

Texte

Texte
31
08

ISSN
1862-4804

Kosten-Nutzen-Analyse von Hochwasserschutzmaßnahmen

Umwelt
Bundes
Amt



Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 204 21 212
UBA-FB 001169



Kosten-Nutzen-Analyse von Hochwasserschutz- maßnahmen

von

Alexandra Dehnhardt

Jesko Hirschfeld

Daniel Drünklér

Ulrich Peschow

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH

Heinz Engel

Matthias Hammer

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 2.1
Corinna Hornemann

Dessau-Roßlau, August 2008

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Kosten-Nutzen-Analyse von Hochwasserschutzmaßnahmen		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) IÖW: Alexandra Dehnhardt, Daniel Drünkler, Jesko Hirschfeld; Ulrich Petschow BfG: Heinz Engel, Matthias Hammer	8. Abschlussdatum 31.07.2006	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH Potsdamer Str. 105 , 10 785 Berlin	9. Veröffentlichungsdatum 01.08.2008	10. UFOPLAN-Nr. 204 21 212
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau	11. Seitenzahl 260 (inkl. Anhang)	12. Literaturangaben Umfangreiche Literaturangaben vorhanden
	13. Tabellen und Diagramme 26 (inkl. Anhang)	14. Abbildungen 39 (inkl. Anhang)
15. Zusätzliche Angaben keine		
16. Kurzfassung In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von Ansätzen entwickelt, die eine Kosten-Nutzen-Analyse von meist technisch ausgerichteten Hochwasserschutzmassnahmen in einem räumlich begrenzten Gebiet ermöglichen. Es besteht jedoch ein Entwicklungsbedarf für Methoden und Ansätze, die überregionale, flusseinzugsgebietsbezogene Betrachtungen des Kosten-Nutzen-Verhältnisses sowie die Einbeziehung weiterer Aspekte (ökologischer, sozialer und ökonomischer) sowohl auf der Kosten- als auch der Nutzenseite erlauben. Die Einbeziehung indirekter Kosten und Nutzen ist erforderlich, wenn bspw. für planerische oder politische Entscheidungen unterschiedliche Hochwasserschutzstrategien gegeneinander abgewogen werden sollen. Für die umfassende Bewertung von Hochwasserschutz- und Hochwasservorsorgemaßnahmen im Rahmen eines integrierten Hochwasserrisikomanagements wurden systematische Ansätze für eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse entwickelt. Auf der Grundlage dieser Methodik können Bewertungskonzepte sowie innovative ökonomische und institutionelle Instrumente, z.B. für einen überregionalen Interessensaustausch zwischen Ober- und Unterliegern, aber auch zwischen öffentlicher Hand und privaten Nutzern, diskutiert werden. Dabei wurden die Möglichkeiten von Verhandlungs-, Fonds- oder Versicherungslösungen einbezogen.		
17. Schlagwörter Hochwasserschutz, Hochwasservorsorge, Hochwasserrisikomanagement, Kosten-Nutzen-Analyse		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Title Costs -Benefits –Analysis of Flood Protection Measures		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) IÖW – Institute for Ecological Economy Research: Alexandra Dehnhardt, Daniel Drünkler, Jesko Hirschfeld; Ulrich Petschow BfG – German Federal Institute of Hydrology: Heinz Engel, Matthias Hammer		
8. Report Date 31.07.2006		
9. Publication Date 01.08.2008		
10. UFOPLAN-Ref. No. 204 21 212		
11. No. of Pages 260 (incl. appendix)		
12. No. of Reference Extensive Reference available		
13. No. of Tables, Diagrams 26 (incl. appendix)		
14. No. of Figures 39 (incl. appendix)		
15. Supplementary Notes		
16. Abstract In the past the economic assessments of flood protection measures were mainly focused on technical flood control with consequences on a local level. Nevertheless, there is a need for developing methods and approaches for national river basin straightened assessment of costs and benefits and the considerations of other aspects (like ecology, society and economy) on both on the costs - and the benefit side. The comprehension of indirect costs and benefits is necessary for example; if in planning or political context decisions between different flood protection strategies should be transparent. A systematic approach was developed for the broad economic assessment of flood protection and flood precaution measures within the scope of an integrated flood risk management. Assessment concepts as well as innovative economic and institutional instruments were discussed on the basis of this methodology, e.g., for a national balance between upstream – downstream interests, but also between public hand and private users. Besides were included the possibilities by negotiations, funds or insurances.		
17. Keywords Flood Protection, Flood Prevention, Flood Risk Management, Costs–Benefits-Analysis		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	6
SUMMARY.....	12
1 EINLEITUNG	17
2 HOCHWASSERSCHUTZPLANUNGEN IN DEUTSCHLAND	19
2.1 GRUNDLEGENDE HOCHWASSERSCHUTZKONZEPTION	19
2.2 HOCHWASSERSCHUTZPROGRAMME UND AKTIONSPÄLENE.....	21
2.3 INTERNATIONALE SCHUTZKOMMISSIONEN	27
3 TYPISIERUNG VON HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN UND DEREN WIRKUNGEN.....	30
3.1 HOCHWASSERTYPEN	30
3.1.1 Flusshochwasser	30
3.1.2 Sturzfluten	30
3.2 FLUSSGEBIETSTYPEN	31
3.3 PRAKTIZIERTE UND DENKBARE MÖGLICHKEITEN ZUM SCHUTZ VOR HOCHWASSERGEFAHREN AN FLIEßGEWÄSSERN	35
3.3.1 Hochwasservorsorge	35
3.3.2 Technischer Hochwasserschutz.....	37
3.3.3 Natürlicher Wasserrückhalt	40
3.4 ABSCHÄTZUNG DER WIRKUNGEN VON HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN	41
4 NUTZEN-KOSTEN-ABWÄGUNGEN IM HOCHWASSERSCHUTZ.....	46
4.1 BESTEHENDE ANSÄTZE.....	46
4.2 NUTZEN- UND KOSTENKOMPONENTEN.....	49
4.2.1 Kosten.....	50
4.2.2 Nutzen	51
4.3 TRADITIONELLE NUTZEN-KOSTEN-ABWÄGUNGEN.....	53
4.4 BEGRENZUNGEN DER GEGENWÄRTIGEN PRAXIS IM HINBLICK AUF ERWEITERTE NUTZEN-KOSTEN-ANALYSEN	61
5 ERWEITERUNGSANFORDERUNGEN IM SINNE EINER INTEGRIERTEN BEWERTUNG.....	64
6 BEWERTUNGSANSÄTZE FÜR DIREKTE UND INDIREKTE WIRKUNGEN VON HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN	71
6.1 DIREKTE NUTZEN	71
6.1.1 Verminderung von <i>indirekten tangiblen Schäden</i>	71
6.1.2 Verminderung von <i>intangiblen Schäden</i>	72
6.1.3 Verminderung <i>direkter Schäden</i> durch Hochwasservorsorgemaßnahmen	73
6.2 INDIREKTE NUTZEN	74
6.3 INDIREKTE KOSTEN VON MAßNAHMEN DES TECHNISCHEN HOCHWASSERRÜCKHALTES	80
6.4 SCHWIERIGKEITEN UND BEGRENZUNGEN DER BEWERTUNG.....	81

