geringere Schleppkräfte auf den Überschwemmungsflächen (s. o.). Beim Unterschreiten Dichte abhängiger Grenzwerte der Fließgeschwindigkeit sinken entsprechend dem Stooke`schen-Gesetz zuerst die schwereren, meist auch größeren Partikel (z. B. Sand) ab und bei weiter verringerter Fließgeschwindigkeit auch die Ton- und Schlufffraktionen. Diese Prozesse haben die Auebodenbildung und ihre Muster auf den überschwemmten Flächen geprägt.

In naturbelassenen Auen (ohne Ausbau eines Hauptgerinnes) ist es bei Hochwasser durch die Wirkung der Strömungskräfte auch häufig zu Rinnenerosion und zur Auffächerung des Flusses in Haupt- und Nebenarme gekommen. Reste solcher „Altarme“ gibt es in den Deichvorländern gepolderter Flussauen auch heute noch. Ihre Ausprägung ist weitgehend beständig. Es sind keine Beispiele bekannt, dass es bei rezenten Hochwasserereignissen zur Bildung neuer Nebenarme infolge von Gerinneerosion gekommen ist. Flächenhafte Erosionserscheinungen sind auf Graslandflächen im Vorland ebenfalls nicht bekannt. Auf Ackerflächen (Mais, Sonnenblumen) ohne Erosionsschutzmaßnahmen sind Bodenabträge dagegen nicht auszuschließen. Dabei dürfte es sich wegen des geringen Geländegefälles aber um örtliche Umlagerungen von sandigen Substraten handeln; Erosionen auf Auenlehm-/ Auentonböden sind nicht bekannt.

Schadwirkungen mit erheblichem Risikopotenzial können bei land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in Überschwemmungsgebieten auftreten,

- wenn bei länger andauernden Überschwemmungen die Pflanzen spezifischen Toleranzgrenzen überschritten werden und die Pflanzenbestände absterben (und ggf. abgeschwemmt werden),
- wenn durch Schadstoffeinträge von oberhalb Pflanzenbestände und Böden kontaminiert werden.

Daraus ergeben sich Risikopotenziale sowohl für die Produzenten/ Landwirte (Einkommensverluste und Restriktionen für die weitere Nutzung der Flächen) als auch für die Verbraucher (kritische Schadstoffkonzentrationen in den Produkten).

In der Gesamtbewertung werden diese letztgenannten Risikopotenziale bezogen auf die land- und forstwirtschaftliche Nutzung in Überschwemmungsgebieten ausschlaggebend sein für die Gestaltung spezifischer Hochwasserrisiko-Managementoptionen und deren Einbindung in Einzugsgebiet bezogene Hochwasserrisiko-Managementpläne. Hydraulisch begründete Risikowirkungen infolge Ackernutzung in Überschwemmungsgebieten sind dagegen marginal.

5.2.3 Interaktions- und Institutionenanalyse zur landwirtschaftlichen Hochwasserrisikominderung (Ergebnisse aus AP3)

Die seit Oktober 2007 geltende EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie hat zum Ziel, das Risiko von hochwasserbedingten nachteiligen Folgen zu verringern. Ihre Anwendung ist, ähnlich zur Wasserrahmenrichtlinie, auf Einzugsgebiete gerichtet. In Hochwasserrisiko-Managementplänen sollen bis zum 22.12.2015 Strategien zum Hochwasserrisikomanagement in den drei Bereichen: Hochwasservorsorge, Hochwasser-Flächenmanagement sowie technischer Hochwasserschutz entwickelt werden. Hierbei kann die Landwirtschaft insbesondere im Bereich der Vorsorge auf der Fläche und des Wasserrückhalts in Überschwemmungsgebieten zu einem Partner für die Erarbeitung von Hochwasserrisiko-Managementplänen werden.

Viele Bundesländer haben im Rahmen Ihrer Förderpolitik bereits Maßnahmen mit Bezug zu Hochwasser- und Überschwemmungsschutz initiiert. Etwa die Hälfte dieser Maßnahmen umfasst den technischen Hochwasserschutz sowie Flächenrückgewinnung und weniger konkrete landwirtschaftliche Landnutzungsmaßnahmen. Gleichzeitig fördern die Bundesländer viele Maßnahmen mit Wirkung auf Infiltration und Erosion. So fördern beispielsweise 2/3 aller Bundesländer den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten und ebenso viele die Verwendung von Direkt- und Mulchsaatverfahren und die Umwandlung von Ackerflächen mit hoher Erosions- und Überschwemmungsgefährdung in Grünland. Fast alle Länder fördern außerdem die Anlage von Infiltration fördernder bzw. Wasser rückhaltender Strukturen.

Zusätzlich besitzt die EU selbst einen Spielraum, im Rahmen der Agrarförderung gezielt neue bzw. bekannte Agrarumweltprogramme an die Bedingung des Hochwasser- bzw. Erosionsschutzes zu koppeln. Gelder aus dem EU-Agrarfördertöpfen könnten in Zukunft noch stärker zum Zweck der Umsetzung der Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie und damit in entsprechende Agrarumweltprogramme mit Wirkung auf Hochwasser- und Erosionsschutz kanalisiert werden.

Von Seiten der Behörden wird eine recht hohe Betroffenheit von vergangenen Hochwassern wahrgenommen, gleichzeitig fühlen sich die meisten nicht ausreichend auf zukünftige Hochwasser vorbereitet. Die Auswertung der Online-Befragung unter den Mitgliedern der Landwirtschafts- und Wasserwirtschaftsbehörden in Deutschland zeigen eine hohe Betroffenheit von Hochwasser. Über die Hälfte der Befragten gab an, in den letzten 20 Jahren als stärkstes Hochwasser in ihrem Zuständigkeitsgebiet, ein Hochwasser mit der Jährlichkeit von bis zu HQ_{100} oder sogar über HQ_{100} erlebt zu haben, ein weiteres Fünftel von mindestens HQ_{50} . Gleichzeitig fühlen sich sehr viele Behördenmitarbeiter noch nicht ausreichend vorbereitet auf zukünftige Hochwasser. Knapp 2/3 der Teilnehmer geben an, dass in Ihrem Einzugsgebiet noch Anpassungsmaßnahmen erforderlich seien. Weitere Maßnahmen zum Hochwasserrisiko-management würden mit großer Wahrscheinlichkeit als wichtig angesehen und begrüßt werden.

Im Allgemeinen werden agrarische Landnutzungsmaßnahmen von Seiten der Behörden nur in einem geringen Maße verantwortlich gemacht für die Entstehung und Verschärfung des Hochwasserrisikos. Es wird ein mittleres Potential für die Entstehung von Hochwasser und die Reduzierung der Schadenshöhe der einzelnen agrarischen Landnutzungsmaßnahmen postuliert. Am positivsten wird dabei die Wirkung von Infiltration fördernden bzw. Wasser rückhaltenden Strukturen, der Umwandlung von Acker in Grünland und von ergänzenden Erosionsschutzmaßnahmen (wie Hangquerbearbeitung und Erosionsstreifen) beurteilt. Die Förderung solcher Maßnahmen kann als ein Baustein des Hochwasserrisikomanagements angesehen werden. Die Wirkung muss regional bewertet werden. Interessant ist auch, dass sich die Einschätzungen der Behördenmitarbeiter sehr voneinander unterscheiden. Die gleichen Maßnahmen werden von einigen als sehr erfolgversprechend und von anderen als wirkungslos angesehen. Als Ursache können hierbei wahrscheinlich regionale geographische Unterschiede sowie unterschiedliche Ausbildungen und Traditionen der Behördenmitarbeiter angesehen werden. Es scheint angebracht, hier über Informationsvermittlung mögliche Wissenslücken zu schließen.

Gerade in den alten Bundesländern sind die Landwirte nach Ansicht der Behördenmitarbeiter weniger gut über ihre Möglichkeiten zum landwirtschaftlichen Hochwasserschutz und zur Reduzierung der Hochwasserschäden informiert. Ein Grund hierfür könnten die unterschiedlichen landwirtschaftlichen Strukturen der Bundesländer sein. In den neuen Bundesländern ist die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe nach

Transformationen früherer LPG-Strukturen geringer und es dominieren große Betriebe. Die alten Bundesländer zeichnen sich dagegen durch viele kleinere Betriebe aus, die zum Teil nur nebenerwerblich geführt werden. Diese große Anzahl von Landwirten zu erreichen und zu informieren stellt eine große Herausforderung dar.

Ein Punkt, der bisher nur wenig reguliert zu sein scheint und viel Unsicherheit von Seiten der Landwirte und Behörden hervorruft ist die Schadensregulierung im Falle von mit Schadstoffen kontaminierten Überschwemmungsflächen. Offen sind hier im Wesentlichen Fragen der Schadstoffverursachung bzw. der Kontaminationsquellen (die nicht immer eindeutig kausal rückverfolgbar sind), Fragen der Schadenshöhe (und der Kostenübernahme von Bodenuntersuchungen), Fragen der Verwendung der kontaminierten Flächen und Erntegüter (Bodenabtrag, Verwendung der Erntegüter zur Energiegewinnung,...) sowie der Kostenübernahme bzw. Entschädigungszahlungen für unbrauchbar gewordene Flächen. Die bisherige Praxis scheint regional sehr unterschiedlich, wobei die Landwirte häufig auf den Kosten sitzen bleiben. Rein rechtlich sind die Landwirte für die Entfernung und Beseitigung der Kontaminationen selber verantwortlich. Hier ist erhebliches Konfliktpotential gegeben und ein dringender Handlungsbedarf auf regulativer Ebene.

Schlussendlich bestehen auch in Bezug auf die behördliche Kooperationspraxis zum landwirtschaftlichen Hochwasserrisikomanagement Optimierungsmöglichkeiten. In Anbetracht der Tatsache, dass mit dem Thema Hochwasserschutz eine ganze Reihe von unterschiedlichen behördlichen Sektoren befasst ist, ist eine gute Absprache und Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen und Partnern ein wichtiger Baustein. Auch von Seiten der Behördenmitarbeiter wird der Bedarf an Zusammenarbeit mehrheitlich als hoch angesehen. Gleichzeitig ist die Zusammenarbeit mit den meisten Behörden und außerbehördlichen Partnern nur informell und ad hoc organisiert. Im Falle von zeitlich und örtlich unvorhersehbaren Starkregenereignissen kann eine ad hoc Zusammenarbeit die adäquate Form darstellen. Bei der Regulierung größerer Gewässer und Hochwasser als Folge von Deichüberschwemmungen, Deichunter-spülungen und -brüchen scheint das Risiko kalkulierbarer und eröffnet Möglichkeiten für einen guten vorsorgenden Hochwasserschutz. Eine Zunahme der Institutionalisierung der Zusammenarbeit könnte hier von großer Bedeutung sein. Die EU-Hochwasserrisiko-Managementrichtlinie mit ihrer Fokussierung auf Flussgebiete gibt hier bereits einen guten Weg vor, der unbedingt weiter beschritten werden sollte.

5.2.4 Risikowahrnehmung und Risikobewusstsein von Akteuren in Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsgebieten (Schlussfolgerungen aus AP4)

Die beiden zentralen Arbeitshypothesen des Projektantrages konnten, soweit dies mit Methoden der empirischen Sozialforschung möglich ist, bestätigt werden:

Bei betrieblichen Entscheidungen stehen jeweils die dringendsten und größten Herausforderungen und Probleme im Vordergrund. Gefährdungen durch Hochwasser oder Starkregen sind deshalb bei der Entscheidungsfindung, abgesehen von akuten Bedrohungen oder Schäden, in der Regel von untergeordneter Bedeutung. Dies gilt nicht nur für Landwirte mit Betrieben in Mittelgebirgslagen, sondern auch für jene, die Flächen in Auen oder Überschwemmungsgebieten bewirtschaften und gelernt haben, mit diesem Risiko zu leben. Eine Ausnahme stellen jene Betriebsleiter dar, deren Flächen mit Schadstoffen kontaminiert wurden und die aus diesem Grund ihre Flächen nicht oder nur noch mit erheblichen Einschränkungen für die Erzeugung von Nahrungs- oder Futtermitteln nutzen können.

Ackerbauliche Maßnahmen werden so gewählt, dass sie erfolgreich angewendet werden können, den Fortbestand des Betriebs nicht gefährden und die soziale Einbettung sowie das persönliche Wohlbefinden nicht verschlechtern, auch wenn die ackerbauliche Nutzung dadurch im Bezug auf das Hochwasser- oder Erosionsrisiko von außen betrachtet suboptimal erscheint. Für die Bewertung ist jeweils auch die Entwicklungsperspektive des Betriebs (z. B. Hofübergabe gesichert oder Auslaufen des Betriebs in absehbarer Zukunft) von Bedeutung.

Entscheidungen werden in der Regel durch Widersprüche zwischen Entscheidungskriterien (z. B. kurz- und mittelfristige Auswirkungen auf Ertrag) und gesellschaftliche Anforderungen erschwert (z. B. optimaler Ertrag für Ernährungssicherung; minimale Erosion und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit; Unternehmerisches Handeln, das auch ohne staatliche Zahlungen ein ausreichendes Einkommen sichert; Erhaltung einer vielfältigen Landschaft mit hoher Biodiversität).

Deshalb kommt es häufig vor, dass Entscheidungen, die aus unternehmerischer und betriebswirtschaftlicher Sicht richtig sind, seitens des Hochwasserrisikomanagements, der Wasserwirtschaft oder des Naturschutzes kritisch bewertet werden. So begünstigen derzeit z. B. die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen den Anbau von Mais sowie den Umbruch von Grünland und legen es gleichzeitig nahe, die Umwandlung von Acker- in Dauergrünland so lange wie möglich zu vermeiden, da die Ackernutzung eine eindeutige betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit aufweist.

Hinzu kommt, dass langfristige Überlegungen und strategische Planungen nur dann möglich sind, wenn die gesamte Aufmerksamkeit nicht durch akute Notlagen gebunden ist und der Entscheidungsspielraum dadurch drastisch minimiert wird. Unsichere Perspektiven und sehr schwierige wirtschaftliche Bedingungen machen derzeit insbesondere Milchviehbetrieben zu schaffen.

Aus den angeführten Gründen wäre zielführend, den **öffentlichen und politischen Diskurs über die Anforderungen an die Landwirtschaft** zu intensivieren und einen **möglichst konsistenten Entscheidungsraum** für Landwirte zu schaffen. Darauf

aufbauend könnte es auch eher gelingen, die Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft so zu verändern, dass bei der Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen, keine betriebswirtschaftlichen Nachteile in Kauf genommen werden müssen. Veränderungen sollten sich nicht nur auf den Ausbau von Agrarumweltprogrammen beschränken, sondern auch Direktzahlungen und Anpassungen des Erneuerbare Energiesetzes einschließen, damit auch durch diese staatlichen Mittel die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen erleichtert statt betriebswirtschaftlich benachteiligt wird.

Die Reform der Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft wäre durch verbesserte **Informationsaktivitäten und offeneren Austausch** über Fragen des Hochwasserrisikomanagements zu flankieren. Denn derzeit haben zahlreiche Landwirte den Eindruck, dass Informationen geschönt und strategisch aufbereitet werden. Deshalb sollte angestrebt werden, von Landwirten nicht nur Veränderungen zu fordern, sondern auch auf Handlungsmöglichkeiten, Anliegen und Befürchtungen bei Aktivitäten des Hochwasserrisikomanagements angemessen zu berücksichtigen. Es darf jedenfalls nicht der Eindruck vermittelt werden, dass Landwirte zum Vorteil anderer selbst Nachteile in Kauf nehmen müssen.

Landwirte sind in der Regel davon überzeugt, dass ihre Art der Landbewirtschaftung für ihren Standort und ihre betrieblichen Bedingungen die am besten geeignete ist bzw. dass sie im Rahmen des Möglichen „optimal“ ist. Deshalb werden nicht-strukturelle Maßnahmen in Abhängigkeit von der eigenen betrieblichen Praxis von verschiedenen Landwirten widersprüchlich bewertet:

- Maßnahmen, die schon Teil der eigenen betrieblichen Praxis sind, werden positiv bewertet.
- Maßnahmen, die auf dem eigenen Betrieb nicht angewendet werden bzw. bei denen auch keine Kollegen bekannt sind, die diese Maßnahmen seit längerem erfolgreich anwenden, werden kritisch bewertet bzw. es wird angezweifelt, dass diese Maßnahmen praktikabel sind.

Für die **Diffusion innovativer nicht-struktureller Maßnahmen** ist deshalb neben Beratungsleistungen insbesondere der Kontakt zwischen potenziellen Anwendern und Landwirten, die diese Maßnahmen bereits seit längerem erfolgreich anwenden, zu fördern.

Die **Kontamination ihrer Flächen mit Schadstoffen im Zuge von Überflutungen** stellt für einige Landwirte derzeit das größte betriebliche Problem dar, für das noch keine zufrieden stellenden Lösungen gefunden wurden. Deshalb wären zu Fragen der Schadstoffbelastung und Verwertung schadstoffbelasteter Biomasse verstärkt Forschungsaktivitäten zu fördern und Lösungen zu entwickeln, die Landwirte nicht als einzige unmittelbare Leidtragende dieses Problems zurücklassen.

5.3 Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Hochwasserentstehungsgebieten

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Analysen (Abschnitte 5.2.1 und 3.1.3) sind optional alle Maßnahmen sinnvoll, die

- a) eine Minderung von Erosionsprozessen und Bodenabträgen auf den landwirtschaftlichen bzw. forstlichen Nutzflächen bewirken und
- b) den Eintrag von Erosionsfrachten in Entwässerungsgräben und Vorfluter mindern (z. B. Randstreifen mit Sedimentationseffekt).

Im Hinblick auf das Hochwasserrisikomanagement geht bei allen in Frage kommenden derartigen Maßnahmen vor allem um die Minderung des Verschlammungsrisikos für unterhalb gelegene überflutete Ortschaften und Verkehrswege.

Eine Risikominderung hinsichtlich hochwasserrelevanter Abflüsse ist durch nicht-strukturelle Landnutzungsmaßnahmen nicht möglich.

Der umfassende „Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Hochwasserentstehungsgebieten“ befindet sich in der Anlage A1.

5.4 Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Überschwemmungsgebieten

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Analysen (Abschnitte 5.2.2 und 3.2.3) geht es in HW-Überschwemmungsgebieten vor allem um die Minderung des Risikos der von Überschwemmung betroffenen Nutzflächen und der dort angebauten Kulturen. Ein den Scheitelwasserstand erhöhendes Risiko ist durch Ackerkulturen im Allgemeinen nicht gegeben. Kritische Effekte können bei flächendeckenden Maismonokulturen auftreten. Optional sollte deshalb in besonders strömungsrelevanten flussnahen Bereichen auf Maisanbau verzichtet werden. Ebenso sollten diese Bereiche frei von Verbuschung und Auwald gehalten werden.

Hinsichtlich der Betroffenheit landwirtschaftlich genutzter Flächen geht es vor allem um die Minderung der Sekundärwirkungen von Schadstoffeinträgen auf überschwemmte Böden und Kulturen.