7	NUTZEN-KOSTEN-ANALYSEN ALS ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGE ZUR ABLEITUNG VON HOCHWASSERSCHUTZSTRATEGIEN	83
7.1	GRUNDSÄTZLICHE ERWÄGUNGEN	83
7.2	IDENTIFIZIERUNG DIREKTER UND INDIREKTER EFFEKTE UND BEWERTUNG VON HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN IM RAHMEN VON NUTZEN-KOSTEN-ANALYSEN	85
7.3	DARSTELLUNG DES BEWERTUNGSANSATZES ANHAND EINES BEISPIELS	88
7.4	FAZIT	95
8	INSTITUTIONELLE UND ÖKONOMISCHE INSTRUMENTE FÜR EIN NACHHALTIGES HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENT	98
8.1	INSTITUTIONELLE INSTRUMENTE ZUR KOOPERATION IM FLUSSGEBIET	101
8.1.1	<i>Rechtliche Regelungen zum Hochwasserschutz</i>	107
8.1.2	<i>Möglichkeiten eines kooperativen vorbeugenden Hochwasserschutzes</i>	128
8.1.3	<i>Unzulänglichkeiten der formellen Kooperation</i>	138
8.2	ÖKONOMISCHE INSTRUMENTE IM HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENT	141
8.2.1	<i>Strukturierung des Anreiz- und Kompensationsproblems</i>	143
8.2.2	<i>Ökonomische Instrumente</i>	154
8.3	AUSBLICK: INSTITUTIONELLE UND ÖKONOMISCHE REFORMOPTIONEN FÜR EIN NACHHALTIGERES UND ANREIZGERECHTERES HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENT	167
8.3.1	<i>Institutionelle Instrumente</i>	167
8.3.2	<i>Ökonomische Instrumente</i>	175
9	DISKUSSION VON ERWEITERUNGSANSÄTZEN FÜR NKA ANHAND VON FALLBEISPIelen	178
9.1	DEICHRÜCKVERLEGUNG MOHNHEIM	179
9.1.1	<i>Darstellung der Maßnahmen zur Deichrückverlegung</i>	181
9.1.2	<i>Ermittlung der Kosten Deichrückverlegung und Sanierung Altdeich</i>	185
	<i>Direkte Kosten</i>	185
	<i>Indirekte Kosten</i>	190
9.1.3	<i>Ermittlung der Nutzen Deichrückverlegung und Sanierung Altdeich</i>	190
	<i>Direkter Nutzen</i>	190
	<i>Indirekter Nutzen</i>	196
9.1.4	<i>NKA – Resultat</i>	202
9.2	POLDER TREBUR.....	204
9.3	VORBEUGENDER HOCHWASSERSCHUTZ IM EINZUGSGEBIET DER HESSISCHEN LAHN.....	213
10	LITERATUR.....	220
11	RECHTSGRUNDLAGEN.....	226
12	ANHANG: HYDROLOGISCH / HYDRAULISCHE MODELLIERUNGEN DURCH DIE BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE.....	227

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: WIRKUNGSWEISE ANGEPASSTEN BAUENS (QUELLE: BfG)	37
ABBILDUNG 2: HOCHWASSERPARAMETER (BfG- ABGELEITET AUS: IKS 1999B,)	43
ABBILDUNG 3: NUTZEN-KOSTEN-KOMPONENTEN VON HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN (EIGENE DARSTELLUNG IÖW)	50
ABBILDUNG 4: TRADITIONELLE NUTZEN-KOSTEN-ANALYSEN IM HOCHWASSERSCHUTZ (EIGENE DARSTELLUNG IÖW)	54
ABBILDUNG 5: ERWEITERTE NUTZEN-KOSTEN-ANALYSEN (EIGENE DARSTELLUNG IÖW).....	64
ABBILDUNG 6: INTEGRIERTE BEWERTUNG IM HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENT (EIGENE DARSTELLUNG IÖW).....	69
ABBILDUNG 7: RELATIVER AUFWAND ZUR BEWERTUNG EINZELNER EFFEKTE VON HOCHWASSER-	82
ABBILDUNG 8: ANSATZPUNKTE ZUR ERWEITERUNG DES BETRACHUNGSHORIZONTES VON NKA	84
ABBILDUNG 9: SYSTEMATISIERUNG POTENZIELLER RAHMENBEDINGUNGEN UND MAßNAHMEN- WIRKUNGSKOMBINATIONEN (EIGENE DARSTELLUNG IÖW)	87
ABBILDUNG 10: DIREKTE UND INDIREKTE EFFEKTE EINER HOCHWASSERSCHUTZSTRATEGIE AN EINEM EINFACHEN ANWENDUNGSBEISPIEL (EIGENE DARSTELLUNG IÖW, BfG)	93
ABBILDUNG 11: EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE VULNERABILITÄT (EIGENE DARSTELLUNG)	102
ABBILDUNG 12: RISIKOMANAGEMENT (EIGENE DARSTELLUNG)	105
ABBILDUNG 13: HOCHWASSERSCHUTZSTRATEGIE (IKONE – WWW.IKONE-ONLINE.DE; LAWA 1995)....	106
ABBILDUNG 14: KOSTENVERTEILUNG IM HOCHWASSERSCHUTZ-ZWECKVERBAND ELSENZ-SCHWARZBACH (ZWECKVERBAND ELSENZ-SCHWARZBACH)	135
ABBILDUNG 15: POTENZIELLE KOMPENSATIONSZUSAMMENHÄNGE VON HOCHWASSERSCHUTZ- UND – VORSORGEMAßNAHMEN (EIGENE DARSTELLUNG)	145
ABBILDUNG 16: FLUSSGEBIETSEINHEITEN NACH WRRL	169
ABBILDUNG 17: STELLUNG DER ERWEITERTEN NUTZEN-KOSTEN-ANALYSE INNERHALB DES REGIONALEN HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENTS (EIGENE DARSTELLUNG)	171
ABBILDUNG 18: HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENT IN DER GESAMTEN FLUSSGEBIETSEINHEIT (EIGENE DARSTELLUNG)	172
ABBILDUNG 19: LAGE DES MONHEIMER RHEINBOGENS (BfG).....	180
ABBILDUNG 20: FLIEßWEUGE IM BEREICH MONHEIM (LUA-NRW & BfG).	182
ABBILDUNG 21: FLÄCHENNUTZUNG IN DER STADT MONHEIM VOR DEICHRÜCKVERLEGUNG (ATKIS)....	188
ABBILDUNG 22: HOCHWASSERSCHUTZEINRICHTUNGEN NACH STUDIE.....	193
ABBILDUNG 23: SCHADENSERWARTUNG MONHEIM	194
ABBILDUNG 24: SCHADENSERWARTUNG KÖLN (MURL 2000).....	197
ABBILDUNG 25: LAGE POLDER TREBUR (DARSTELLUNG: BfG / IÖW).....	206
ABBILDUNG 26: BEWERTUNG DIREKTER UND INDIREKTER EFFEKTE IM FALLBEISPIEL LAHN (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG).....	216