Zur Minderung von Wassergüterisiken aus abgestorbenen Pflanzen kommt einer ausreichenden Vorwarnung für die Beräumung der Flächen eine besondere Bedeutung zu.

Besondere und Vorsorgemaßnahmen sind für Flutungspolder erforderlich.

Der „Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Überschwemmungsgebieten“ befindet sich in der Anlage A2.

5.5 Integrative Ergebnisdiskussion und Anregungen für Regelungen im Zusammenhang mit nicht-strukturellen agrarischen Maßnahmen im Hochwasserrisikomanagement

5.5.1 Risikominderungsmaßnahmen in Hochwasserentstehungsgebieten

Bei der Gestaltung von Regelungen zur Förderung nicht-struktureller Maßnahmen zur Hochwasserrisikominderung ist zu bedenken, dass keine allgemein gültigen Lösungen für die Verbesserung des Erosionsschutzes und Wasserrückhalts im Ackerbau verfügbar sind. Regelungen sind deshalb so flexibel zu gestalten, dass eine Anpassung von Maßnahmebündeln an die jeweiligen Standortbedingungen möglich ist.

Landwirte, die in das Projekt einbezogen wurden, zeigten **großes Interesse an nicht-strukturellen Maßnahmen**. Sie bewerteten die **Anwendbarkeit** der Maßnahmen (z. B. konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaatverfahren) jedoch höchst unterschiedlich oder gar konträr. Die Gründe hierfür sind neben individuell unterschiedlichen Voraussetzungen und Netzwerkexternalitäten auch in den wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen zu finden. Für eine breitere Anwendung sind deshalb auch Veränderungen der landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, insbesondere die ökonomischen Anreize und die Entwicklung der Märkte für landwirtschaftliche Produkte. Ein weiterer Aspekt ist der Entwicklungsstand und die Verfügbarkeit angepasster Technologien und eine an den praktischen Fragen der Landwirtschaft ausgerichtete pflanzenbauliche Forschung. Diese Bedingungen sind nach Aussagen vieler Gesprächspartner in sich widersprüchlich und begünstigen bisher in der Regel nicht die umfassende Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen, sondern bestärken eher Zweifel an deren Sinnhaftigkeit, Rentabilität und dauerhaften Praktikabilität.

Ein zweiter Aspekt, der die Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen wesentlich beeinflusst, ist die subjektiv wahrgenommene Ebene der gegenseitigen Akzeptanz und das **„Klima“ zwischen Landwirten und Behördenvertretern der Wasser- und Landwirtschaft**. Eine Atmosphäre, die von Verständnis geprägt ist und bei der die Suche nach Win-Win-Lösungen oberste Priorität hat, ist zielführender für die Unterstützung von Verhaltensänderungen als ein Klima, das von Schuldzuweisungen und Unterstellungen, Landwirte würden bewusst negative Effekte für Umwelt, Klima, Natur und Boden in Kauf nehmen, geprägt ist. Auch in den unterschiedlichen Fachbe-

hörden gibt es noch Informationsdefizite und z. T. divergierende Wahrnehmungen darüber, was die Möglichkeiten und Grenzen landwirtschaftlichen Handelns in Bezug auf die Hochwasserrisikominderung anbetrifft. So waren Vertreter der wasserwirtschaftlichen Einrichtungen bereit, den Landwirten eine größere Verantwortung an Hochwasserereignissen zu messen als Landwirtschaftsvertreter. Und nicht in allen Regionen gibt es schon eine regelmäßige Zusammenarbeit dieser Einrichtungen, obwohl gerade hier ein großer Bedarf festgestellt wurde.

Neben der Weiterentwicklung von Regelungen zur Förderung und Schadensregulierung ist es deshalb für künftiges Hochwasserrisikomanagement zielführend, bundesweit **Informationen zum Thema HW-Risikomanagement und zu nicht-strukturellen Maßnahmen** für alle interessierten Akteure bereitzustellen. Differenzierte Informationen, insbesondere allgemein verständlich aufbereitete Forschungsergebnisse können neben der Intensivierung des Austauschs zwischen wasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Behörden auch zum Abbau von Vorurteilen beitragen. Erste Schritte in diese Richtung werden durch MinHorLam mit einer DWA-Broschüre und einer Internetplattform (<http://www.minhorlam.de/>) gesetzt

U. a. induziert durch die WRRL, wurden mancherorts Gebietskooperationen gebildet, in denen Landwirte oder ihre Interessenvertreter aktiv beteiligt sind. Solche Herangehensweisen haben sich als wirksam für die gegenseitige Verständigung und die praktische Lösung von Fragen des strukturellen Hochwasserschutzes erwiesen. Dass solche Beispiele und von Fall zu Fall auch eine angemessene Institutionalisierung auch die Effektivität des Austauschs und der Zusammenarbeit in der nicht-strukturellen Hochwasserrisikoprävention erhöhen, kann aus den vorliegenden Untersuchungen gefolgert werden.

Die **bisherige Förderpraxis für Erosionsschutzmaßnahmen** greift vor allem für

- on site Schäden und
- off site Beeinträchtigungen der Gewässerqualität.

Wenig berücksichtigt wurden bislang Effekte zur Minderung des Risikos von Erosionsfrachten nach Starkregen (flash floods), die Schäden und hohe Folgekosten für die Beräumung nach sich ziehen. Diese off site Schäden sollten künftig verstärkt in der Förderpraxis berücksichtigt werden.

Der im Rahmen von MinHorLam erarbeitete Maßnahmenkatalog für Hochwasserentstehungsgebiete berücksichtigt sämtliche hochwasser- und Starkregen bedingten Schäden. Da eine Veränderung der Ackerflächennutzung in Hochwasserentstehungsgebieten in erster Linie zu einer Verringerung des Erosionsrisikos beitragen kann, zielen die Maßnahmen vor allem auf eine Verminderung des Erosionsrisikos ab und berücksichtigen auch die angesprochenen Ablagerungen von Erosionsfrachten.

Deshalb wären bei der künftigen Gestaltung von Regelungen zur Förderung insbesondere

- a) geeignete Erosionsschutzmaßnahmen für Erosions-Risikoflächen zu **benennen** und in die **Hochwasserrisiko-Managementpläne aufzunehmen**, sowie
- b) **Bedingungen für die Anwendung** dieser Maßnahmen zur aktiven Hochwasservorsorge zu **schaffen, Fördertitel einzurichten und zugehörige Mittel bereitzustellen.**

Eine zielgerichtete Veränderung der wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft würde es Landwirten jedoch insgesamt erleichtern, die aktuelle Landnutzung zu verändern und verstärkt wasserwirtschaftlich wünschenswerte Verfahren anzuwenden. Insbesondere der Abbau von **Widersprüchen und eine** bessere Abstimmung gesellschaftlicher und politischer **Anforderungen** (Ernährungssicherheit, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Klimaschutz etc.) wäre erforderlich, damit Landwirte, egal wie sie ihre Flächen nutzen, nicht stets von irgendeiner Seite mit Kritik konfrontiert werden.

Die höchst unterschiedliche Bewertung der Anwendbarkeit nicht-struktureller Maßnahmen und die Notwendigkeit für den jeweiligen Standort optimale Maßnahmenbündel auszuwählen, sprechen für **individuelle Unterstützung durch Berater oder erfahrene Kollegen**, wenn eine nennenswerte Ausweitung der Anwendung angestrebt wird. Vorbildliche Schritte bezüglich staatlicher Förderung und Beratung wurden in den vergangenen Jahren für die Anwendung konservierender Bodenbearbeitung in Sachsen gesetzt.

Beim wünschenswerten **Ausbau staatlicher Beratungsangebote für innovative Verfahren** wie konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat wäre zu berücksichtigen, dass statt abstrakter allgemeiner Empfehlungen insbesondere praktische einzelbetriebliche Unterstützung den Landwirten weiterhilft. Auch eine interdisziplinäre Integration der Beratungsangebote für Pflanzenbau, Bodenbearbeitung, Betriebswirtschaft und Pflanzenschutz, mit dem Ziel stets sämtliche betriebsrelevanten Entscheidungskriterien bei Empfehlungen zu berücksichtigen, ist anzustreben.

Eine wichtige Ergänzung der Beratung stellt die Förderung des **Erfahrungsaustausches mit Kollegen dar, die innovative Verfahren bereits erfolgreich anwenden.** Denn der Austausch von Kollege zu Kollege unter anderem auch im Rahmen von Betriebsbesichtigungen und Maschinenvorführungen scheint Sicherheit zu vermitteln und sehr effektiv Bedenken bezüglich der Praktikabilität zu entkräften. Auf großes Interesse dürften hierbei auch länderübergreifende Aktivitäten z. B. zwischen Bayern und Sachsen zu stoßen.

Von Landwirten wurde auch der **Ausbau praxisnaher Forschung zu aktuellen Problemen bei der Anwendung nicht-struktureller Maßnahmen** (z. B. Optimierung des Zwischenfruchtanbaus, spezifische Pflanzenzucht und pflanzenbauliche

Maßnahmen zur Verminderung des Pflanzenschutzaufwands) an Universitäten und anderen landwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen angeregt. Diese verstärkte Praxisorientierung sollte jedoch auch mit einer Verbesserung des Wissenstransfers und Aufbereitung von Forschungsergebnissen für Praktiker einhergehen. Die aktuelle Praxis, wissenschaftliche Ergebnisse vor allem in englischsprachigen Fachzeitschriften zu veröffentlichen, ist deshalb kritisch zu hinterfragen und eine entsprechende Anpassung der Standards zur Honorierung wissenschaftlicher Leistungen zu überlegen.

5.5.2 Risikominderungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten

Die Zusammenschau der im Rahmen von MinHorLam durchgeführten Untersuchungen zu den Möglichkeiten und Grenzen von Risikominderungsmaßnahmen in Überschwemmungsgebieten hat gezeigt, dass der tatsächliche Handlungsspielraum der Landwirte als stark beschränkt eingeschätzt wird. Im Großen und Ganzen können Landwirte in den Überschwemmungsgebieten das Abflussrisiko von Hochwasserereignissen durch nicht-strukturelle Maßnahmen nicht mindern. Diese Aussage ist zum einen mit Bezug auf Grünlandnutzung, zum anderen im Hinblick auf Maisanbau etwas zu differenzieren (s. u.). Insgesamt kommt in diesen Gebieten aber der Betroffenheit durch Überschwemmungsschäden und damit der Frage, ob Landwirte präventiv oder akut zur Schadensminderung beitragen können, eine ebenso große Bedeutung zu. Dabei haben die Befragungen und die Gespräche in den Workshops gezeigt, dass für dieses Thema bisher wenige Forschungsergebnisse vorliegen. Auch in MinHorLam war dies keine zentrale Forschungsfrage. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Erkenntnisse zur landwirtschaftlichen Betroffenheit in Überschwemmungsgebieten als eine erste Problembeschreibung zusammengestellt, die aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

In der Regel tragen hochwüchsige Ackerkulturen wie z. B. Mais, Sonnenblumen und Hirse nicht zu einer relevanten Erhöhung der Wasserspiegellagen bei, weil sie nur in einer relativ kurzen Zeitspanne zwischen Juni und September bedeutende Wuchshöhen erreichen. Darüber hinaus gibt es keine gesicherten Angaben dazu, bei welchen Fließgeschwindigkeiten und Wasserständen diese Pflanzen umklappen und sich der Fließwiderstand in strömungsrelevanten Bereichen dadurch deutlich verringert. In Überschwemmungsgebieten ist dennoch **Grünland als Nutzungsform** aus Sicht des Hochwasserrisikomanagements wegen des geringeren Abflusswiderstandes und der geringeren Vulnerabilität **zu bevorzugen**, wenn eine dauerhafte Nutzung und Verhinderung der Verbuschung sichergestellt ist. Denn Gehölzbestände erhöhen im Vergleich zu Grünland und Ackerland den Fließwiderstand über das gesamte Jahr in deutlich höherem Maße. Für die präzise Bewertung unterschiedlicher Formen landwirtschaftlicher Nutzung von Auen besteht weiterer Forschungsbedarf.

Landwirtschaftliche und ackerbauliche Nutzung sind **als Quelle für Schadstoffausträge im Falle von Hochwassern von geringer Relevanz**. Denn Austräge von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln erfolgen nur in Einzelfällen, wenn Flächen unmittelbar nach Ausbringung dieser Mittel überflutet werden. Das Risiko derartiger Abschwemmungen entspricht dem Risiko das auf sämtlichen Ackerflächen durch Starkregenereignisse besteht. Deshalb ist keine Minderung des Risikos zu erwarten, wenn Ackernutzung nur in Überschwemmungsgebieten eingeschränkt wird. Die **frühzeitige Ankündigung von drohenden Überflutungen** würde es Landwirten an großen Flüssen sogar ermöglichen, auf die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu verzichten.

Erosion tritt in Überschwemmungsgebieten nur punktuell oder rinnenförmig und eher nur auf sandigen Böden in Bereichen mit erhöhten Fließgeschwindigkeiten auf. Nicht strukturelle Maßnahmen sind in diesen Sonderfällen deshalb nur eingeschränkt wirksam.

Da die Ackernutzung in Relation zur Grünlandnutzung nach bisherigem Kenntnisstand somit in der Regel nicht zu einer Erhöhung des Hochwasserrisikos z. B. durch Abfluss reduzierende Wirkung führt, **kann durch nicht-strukturelle Maßnahmen auch keine signifikante Verminderung des Hochwasserrisikos erreicht werden**. Ackerbauliche Nutzung kann sogar im Falle einer Schadstoffkontamination der Flächen von Vorteil sein, weil dann das Risiko von Schadstoffanreicherungen im Erntegut geringer ist. Aus diesen Gründen **stehen Maßnahmen zur Verminderung bzw. Vermeidung von HW-Schäden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in Überschwemmungsgebieten im Vordergrund**. In jedem Fall sind Nutzungsansprüche von Eigentümern beim Hochwasserrisikomanagement (z. B. Einschränkung der ackerbaulichen Nutzung durch Maisanbauverbote) zu berücksichtigen und deren Priorität gegenüber anderen gesellschaftlichen Zielen wie Ernährungssicherheit, Naturschutz oder Klimaschutz abzuwägen. Diesbezüglich besteht weiterer Forschungsbedarf.

Bei der **Umwandlung von besonders überschwemmungsgefährdeten Ackerflächen in Grünland** ist unter den gegenwärtigen Bedingungen entsprechender Ausgleich vorzusehen. Denn auf Ackerflächen können deutlich höhere Deckungsbeiträge als auf Grünland erzielt werden und Ackerflächen haben auch einen deutlich höheren Wert als Wiesen und Weiden. Darüber hinaus ist schon bei der Planung der Umwandlung sicher zu stellen, dass die Flächen nicht verbuschen, weil dies eine entsprechende Abflussminderung zur Folge hätte.

Wird die **Kontamination von Überschwemmungsflächen mit Schadstoffen** vermutet, sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Bestätigt sich der Verdacht, sind Maßnahmen zu ergreifen, um die Belastung landwirtschaftlicher Produkte zu minimieren. Beim Ausgleich der dadurch entstehenden Kosten bzw. des Schadens ist die Anwendung des Verursacherprinzips erstrebenswert, in der Regel jedoch

nicht möglich. Betroffene sollten deshalb angemessenen Schadensausgleich durch die Gesellschaft geltend machen können. Deshalb ist Bereitstellung derartiger Schadensausgleiche zu diskutieren, weil die Flächen häufig nicht mehr ohne Einschränkungen landwirtschaftlich nutzbar sind. Diese Probleme sind bisher noch nicht wissenschaftlich bearbeitet und es besteht entsprechender Forschungsbedarf.

In der Regel erheben Landwirte keinen **Anspruch auf den Ausgleich überflutungsbedingter Schäden auf Vorlandflächen**, sondern versuchen Risiko durch die Anpassung der Nutzung zu minimieren, solange es zu keinen dauerhaften Bodenverschlechterungen kommt. Eine Strategie ist dabei der den Anbau von **Mais**. Denn Mais ist im Vergleich zu anderen Kulturen (z. B. Kartoffeln oder Wintergetreide) in der Regel in geringerem Maße gefährdet und kann nur in relativ kurzen Zeitraum von April/Mai bis September/Oktober geschädigt werden. Derartige Anpassungsstrategien sind beim Hochwasserrisikomanagement angemessen zu berücksichtigen. Auf Tier haltenden Betrieben kommt bei Überflutungen neben dem monetärer Schaden durch den Verlust des Erntegutes noch hinzu, dass auch Ersatzbeschaffungen für Futter getätigt werden müssen. Deshalb bevorzugen Tierhalter eher den Anbau von Marktfrüchten wie z. B. Zuckerrübe auf Überschwemmungsflächen.

Landwirte beobachten darüber hinaus aus eigenem Interesse die Entwicklung der Pegelstände bzw. der Hochwasserwelle, um sich vorzubereiten bzw. Maßnahmen zur Schadensminderung ergreifen zu können (z. B. Bergung von Heu-, Stroh- oder Silageballen). Dennoch wurde von einigen Betriebsleitern der Wunsch nach **zuverlässiger Vorwarnung über drohende Hochwasser durch öffentliche Stellen** geäußert. Rechtzeitige Vorwarnung ermöglicht die Beerntung von erntewürdiger Bestände und eine entsprechende Verminderung des Schadensausmaßes, wenn die Aufwüchse kostendeckend beerntet und verwertet werden können (z. B. als Futter oder als Biogassubstrat). Unterstützung durch Behörden bei der Beerntung und Vermittlung von Abnehmern (z. B. Biogasanlagenbetreiber) könnten Noternten zusätzlich erleichtern.

Die **Anordnung einer präventiven Beräumung von hochwüchsigen Pflanzenbeständen** (z. B. Mais, Sonnenblumen, Hirse) im Falle drohender Überflutung durch Behörden stellt darüber hinaus eine überlegenswerte Alternative gegenüber einem generellen Anbauverbot dieser Kulturen dar. Im Falle naturschutzbedingter Nutzungseinschränkungen von Grünland (z. B. Schnitttermine) könnte die Freigabe der Beerntung vor dem festgelegten Schnitttermin ebenfalls eine Verminderung des Schadens ermöglichen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit Ausnahme von Schadstoffbelastungen, keine Schadensausgleiche oder spezifische Fördermaßnahmen für nicht-strukturelle Maßnahmen in Gebieten mit regelmäßigen Überschwemmungen vorzusehen sind.

5.6 Ergebnisse aus den transdisziplinären Workshops

5.6.1 Grundsätze und Methode

5.6.1.1 Hintergrund

Neben seiner deutlich interdisziplinären Ausrichtung hatte MinHorLam auch eine transdisziplinäre Komponente, die darauf abzielte, die Praxisrelevanz der Forschungsfragen zu überprüfen, Rückmeldungen unterschiedlicher Interessenvertreter zu Ergebnissen zu erhalten und Diskussionsergebnisse für die die Schlussfolgerungen praxisnah aufzubereiten.

Transdisziplinäre Forschung zeichnet sich dadurch aus, dass sie Praxispartner in den Forschungs- und Erkenntnisprozess mit einbezieht. In MinHorLam wurde dies ausschnittartig an mehreren Stellen im Projektverlauf dadurch praktiziert, dass Workshops gestaltet wurden, die den Austausch mit Praxispartnern und deren Bewertung von Forschungsergebnissen zum Ziel hatten. Im Projekt wurden dafür drei Workshops geplant und in Kooperation der Projektpartner umgesetzt.

5.6.1.2 Vorgehensweise

Als Basis für ein adäquates Workshop-Design wurden zunächst im interdisziplinären Projektteam als Workshopziele vereinbart:

- Konkrete Rückmeldungen, insbesondere nach Interessengruppen differenzierte Wahrnehmungen und Bewertungen zu den Projektergebnissen von MHL zu erhalten,
- Möglichkeiten und Grenzen der landwirtschaftlichen Hochwasserrisiko-Prävention aus Sicht von Praxis-Akteuren zu erfassen und bei den Empfehlungen zu berücksichtigen und
- Einen methodischen Beitrag zu leisten zur Förderung der regionalen Hochwasserrisiko-Minderung im Agrarbereich.

Darauf hin wurde ein Workshop-Design entwickelt, das genügend Spielraum für eine zielgruppenspezifische Anpassung lässt (Behördenmitarbeiter/innen, Landwirte, Interessengruppenvertreter/innen etc.). Es musste einerseits dem hohen Anteil von Informationsvermittlung und (Zwischen-) Ergebnispräsentation Rechnung tragen und sollte andererseits genügend Raum für Kommentare, Fragen und Bewertung lassen. Um dies zu gewährleisten, wurden die Referenten in ihren Präsentationen zeitlich klar begrenzt. Außerdem wurde der Workshop durch eine Projektmitarbeiterin moderiert, die keinen eigenen inhaltlichen Beitrag vorstellte (Workshop-Programm s. Anlage C1). Die Teilnehmerbeiträge und Diskussionen während der Veranstaltung wurden protokolliert. Außerdem lag allen Teilnehmern ein Bewertungsbogen vor, in dem

sie jeden Beitrag und die Veranstaltung insgesamt nach mehreren Kriterien bewerten konnten. Darin wurden folgende Fragen gestellt:

- a) Wie ist die Relevanz des Themas für Ihre eigene Arbeit?
- b) Haben Sie durch den Vortrag Neues erfahren? Konnten Sie neue Erkenntnisse gewinnen?

Diese Fragen konnten in drei Stufen bewertet werden. Außerdem konnten die Teilnehmer/innen zu jedem Vortrag offene bzw. unklare Punkte und Kommentare äußern.

Zielgruppen und Dessau als Ort der ersten Veranstaltung wurden so gewählt, dass ein großer Teilnehmerkreis entsprechend der breiten Themenstellung angesprochen werden konnte: Nach Dessau eingeladen wurden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Wasser- und Landwirtschaftlichen Behörden sowie Vertreter/innen von Interessenverbänden aus diesen Bereichen im Einzugsgebiet der Elbe in den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg.

An der Veranstaltung haben 28 Teilnehmer/innen aus Behörden der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg teilgenommen. Der Bewertungsbogen wurde von 24 Teilnehmer/innen ausgefüllt.

Tab. 5-1: Übersicht der am Workshop in Dessau beteiligten Personen

	Wasserwirt. Behörden	Landwirt. Behörden	Umwelt- Behörden	Andere	Männ.	Weibl.	Gesamt
Sachsen- Anhalt	4	6	5	1	10	6	16
Brandenburg	5		2	1	6	2	8
Sachsen	1	2	1		1	3	4
Gesamt	10	8	8	2	17	11	28

Zielgruppen und Mönchengladbach als Ort der zweiten Veranstaltung wurden so gewählt, dass ein großer Teilnehmerkreis entsprechend der breiten Themenstellung angesprochen werden konnte: Nach Mönchengladbach eingeladen wurden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiterinnen von Wasser- und Landwirtschaftlichen Behörden sowie Vertreter/innen von Interessenverbänden aus diesen Bereichen im Einzugsgebiet des Niederrheins und der Rur (Eifel) im Bundesland Nordrhein-Westfalen.

Tab. 5-2: Übersicht der am Workshop in Mönchengladbach beteiligten Personen

	Wasserwirt. Behörden	Landwirt. Behörden	Umwelt- Behörden	Andere	Männ.	Weibl.	Gesamt
Anzahl	5	2		1	4	4	8

Da der Workshop nur für ein Bundesland geplant war, wurde auch eine geringere Teilnehmerzahl als in Dessau erwartet. Auf Grund von einer parallel stattfindenden Messeveranstaltung hat sich die tatsächliche Zahl der Workshop-Besucher vor allem aus dem landwirtschaftlichen Bereich reduziert. Die Runde setzte sich zusammen aus Vertreter/innen aus den obersten, mittleren und unteren Landesbehörden und aus der Landwirtschaftskammer.

Zielgruppen und Hof/ Feilitzsch als Ort der dritten Veranstaltung wurden so gewählt, dass ein großer Teilnehmerkreis entsprechend der breiten Themenstellung angesprochen werden konnte: Nach Hof/ Feilitzsch eingeladen wurden Landwirte, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiterinnen von Wasser- und Landwirtschaftlichen Behörden sowie Vertreter/innen von Interessenverbänden aus diesen Bereichen.

5.6.2 Auswertung des Workshops in Dessau

Im Anschluss an den ersten Workshop (16. Juni 2009, Dessau) fand eine erste qualitative Auswertung im Projektteam statt. Dabei wurde zunächst überwiegend Zufriedenheit mit dem Ablauf der Veranstaltung festgestellt: es war eine abwechslungsreiche Veranstaltung mit Ergebnispräsentationen und Diskussionsphasen, die Beteiligung der Workshop – Gäste war gut. Was die Inhalte betrifft, so wurde von den Veranstaltern als auffallend festgestellt, dass für die Teilnehmer bestimmte Aspekte zur Entsorgungsproblematik kontaminierter Flächen (kostenpflichtig) und zur Schadstoffverlagerungsproblematik (Rückverbringung von Verwertungsrückständen bei Grünlandnutzung) von besonderem Interesse waren.

5.6.2.1 Auswertung der Bewertungsbögen

Von den 28 Teilnehmer/inne/n am Workshop in Dessau haben 24 Personen einen schriftlichen Bewertungsbogen abgegeben. Im Folgenden werden zunächst die Kommentare, Fragen und Diskussionen zu den einzelnen Vorträgen bzw. Forschungsthemen und dann die Ergebnisse der Gesamtbewertung präsentiert (Workshop-Programm s. Anlage C1 / Kapitel 1).

5.6.2.2 Zu den drei naturwissenschaftlichen Vorträgen

Die ersten drei Vorträge hatten zum Ziel, auf der Basis der Projektergebnisse die mit der landwirtschaftlichen Landnutzung verbundenen Hochwasserrisiken zu umreißen:

- zunächst den durch die Landwirtschaft verursachten Beitrag zur Hochwasserentstehung,
- dann den von landwirtschaftlicher Landnutzung ausgehenden Einfluss auf Hochwasser in Überschwemmungsgebieten und zuletzt

- die der Landwirtschaft entstehenden Risiken durch Schadstoffe im Hochwasser (der zweite und der dritte Vortrag sind in der Tabelle unter ‚2‘ zusammengefasst).

Tab. 5-3 zeigt, dass für die meisten Teilnehmer alle drei Vorträge von mittlerer Relevanz für die eigene Arbeit waren, und für ähnlich viele durchschnittlich viel neue Erkenntnisse erbrachten. Deutlich wird, dass der erste Vortrag mit Bezug zur Hochwasserentstehung für mehr Menschen viele neue Erkenntnisse brachte, aber dass die beiden folgenden für mehr Menschen von hoher bis mittlerer Relevanz waren. Dies erklärt sich damit, dass mehr Teilnehmer/innen an dem Workshop aus Regionen mit dominierenden Überschwemmungsrisiken teilgenommen haben. Bei der Diskussion fiel auf, dass es keinerlei Fragen und Kommentare zum ersten Thema gab, während insbesondere der Problemkomplex der Schadstoffbelastung in Überschwemmungsgebieten ausführlich besprochen, aber auch Fragen zur Modellierungsmethodik aufgeworfen wurden. Als wichtiges Projektergebnis wurde aus dem Teilnehmerkreis festgehalten, „dass Ackernutzung auch auf Überschwemmungsflächen möglich sei“. Auch in den schriftlichen Anmerkungen wurde mehrfach hervorgehoben, dass eine Umstellung von Ackerland auf Grünland aus landwirtschaftlicher Perspektive keine (gute) Option darstelle. Insgesamt stellt sich die Problemsituation im Hinblick auf diese Frage eher unübersichtlich dar, der Interessenkonflikt ist deutlich und wenige Handlungsalternativen offen stehen.

Tab. 5-3: Bewertungen zu Vortrag 1 und 2

	Vortrag 1			Vortrag 2		
	sehr hoch	mittel	gering	sehr hoch	mittel	gering
	Anzahl Nennungen					
Relevanz für eigene Arbeit						
Brandenburg (n = 6)	2	3	1	1	3	2
Sachsen-Anhalt (n = 14)	2	9	2	5	9	-
Sachsen (n = 4)	-	2	2	-	3	1
Ges. (n = 24)	4	14	5	6	15	3
Gewinn neuer Erkenntnisse						
Brandenburg (n = 6)	3	2	1	1	4	1
Sachsen-Anhalt (n = 14)	5	8		3	8	3
Sachsen (n = 4)	-	4	-	1	3	-
Ges. (n = 24)	8	14	1	5	15	4
Anmerkung: Nicht jeder hat jede Frage beantwortet.						

5.6.2.3 Zu den zwei Vorträgen zu Praxisoptionen und -perspektiven

In den folgenden Vorträgen 3 und 4 (Tab. 5-4) wurden zum einen die Möglichkeiten praktischer Maßnahmen vorgestellt, die Landwirte vor allem in Hochwasserentstehungsgebieten haben, um die Infiltrationsrate des Bodens zu erhöhen und Erosionsgeschehen zu vermindern. Zum anderen wurde der Umgang mit Hochwasserrisiken sowohl in den Entstehungs- als auch in Überschwemmungsgebieten aus Sicht der Landwirte dargestellt. Wie aus Tab. 5-4 ersichtlich wird, waren für 1/3 der Befragten diese praktischen Aspekte von hoher Relevanz und für fast die gleiche Zahl auch ein hoher Erkenntnisgewinn mit dem Vortrag 3 verbunden. Auch in dem schriftlichen Format hat dieser Vortrag die meisten Kommentare und weiterführenden Fragen. Die Diskussion zu diesem Thema hob vor allem auf die Herausforderungen einer konservierenden Bodenbearbeitung ab. Im Gegensatz dazu fokussierte die Diskussion zum Vortrag 4 nur den Aspekt der Polderbewirtschaftung und vertiefte noch mal die Problematik der Schadstoffkontamination. In den schriftlichen Anmerkungen wurde die Aussagekraft der Befragung und in zwei Fällen der Nutzen der Ergebnisse hinterfragt, während ein Vertreter einer landwirtschaftlichen Behörde konstatierte, dass die Ergebnisse genau mit der eigenen Wahrnehmung übereinstimmen.

Tab. 5-4: Bewertungen zu Vortrag 3 und 4

	Vortrag 3			Vortrag 4		
	sehr hoch	mittel	gering	sehr hoch	mittel	gering
	Anzahl Nennungen					
Relevanz für eigene Arbeit	1	4	1	1	3	2
Brandenburg (n = 6)	5	6	2	3	9	2
Sachsen-Anhalt (n = 14)	2	2	-	1	3	-
Sachsen (n = 4)	8	12	3	5	15	4
Ges. (n = 24)						
Gewinn neuer Erkenntnisse	2	3		2	4	-
Brandenburg (n = 6)	3	10	1	2	8	4
Sachsen-Anhalt (n = 14)	2	1	1	1	3	-
Sachsen (n = 4)	7	14	2	5	15	4
Ges. (n = 24)	1	4	1	1	3	2

Anmerkung: Nicht jeder hat jede Frage beantwortet.

Vor diesem Hintergrund wurde von der Moderation die Frage aufgeworfen, ob die Teilnehmer/inne/n die Landwirte eher als Betroffene oder Opfer von Hochwasserereignissen ansehen oder ob sie diese als verantwortliche Akteure wahrnehmen, die einen Einfluss auf das Hochwassergeschehen nehmen. Dazu gab es differenzierte Sichtweisen: insgesamt sind die Erfahrungen in der Kooperation mit Landwirten sehr unterschiedlich. Beim Hochwasserschutz haben Landwirte einerseits oft wenig Verständnis für die Grenzen des technischen Hochwasserschutzes, andererseits lassen

sich viele Probleme vernünftig lösen, wenn man sich die Lage gemeinsam vor Ort anschaut. Es wird auch selbstkritisch angemerkt, dass manchmal zu wenig Kommunikation zwischen Landwirtschaft und Behörden stattfände und dass Unkenntnis dazu führe, dass unpassende Handlungsvorschläge gemacht würden. Dennoch gelte es auch zu bedenken, wie viel Geld für den Schutz landwirtschaftlicher Flächen in Form von Deichbau und –unterhalt aufgewendet werde.

5.6.2.4 Zu den zwei Vorträgen zur administrativen Kooperation und zur rechtlichen Lage im Hochwasserrisikomanagement

Während der fünfte Vortrag zur Lage der behördlichen Kooperation im HW-Risikomanagement als der mit der geringsten allgemeinen Relevanz und mit dem geringsten Erkenntnisgewinn eingeschätzt wurde, hatte der sechste Vortrag zu den rechtlichen Aspekte die höchste Bedeutung und brachte auch den meisten Erkenntnisgewinn (Tab. 5-5). Beide Vorträge erhielten wenig schriftliche Kommentare, im ersten Fall ging es vor allem darum, wofür diese Ergebnisse genutzt würden, im zweiten Fall wurde die Anregung gegeben, eine gute Öffentlichkeitsarbeit zu machen.

Trotz der schriftlich zurückhaltenden Bewertung war die eigentliche Diskussion zum Vortrag 5 sehr angeregt und sprach viele praktische Aspekte der Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft an. Es wurde deutlich gemacht:

- dass die konkrete Zusammenarbeit auf den unteren Entscheidungsebenen oft gut funktioniert („Nahtstelle Deichschau“),
- dass hierfür nicht nur strukturelle Voraussetzungen („eine Plattform schaffen“) erforderlich sind, sondern vor allem die persönliche Ebene („Kennen lernen ist wichtiger als Strukturen für Informationsaustausch schaffen“; ,...)
- dass die Ministerien gefordert sind, Vorgaben für die Zusammenarbeit zu machen und nach guten Lösungen zu suchen und
- dass unbedingt immer wieder an die Hochwasserprävention erinnert werden muss.

Die für die Behörden teilweise kritischen Ergebnisse aus Vortrag 5 (z. B. dass eine Kooperation vor allem informell und ad hoc stattfindet und hier Defizite wahrgenommen werden), wurden in der Runde nicht aufgegriffen. Offensichtlich war diese Runde von fachlich nahen, aber einander überwiegend fremden Behördenvertreter/innen kein geeignetes Forum, um sich frei über institutionelle Regelungen und Veränderungsoptionen auszutauschen.

Zum letzten Vortrag dominierten klar die Verständnisfragen und es wurde deutlich, dass die Teilnehmer/innen hier für sich keine Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten sehen.

Tab. 5-5: Bewertungen zu Vortrag 5 und 6

	Vortrag 5			Vortrag 6		
	sehr hoch	mittel	gering	sehr hoch	mittel	gering
	Anzahl Nennungen					
Relevanz für eigene Arbeit						
Brandenburg (n = 6)	1	2	3	3	1	
Sachsen-Anhalt (n = 14)	1	7	5	8	5	
Sachsen (n = 4)	-	3	1	3	1	-
Ges. (n = 24)	2	12	9	14	7	
Gewinn neuer Erkenntnisse						
Brandenburg (n = 6)	1	2	3		3	1
Sachsen-Anhalt (n = 14)	1	9	2	8	5	
Sachsen (n = 4)	-	2	2	3	1	-
Ges. (n = 24)	2	13	7	11	9	1

Anmerkung: Nicht jeder hat jede Frage beantwortet.

5.6.2.5 Die Gesamtbewertung

Die Abschlussdiskussion fokussierte zum einen die grundsätzliche Frage, ob und welche Rolle landwirtschaftliche Landnutzung für Hochwasserereignisse spielt. Dabei wurden unterstrichen, dass

- es wichtig ist, zwischen Hochwasserentstehungs- und Überschwemmungsgebieten zu differenzieren, da die Betroffenheit ganz unterschiedlich ist und
- die Wirkung von nichtstrukturellen Maßnahmen im Agrarbereich auf kleine und lokale Hochwasser gegeben ist.

Die schriftliche Beurteilung der Gesamtveranstaltung wurde anhand folgender Fragen durchgeführt:

1. Entsprach die Veranstaltung Ihren Erwartungen?
2. Sind Sie zufrieden mit der Veranstaltung?

16 von 23 Teilnehmern haben beiden Fragen zugestimmt, während 6 teilweise andere Inhalte erwartet hatten und eine Person deutlich andere Erwartungen hatte (Tab. 5-6). Im Hinblick auf die erste Frage kann daher auf eine gute Übereinstimmung des angekündigten Programms mit der tatsächlichen inhaltlichen Gestaltung geschlossen werden. Auch im Hinblick auf die Zufriedenheit haben die Teilnehmer überwiegend eine hohe Zustimmung geäußert und es ist sogar gelungen, die Person, die ganz andere Erwartungen hatte, zumindest teilweise zu überzeugen.

Unter den qualitativen Kommentaren im Bewertungsbogen waren sehr wenige allgemeiner Art: in einem wurde die Veranstaltungskonzeption gelobt, drei andere ba-

ten um den Zugang zu den Vorträgen. Es gab Kritik am Veranstaltungsraum (schlechte Akustik) und einen Hinweis darauf, dass das Gesamtprojekt in seiner Verschränkung nicht klar genug präsentiert wurde. Schließlich gab es die Anregung, die Projektergebnisse im Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, S-A, vorzustellen.

Tab. 5-6: Bewertungen der Gesamtveranstaltung

Bewertung der Gesamtveranstaltung	Frage 1			Frage 2		
	Ja	teilw.	kaum	ja	teilw.	kaum
	Anzahl Nennungen					
Brandenburg (n = 6)	3	2		3	2	
Sachsen-Anhalt (n = 14)	10	3	1	10	4	-
Sachsen (n = 4)	3	1	-	3	1	-
Ges. (n = 24)	16	6	1	16	7	

5.6.2.6 Schlussfolgerungen aus dem Workshop in Dessau

Durch den Workshop in Dessau wurden folgende Themen und Fragestellungen neu aufgeworfen bzw. vertieft:

- Die Schadstoffproblematik in Überschwemmungsgebieten, insbesondere die daraus entstehenden Risiken für die Landwirtschaft, ist für die Behörden an der Elbe ein aktuelles Anliegen, das noch mehr wissenschaftlicher Untersuchungen erfordert und in seiner Bedeutung wesentlich über die Arbeiten von MinHorLam hinausgeht und
- Die Kooperation mit Landwirten läuft direkt vor Ort („Deichschau“) meist ganz gut, manchmal müsste wohl auch die Kommunikation von Seiten der Behörden verbessert werden, aber eine stärkere Formalisierung wird nicht prioritär gesetzt.