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: HOCHWASSERENTSTEHUNGSBEZOGENE TYPISIERUNG VON FLUSSGEBIETEN UND HOCHWASSERN (BfG).....	34
TABELLE 2: ABSCHÄTZUNG DER WIRKUNGEN VON HW- SCHUTZMAßNAHMEN	44
TABELLE 3: ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN	94
TABELLE 4: KOSTEN DER DEICHRÜCKVERLEGUNG	186
TABELLE 5: UNTERHALTUNGSKOSTEN FÜR RÜCKVERLEGTEN DEICH	189
TABELLE 6: UNTERHALTUNGSKOSTEN.....	190
TABELLE 7: WASSERSTANDSABSENKUNG IN MONHEIM DURCH DRV	191
TABELLE 8: ERWARTETE SACHSCHÄDEN IN MONHEIM MIT HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN ENTLANG DES RHEINS IN NRW [IN MIO. €].....	192
TABELLE 9: SACHSCHÄDEN NACH WAHRSCHEINLICHKEIT UND WASSERSTAND ENTSPRECHEND DER HOCHWASSERGENESEN 1988 BZW. 1995	194
TABELLE 10: WERTSCHÖPFUNGSVERLUSTE MONHEIM.....	196
TABELLE 11: SCHADENSERWARTUNG KÖLN.....	196
TABELLE 12: WASSERSTANDSABSENKUNG IN KÖLN AUFGRUND DER DEICHRÜCKVERLEGUNG MONHEIM	198
TABELLE 13: NUTZENBARWERT AUS VERRINGERTEN SCHÄDEN IN KÖLN.....	199
TABELLE 14: REISEKOSTENERMITTLUNG FÜR MONHEIMER RHEINBOGEN	202
TABELLE 15: KOSTENVERGLEICH DER MAßNAHMENVARIANTEN.....	202
TABELLE 16: NUTZENVERGLEICH DER MAßNAHMENVARIANTEN	203
TABELLE 17: NUTZEN-KOSTEN-VERHÄLTNIS	203
TABELLE 18: AUSWIRKUNG DER MAßNAHMEN IM BEREICH TREBUR BEI DEN MODELLHOCHWASSERN ...	207

Übersichtsverzeichnis

ÜBERSICHT 1: AUSGEWÄHLTE HOCHWASSERSCHUTZPROGRAMME UND AKTIONSPÄLENE EINZELNER BUNDESLÄNDER	23
ÜBERSICHT 2: HOCHWASSERAKTIONSPÄLENE AUSGEWÄHLTER INTERNATIONALER KOMMISSIONEN	26

Zusammenfassung

Ökonomische Bewertungen von Hochwasserschutzmaßnahmen nehmen derzeit vorrangig den technischen Hochwasserschutz in den Blick und betrachten die Auswirkungen von Maßnahmen häufig nur auf lokaler Ebene. Dabei werden indirekte Nutzen und Kosten, sowie regionale bzw. überregionale Auswirkungen (Fernwirkungen) vernachlässigt. Diese müssen aber einbezogen werden, wenn für planerische oder politische Entscheidungen unterschiedliche Hochwasserschutzstrategien gegeneinander abgewogen werden sollen. Für die umfassende Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen eines integrierten Hochwasserrisikomanagements werden im Rahmen des Forschungsvorhabens systematische Ansätze für erweiterte Nutzen-Kosten-Analysen entwickelt. Darüber hinaus werden innovative ökonomische und institutionelle Instrumente zum überregionalen Ausgleich der Interessen von Ober- und Unterliegern diskutiert.

Das Vorhaben untersucht Nutzen-Kosten-Komponenten alternativer Hochwasserschutzstrategien in einer integrierten flusseinzugsgebietsbezogenen Perspektive. In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde werden sowohl technische Hochwasserschutzmaßnahmen, Hochwasserflächenmanagement und Vorsorgemaßnahmen im Hinblick auf ihre hydrologischen und ökonomischen Auswirkungen betrachtet. Die Maßnahmen werden hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Nutzen- und Kostenaspekte analysiert, Ansätze für eine ökonomische Bewertung der einzelnen Effekte sowie methodische Zugänge für erweiterte Nutzen-Kosten-Analysen aufgezeigt. Dabei werden neben den direkten auch indirekte Nutzen- und Kostenkomponenten betrachtet, wie etwa Opportunitätskosten aufgrund entgangener Nutzungsmöglichkeiten oder externe Zusatznutzen durch die Reaktivierung von Auenlandschaften. Vor diesem Hintergrund wird als Projektergebnis ein Instrumentenset für Nutzen-Kosten-Analysen im Hochwasserschutz bereitgestellt, das abstrakt genug ist, um es für verschiedene Rahmenbedingungen und Fragestellungen anzupassen, jedoch konkret genug, um eine ökonomisch geleitete Entscheidungsfindung zu unterstützen.

In einem weiteren Arbeitsabschnitt geht es um die Frage, wie die Kosten und Nutzen eines zusätzlichen Hochwasserschutzes und einer verbesserten Vorsorge gegenwärtig verteilt werden bzw. wie sie unter den Kriterien der ökonomischen Effizienz, der sozialen Gerechtigkeit und der individuellen oder kommunalen Selbstbestimmung zukünftig verteilt werden müssten, könnten oder sollten. Bei dem Ausgleich von Interessen zwischen Ober- und Unterliegern geht es um verschiedene Kompensationsgegenstände (wie beispielsweise zusätzlicher Schutz oder zusätzliche Gefährdung durch Eingriffe in das natürliche Abflussgeschehen). Der Kompensationsbedarf fällt in verschiedenen zeitlichen Phasen des Hochwasserereignisses an (Vorsorge-, Hochwasser- oder Schadensregulierungsphase). Ein Ausgleich zwischen den potenziellen Kompensationspartnern (z.B. Kommunen, Länder) kann beispielsweise mithilfe finanzieller Transfers oder durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen hergestellt werden.

Die beteiligten Akteure können sich dabei unterschiedlicher institutioneller Regelungen, wie der Gesetzgebung, Zweckverbandssatzungen, Verwaltungsvereinbarungen, formellen Verbandstrukturen, informellen Kooperationsvereinbarungen oder ökonomischer Instrumente, wie beispielsweise Versicherungslösungen bedienen.

Die Erweiterung von Nutzen-Kosten-Analysen stellt generell hohe Anforderungen an disziplinäre Analyse- und Bewertungsansätze sowie deren Integration: Auf Grundlage naturwissenschaftlicher Wirkungsprognosen muss zunächst die Wirksamkeit der unterschiedlichen Hochwasserschutzstrategien unter verschiedenen Rahmenbedingungen und auf unterschiedlichen Skalenebenen eingeschätzt werden können. Die Maßnahmen innerhalb der drei Kategorien Hochwasserflächenmanagement, technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge wirken sich dabei auf verschiedene Einflussfaktoren aus. Während beispielsweise Wasserrückhaltemaßnahmen Veränderungen im physischen System bewirken, d.h. hydrologische und hydraulische Effekte haben, wirken sich Vorsorgemaßnahmen in aller Regel auf sozioökonomische Faktoren, d.h. betroffene Werte im Gefährdungsgebiet oder Reaktionen auf ein Hochwassereignis aus, ohne das Flusssystem bzw. den Hochwasserabfluss selber zu beeinflussen. Damit haben sie gleichzeitig einen sehr begrenzten Einfluss auf Unterlieger.