Auffällig war, dass in dieser Runde wenig Interesse an Erosionsschutz und konservierender Bodenbearbeitung bestand, aber es wurde von den Teilnehmern auch deutlich darauf hingewiesen, bei der Analyse von Handlungsmöglichkeiten und Betroffenheit klar zwischen Hochwasserentstehungsgebieten und Überschwemmungsgebieten zu unterscheiden ist.

5.6.3 Auswertung des Workshops in Mönchengladbach

Die Kurzauswertung des zweiten Workshops (09.11.2009, Mönchengladbach) zeigte, dass - obwohl in kleiner Runde – ein sehr intensiver Meinungs-austausch und differenzierte Rückmeldungen zustande gekommen waren. Die Teilnehmer/innen am Workshop waren alle gut vertraut mit der Problematik und sehr interessiert an den Projektergebnissen.

5.6.3.1 Auswertung der Bewertungsbögen

Auch in Mönchengladbach wurden Bewertungsbögen für die 3 Vorträge ausgegeben. 6 von 8 Teilnehmer/innen am Workshop haben einen schriftlichen Bewertungsbogen ausgefüllt. Im Folgenden werden zunächst die Kommentare, Fragen und Diskussionen zu den einzelnen Vorträgen bzw. Forschungsthemen und dann die Ergebnisse der Gesamtbewertung präsentiert (Workshop-Programm s. Anlage C1 / Kapitel 2).

Während dieser Veranstaltung wurden insgesamt 3 Vorträge gehalten: zunächst einer zu Risikowahrnehmung und Handlungsoptionen aus landwirtschaftlicher Perspektive. Der zweite Vortrag fasste die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Untersuchungen zusammen und der dritte gab den Überblick zu Wahrnehmung und Arbeitsstand in den am Hochwasserschutz beteiligten Behörden.

Tab. 5-7: Bewertungen der einzelnen Beiträge

	Vortrag 1			Vortrag 2			Vortrag 3		
	s.h.	mi.	ger.	s.h.	mi.	ger.	s.h.	mi.	ger.
Anzahl Nennungen									
Relevanz für eigene Arbeit									
Ges. (n = 6)	2	4		2	2	2	1	3	2
Gewinn neuer Erkenntnisse									
Ges. (n = 6)	2	4		3	2	1	2	1	3
s.h. = sehr hoch mi. = mittel ger. = gering									

Wie Tab. 5-7 zeigt, wurde der erste Vortrag sowohl in seiner Relevanz als auch in seinem Neuwert am positivsten eingeschätzt. Hier konnten den mehrheitlich aus der Wasserwirtschaft stammenden Teilnehmer/innen tatsächlich neue Informationen vermittelt werden, die konkreten Bezug zum eigenen Arbeitsfeld hatten. Die Hinweise aus der Runde zeigten, dass in der Region die Überschwemmung der Flussauen, die Polderung und die Schadstoffbelastung von Flächen zentrale Themen des Hochwasserrisikomanagements sind. Für die Landwirte stellt sich das Problem, die Flächen vom Schwemmsel (= Treibgut) zu beräumen, sowie die Frage wie kontaminierte Flächen genutzt werden können, insbesondere dann, wenn gartenbauliche Flächen betroffen sind.

Auch die naturwissenschaftlich fundierten Modellrechnungen wurden größtenteils als relevant und mit einem großen Neuheitswert beurteilt. Hier gab es ein ausdrücklich anerkennendes Feedback vom Vertreter der Landwirtschaftskammer, für den die durch MinHorLam ermittelten Ergebnisse umfassend die eigenen, intuitiven Erkenntnisse bestätigten. Die anschließenden Diskussionen zeigten ferner, dass Naturschutz-Maßnahmen wie die Anpflanzung oder der Schutz von Auwäldern standortbezogen beurteilt werden müssen und nicht überall für den Hochwasserschutz sinnvoll

sind. Auch die unterschiedliche Problematik am Rhein und an der Eifel-Rur wurde deutlich: Während am Rhein die Einpolderung von Flächen vielerorts umgesetzt und auch kurzfristige Regelungen für den Umgang mit Hochwasserschäden existieren, ist das landwirtschaftliche Hochwasserrisikomanagement im Flusseinzugsgebiet der Eifel-Rur durchaus noch verbesserungsfähig. Hier müssen die Landwirte noch mehr informiert werden, wie auf den Lößboden der Eifel Erosion besser verhindert werden kann und Starkregenereignisse mit strukturellen sowie mit nicht-strukturellen Maßnahmen begegnet werden kann. Die Landwirte sind häufig schwer zu erreichen, die Struktur ist recht kleinteilig und relativ viele Landwirte wirtschaften im Nebenerwerb. Hangparallele Bewirtschaftung und konservierende Bodenbearbeitung sind noch nicht genügend bekannt. Obwohl schon gute Kooperationserfahrungen bei der Bodenordnung vorliegen, gibt es hier noch Beratungs- und Informationsbedarf.

Der dritte Vortrag zur Situation und Wahrnehmung in den Behörden wurde mit etwas weniger Relevanz bewertet und auch die Neuigkeit der Informationen als geringer. Diese Bewertung ist im Anbetracht der Zusammensetzung der Workshop-Teilnehmer nicht überraschend, da es sich ja überwiegend um ‚Behörden-Insider‘ handelte. Die Diskussion zeigte, dass die Formalisierung der Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft am Rhein relativ weit geht und auch schon eine Jahrzehnte lange Tradition hat, während am Beispiel der Eifel-Rur deutlich wird, dass sporadische Ereignisse (z. B. Sturzfluten) eher nach einer flexiblen und räumlich eingegrenzten Zusammenarbeit verlangen. Hierfür muss allerdings noch Vorarbeit geleistet werden. Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Frage, ob und wie sehr sich Flächeneigentümer bzw. Landnutzer an den Kosten von Deichbau beteiligen müssen. Hier überwog die Meinung, dass eine gewisse Eigenbeteiligung sinnvoll ist.

Die Gesamtbewertung (Tab. 5-8) zeigt eine überwiegend gute Zufriedenheit mit der Veranstaltung, auch wenn nicht alle Erwartungen erfüllt wurden.

Tab. 5-8: Bewertungen der Gesamtveranstaltung

Bewertung ges. Verantst.	Entsprach die Veranstaltung Ihren Erwartungen?			Sind Sie zufrieden mit der Veranstaltung?		
	ja	teilw.	kaum	ja	teilw.	kaum
	Anzahl Nennungen					
Ges. (n = 6)	4	2		5	1	

5.6.3.2 Schlussfolgerungen aus dem Workshop in Mönchengladbach

Durch den Workshop in Mönchengladbach wurden folgende Themen und Fragestellungen neu aufgeworfen bzw. vertieft:

- Die Schadstoffproblematik ist zwar auch hier ein Thema, aber es gibt bereits gewisse Regelungsroutinen, die von den unterschiedlichen Akteuren akzeptiert sind;
- Für die Formalisierung der Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft spielt nicht nur die Art des Hochwasserereignisses (regelmäßig und großräumig versus überraschend und lokal begrenzt) eine Rolle, sondern auch die Agrarstruktur (Betriebsgröße und Betriebsverfassung) sowie die Ausbildung und die Beratungsnähe der betroffenen Landwirte.

Die allgemeine Relevanz der Forschungsergebnisse wurde deutlich bekräftigt.

5.6.4 Auswertung des Workshops in Hof/ Feilitzsch

5.6.4.1 Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse

Die zentralen Anliegen der beteiligten Landwirte und Berater können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Kostenlose, staatliche Beratung sollte ausgebaut werden, damit innovative Verfahren wie konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat mit geringerem Risiko angewendet werden können. Derzeit ist jedoch eher eine gegenläufige Tendenz zu beobachten und Personal staatlicher Beratungseinrichtungen wird sowohl in Bayern als auch in Sachsen abgebaut. Deshalb müssen engagierte Berater einen Großteil ihrer Arbeit unentgeltlich leisten.
- Beratung darf nicht abstrakt bleiben, sondern muss einzelbetriebliche praktische Unterstützung bieten.
- Eine stärkere Integration bzw. interdisziplinäre Verknüpfung einzelner Beratungszweige (Pflanzenbau, Bodenbearbeitung, Betriebswirtschaft, Pflanzenschutz) wäre wünschenswert, weil sich Berater mit unterschiedlichen Beratungsschwerpunkten bisher häufig widersprechen. Landwirten würde bei Entscheidungsfindungsprozessen und der Lösung von Problemen effektiver weitergeholfen, wenn integrierte Beratungsleistungen angeboten werden würden, die alle betriebsrelevanten Entscheidungskriterien berücksichtigen oder Berater sich in ihren Empfehlungen zumindest untereinander abstimmen würden.
- Der Erfahrungsaustausch mit Kollegen sollte intensiviert und entsprechende Angebote ausgebaut werden – auch über Landesgrenzen hinweg. Denn insbesondere der länderübergreifende Erfahrungsaustausch wird als fruchtbar und anregend empfunden und es wurde der Wunsch geäußert z. B. Exkursionen zu erfolgreichen Praktikern in Sachsen zu organisieren. Es wurde auch großes Interesse an Folgeveranstaltungen bekundet, sowohl seitens bayrischer Landwirte als auch seitens des Vereins konservierende Bodenbearbeitung und Di-

rektsaat in Sachsen. Der Verein plant, die Initiative für die Organisation von Folgeveranstaltungen zu ergreifen.

- Ergänzend sollten auch die Bedingungen für die Anwendung innovativer Verfahren verbessert werden z. B. durch die Anpassung staatlicher Zahlungen.
- Praxisnahe Forschung, die sich in enger Zusammenarbeit mit Praktikern mit aktuellen Problemen und Fragen der Praxis (z. B. Optimierung des Zwischenfruchtanbaus, spezifische Pflanzenzucht, pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verminderung des Pflanzenschutzaufwands) befasst, würde die Anwendung konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat sehr erleichtern. Ziel sollte hierbei die gemeinsame Suche von Forschern und Praktikern nach umsetzbaren Lösungen sein.
- Wissenschaftliche Ergebnisse sollten nicht nur in englischsprachigen Fachzeitschriften veröffentlicht werden, sondern auch für Praktiker aufbereitet und leicht zugänglich bereitgestellt werden. Da die gegenwärtigen Standards zur Honorierung wissenschaftlicher Leistungen diesem Wunsch entgegenstehen, wären bis zu einer entsprechenden Anpassung verstärkt Berater in die Vermittlung von Forschungsergebnissen einzubeziehen.
- Seitens der Wasserwirtschaft und des Hochwasserrisikomanagements sind vor allem die Rahmenbedingungen für die Anwendung wasserwirtschaftlich wünschenswerter Verfahren zu verbessern. Denn die bisherigen Aktivitäten zur Umsetzung der WRRL werden eher als frustrierend denn motivierend empfunden und die Umsetzung von Maßnahmen wurde durch die Aktivitäten der Wasserwirtschaft eher erschwert als erleichtert. Deshalb wäre verstärkt ein positives, motivierendes und auf Kooperation ausgerichtete Klima anzustreben. Seitens der Landwirte besteht jedenfalls Bereitschaft und Interesse, entsprechende Verfahren anzuwenden, wenn dies die wirtschaftliche Existenz der Betriebe nicht zusätzlich gefährdet.
- Der Schaffung widerspruchsfreier Rahmenbedingungen sollte hohe Priorität eingeräumt werden. Gesellschaftliche und politische Anforderungen (Ernährungssicherheit, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Klimaschutz etc.) bzw. Anforderungen durch Behörden sollten wesentlich besser aufeinander abgestimmt werden, damit Landwirte nicht, egal wie sie ihre Flächen bewirtschaften, stets mit Kritik irgendeiner Seite rechnen müssen.
- Die aktuelle landwirtschaftliche Praxis ist nicht nur ein Ergebnis willentlicher Gestaltung durch Landwirte, sondern auch der Rahmenbedingungen unter denen Landwirte betriebliche Entscheidungen treffen müssen und können.
- Die staatliche Förderung für Maßnahmen zum Erosionsschutz und der Erhöhung des Infiltrationsvermögens von Ackerböden sollte verbessert werden. Denn derzeit sind neben Vorteilen bei den durchschnittlichen Flächen- und Betriebsgrößen auch die staatlichen Ausgleichs für die Anwendung von konser-

vierender Bodenbearbeitung und Direktsaatverfahren in Sachsen besser als in Bayern: In Sachsen werden derzeit 68 € pro Hektar für die Anwendung von Mulch- und Direktsaatverfahren bereitgestellt. In Bayern gibt es nur Ausgleichszahlungen für die Anwendung bei Mais, Rüben und Kartoffeln und die Gesamtförderung aus Agrarumweltprogrammen ist mit 36000 € gedeckelt. Eine Angleichung der bayrischen Bedingungen an jene in Sachsen würde die Anwendung konservierender Bodenbearbeitung entsprechend erleichtern.

- Das staatliche Förderungs- und Kontrollwesen sollte grundlegend reformiert werden. Es bedarf zum einen einer Vereinfachung administrativer Abläufe und zum anderen sollte auch das Vorgehen bei Kontrollen verändert werden. Denn derzeit haben viele Landwirte den Eindruck, dass ihnen betrügerische Absichten unterstellt werden und dass sie wegen formaler Fehler gegängelt werden. Es besteht durchaus die Bereitschaft, Leistungen, die staatlich honoriert werden, nachzuweisen, doch sollte der hierfür erforderliche bürokratische Aufwand deutlich vermindert werden, bzw. es sollte Unterstützung von Seiten der Behörden angeboten werden. Die bisherige Praxis der staatlichen Förderung bedingt jedoch, dass staatliche Zahlungen insgesamt sehr kritisch bewertet und eher als zwangsläufiges Übel mit extrem hohem Unsicherheitsfaktor empfunden werden, denn als Anerkennung für erbrachte Leistungen.
- Da Erzeuger- und Energiepreise in den vergangenen Jahren starken Schwankungen unterlegen waren, sollte zumindest bei staatlichen Zahlungen ein höheres Maß an Planungssicherheit angestrebt werden.

5.6.4.2 Resümee und Schlussfolgerungen aus dem Workshop in Hof/ Feilitzsch

- Die Einschätzungen der Anwendbarkeit von konservierender Bodenbearbeitung, Direktsaatverfahren oder des Anbaus von Zwischenfrüchten durch die Teilnehmer/innen des Workshops gingen nicht nur sehr weit auseinander, ähnliche Probleme wurden zum Teil sogar konträr bewertet (z. B. Steine: einzelne Landwirte berichten von deutlichen Erleichterung nach dem Verzicht auf den Pflug, andere von massiven Verschlechterungen des Problems und der Rückkehr zum Pflugeinsatz). Dies legt die Schlussfolgerung nahe, dass individuelle Unterstützung durch Berater oder erfahrene Kollegen bei der Überwindung nicht nur betriebsindividueller sondern sogar schlagspezifischer Herausforderungen sehr hilfreich und für eine nennenswerte Erhöhung des Verbreitungsgrades nicht-struktureller Maßnahmen unumgänglich ist. Ein weiterer Ausbau staatlicher Beratung wäre zur Etablierung innovativer Verfahren deshalb zielführender als der gegenwärtige Abbau.
- Aus dem großen Interesse am Erfahrungsaustausch, den positiven Rückmeldungen und dem mehrfach geäußerten Wunsch an einer Wiederholung bzw.

Fortführung des Austauschs mit z. B. Betriebsbesichtigungen kann gefolgt werden, dass Veranstaltungen, zu denen Praktiker mit unterschiedlichem Erfahrungshintergrund bei der Anwendung innovativer, Erosion und Bodenschonender Verfahren eingeladen werden, bei Landwirten guten Anklang finden. Es liegt die Schlussfolgerung nahe, dass seitens der Praktiker großes Interesse an diesen Verfahren besteht und dass häufig ungünstige Rahmenbedingungen, sowie Zweifel an der Rentabilität und dauerhaften Anwendbarkeit bzw. hohes Risiko der Anwendung der Maßnahmen entgegenstehen. Der Austausch von Kollege zu Kollege scheint jedoch Sicherheit zu vermitteln und ein effektives Mittel zur Erleichterung der Anwendung innovativer Verfahren darzustellen. Im Falle dieser Veranstaltung kam offensichtlich noch hinzu, dass es bisher kaum oder nur wenige grenzüberschreitende Veranstaltungen in Sachsen und Bayern gegeben hat.

- Neben dem mündlichen Erfahrungsaustausch bei Veranstaltungen im Winterhalbjahr dürften die Förderung des bilateralen Austauschs zwischen Praktikern und die Organisation von Betriebsbesichtigungen und Maschinenvorfürungen geeignete Instrumente sein, um die Anwendung von Maßnahmen zum Erosionsschutz und zur Verbesserung des Wasserrückhalts zu erleichtern.
- Bei Veranstaltungen sollten keine langen Frontalvorträge angesetzt werden, bei denen von Beratern oder Forschern erzählt wird, wie Ackerbau betrieben werden soll, sondern es sollte unmittelbar die Diskussion zwischen Praktikern angeregt und gefördert werden.
- Bei Veranstaltungen mit mehr als 20 - 30 Teilnehmern sollten Möglichkeiten zur Diskussion in Kleingruppen vorgesehen werden, damit sich auch Praktiker zu Wort melden können, die mit der Diskussion in großen Gruppen nicht vertraut sind.
- Das Gesprächsklima ist entscheidend! Berater, Behördenvertreter, Interessenvertreter der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes sind gut beraten, wenn sie Verständnis für die Situation der Landwirte signalisieren und gemeinsam mit ihnen nach Wegen suchen, wie Win-Win-Situationen erreicht werden können, statt, wie von einigen Landwirten wahrgenommen, zu unterstellen, dass Landwirte bewusst und absichtlich negative Effekte für Umwelt, Klima, Natur und Boden in Kauf nehmen. Jedenfalls sollte von Fall zu Fall bewertet werden, statt durch pauschale Verurteilungen die Basis für eine konstruktive Zusammenarbeit zu schmälern.
- Die Gespräche vor und während des Workshops legen die Schlussfolgerung nahe, dass viele Landwirte an innovativen Bewirtschaftungsmethoden, die zu einer Verminderung des Erosions- und Hochwasserrisikos beitragen, sehr interessiert sind. Sie scheinen auch dazu bereit zu sein, sich mit diesen Verfahren intensiv auseinander zu setzen und sie anzuwenden, wenn Bedingungen ge-

schaffen werden, die dies bei vertretbarem betrieblichem und wirtschaftlichem Risiko ermöglichen. Deshalb sind bei Aktivitäten zur Einführung dieser Maßnahmen zunächst die Bedingungen für die Anwendung aus Sicht der Landwirte zu reflektieren und bei Bedarf entsprechend zu verbessern.

6 Angaben zum Verwertungsplan

Die Aufbereitung und Verwertung der Forschungsergebnisse erfolgt differenziert gemäß Verwertungsplan im Aufstockungsantrag vom Juni 2009. Im Fokus steht dabei das Ziel, Beiträge zur Objektivierung der Wirkungen nichtstruktureller Maßnahmen im Agrarbereich hinsichtlich:

- Abfluss mindernder Potenziale in Hochwasserentstehungsgebieten
- Risiken bzw. Risikominderung in Überschwemmungsgebieten
- sowie ihrer Wahrnehmung bei Stakeholdern, Betroffenen und in der Öffentlichkeit zu leisten.

Die Ergebnisse werden (und wurden teilweise bereits) aufbereitet als

- wissenschaftliche Publikationen in peer-reviewed Journals und in Fachzeitschriften,
- populärwissenschaftliche Veröffentlichungen in Presseorganen und als Presseinformationen,
- praxisorientierte Informationsbroschüre in der Reihe DWA-Themen der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA)
- Die Publikation einer englischen Übersetzung der DWA-Themen Broschüre wird in Abhängigkeit von der Annahme der deutschen Fassung geprüft. Darüber hinaus werden Ergebnisse zu Risikomanagementoptionen der Landnutzung in Flutungspoldern in die DWA-Themen „Flutungspolder“ eingebracht.
- Kataloge von Maßnahmen, Grenzwerten und Indikatoren für die Einbeziehung bei der Erarbeitung von Hochwasserrisiko-Managementplänen (als Internetpräsentation mit Möglichkeit zum Download)
- Projekt-Website mit Projektsteckbrief, Vorträgen und Postern bei wissenschaftlichen Konferenzen sowie praxisorientierten Veranstaltungen und Workshops,
- Forschungsabschlussbericht (mit Anlagen) – Internetpräsentation, zu erreichen über Link auf Projektwebsite

Für die Rechte an der Veröffentlichung der Ergebnisse gelten die Festlegungen der zwischen den Projektpartnern geschlossenen Konsortialvereinbarung.

Die Ergebnisse werden beitragen

1. zur Objektivierung des wissenschaftlichen Disputs über Einfluss und Wirkungen nicht-struktureller Maßnahmen im Agrarbereich im Zusammenhang mit Hochwasserentstehung und Hochwasserabfluss,
2. zur aufklärenden Information der Öffentlichkeit über Verursacheranteile und Einwirkungsmöglichkeiten nicht-struktureller agrarischer Maßnahmen im Rahmen eines integrierten Hochwasserrisiko-Managements und

3. auch zur Ableitung von Förderkriterien für vorteilhafte nicht-strukturelle Maßnahmen im Agrarbereich.

Die Publikation der Abschlussergebnisse wird mit Bezug auf die CRUE-Förderinitiative und die beabsichtigte Nutzung für die Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie in deutscher und in englischer Sprache erfolgen.

Adressaten der Ergebnisse sind:

- Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; für Umwelt und Reaktorsicherheit; für Verkehr, Bauwesen und Raumordnung
- Landesministerien für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft
- Umweltbundesamt und Landesumweltämter
- Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Landentwicklung
- Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)
- Umweltausschuss des Deutschen Bundestages
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
- Deutscher Bauernverband
- BUND, NABU, Grüne Liga, Deutsche Umwelthilfe u. a. Umweltorganisationen
- Internationale Flussgebietskommissionen (IKSO; IKSE; IKSR; IKSD)
- ICID – International Commission on Irrigation and Drainage (and Flood Control)
- Consulting- und Ingenieurbüros

Verwertungsleistungen:

Bis zum Ende der Projektförderung (28. Februar 2010) sind an Verwertungsleistungen erbracht bzw. verbindlich angemeldet:

- *Forschungsabschlussbericht MinHorLam:*
 - Minderung von Hochwasserrisiken durch nicht-strukturelle Landnutzungsmaßnahmen in Abflussbildungs- und Überschwemmungsgebieten – eine transdisziplinäre Studie zur Effektivität solcher Maßnahmen – (MinHorLam); (2010).

Autoren: Quast, J., Federführung (wiss. Projektleiter)

Messal, H.; Ehlert, V. (ZALF-LWH)

Knierim, A.; Sawicka, M. (ZALF-SÖ)

Schmidt, W.; Sbjeschni, A. (LfULG)

Gottschick, M.; Ette, J.; Szerencsits, M. (Univ. HH [BIOGUM])

v. Tuempling, W.; Böhme, M.; Jaeckel A. (UFZ).

- *Wissenschaftliche und Fachpublikationen:*
 - Quast, J., Ehlert, V., Dannowski, R. (2008): The effectiveness of non-structural agricultural measures in flood risk management in both the runoff forming and inundation zones. Proceedings of 7th International Conference Environmental Engineering, 22-23. May 2008 Vilnius, Lithuania, pages 680-683.
 - Messal, H.; Ehlert, V.; Quast, J. (2009): Model design for the impact analysis of floodplain vegetation on water levels at extreme floods. Proc. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 3, 13 pages.
 - Sbjeschni, A., Schmidt, W. (2009): Model design for assessing land use impacts on surface runoff in runoff forming areas at heavy rainfalls. Proc. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 2, 8 pages.
 - Sawicka, M., Knierim, A. (2009): Agricultural flood risk management by the German administration – Results of an online survey. Proc. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 3, 7 pages.
 - Szerencsits, M., Gottschick, M. (2009): Investigation of farmers’ perception and consciousness of flood risk – Identification of barriers for the implementation of non-structural risk mitigation measures. Proc. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 3, 6 pages.
 - Quast, J.; Messal, H.; Ehlert, V.; Sbjeschni, A.; Schmidt, W. (2010): Model-based assessment of land use impacts on runoff and inundation caused by flood events. Irrigation and Drainage, Wiley-Blackwell; (in review).

- DWA-Themen (2010): Minderung von Hochwasserrisiken durch nicht-strukturelle Landnutzungsmaßnahmen in Abflussbildungs- und Überschwemmungsgebieten. (vertraglich vereinbart).
Autoren: Quast, J.; Böhme, M.; Ehlert, V.; Ette, J.; Gottschick, M.; Knierim, A.; Messal, H.; Sawicka, M.; Sbjeschni, A.; Schmidt, W.; Szerencsits, M.; v. Tuempling, W..
- *Vorträge auf wissenschaftlichen Konferenzen und Fachtagungen:*
 - The effectiveness of non-structural agricultural measures in flood risk management in both the runoff forming and inundation zones. 7th International Conference Environmental Engineering, 22-23 May 2008, Vilnius, Lithuania.
Autoren: Quast, J., Ehlert, V., Dannowski, R..
 - Vereinfachter Ansatz zur Wasserstands- und Abflussberechnung bei Hochwasser in schematisierten Fließquerschnitten für verschiedene Landnutzungsvarianten. Tag der Hydrologie, Kiel, Deutschland, 26.-27. März 2009, Postersession.
Autoren: Messal, H.; Ehlert, V.; Quast, J..
 - Model design for the impact analysis of floodplain vegetation on water levels at extreme floods. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009.
Autoren: Messal, H.; Ehlert, V.; Quast, J..
 - Model design for assessing land use impacts on surface runoff in runoff forming areas at heavy rainfalls. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009.
Autoren: Sbjeschni, A., Schmidt, W..
 - Agricultural flood risk management by the German administration – Results of an online survey. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009.
Autoren: Sawicka, M., Knierim, A..
 - Investigation of farmers’ perception and consciousness of flood risk – Identification of barriers for the implementation of non-structural risk mitigation measures. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009.
Autoren: Szerencsits, M., Gottschick, M..

- *Eigene Veranstaltungen und Workshops:*
 - MinHorLam-Projekt-Workshop mit Teilnehmern aus Großbritannien und Österreich, Müncheberg, Deutschland, 16. Februar 2009.
 - Workshop „Hochwasserrisiko-Management im Agrarbereich“, Dessau, Deutschland, 16. Juni 2009.
 - Workshop „Hochwasserrisiko-Management im Agrarbereich“, Mönchengladbach-Rheydt, Deutschland, 09. November 2009.
 - Workshop „Konservierende Bodenbearbeitung und Erosionsschutz in der Praxis – Vorteile, Herausforderungen und Probleme bei der Anwendung“, Hof/ Feilitzsch, Deutschland, 26. November 2009.
- *Internetauftritt, Pressemitteilungen und populärwissenschaftliche Artikel:*
 - MinHorLam-Internetseite: <http://www.minhorlam.de/>
Autoren: Quast, J.; Böhme, M.; Ehlert, V.; Ette, J.; Gottschick, M.;
 Jaeckel A.; Knierim, A.; Messal, H.; Sawicka, M.;
 Sbjeschni, A.; Schmidt, W.; Szerencsits, M.; v. Tuempling, W.

7 Schlussfolgerungen für weiterführende Arbeiten

Die mit dem Projekt MinHorLam erzielten Ergebnisse sind hinreichend für den angestrebten Erkenntniszuwachs und die vorstehend in Abschnitt 6, 2. Absatz, genannten Beiträge zum Verwertungsplan. Sinnvolle weiterführende Arbeiten werden hinsichtlich einer wissenschaftlichen Begleitung der Implementierung der Ergebnisse in konkrete Hochwasserrisiko-Managementpläne und in Umsetzungsaktivitäten zur EU-Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement gesehen (einschließlich Erfolgskontrollen).

Interessante wissenschaftliche Fragestellungen gibt es zweifellos auch weiterhin für hydrologische und hydraulische Spezifizierungen und auch hinsichtlich sozialwissenschaftlicher Betroffenheitsanalysen sowohl für Hochwasserentstehungs- als auch für Überschwemmungsgebiete. Hier wird ein Tätigkeitsfeld für wissenschaftliche Qualifizierungsprojekte (z. B. Promotionsarbeiten) gesehen.

Literaturverzeichnis

a) Literaturverzeichnis der hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Untersuchungen (AP1 und AP2)

(Dieses Verzeichnis enthält die Angaben des Hauptberichtes und der einzelnen Berichtsanlagen)

- Adams, W.A. (1973): The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. *J. Soil Sci.* 24, P. 10-17
- Ad-hoc-AG Boden (2003): Ermittlung des Erosionswiderstands der Bodenoberfläche. Verknüpfungsregel 5.20. Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der BGR., Hannover
- Ad-hoc-AG Boden (2006): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5th revised edn. Verlag E. Schweizerbart, Hannover
- AG Boden (Arbeitsgemeinschaft der Geologischen Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland) (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 4. Auflage, 353 S.
- Akkermann M. (2004): Beurteilung des Einflusses einer angepassten Ackernutzung auf den Hochwasserabfluss. Dissertation, Fachbereich Geowissenschaften und Geographie, Universität Hannover
- Anderson, B.G., Rutherford, I.D. und Western, A.W. (2006): An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves. *Environmental Modelling & Software*, Volume 21, Issue 9, Pages 1290-1296
- Arcement, G. J. und Schneider, V.R. (1989): Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels und flood plains. United States Geological Survey Water-Supply Paper 2339
- Auerswald, K. (1998): Bodenerosion durch Wasser. In Richter, G. (Hrsg.): Analyse und Bilanz eines Umweltproblems, 33-42, Darmstadt
- Badoux, A.; Hegg, C.; Lüscher, P. u. Witzig, J. (2004): Zur Schutzwirkung des Waldes gegen Hochwasser. *Forum für Wissen*, S. 15-20
- Bartels, H., Dietze, B., Malitz, G., Albrecht, F., Guttenberger, J. (2005): KOSTRA-DWD-2000 Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000). Fortschreibungsbericht. Offenbach am Main
- Barth, J.A.C. Grathwohl, P., Fowler, H., Bellin, A., Gerzabek, M.H., Lair, G., Barcelo, D., Petrovic, M., Navarro, A., Négrel, P., Darmendrail, D., Rijnaarts, H., Langenhoff, A., de Weert, J., Slob, A., Frank, E., Gutierrez, A., Kretzschmar, R., Gocht, T., Steidle, D., Garrido, F., Jones, K.C., Meijer, S., Moeckel, C., Marsman, A., Klaber, G., Vogel, T., Bürger, C., Kolditz, O., Broers, H.P., Baran, N., Joziassé, J., v. Tümpling, W., Van Gaans, P., Merly, C., Chapman, A., Brouyere, S., Batlle Aguilar, J., Orban, P. (2009): Mobility, turnover and storage of pollutants in soils, sediments and waters: achievements and results by the EU project AquaTerra. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29 (2009), 161-173

- Barth, J.A.C., Steidle, D., Kuntz, D., von Tümpling, W., Lobe, I., Mouvet, C., Langenhoff, A., Albrechtsen, H-J., Morasch, B., Hunkeler, D., Slobodnik, J., Grathwohl, P. (2007): Deposition, Persistence and Turnover of Pollutants: First Results from the EU Project AquaTerra for selected River Basins. *Science of total environment*. 376 (2007), 40-50
- Baumert, H.Z. (2008): Persönliche Information
- Bay. MfUGW – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2008): Nachhaltige Vorlandbewirtschaftung – Leitfaden. Vortrag beim Seminar „Auswirkungen der Vorland-, Flusssufer- und Flussgestaltung auf die Hochwassersituation“. Düsseldorf, 16.09.2008
- BCC - Brisbane City Council (2003): Natural Channel Design Guidelines. Brisbane, Australia
- Beasley, R.S. (1976): Contribution of subsurface flow from the upper slopes of a forested watershed to channel flow. *Soil Science of America Journal*, 40, 955-957
- Belz, J. U. P. Burek, H. Matthäus, B. Rudolf, S. Vollmer, W. Wiechmann (2006): Das Hochwasser der Elbe im Frühjahr 2006. BfG-Bericht 1514. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Beven, K. (1984): Infiltration into a class of vertically non – uniform soils. *Hydrol. Sci. J.* 29: 425-434
- Beven, K. (1991): Scale consideration. In Bowles, D. S. & O`Connell, P. E. *Recent advances in modelling of hydrologic systems*. Kluwer Academic Publishers, S. 357 – 371, Dordrecht
- Beven, K. and Germann, P. (1982): Macropores and Water Flow in Soils. *Water Resources Research* (18), S. 1311- 1325
- BfN – Bundsamt für Naturschutz (2009): Datensatz zur Flächennutzung in rezenten Flussauen (unveröffentlicht) aus dem BfN F+E-Vorhaben „Bilanzierung der Auen und Überschwemmungsgebiete an Flüssen in Deutschland“
- Billen, N. u. Aurbacher, J. (2007): Landwirtschaftlicher Hochwasserschutz. Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim
- Blaise, C., Gagné, F., Chèvre, N., Harwood, M., Lee, K., Lappalainen, J., Chial, B., Persoone G., Doe K. (2004): Toxicity assessment of oil-contaminated freshwater sediments. *Environmental Toxicology and Water Quality* Volume 19 Issue 4, Pages 267 – 273
- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2005): Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen der ERA-NET CRUE Förderinitiative zur Forschung im Bereich des Hochwasserrisikomanagements, Ausschreibung für Verbundforschungsprojekte auf dem Gebiet „Risikobewertung und Risikomanagement: Wirksamkeit und Effizienz von nicht technischen Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements“ vom 28.November 2005, Berlin
- BMUNR - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004): „Hochwasser und Landwirtschaft“ - Hintergrundpapier vom 4. Mai 2004
- Boardman, J. and Favis-Mortlock, D. (1998): Modeling soil erosion by water, NATO ASI series: Ser.I, Global environmental change; Vol. 55, New York
- Bollrich, G. und Preißler, G. (1992): Technische Hydromechanik, Band 1, 3rd edition, Verlag für Bauwesen GmbH, Berlin

- Bosch und Partner GmbH (2000): Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum – Landschaftsökologische Aspekte, Endbericht, Arbeitsgemeinschaft Bosch und Partner GmbH
- Brack, W., Bláha, L.k, Giesy, J. P., Grote, M., Moeder, M., Schrader, S., Hecker, M. (2008): Polychlorinated naphthalenes and other dioxin-like compounds in Elbe River sediments. *Environmental toxicology and chemistry* 27(3):519-28
- Bronstert, A.; Bárdossy, A.; Bismuth, C.; Buiteveld, H.; Disse, M.; Engel, H. & Fritsch, U. (2007): Multi-Scale Modelling of Land-Use Change and River Training Effects on Floods in the Rhine Basin in: *River Research and Applications* 23: S. 1102-1125
- Bronstert, A., Katzenmaier, D., Fritsch, U. (2001): Quantifizierung des Einflusses der Landnutzung und –bedeckung auf den Hochwasserabfluss in Flussgebieten. UBA-Projektbericht 297 24 508, Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam
- Brooks, R.H. and Corey, A. T. (1964): Hydraulic properties of porous media. *Hydrol. Pap. 3*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
- Büttner, O., Otte-Witte, K., Krüger, F., Meon, G. und Rode, M. (2006): Numerical modelling of floodplain hydraulics and suspended sediment transport and deposition at the event scale in the middle river Elbe, Germany. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 34, 265–278
- Bultot, F., Dupriez, G.L. & Gellens, D., (1990): Simulation of land use changes and impacts on the water balance - a case study for Belgium. *Journal of Hydrology* 114, 327–348
- Castro, D.; Einfalt, T.; Frerichs, S.; Friedeheim, K.; Hatzfeld, F.; Kubik, A.; Mittelstädt, R.; Müller, M.; Seltmann, J.; Wagner, A. (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Schlussbericht zum BMBF RIMAX-Projekt URBAS. Aachen
- Chervet, A.; Maurer-Troxler, C. u. Sturny; W. G. (2000): Lassen Sie die Regenwürmer ruhig pflügen. Vier „unterirdische Großvieheinheiten“ pro Hektar. *Landwirtschaft ohne Pflug*. Heft 1/2000, S. 9- 11
- Chu, X. and Marino, M. (2005): Determination of ponding condition and infiltration into layered soils under unsteady rainfall. *J. Hydrol.* 313: 195-207
- Chu, X. and Marino, M. (2006): Simulation of Infiltration and Surface Runoff – A Windows-Based Hydrologic Modeling System HYDROL-INF. *Proceedings of the 2006 World environmental and water resources congress, ASCE*
- Chung, J.B., Kimc, S.H., Jeong, B.R., Lee, Y.D. (2004): Removal of Organic Matter and Nitrogen from River Water in a Model Floodplain. *J. Environ. Qual.* 33:1017-1023
- Citeau, J.M. (2003): A New Flood Control Concept in the Oise Catchment Area: Definition and Assessment of Flood Compatible Agricultural Activities. *Proceedings of FIG Working Week 2003. Fédération Internationale des Géomètres, Paris, F*
- Cotton, J. A., Wharton, G. et al. (2006): The effects of seasonal changes to in-stream vegetation cover on patterns of flow and accumulation of sediment. *Geomorphology* 77: 320–334
- Cowan, W. L. (1956): Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, Vol. 37, No. 7, pp. 473-475. In: LfU-BW, 2002