Festzuhalten bleibt, dass nach wie vor große Unsicherheiten in der Einschätzung von Ursache-Wirkungsbeziehungen bestehen, auf denen eine ökonomische Bewertung basiert. Während bei weniger komplexen Fragestellungen (kleine, homogene Flussgebiete) Aussagen zu Ursache-Wirkungsbeziehungen und Nutzen-Kosten-Relationen gemacht werden können, steigt bei zunehmender Komplexität die Unsicherheit der naturwissenschaftlichen Wirkungsprognose, eine ökonomische Bewertung auf dieser Grundlage ist daher nur sehr stark eingeschränkt möglich.

Weiterhin ist die Vorgehensweise bei Nutzen-Kosten-Abwägungen in hohem Maße abhängig von den Bewertungskontexten: der Bewertungsrahmen wird dabei im Wesentlichen von der Art des Flussgebietes, dem Hochwassereignis und der betrachteten Skalenebene beeinflusst. Die Unsicherheit beispielsweise der naturwissenschaftlichen Wirkungsprognose steigt beim ‚up-scaling‘ – auch wegen potenzieller Überlagerungseffekte in komplexen Flussgebieten – immens.

Trotz dieser bestehenden Unsicherheiten und offener Fragen im Umgang mit den Bewertungskontexten ist festzuhalten, dass *erstens* ein gesellschaftlicher Wandel im Umgang mit Hochwasserrisiken und *zweitens* deutliche Veränderungen bei der Bewertung von Hochwasserschutzstrategien gegenüber der gegenwärtigen Planungspraxis notwendig sind. Im Sinne eines integrierten Hochwasserrisikomanagements auf Flussgebietsebene ist einerseits eine Abkehr von der einseitigen Orientierung auf den technischen Hochwasserschutz, d.h. Erweiterung um Maßnahmen des Hochwasserflächenmanagements und der Hochwasservorsorge, erforderlich, andererseits müssen auch indirekte Projektwirkungen als bewertungsrelevante Parameter einbezogen werden. Studien zeigen beispielsweise, dass die Berücksichtigung indirekter Nutzen zu einer deutlich veränderten Bewertung von Hochwasserschutzstrategien führen kann, da sich Nutzen-Kosten-Relationen verschieben. Dies erfordert allerdings die Erweiterung der Perspektive von dem bislang auf eindimensionale Ziele ausgerich-

teten Bewertungsansatz einer klassischen NKA auf zwei- oder mehrdimensionale Ziel-systeme. Ähnlich dem Ansatz der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sollte das Hochwasserrisikomanagement daher als Bestandteil eines integrierten Managements von Naturressourcen verstanden werden. Wirken Maßnahmenalternativen auf multiple Ziele, lassen sich verschiedene politische und planerische Bereiche und Zuständigkeiten nicht mehr trennen. So wirken Maßnahmen im Zuge der WRRL unter Umständen positiv auf den Hochwasserschutz, hochwasserrelevante Maßnahmen dagegen auf die Gewässergüte und naturschutzrelevante Ziele, etc. Eine Trennung unterschiedlichster Nutzen ist nicht mehr sinnvoll. Anhand von Fallbeispielen wird gezeigt, dass die räumliche sowie inhaltliche Erweiterung der Analyse um indirekte Effekte derzeit bestehende Verzerrungen in der Maßnahmenbewertung korrigieren kann. Auf Grundlage dieser umfassenderen Bewertung gewinnen beispielsweise Renaturierungsmaßnahmen und weiträumig wirksame Maßnahmen gegenüber den heute häufig favorisierten technischen und eher lokal orientierten Lösungen an Attraktivität.

Ein wesentliches Problem liegt in der Frage der Skalenebene der Bewertung. Der räumliche Betrachtungs- und Handlungsräum für Hochwasserschutzmaßnahmen wird in der Regel innerhalb des fragmentierten politisch – administrativen Systems vorgegeben, entsprechend variiert auch die Skalenebene. Bei flussgebietsbezogener Betrachtung ergeben sich unter Umständen andere Nutzen-Kosten-Relationen für eine definierte Hochwasserschutzmaßnahme als bei lokaler Betrachtung, da diese jeweils auf ein anderes Ziel orientiert sind.