- Dabral, S.; Cohen, M. (2001): ANSWERS-2000 – Simulation of small Agricultural Watersheds, Project Report 1 – Technical Documentation, Virginia, USA
- Del'Arco, J.P., De Franca F.P. (2001): Influence of oil contamination levels on hydrocarbon biodegradation in sandy sediment. Environmental pollution. 2001, vol. 112, 3, 515-519
- Delvigne, G. A. L. (2002): Physical Appearance of Oil in Oil-Contaminated Sediment Spill Science & Technology Bulletin Volume 8, Issue 1, Pages 55-63
- Desbos, E. (1997): Qualifying land vulnerability to flooding. Post-graduate studies memorandum – CEMAGREF Lyon –INSA Lyon – September 1995, completed in 1997.; zit. In Citeau, Jean-Michel. 2003. A New Flood Control Concept in the Oise Catchment Area: Definition and Assessment of Flood Compatible Agricultural Activities. FIG Working Week 2003, Paris, France
- Deutscher Bundestag (2004):
http://www.bundestag.de/ausschuesse/archiv15/a15/a15_anhoerungen/06_Hochwasser/09_prot.pdf
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2002): Starkniederschläge in Sachsen im August 2002. Eine meteorologisch- synoptische und klimatologische Beschreibung des Auguthochwassers im Elbegebiet. Offenbach
- Dietrich, R. A. (2005): Zweidimensionale nichtlineare Finite-Element-Analysen bei tiefenintegrierter Strömung zur Beurteilung des Fließverhaltens der Elbe bei Hochwasser unter Berücksichtigung der Verbuschung in den Deichvorländern. Basis der Analysen ist der Elbeabschnitt von Elbe-km 536,240 (Neu Darchau) bis Elbe-km 538,240. IBSNM-Bericht 05/V/B03.3, Stand: Dezember 2005.
<http://www.rudolf-adolf-dietrich.de/IN007/B-05.pdf>
- Dietrich, R. A. (2007): Fließverhalten der Elbe bei Hochwasser unter Berücksichtigung der Verbuschung, Wasser und Abfall, Heft 12, 2007, Seite 20 – 24
- Dietrich, R. A. (2008): Einfluss lokaler Querverbuschungen im Deichvorland auf das Fließverhalten der Elbe bei Hochwasser. IBSNM, Ingenieur-Büro für Systemanalyse und Numerische Modellierung, Hohnstorf/Elbe
- Dikau, R. (1986): Experimentelle Untersuchungen zu Oberflächenabfluss und Bodenabtrag von Messparzellen und landwirtschaftlichen Nutzflächen. Heidelberger Geographische Arbeiten, Heft 81
- Dittrich A., Aberle J. (2007): Widerstandsverhalten natürlicher Vegetation. Hydraulisch-sedimentologische Berechnungen naturnah gestalteter Fließgewässer. Seminar des Leichtweiß-Institutes für Wasserbau am 9. November 2007, Braunschweig
- Dunn, G.H. u. Phillips, R.E. (1991): Macroporosity of a well- Drained Soil under No-Till and Conventional Tillage. Soil Science Society of America Journal (55); S. 817- 823
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2009): Persönliche Information
- Ebner, K.-H. u. Kleinert. E. (2007): Hochwasserschutz durch Vorlandmanagement – Vorlandmanagementkonzept an der Donau zwischen Straubing und Vilshofen. In die Flußmeister 2007, 47-52
- Edwards, W. M.; Norton, L.D. u. Redmond, C.E. (1988): Division S-6-Soil and water Management and conservation. Characterizing Macropores that Affect Infiltration into Nontilled. Soil Science Society of America Journal (52); pp. 483- 487

- Ehlers, W. (1975): Observations on Earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science* (119), pp. 242- 249
- Elsässer, M., Nußbaum, H., Ehrmann, O., Feldwisch, N. (2004): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte. Aulendorf/Bergisch Gladbach. (=Bericht LABO-Projekt B 4.03)
- Eriksen-Hamel, N. S.; Speratti, A. B.; Whalen, J. K.; Legere, A. u. Madramootoo, C. A. (2009): Earthworm populations and growth rates related to long-term crop residue and tillage management. *Soil and Tillage Research* (104), S. 311- 316
- Ewertowski, R. (1998): Unsteady flow modelling in the lower Odra river network including atmospheric pressure and wind forces, Second Study Conference on BALTEX, Rügen, Germany, 25-29 May 1998, Conference Proceedings, pp. 45
- Ewertowski, R. (2003): Persönliche Information
- Ewertowski, R. (2008): Persönliche Information
- Ewertowski, R. (2010): Persönliche Information
- Fabis, J. (1995): Retentionsleistung von Uferstreifen im Mittelgebirgsraum. *Boden und Landschaft. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie*, Bd. 2. Gießen: Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung
- Feger, K.-H., Seegert, J., Armbruster, M. (2002): Modellgestützte Abflussprognosen für bewaldete Einzugsgebiete im Osterzgebirge – Möglichkeiten und Grenzen waldbaulicher Szenarien. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. 20. Osnabrücker Umweltgespräch "Vorsorgender Hochwasserschutz", 42 – 59, Osnabrück
- Feyen, H. (1998): Identification of Runoff Processes in Catchments with a Small Scale Topography. Dissertation ETH Zürich, No. 12868
- Fisher, K.R. und Dawson, H. (2003): Reducing uncertainty in river flood conveyance - roughness review. DEFRA/Environment Agency, Project W5A – 57
- Flachowsky, G. (Hrsg.) (2006): Möglichkeiten der Dekontamination von „Unerwünschten Stoffen nach Anlage 5 der Futtermittelverordnung (2006)". Braunschweig. (= Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 294)
- Flanagan, D.C. and Nearing, M.A. (1995): USDA – Water Erosion Prediction Project (WEPP) Hillslope Profile and Watershed Model Documentation NSERL Report No. 10, USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, USA
- Flerchinger, G. N.; Walts, F. J.; Bloomsburg, G. L. (1988): Explicit solution to Green-Ampt equation for nonuniform soils. *J. Irrig. Drain. Eng.*, Vol.114, No. 3: 561-565
- Fohrer, N.; Haverkamp, S.; Eckhardt, K. & Frede, H.-G. (2001): Hydrologic Response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B*, Vol. 26, Issues 7-8, 577-582
- Franzluebbers, A. J. (2002): Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research* (66); 197- 205
- Frede, H. G.; Beisecker, R. u. Gäth, S. (1994): Long- term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* (157), S. 197-203
- Freistaat Sachsen (2004): Sächsisches Wassergesetz

- Geognostics (2006): Benutzerhandbuch für Erosion 3D Ver. 3.15; Dproc Ver. 1.80 und das Infiltrationsmodell Ver. 1.1
- GfRS Gesellschaft für Ressourcenschutz mbH (2006): Leitfaden „Umweltschadstoffe in der Landbau-Praxis“. Göttingen/Karlsruhe
- Ghadiri, H. u. Payne, D. (1981): Raindrop impact stress. *Journal of Soil Science* (32), S. 41- 49
- Godina, R., Lalk, P., Lorenz, P., Müller, G., Welguni, V. (2002): Hochwasserereignisse im August 2002 – Hydrologische Analyse. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Abteilung VII/3 Wasserhaushalt. Wien
- Graf, D. (1984): Ökonomie und Ökologie der Naturnutzung. Ausgewählte Probleme. Jena: Gustav Fischer
- Green, W.A. and Ampt, G.A. (1911): Studies on soil physics I. The flow of air and water through soils. *J. of Agr. Sci.* 4: 1-24
- Haber, W. (1993): Wege zur umweltverträglichen Landnutzung in den neuen Bundesländern. *Deutscher Rat für Landschaftspflege* 63, 5-23, Meckenheim
- Habersack, H. und Moser, A. (Hrsg.) (2003): Räumliche Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten
- Habersack, H., Moser, A. (Hg.) (2003): Plattform Hochwasser. Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002. Zentrum für Naturgefahren und Risikomanagement (ZENAR), Universität für Bodenkultur, Wien, http://zenar.boku.ac.at/PDF-Files/Hochwasser_2002_Gesamt.PDF
- Hach, G., W. Höttl (1989): Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserrückhalte-, Wasserreinhalte- und Speicherfähigkeit in der Landschaft. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey 30: 8-21
- Hachum, A.Y. and Alfaro, J.F. (1980): Rain infiltration into layered soils: prediction. *J. Irrig. Drain. Div.* 106: 311-319
- Hachum, A.Y. und Alfaro, J.F. (1980): Rain infiltration into layered soils: prediction. *J. Irrig. Drain. Div.* 106: S. 311-319
- Haimerl, G. u. Ebner. K.-H. (2006): Hochwasserschutz durch Vorlandmanagement – Untersuchungen an der Donau bei Straubing. *Wasserwirtschaft* 96, H.3, S. 17-21
- Hartlieb, A. (2006): Modellversuche zur Rauheit durch- bzw. überströmter Maisfelder, *Wasserwirtschaft*, 96. Jahrgang, Ausgabe 3/2006, S. 38-40
- Heisler, C.; Rogasik, H.; Brunotte, J. u. Joschko, M. (1998): Konservierende Bodenbearbeitung und biologische Aktivität. *Landbauforschung Völkenrode*, Heft 4/1999; S. 199- 212
- Herrmann, S. (1995): Quantifizierung von Nährstoffträgen in Kleinstrukturen einer Löss-Agrarlandschaft. Methodik und Anwendung eines modellanalytischen Ansatzes. *Europ. Hochschulschriften Reihe XLII Ökologie, Umwelt und Landespflege*, Bd. 20. 239 S., Diss. Univ. Hohenheim, Peter Lang, Frankfurt (Main)
- HGN - Hydrogeologie GmbH Nordhausen (1999): Retentionskataster Hessen: Die niederschlagsgebietsweise Erfassung der natürlichen Retentionsräume in Hessen

- HGN - Hydrogeologie GmbH Nordhausen (2006): Ermittlung von Überschwemmungsgrenzen an der Wabe/ Mittelriede (A39 bis Einmündung in die Schunter). Bericht für den NLWKN, Betriebsstelle Süd
- Hiller, A. (2007): Bodenerosion durch Wasser. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Münster
- HLUG - Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2009a): Kataster der vorhandenen und potentiellen Retentionsräume
<http://www.hlug.de/medien/wasser/rkh/kataster.htm>
- HLUG - Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2009b): Kataster vorhandener Retentionsräume Land Hessen.
<http://www.hlug.de/medien/wasser/rkh/retkat.php>
http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/images_pdf/858_inh.pdf
<http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/Salfaweb/salfaweb-nt/berichte/saechsWG/saechswassges-Contents.html>
- Huber, B., Winterhalter, G., Mallen, H.P., Hartmann, G., Gerl, K., Auerswald, E., Priesack, K.-P. (2005): Wasserflüsse und wassergetragene Stoffflüsse in Agrarökosystemen. In: Osinski, E., A. Meyer-Aurich, B. Huber, I. Rühling, G. Gerl und P. Schröder (Hrsg.): Landwirtschaft und Umwelt – ein Spannungsfeld. Ergebnisse des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM). 57-98, oekom Verlag, München
- Hundecha, Y. & Bárdossy, A. (2004): Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model Journal of Hydrology, 292(1-4), pp. 281-295
- Huthoff, F., Augustin, D. (2004): Sensitivity analysis of floodplain roughness; in 1D flow. In Liang, Phoon und Babovic (eds.) (2004): Proceedings of the 6th International Conference on Hydroinformatics. World Scientific Publishing Company, ISBN 981-238-787-0
- IKSE (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg
- IKSE (2007): Hydrologische Auswertung des Frühjahrshochwassers 2006 im Einzugsgebiet der Elbe. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg
- IKSO - Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung (Hrsg.) (1999): Odereinzugsgebiet – Das Hochwasser 1997. Wrocław
- Jaeckel, A. (2009): Finanzielle Auswirkungen von Schadstoffakkumulationen, verursacht durch Hochwasser, in ländlichen Überschwemmungsgebieten im Einzugsgebiet der Mulde. Masterarbeit Hochschule Magdeburg-Stendal, Fachbereich Wasser- und Kreislaufwirtschaft, Studiengang Ingenieurökologie, 109 S.
- Kalbitz, K., Wennrich, R. (1998): Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland soils and its dependence on dissolved organic matter Volume 209, Issue 1, Pages 27-39
- Kanonier J (Hrsg.) (2005): Das Starkregen- und Hochwasserereignis des August 2005 in Vorarlberg. Amt der Vorarlberger Landesregierung u. Landesvermessungsamt Feldkirch
- Kaule, G. (1985): Anforderungen an Größe und Verteilung ökologischer Zellen in der Agrarlandschaft. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 26: 202-207

- Keller, T. (2006): Vergleich unterschiedlicher, landwirtschaftlicher Bearbeitungsverfahren hinsichtlich der Akkumulation von Humus, organischem Kohlenstoff und Gesamtstickstoff innerhalb der Ackerkrume, nach langjähriger differenzierter Bewirtschaftung. Diplomarbeit, Institut für Geographie; Uni Leipzig
- Kladivko, E. J. (2001): Tillage systems and soil ecology. *Soil and tillage research* (61), S. 61-76
- Klaghofer, E. (1985): Über den Einfluss landwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Oberflächenabfluss und den Bodenabtrag. Tagungspublikation: Internationales Symposium Interpraevent 1988 – Graz (2), S. 49- 59
- Klaghofer, E. (2003): Hochwasser und Landnutzung. Schriftenreihe des BAW, V 275, 19, 60-69)
- Klose, R., Rank, G., Marx, V. (2006): Auenböden der Vereinigten Mulde. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Schriftenreihe, Heft 2/2006. ISSN: 1861-5988
- Knauer, N. (1993): Ökologie und Landwirtschaft: Stuttgart. Ulmer. ISBN: 3-8001-4094-2
- Knauer, N., Ü. Mader (1989): Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein. Teil 1: Filterung von Stickstoff und Phosphor. *Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung* 30 (6), 365-376
- Knolle, F. (1989): Harzbürtige Schwermetallkontaminationen in den Flußgebieten von Oker, Innerste, Leine und Aller.- *Beitr. Naturk. Niedersachs.* 42(2):53-60
- Koenzen, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland. Typologie und Leitbilder. Ergebnisse des F+E-Vorhabens "Typologie und Leitbildentwicklung für Flussauen in der Bundesrepublik Deutschland" des Bundesamtes für Naturschutz FKZ 803 82 100. BfN Angewandte Landschaftsökologie, Heft 65, 2005 , 327 Seiten
- Konold, W. (2006): Inwieweit trägt eine angepasste Landnutzung zum Hochwasserschutz bei? *LWF Wissen* 55, 17-23
- Kramer, K; B.S.J. Nijhof; S. Vreugdenhil; D.C. van der Werf; I. van den Wyngaert; J. Armbruster; V. Späth; D. Siepman-Schinker (2006): Effects of flooding on germination, establishment and survival of woody species - A field and modeling study on the floodplains of the river Rhine. *Alterra-Rapport* 1345, Wageningen NL
- Krüger, F., Grongroft, A. (2003): The Difficult Assessment of Heavy Metal Contamination of Soils and Plants in Elbe River. - *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 31 4–5, 436–443
- Krüger, F., Meissner, R., Grongroft, A. (2005): Flood induced heavy metal and arsenic contamination of Elbe River floodplain soils. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33, 5, 455-465
- KTBL (1988): Definition und Einordnung von Bodenbearbeitungsverfahren. *KTBL-Arbeitsblatt* 236. Darmstadt: KTBL, 1988
- Kühne, Ch; Bartsch, N. (2006): Verjüngung der Stieleiche am Oberrhein zwischen Speyer und Hagenbach. *WSG Baden-Württemberg* 10, 75-84
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1993): Arbeitsblatt „Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung“ , *KTBL- Schr. – Vertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster- Hilstrup*

- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Schlussfolgerungen für eine gute fachliche Praxis. KTBL-Schr. – Vertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster- Hilstrup
- Lair, G.J., Graf, M., Zehetner, F., Gerzabek, M.H. (2008): Distribution of cadmium among geochemical fractions in floodplain soils of progressing development. Environmental Pollution Volume 156, Issue 1, Pages 207-214
- Lal, R. (2006): Encyclopedia of Soil Science, The Ohio State University Columbus, Ohio, USA
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (2001): Hochwasserrückhalt – Schonende Bewirtschaftung von sensiblen Niederschlagsflächen und Bachauen (Hrsg.: Min. f. Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz), Eigenvlg., 36 S.
- Landtag Rheinland-Pfalz (2005): Antwort des Ministeriums für Umwelt und Forsten auf die Große Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Drucksache 14/4233. <http://www.landtag.rlp.de/landtag/drucksachen/4233-14.pdf>
- LAWA - Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2005): Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags (PEN) – Abschlußbericht des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Hannover
- Leeds, R., Brown, L.C.; Sulc, M.R.; Van Lieshout, L. (1999): Vegetative Filter Strips: Application, installation and maintenance. Factsheet: http://ohioline.ag.ohio-state.edu/aex_fact/0467.htm . Woody
- LfL (Hrsg.) (2007): Hochwasserschutz an der Mulde. Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Heft 35
- LfU-BW - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2002): Hydraulik naturnaher Fließgewässer, Teil 2 – Neue Berechnungsverfahren für naturnahe Gewässerstrukturen. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 75. Karlsruhe
- LfU-BY Bayerisches Landesamt für Umwelt (2006): August-Hochwasser 2005 in Südbayern, Endbericht Hochwasser August 2005 http://www.hnd.bayern.de/ereignisse/hw220805/hw200508_endbericht.pdf
- LfU-BY Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007): Hochwasser August 2005, Gewässerkundlicher Bericht http://www.hnd.bayern.de/ereignisse/hw220805/Gewaesserkundl_Bericht_HW200508.pdf
- LfUG - Sächsisches Landesamt für Umwelt Und Geologie (2006): Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Bodenschutzrechtes in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten. Dresden. (=Materialien Bodenschutz)
- LfUG - Sächsisches Landesamt für Umwelt Und Geologie (2007): Bodenatlas des Freistaates Sachsen im Übersichtsmaßstab 1: 200.000
- LfW-BY - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2003): Hochwasser Mai 1999, Gewässerkundliche Beschreibung
- LfW-BY - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Einfluss von Maßnahmen der Gewässerentwicklung auf den Hochwasserabfluss. Materialien Nr. 122
- LfW-RP - Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1999): Hochwasser im Rheingebiet - Februar/März und Mai 1999. LfW-Bericht Nr. 212/99

- LHW-ST - Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (2007): Hochwasserereignis vom September/ Oktober 2007
- Lindenschmidt, K. E., Baborowski, M. (2009): Environmental risk of dissolved oxygen depletion of diverted flood waters in river polder systems – A quasi-2D flood modelling approach. *Science of The Total Environment* Volume 407, 5, 1598-1612
- Lins, A. (1999): Untersuchungen zur Abflussbildung an landwirtschaftlichen Hangflächen des Bitburger Gutlandes und deren Hochwasserrelevanz. Diplomarbeit. Universität Trier
- LUA-NRW - Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2006): Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Veränderungen in der Landwirtschaft. Essen. (= LUA-Merkblatt 55)
- LUA-NRW - Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2003): Vegetationskundliche Leitbilder und Referenzabschnitte für die Ufer- und Auenvegetation des Rheins in Nordrhein-Westfalen. LUA Merkblätter Bd.-Nr. 40. Essen
- Lütke-Entrup, N. u. Müller, I. (2004): Demonstrationsvorhaben zu Erosionsschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft – Messung zur Wirksamkeit der Abtragsminderungsmaßnahmen. Abschlussbericht, FH Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest
- LUWG-RP - Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (2007): Hochwasser im Rheingebiet – August 2007, Kurzbericht
- Macher, Ch. (2008): Wenn Bäumen das Wasser bis zum Hals steht. *LWF aktuell* 66 / 2008, 26 – 29
- Maidment, D.R. (1993): *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, Inc., New York
- Mailänder, R. A., Hämmann, M. (2005): *HANDBUCH: Gefährdungsabschätzung und Maßnahmen bei schadstoffbelasteten Böden. Gefährdungsabschätzung Boden. Reihe Vollzug Umwelt*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL, Bern
- Mayer, A., Stroblmair, J., Tusini, E. (2003): Extreme Wetterereignisse – Auswirkungen und Auswege für betroffene österreichische Wirtschaftssektoren. Human Dimensions Program Austria, StartClim-Workshop, 11. und 12. September 2003, Graz, Österreich
- McCuen, R.H., Wong, S.L., Rawls, W.J. (1984): Estimating urban time of concentration. *J. Hydr. Eng.* 110(7): 887-904
- Messal, H.; Ehlert, V.; Quast, J. (2009): Model design for the impact analysis of floodplain vegetation on water levels at extreme floods. Proc. ICID 23rd European Regional Conference “Progress in managing Water for food and rural development“, Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 3, 13 pages
- Messal, H. & Mengelkamp, H.-T. (2006). Inundation of the Ziltendorfer Lowland during the Odra flood 1997 and its impact on the main river – a numerical study, *Journal of Hydroinformatics*, Vol. 08 No 3 pp 181–192, IWA Publishing 2006 doi:10.2166/ hydro.2006.011
- Metcalfe, O.; Truong, P. and Smith, R. (2003): *Hydraulic Characteristics of Vetiver Hedges in Deep Flows*

- Michael, A. (1995): Bodenerosionsmeßprogramm Sachsen – Abschlußbericht. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Freiberg
- Michael, A. (2000): Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells Erosion 2D/ 3D – Empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter. Dissertation, Freiberg
- MLU-ST – Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (2004): Persönliche Information
- Morgan, R. P. C. (1996): Soil Erosion and Conservation. 2nd edition, Longman, Harlow, UK
- Mosley, M.P. (1982): Subsurface flow velocities through selected forest soils, south island, New Zealand. Journ. Of Hydr., 55, 65-92
- Mualem, Y. (1976): A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resour. Res. 12 (3): 513-522
- MUF-RP - Ministeriums für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (2005): Antwort des Ministeriums für Umwelt und Forsten auf die Große Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN – Drucksache 14/4123 – Umsetzung des Hochwasserschutzgesetzes in Rheinland-Pfalz. Landtag Rheinland-Pfalz, 14. Wahlperiode, Drucksache 14/4233, Mainz
- Müller, G., Godina, R. (2007): Übersicht über die Hochwasserereignisse des Jahres 2005 in Österreich. Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes in Österreich Nr. 84 S. 1 – 15. Wien, Österreich
- Müller, M. (2003): Überschwemmungen in Deutschland - Ereignistypen und Schadenbilder. schadenprisma 33 Nr. 2, 2003, Seite 18-23 ;
<http://www.schadenprisma.de/SP/SpEntw.nsf/3aa4f805e74f3cd5c12569a0004f2eac/c8bfa59692144cf1c1256d5100449676?OpenDocument>
- MU-NI - Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.) (2004): Hochwasserschutz – Überschwemmungsgebiete in Niedersachsen. Hannover
- Mwendera, E. J. u. Feyen, J. (1993): Tillage and rainfall effects on infiltration and predictive applicability of infiltration equations. Soil Science (156): 1, S. 20- 27
- Niehoff, D. (2001): Modellierung des Einflusses der Landnutzung auf die Hochwasserentstehung in der Mesoskala. Dissertation, Universität Potsdam, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Potsdam
- Niehoff, D.; Fritsch, U. & Bronstert, A. (2002): Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meso-scale catchment in SW-Germany, Journal of Hydrology, Vol. 267, Issues 1-2, 80-93
- NLWKN - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (1999): Dokumentation des Hochwasser im Oktober/ November 1998 im Einzugsgebiet von Weser, Aller und Leine.
http://www.nlwkn.niedersachsen.de/master/C6696966_N5746583_L20_D0_I5231158.html
- NLWKN - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2007): Hochwasserschutzplan Wümme. Verden

- NLWKN - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2008): Talsperrenaufsicht im NLWKN - aktiver Hochwasserschutz - Das Fazit am Beispiel des Hochwassers im September 2007: Hochwasserspeicher der Talsperren wurden optimal genutzt.
http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C45173815_L20.pdf
- Nuding, A. (1991): Fließwiderstandsverhalten in Gerinnen mit Ufergebüsch. Wasserbau – Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, konstruktiver Wasserbau und Wasserwirtschaft, TH Darmstadt, Nr. 35
- Oplatka, M. (1998): Stabilität von Weidenverbauungen an Flussufern. Dissertation, ETH-Zürich, 1998
- Overesch, M., Rinklebe, J., Broll, G., Neue, H.-U. (2007): Metals and arsenic in soils and corresponding vegetation at Central Elbe river floodplains (Germany), Environmental Pollution 145 800 – 812
- Parkin, G., O'Donnell, G., Ewen, J., Bathurst, J.C. & O'Connell, P.E. (1996): Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. Case study for a Mediterranean catchment. Journal of Hydrology 175, 595–613
- Pasche, E. (1984): Turbulenzmechanismen in naturnahen Fließgewässern und die Möglichkeiten ihrer mathematischen Erfassung. Mitteilungen Inst. f. Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hrsg. Gerhard Rouvé, RWTH Aachen
- Quast, J. (1998): Aktuelle wasserwirtschaftliche Fragen des Oderbruchs. In Darkow, G. u. Bork, H.-R. (Hrsg.), Die Bewirtschaftung von Niederungsgebieten in Vergangenheit und Gegenwart. ZALF-Bericht 34, S. 57-72. Müncheberg
- Quast, J. (2000): Recent strategies of polder management on the Oder River. - In: International Scientific Conference: Land Reclamation and Landscape Management, 8-9 June, 2000: 66-70, Kaunas
- Quast, J. (2005): Nachhaltigkeitskonzepte zur Hochwasserbewältigung in gepolder-ten Flussauen. Flussgebietskonferenz 2005 der Bundesregierung, 128-138
- Quast, J. und A. Lukianas (1999): Rehabilitation of Polder Systems on the Floodplains regions of Oder River/Germany and the Nemunas River/Lithuania. In 17th International Congress on Irrigation and Drainage, Water and Agriculture in the next Millenium, 1-19 September 1999, Granada, Proceedings, Question 49.1., pp. 129-142
- Quast, J., Ehlert, V., Dannowski, R. (2008): The effectiveness of non-structural agricultural measures in flood risk management in both the runoff forming and inundation zones. Proceedings of 7th International Conference Environmental Engineering, 22-23. May 2008 Vilnius, Lithuania, pages 680-683
- Ragan, R. M. (1971): A nomograph based on the kinematic wave theory for determining time of concentration for overland flow. Report no.44, civil engineering department, University of Maryland, Maryland state highway administration and federal highway administration
- Rawls, W. J. (1983): Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content. Soil Sci. 135 (2): 123-125
- Rawls, W. J., Brakensiek, D. L. (1983): A procedure to predict Green and Ampt infiltration parameters. Proceedings of the ASAE Conf. on advances in infiltration, Chicago

- Rawls, W. J., Brakensiek, D. L., Savabi, M. R. (1989): Infiltration parameters for rangeland soils. *J. Range Manag.* 42: 139-142
- Rawls, W. J., Brakensiek, D. L., Saxton, K. E. (1982): Estimation of soil water properties. *Trans. ASAE* 25: 1316-1328
- Rawls, W. J.; Brakensiek, D. L.; Simanton, J. R.; Kohl, K. D. (1990): Development of a crust factor for the Green-Ampt model. *Trans Am. Soc. Of Agri. Eng.* 33: 1224-1228
- Rennenberg H, Kreuzwieser J. (2006): FOWARA Forested Water Retention Areas, Guideline for decision makers, forest managers and land owners. Freiburg (Edited by Armbruster, J., Muley-Fritze, A., Pfarr, U., Rhodius, R., Siepmann-Schinker, D., Sittler, N., Späth, V., Trémolières, M.)
- Richards, L. A. (1931): Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Physics No.1*: 318-333
- Richter, M. (2004): Ermittlung des Erosionspotentials für das tschechisch/ deutsche Einzugsgebiet des Flusses Mandau unter besonderer Berücksichtigung des sich hieraus ergebenden Handlungsbedarfs. Diplomarbeit; Studiengang Ökologie und Umweltschutz, Hochschule Zittau/Görlitz
- Röhrich, C., Kiesevalter, S. (2008): Nutzung von kontaminierten Böden. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Schriftenreihe, Heft 30/2008. ISSN: 1867-2868
- Röhrich, C., Ruscher, K. (2004): Anbauempfehlung für schnellwachsende Baumarten. Sächsischen Landesamt für Landwirtschaft, Fachmaterial Sächsischen Landesamt für Landwirtschaft
- Roth, D., H. Eckert, Schwabe, M. (1996): Ökologische Vorrangflächen und Vielfalt der Flächennutzung im Agrarraum – Kriterien für eine umweltverträgliche Landwirtschaft. *Natur und Landschaft* 71, Heft 5: 199-203
- Roth, H.; Helming, K. u. Fohrer, N. (1994): Oberflächenverschlammung und Abflussbildung auf Böden aus Löß und pleistozänen Sedimenten. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* (158), S. 43- 53
- Rüter, S. (2006): Modellanalytische Untersuchungen zum Einfluss der Landschaftsstruktur auf die Oberflächenabflussretention. In: *Mitteilg. Der dt. bodenkundl. Gesellschaft* 108. 75-76
- Samuels, P.G. and Bramley, M.E. and Evans, E.P. (2002): Reducing uncertainty in conveyance estimation. In: *River Flow 2002*, September 2002, Université Catholique Louvain, Belgium
- Sargent, J.C., Galat, D.L. (2002): http://www.ingentaconnect.com/content/klu/wetl/2002/00000010/00000002/00354640?crawler=true-aff_2 : Fish mortality and physicochemistry in a managed floodplain wetland. *Wetlands Ecology and Management*, Volume 10, 2, 113-119
- Sauer, S., Feldwisch, N. (1997): Weidewirtschaft und Wasserschutz. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 85, 1409-1412
- Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J.S., Papendick, R.I. (1986): Estimating generalized soil – water characteristics from texture. *Soil Sci. Am. J.* 50: 1031-1036

- Sbjeschni, A., Schmidt, W. (2009): Model design for assessing land use impacts on surface runoff in runoff forming areas at heavy rainfalls. Proc. ICID 23rd European Regional Conference "Progress in managing Water for food and rural development", Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 2, 8 pages
- Schiffler, G. R. (1992). Kleinflächige punktuelle Infiltrationsmessungen – Flächenhaftes Infiltrationsmodell? In: Regionalisierung in der Hydrologie. Hrsg.: H.-B. Kleeberg. Weinheim: VCH (DFG Mitt. XI d. Senatskomm. f. Wasserforschung), S. 240-251
- Schlösser, D., Baacke, D., Beuge, P., Kratz, K.-L. (1999): Elemental composition of sediments from a former silvermine in Freiberg/ East Germany. In: Applied Radiation and Isotopes 50, 609-614
- Schlüter, H., Böttcher, W., Bastian, O. (1990): Vegetation change caused by land-use intensification – examples from the Hilly Country of Saxony. Geojournal 22, 2, 167-174
- Schmidt, J. (1994): Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. Habilitationsschrift, Institut für Geographische Wissenschaften, Freie Universität Berlin. 148 S.
- Schmidt, J. (1996): Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. Berliner Geographische Abhandlungen (61), 148 S.
- Schmidt, J., Schmidt, W., Michael, A., von Werner, M. (1996): Erosion 2D – Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. Sächsische Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Bd.. 1-3, Freiberg
- Schmidt, J., von Werner, M., Michael, A. (1996): Erosion 2D/ 3D – ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. Band 1 Modellgrundlagen – Bedienungsanleitung, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig
- Schmidt, W. und Zimmerling, B. (2001): Beiträge der Landwirtschaft zum Hochwasserschutz. S. 219- 236. In: Heiden et al. (Hrsg.): Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- Schmidt, W.; Nitzsche, O.; Zimmerling, B. u. Krück, St. (2000): Soil Erosion Control in Saxony. Mitteilung der deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (93), S. 157- 160
- Schmidt, W.; Zimmerling, B.; Nitzsche, O.; Krück, S.T. (2001): Conservation Tillage – a new strategy in Flood control. NATO Science Series; Earth and Environmental Sciences – Vol. 6, S. 287- 293
- Schobel, S. (2005): Infiltrations- und Bodenabflussprozesse in Abhängigkeit von Landnutzung und Substrat. Dissertation im Fachbereich 6 der Uni Trier
- Schüler, G. (2005): Identification of flood-generating forest areas and forestry measures for water retention. For. Snow Landsc. Res., 80, 1, 99-114
- Schulz, M., Büttner, O., Böhme, M., Matthies, M., von Tümpling, W. (2009): A dynamic model to simulate spills of fuel and diesel oil in the terrestrial environment during extreme fluvial floods. Clean- Soil, Air, Water. 37, akzeptiert

- Schulz-Zunkel, C., Krüger, F. (2009): Trace Metal Dynamics in Floodplain Soils of the River Elbe: A Review. *J Environ Qual* 38 1349-1362
- Schwertmann, U., Vogl, W.; Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Ulmer Verlag. Stuttgart. 64 Seiten
- Seidel, N. (2008): Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell. Dissertation, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Uni Freiberg
- Selker, J. S.; Duan, J.; Parlange, J. Y. (1996): Green Ampt infiltration into soils of variable pore size with depth. *Water Resour. Res.* 35: 1685-1688
- Serfling, A., Klose, R. (2008): Arsentransfer Boden – Pflanze. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Schriftenreihe, Heft 32/ 2008. ISSN: 1867-2868
- Simunek, J., van Genuchten, M. Th. Sejna, M. (2008): The HYDRUS-1D Software package for simulating the movement of water, heat and multiple solutes in variably saturated media, version 4.0. Department of environmental sciences, University of California Riverside, Riverside, California
- Sokollek, V. (1977): Untersuchungen über den Einfluss der Landnutzung auf den Oberflächenabfluss. Jahresbericht der ökologischen Forschungsstation der Justus-Liebig-Universität Gießen
- Soong, T.W. und DePue, P.M. (1996): Variation of Manning's coefficient with channel stage. University of Illinois, Water resources center
- Stachel, B., Ehrhorn, U., Heemken, O.-P., Lepom, P., Reincke, H., Sawal, G., Theobald, N. (2003): Xenoestrogens in the River Elbe and its tributaries. *Environmental Pollution* 124 497–507
- Stahl, H., Zacharias, S., Röhricht, C. (2005): Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 12, 10.Jg.. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Dresden
- Steffler, P und Blackburn, J. (2002): River2D - Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat - Introduction to Depth Averaged Modeling and User's Manual, University of Alberta
- Stroosnijder, L. (1995): Modelling the effect of grazing on infiltration, runoff and primary production in the Sahel. *Ecol. Model.* 92: 79-88
- Strudley, M.W.; Green, T.R. u. Ascough, J. C. (2008): Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil and tillage research* (99), S. 4-48
- Swiatek, D. (2007): Unsteady 1D Flow Model of Natural Rivers with Vegetated Floodplain. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. Vol. E-7(401)*
- Tebrügge, F. u. Düring, R.-A. (1999): Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and tillage Research* (53), S. 15- 28
- Thiel, E. (2006): Verbesserte Ansätze für Wasser- und Stoffstrommanagement in intensiv genutzten kleinen Einzugsgebieten auf der Grundlage von integrierten Nutzen- und Risikobewertungen (wsm300). Abschlussbericht Teilprojekt Fallstudie Trinkwassertalsperre Saidenbach. LfL (Hrsg.), 148 S., Leipzig

- Tietje, O. and Hennings, V. (1996): Accuracy of the saturated hydraulic conductivity prediction by pedotransfer functions compared to the variability within FAO textural classes. *Geoderma* 69: 71-84
- Uhlenbrook, S. u. Leibundgut, C. (1997): Abflussbildung bei Hochwasser in verschiedenen Raumskalen. *Wasser und Boden* (49): 9, S. 13- 21
- UM-BW - Umweltministerium Baden-Württemberg (2009): Wasserhaushaltsgesetz, Wassergesetz für Baden-Württemberg, und Wasserkrafterlass. Umweltministerium Baden-Württemberg
http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/3997/Wasserhaushaltsgesetz_Wassergesetz_Wasserkrafterlass.pdf?command=downloadContent&filename=Wasserhaushaltsgesetz_Wassergesetz_Wasserkrafterlass.pdf
- Umlauf, G., Bidoglio, G., Christoph, E. H., Kampheus, J., Krüger, F., Landmann, D., Schulz, A. J., Schwartz, R., Severin, K., Stachel, B., Stehr, D. (2005): The Situation of PCDD/Fs and Dioxin-like PCBs after the Flooding of River Elbe and Mulde in 2002. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33 5, 543-554
- Umweltamt Dresden (2004): Umweltatlas Dresden. Umweltamt, Abteilung Kommunaler Umweltschutz/ Umweltvorsorge, Sachgebiet Umweltinformation
- Umweltamt Dresden (2006): Umweltatlas 10/2006
- USDA (2006): Keys to Soil Taxonomie, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Tenth Edition, Washington, DC
- Van Genuchten, M. Th. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892-898
- Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J. (1990): Estimating unsaturated hydraulic conductivity from easily measured soil properties. *Soil Sci.* 149: 1-12
- Vereecken, H.; Maes, J.; Feyen, J. u. Darius, P. (1989): Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density and carbon content. *Soil Science* (146): 6, S. 389- 403
- Voigt, M. (1997): Die Nutzung des Wassers. Naturhaushaltliche Produktion und Versorgung der Gesellschaft. Berlin: Springer
- Von Werner, M. (1995): GIS orientierte Methoden der digitalen Reliefanalyse zur Modellierung von Bodenerosion in kleinen Einzugsgebieten. Dissertation. Berlin
- Von Werner, M. (2004): Abschätzung des Oberflächenabflusses und der Wasserinfiltration auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Hilfe des Modells Erosion- 3D, Endbericht
- Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) (2008): in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Januar 2005 mit letzten Änderungen vom 14. Oktober 2008
- Weber, J.F. und Menéndez, A.N. (2004): Performance of lateral velocity distribution models for compound channel sections. In: Greco, Carravetta und Della Morte (eds.) (2004): *River Flow 2004*, Taylor & Francis Group, London
- Welle, P. I. and Woodward, D. (1986): Time of concentration. Hydrology Technology Note No. N4, USDA, Soil conservation service, NETC, Chester, Pennsylvania