Auch kann die Erweiterung der Bewertung um Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes die Nutzen-Kosten-Relationen im Rahmen einer Hochwasserschutzplanung verschieben: beispielsweise können Vorsorgemaßnahmen insbesondere bei der Betrachtung extremer Hochwasserereignisse unter ökonomischen Gesichtspunkten deutlich effizienter sein als weitere Investitionen in technische Hochwasserschutzanlagen. Erste Ansatzpunkte eines gesellschaftlichen Wandels im Umgang mit Hochwasserrisiken zeigt die Orientierung auf die drei Säulen einer umfassenden Hochwasserschutzstrategie, auf denen die Hochwasserschutzkonzeptionen der meisten Bundesländer beruhen.

Die erforderliche Öffnung des Blickwinkels des bislang begrenzten Betrachtungshorizontes von NKA bezieht sich zusammenfassend auf folgende Punkte:

- Orientierung auf das Ökosystem ‚Flusseinzugsgebiet‘ und dessen gesamte Funktionalität unter Einbeziehung der Hochwasserschutzfunktion (auch als Grundlage für die Berücksichtigung von Sekundärnutzen in der ökonomischen Bewertung),
- Einbeziehung von Entstehung und Ablauf der Hochwasserereignisse sowie möglicher Überlagerungseffekte in Flussgebieten in Abhängigkeit vom Flussgebietstyp,
- Unterscheidung verschiedener Arten von Hochwasserereignissen,
- Berücksichtigung verschiedener räumlicher Skalenebenen bei Planung und Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen,
- Berücksichtigung des bestehenden Schutzniveaus bzw. der technischen Prägung des Systems und deren Einfluss auf die Bewertung des Status quo,

- Einbeziehung eines aus ökonomischer Sicht ‚optimalen‘ Schutzniveaus im Rahmen einer NKA, da letztlich entgegen der normativen Festlegung eines Ziels (Schutzniveaus) traditioneller Kostenwirksamkeitsanalysen das angestrebte Schutzniveau auf Grundlage einer erweiterten NKA bestimmt werden sollte.

Die im Rahmen des Projektes zusammengestellten erweiterten Bewertungsansätze zur Erfassung von Nutzen und Kosten wurden bezogen auf typisierte Maßnahmenkategorien im Rahmen eines Expertenworkshops diskutiert. In einem weiteren Fachgespräch wurden ökonomische und institutionelle Instrumente zur überregionalen Kompensation, Kostenverteilung und Anreizgestaltung zur Durchführung von Hochwasserschutz- und Hochwasservorsorgemaßnahmen erörtert.

Die in den vorhergehenden Kapiteln erörterte erweiterte NKA der Auswirkungen von Hochwasserschutz- und –vorsorgemaßnahmen verschafft ein umfassendes Bild der direkten und indirekten positiven und negativen Effekte von Eingriffen in das Abflussgeschehen und andere schadensbeeinflussende Parameter. Daraus können Schlüsse im Hinblick auf die unterschiedlichen Interessenlagen der beteiligten gesellschaftlichen Akteure im Flussgebiet gezogen werden. So können z.B. die direkten und indirekten Kosten der Anlage eines Flutungspolders lokal anfallen, die Nutzen dagegen weit gestreut über alle Unterlieger und nur in begrenztem Umfang lokal.

Die erweiterte NKA ist daher ein Schlüssel einerseits zur Analyse der bestehenden Anreizstrukturen im Bezug auf die Nutzung oder Nicht-Nutzung potenzieller Überschwemmungsgebiete und gibt andererseits wertvolle Hinweise für die Gestaltung eines anreizgerechten Ausgleichs zwischen Oberlieger- und Unterliegerinteressen sowie zwischen überschwemmungsgefährdeten Flussanliegern und der Gesellschaft.

Eine Analyse der Anreizstrukturen kann zur Erklärung beitragen, warum vorhandene Konzepte und institutionelle Instrumente – wie das Hochwasserschutzgesetz oder eine entsprechende Bauleitplanung – in der Praxis bisher nicht durchgreifend dazu eingesetzt werden, um die Schadenspotenziale dauerhaft wirksam zu reduzieren.

Neben den gesetzlichen Forderungen gibt es eine ganze Reihe viel versprechender Ansatzpunkte zur Institutionalisierung einzelner Aspekte eines integrierten nachhaltigen Hochwasserrisikomanagements. Dazu werden u.a. die entsprechenden Instrumente der Wasserwirtschaft, Raumordnung und Bauleitplanung vorgestellt und Beispiele für erfolgreiche interkommunale Zusammenarbeit im Rahmen von Deich- und Hochwasserschutzverbänden gegeben.