- Werner, D. (1999): Kennzeichnung der Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. Vortrag auf der Tagung „Bodenkundliche Anforderungen an die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft“ der DBG AG Bodenschutz in Leipzig, 27.-28. April 1999
- Whipkey, R.Z. (1965): Subsurface Stormflow from Forested Slopes. Bull. of IASH, 1, 74-85
- Wiegel, S., Aulinger, A., Brockmeyer, R., Harms, H., Löffler, J., Reincke, H., Schmidt, R., Stachel, B., von Tümpling, W., Wanke, A. (2004): Pharmaceuticals in the river Elbe and its tributaries. Pharmaceuticals in the river Elbe and its tributaries Chemosphere 57 (2), 107-126
- Wilcke, D. (2008): Vorbeugender, Flächenhafter Hochwasserschutz auf urbanen und ackerbaulich genutzten Flächen – Ein Konzept zur einzugsgebietsweiten Implementierung von Bewirtschaftungsmaßnahmen, Dissertation, Universität Hannover
- Wilcox, B.P., Sbaa, M.; Blackburn, W.H. and Milligan, J.H. (1992): Runoff prediction from sagebrush rangelands using water erosion prediction project technology, J. Range Man., 45, pp. 470-474
- Wilson, J. D. (2006): Turbulent velocity distributions and implied trajectory models. Boundary-Layer Meteorol. (2007) 125:39–47
- Witter, B., Francke, W., Franke, S., Knauth, H-D., Miehlich, G. (1998): Distribution and mobility of organic micropollutants in river Elbe floodplains. Chemosphere 37, 1, 63-78
- Woodhead, S., Asselman, N., Zech, Y., Soares-Frazão, S., Bates, P. und Kortenhuis, A. (2007): Evaluation of Inundation Models. FLOODsite Project Report T08-07-01, Wallingford
- Woolhiser, D. A.; Smith R. E.; Giraldez, J. V. (1996): Effects of spatial variability of saturated hydraulic conductivity on Hortonian overland flow. Water Resources Res., 32, 671-678
- Wösten, J. H. M.; Lilly, A.; Nemes, A.; Lebas, C. (1998): Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulating models in environmental studies and in land use planning. Final Report on the European Union Funded Project, Wageningen
- Wu, F.-C., Shen, H.W., Chou, Y-J. (1999): Variation of roughness coefficients for unsubmerged and submerged vegetation. Journal of Hydraulic Engineering 125 (9), 934–942.
- Wyseure, G.C.L.; Gowing, J.W. and Young, M.D.B. (2002): Parched – Thirst: An Agrohydrological Model in Mathematical model of small watershed hydrology and applications, Kap. 10, Seite 301 – 334
- Xu, R., Obbard, J.P. (2004): Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Oil-Contaminated Beach Sediments Treated with Nutrient Amendments, J. Environ. Qual. 33:861-867, 799-804
- Yen, B.C. (2002): Open Channel Flow Resistance. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 128, 1
- Zacharias, S. (2004): Konservierende Bodenbearbeitung und Hochwasserschutz – Bodenphysikalische Aspekte. Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 10/2004

- Zacharias, S. and Bohne, K. (2008): Attempt of a flux-based evaluation of field capacity. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 171: 399-408
- Zacharias, S. and Wessolek, G. (2007): Excluding organic matter content from pedo-transfer predictors of soil water retention. *Soil Sci. Soc. A. J.* 71: 43
- Zacharias, S., Röhrich, C., Lorenz, H. (2005): Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Schriftenreihe, Heft 12 – 10. Jahrgang 2005. ISSN: 1861-5988
- Zimmerling, B. (2004): Beregnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach Umstellung der konventionellen auf konservierende Bodenbearbeitung. *Horizonte Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde*. Band 15. Dissertation, Universität Hannover

b) Literaturverzeichnis der soziologischen Untersuchungen (AP3 und AP4)

(Dieses Verzeichnis enthält die Angaben des Hauptberichtes und der einzelnen Berichtsanlagen)

- Ajzen, I. (1991): The Theory of Planned Behaviour, in *Organizational behavior and human decision processes*, 50, S. 179-211
- Anonym (2008): Soil Conservation and Policy Measures: the Case Studies (SoCo-CS). Interim Report 1. Deliverable 1.2 according to Tender No J05/21/2007. JRC - Joint Research Center, European Commission, HUB - Humboldt University of Berlin, IPTS - Institute for Prospective Technological Studies, IES - Institute for Environment and Sustainability, Institute for European Environmental Policy, and ZALF - Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research. Unpublished Work
- Beedell, J.; Rehman, T. (1999): Explaining farmers' conservation behaviour: Why do farmers behave the way they do?, in *Journal of Environmental Management*, 57, S. 165-176
- Beedell, J.; Rehman, T. (2000): Using social-psychology models to understand farmers' conservation behaviour, in *Journal of Rural Studies*, 16, S. 117-127
- Bichler, B.; Häring, A. M. (2003): Die räumliche Verteilung des Ökologischen Landbaus in Deutschland und ihre Bestimmungsgründe
- Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I.; Wisner, B. (1994): At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters, London, Routledge
- Böhm, G. (2002): Wahrnehmung und Bewertung von Umweltrisiken - Einführung zum Schwerpunktthema I, in *Umweltpsychologie*, 6. Jg (Heft 2), S. 2-7
- Brandes, W. (1995): Pfadabhängigkeit: Ein auch für die Agrarökonomik fruchtbares Forschungsprogramm? , in *Agrarwirtschaft*, Jahrgang 44 (8/9), S. 277-279
- Darnhofer, I.; Schneeberger, W.; Freyer, B. (2005): Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale, in *Agriculture and Human Values*, 22 (1), S. 39-52
- Davies, B. B.; Hodge, I. D. (2006): Farmers' Preferences for New Environmental Policy Instruments: Determining the Acceptability of Cross Compliance for Biodiversity Benefits, in *Journal of Agricultural Economics*, 57, No. 3, S. 393-414
- Dittrich, S.; Wolfram, W. (2006): Möglichkeiten der ländlichen Entwicklung zur Unterstützung eines dezentralen Hochwasserschutzes, in *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, 11, S. 96
- Dörner, D. (1998): *Bauplan für eine Seele*, Reinbek, Rowohlt
- Festinger, L. (1957): *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press 1 957
- Flick, U. (1995): *Psychologie des technisierten Alltags*, Reinbek, Rowohlt
- Frielinghaus, M., Deumlich, D., Helming, K., Thiere, J, Völker, L., Winnige, B. (1998): Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin: Obotritendruck GmbH. 1-80
- Fürst, D. (1995): Planung, in *Landesplanung, Akademie für Raumordnung und Handwörterbuch der Raumordnung*, Hannover, o.V., S. 798-811

- Garrelts, H., Lange, H., Flitner, M. (2008): Anpassung an den Klimawandel: Siedlungsplanung in Flussgebieten. Wandel und Herausforderungen im Politikfeld Hochwasserschutz. In: RaumPlanung 137, 72-76
- Grünewald, U.; Kaltofen, M.; Schümborg, S.; Merz, B.; Kreibich, H.; Petrow, T.; Thieken, A.; Streitz, W.; Dombrowsky, W. R. (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Lessons Learned, Schriftenreihe des DKKV 29, Bonn
- Hänze, M. (2002): Emotion, Ambivalenz und Entscheidungslogik, Psychologie Forschung aktuell, Beltz
- Heinrichs, H.; Grunenberg, H. (2007): Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft (INNIG). Teilprojekt 2: Risikokultur – Kommunikation und Repräsentation von Risiken am Beispiel extremer Hochwasserereignisse, Lüneburg, INNIG
- Hüther, G. (1996): The Central Adaptation Syndrome: Psychosocial Stress as a trigger for adaptive Modifications of brain structure and brain function, in Progress in Neurobiology, 48, S. 569-612
- Hüther, G. (2005): Biologie der Angst - Wie aus Streß Gefühle werden, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht
- Hüther, G. (2006): Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht
- Ingram, J.; Fry, P.; Mathieu, A. (2010): Revealing different understandings of soil held by scientists and farmers in the context of soil protection and management, in Land Use Policy, 27, S. 51-60
- Kruse, S.; Kuhlicke, C. (2009): Nichtwissen und Resilienz in der lokalen Klimaanpassung. Widersprüche zwischen theoriegeleiteten Handlungsempfehlungen und empirischen Befunden am Beispiel des Sommerhochwassers 2002, in GAIA, 19 (3), S. 247-254
- Lamnek, S. (2005): Qualitative Sozialforschung, Weinheim, Basel, Beltz Verlag
- Lange, H.; Garrelts, H. (2008): Endbericht Teilprojekt 4: Politisch-administrative Steuerung im Projekt Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft (INNIG). Bremen: Artec Forschungszentrum Nachhaltigkeit
- Lantermann, E.-D. (1999): Zur Polytelie umweltschonenden Handelns, in Linneweber, V. ; Kahls, E.: Umweltgerechtes Handeln: Barrieren und Brücken, Berlin, Springer, S. 7-19
- Lantermann, E.-D.; Döring-Seipel, E.; Schima, P. (1992a): Ravenhorst - Gefühle, Werte und Unbestimmtheit im Umgang mit einem ökologischen Szenario, München, Quintessenz
- Lantermann, E.-D.; Döring-Seipel, E.; Schima, P.; Pawlik, K.; Stapf, K. H. (1992b): Werte, Gefühle, und Unbestimmtheit: Kognitiv-emotionale Wechselwirkungen im Umgang mit einem ökologischen System, in Umwelt und Verhalten - Perspektiven und Ergebnisse ökopyschologischer Forschung, Bern - Göttingen, Huber, S. 129-144
- Lindell, M. K.; Hwang, S. N. (2008): Households' Perceived Personal Risk and Responses in a Multihazard Environment, in Risk Analysis, 28 (2), S. 539-556

- Lynne, G. D.; Rola, L. R. (2001): Improving Attitude-Behaviour Prediction Models with Economic Variables: Farmer Actions Toward Soil Conservation, in *The Journal of Social Psychology*, 128(1), S. 19-28
- Mayntz, R., Scharpf, F.W. (1995): Der Ansatz des akteurszentrierten Institutionalismus. In: Mayntz R., Scharpf F.W. *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung*. Frankfurt/Main, New York: Campus Verlag: 39-72
- Mayring, P. (2008): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim [u. a.], Beltz
- McGregor, M.; Willock, J.; Dent, J. B.; Deary, I.; Sutherland, A.; Gibson, G.; Morgan, O.; Grieve, R. (1996): Links between psychological factors and farmer decision making, in *Farm Management*, 9 (5), S. 228-239
- Messner, F.; Meyer, V. (2006): Flood damage, vulnerability and risk perception – Challenges for flood damage research, in *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*, 67, S. 149-167
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) (2009): *NRW-Programm Ländlicher Raum 2007-2013. Kapitel 5: Informationen über die Schwerpunkte*
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2007): *Umweltbericht 2006*, http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/ub06_kapitel/hochwasserschutz.pdf , Zugriff am 26.4. 2010
- Padel, S.; Powell, J. (2002): Studying conversion as a human activity system, in *UK Organic research 2002. Proceedings of the COR conference, 26-28 March 2002, Aberystwyth*, S. 101-104
- Paulsen, M., Haneklaus, S. (2004): Vorbeugender Hochwasserschutz. *Ökologischer Landbau erhöht die Versickerungsleistung von Böden. Ökologie & Landbau* 132: 53-55
- Plapp, T.; Werner, U. (2006): Understanding risk perception from natural hazards: Examples from Germany, in Ammann, Walter J.; Dannemann, Stefanie; Vulliet, Laurent: *RISK21 - Coping with risks due to natural hazards in the 21st century*, London, Taylor & Francis Group plc, S. 101-108
- Posthumus, H.; Morris, J.; Hess, T. M.; Neville, D.; Phillips, E.; Wysoki, M. (2008): *Agricultural damage caused by the summer 2007 floods in England. Report to the Environment Agency, Bedford, Cranfield University*
- Recke, G.; Latacz-Lohmann, U.; Wolff, H. (2001): Pfadabhängigkeit und Umstellung auf ökologischen Landbau - eine empirische Studie, Artikel zum Poster, präsentiert auf der Tagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus (GeWiSoLa 2001), Liberalisierung des Weltagrarhandels – Strategien und Konsequenzen in Braunschweig, 8/10 Oktober 2001
- Renn, O.; Schweizer, P.-J.; Dreyer, M.; Klinke, A. (2007): *Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit*, München, Oekom
- Rigby, D.; Cáceres, D. (2001): Organic farming and the sustainability of agricultural systems, in *Agricultural Systems*, 68 (1), S. 21-40

- Sattler, C.; Nagel, U. J. (2010): Factors affecting farmers' acceptance of conservation measures - A case study from north-eastern Germany, in *Land Use Policy*, 27, S. 70-77
- Sawicka, M., Knierim, A. (2009): Agricultural flood risk management by the German administration – Results of an online survey. Proc. ICID 23rd European Regional Conference "Progress in managing Water for food and rural development", Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 3, 7 pages
- Scharpf, F.W. (2006): Interaktionsformen. Akteurszentrierter Institutionalismus in der Politikforschung. Wiesbaden: VS Verlag
- Schnug, E. (2007): Klimawandel, Wasserhaushalt und Naturschutz - Welchen Beitrag kann die Land- und Forstwirtschaft leisten?
http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/wasser/0711_Beitrag_Schnug.pdf (letzter Zugriff am: 28/04/2008)
- Schnug, E., Haneklaus, S., Rahmann, G., Walker, R. (2006): Organic farming - stewardship for food security. food quality, environment and nature conservation. *Aspects of Applied Biology* 79: 57-62
- Schoon, B.; te Grotenhuis, R. (2000): Values of farmers, sustainability and agricultural policy, in *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 12, S. 17-27
- Sieker, F., Wilcke, D., von Haaren, C., Reich, M., Rüter, S., Jasper, J., Salzmann, M., Schmidt, W.-A., Zacharias, S., Nitzsche, O. (2007a): Anlagen zum Heft: Hochwasserschutz an der Mulde. Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen. Anlage 1 – Maßnahmensteckbriefe, Anlage 2 - Katalog der Umweltqualitätsziele für das Untersuchungsgebiet "EZG Mockritzer Bach", Anlage 3 - Ökonomie. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 35/2007: 1-102
- Sieker, F., Wilcke, D., von Haaren, C., Reich, M., Rüter, S., Jasper, J., Salzmann, M., Schmidt, W.-A., Zacharias, S., Nitzsche, O. (2007b): Hochwasserschutz an der Mulde. Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 35/2007: 1-289
- Slovic, P. (2000): *The Perception of Risk*, London, Earthscan Publications Ltd
- Statistisches Bundesamt; BMELV (2007): Tabelle „Landwirtschaftliche Betriebe und ihre Flächen nach Größenklassen“, http://www.bmelv-statistik.de/fileadmin/sites/030_Agrarb/2006/AB06_Tabgesamt.pdf , Zugriff am 26.4. 2010
- Steinhauser, H.; Langbehn, C.; Peters, U. (1992): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre Band 1, Stuttgart, Ulmer

- Szerencsits, M., Gottschick, M. (2009): Investigation of farmers' perception and consciousness of flood risk – Identification of barriers for the implementation of non-structural risk mitigation measures. Proc. ICID 23rd European Regional Conference "Progress in managing Water for food and rural development", Lviv, Ukraine, 17-24 May 2009. Institute for hydraulic engineering and land reclamation of Ukrainian Academy of Agricultural Science, Kiev, Ukraine, publ. CD / Topic 3, 6 pages
- Terpstra, T. (2006): The Public Risk Perception of Flooding and Flood Risk, FLOWS Work Package 2D. project end report "Floodplain Land use Optimising Workable Sustainability"
- Willock, J.; Deary, I. J.; Edwards-Jones, G.; Gibson, G. J.; McGregor, M. M.; Sutherland, A.; Dent, B. J.; Morgan, O.; Grieve, R. (1999a): The Role of Attitudes and Objectives in Farmer Decision Making: Business and Environmentally- Oriented Behaviour in Scotland, in *Journal of Agricultural Economics*, 50 (2), S. 286-303
- Willock, J.; Deary, I. J.; McGregor, M. M.; Sutherland, A.; Edwards-Jones, G.; Morgan, O.; Dent, B.; Grieve, R.; Gibson, G.; Austin, E. (1999b): Farmers' Attitudes, Objectives, Behaviors, and Personality Traits: The Edinburgh Study of Decision Making on Farms, in *Journal of Vocational Behavior*, 54, S. 5-36
- Zimmermann, H.-J.; Gutsche, L. (1991): Multi-Criteria-Analyse. Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen, Heidelberger Lehrtexte, Berlin, Springer

Anlagen

- A** **Kataloge optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management**
- A1 Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Hochwasserentstehungsgebieten
- Dateinamen:
MHL_Anlage_A1_Maßnahmekatalog_HW-Entstehungsgebiete.doc
MHL_Anlage_A1_Maßnahmekatalog_HW-Entstehungsgebiete.pdf
- A2 Katalog optionaler nicht-struktureller Landnutzungsmaßnahmen für das Hochwasserrisiko-Management in Überschwemmungsgebieten
- Dateinamen:
MHL_Anlage_A2_Maßnahmekatalog_Überschwemmungsgebiete.doc
MHL_Anlage_A2_Maßnahmekatalog_Überschwemmungsgebiete.pdf
- B** **Ergänzende inhaltliche Informationen**
- B1 Ergänzende inhaltliche Informationen -
Teil 1: Hydrologische und wasserwirtschaftliche Untersuchungen
(AP1 und AP2)
- Dateinamen:
MHL_Anlage_B1_ergänzende_Infos_Hydrologie_&_Wasserwirtschaft.doc
MHL_Anlage_B1_ergänzende_Infos_Hydrologie_&_Wasserwirtschaft.pdf
- B2 Ergänzende inhaltliche Informationen -
Teil 2: Hydraulische Vergleichsrechnungen
(AP2)
- Dateinamen:
MHL_Anlage_B2_hydraulische_Vergleichsrechnungen.doc
MHL_Anlage_B2_hydraulische_Vergleichsrechnungen.pdf
- B3 Ergänzende inhaltliche Informationen -
Teil 3: Sozialwissenschaftliche Untersuchungen
(AP3 und AP4)
- Dateinamen:
MHL_Anlage_B3_ergänzende_Infos_Sozialwissenschaften.doc
MHL_Anlage_B3_ergänzende_Infos_Sozialwissenschaften.pdf

C Dokumentationen zu Workshops und Projekttreffen

C1 Dokumentation der Workshops
(verfügbar für berechnigte Nutzer)

 Dateinamen:

 MHL_Anlage_C1_Dokumentation_der_Workshops.doc

 MHL_Anlage_C1_Dokumentation_der_Workshops.pdf

C2 Protokolle der MinHorLam-Projekttreffen
(verfügbar für berechnigte Nutzer)

 Dateinamen:

 MHL_Anlage_C2_Protokolle_der_Projekttreffen.doc

 MHL_Anlage_C2_Protokolle_der_Projekttreffen.pdf