Darüber hinaus werden ökonomische Instrumente zur Gestaltung der Anreizsituation zur Umsetzung von Hochwasserschutz- und –vorsorgemaßnahmen vorgestellt und diskutiert. Einige dieser ökonomischen Instrumente, wie beispielsweise Subventionen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes oder Versicherungslösungen zur privaten Absicherung des Schadensrisikos werden bereits eingesetzt. Teilweise wirken sie jedoch selbst wiederum in Richtung einer weiteren Erhöhung des Schadenspotenzials – wie beispielsweise die Einrichtung von Hilfsfonds zur Kompensation von Hochwasserschäden. Auch die aus allgemeinen Steuermitteln finanzierten Zuschüsse zum Bau von Hochwasserschutzeinrichtungen vermindern den Anreiz zur Reduzierung des

Schadenspotenzials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Freiwillige private Hochwasserversicherungen haben sich in Deutschland bislang nicht flächendeckend durchgesetzt und die Versicherungswirtschaft hat sich aus dem Angebot von Hochwasserpolicien für besonders gefährdete Gebiete inzwischen weitgehend zurückgezogen – was einen wirksamen Anreiz zur Verbesserung der Bau- und Eigenvorsorge setzt, falls die Gefährdeten im Schadensfall nicht weiterhin auf staatliche Hilfen vertrauen können. Es wären jedoch durchaus ökonomische Instrumente denkbar, die eine automatische Steuerung in Richtung einer Reduzierung der Schadenspotenziale bewirken könnten: Darunter unter anderem die seit längerer Zeit diskutierte Pflichtversicherung für Elementarschäden oder auch eine Zertifikatlösung im Bezug auf die Bereitstellung von Wasserrückhaltepotenzial. Bereits vorhandene und zukünftig mögliche ökonomische Instrumente werden hier daher im Hinblick auf ihre potenziellen Anreiz- und Koordinationswirkungen analysiert.

Zusammenfassend wird ein Ausblick auf Reformoptionen mit Hilfe institutioneller und ökonomischer Instrumente gegeben, mit denen eine nachhaltige Reduzierung des Schadenspotenzials in den überschwemmungsgefährdeten Bereichen erreicht und ein Interessenausgleich sowohl zwischen Ober- und Unterliegern als auch zwischen Flussanliegern und nicht überschwemmungsgefährdeten Haushalten und Unternehmen hergestellt werden könnte.

Die in dieser Studie vorgestellte Systematik der erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse und der damit verknüpften Kompensationsinstrumente wird mit Hilfe von praxisnahen Fallbeispielen veranschaulicht. Damit soll verdeutlicht werden, wie das hier erarbeitete Instrumentarium im Rahmen eines integrierten Hochwasserrisikomanagements praktisch angewendet werden kann.

Die Fallbeispiele sollen dabei unter anderem aufzeigen:

- welche Effekte über traditionelle Bewertungsansätze hinaus betrachtet werden müssen (z.B. indirekte Effekte, Sekundärnutzen),
- wie mit verschiedenen Schutzniveaus umgegangen werden kann
- auf welcher Skalenebene eine Bewertung und Entscheidungsfindung stattfinden kann oder sollte,
- welche zusätzlichen Datenanforderungen sich für die Bewertung ergeben und
- welche Bewertungsmethoden sich als geeignet erweisen können.

Als Fallbeispiele wurden existierende Hochwasserschutzplanungen oder -projekte ausgewählt, deren Entscheidungsgrundlagen bisher auf traditionellen Bewertungen basierten und anhand derer daher Erweiterungsmöglichkeiten im Sinne einer umfassenden NKA aufgezeigt werden können. Die Fallbeispiele sollen in erster Linie den methodischen Zugang und die Erweiterungsnotwendigkeiten verdeutlichen.

Im ersten Fallbeispiel (Deichrückverlegung Monheim) wird deutlich, dass sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis nach einer Ausdehnung der räumlichen Skala (Berücksichtigung von Fernwirkungen) und Bewertung von Sekundäreffekten (Biodiversitäts- und

Erholungsnutzen) für die Deichrückverlegungsvariante als äußerst positiv darstellt, während die Sanierung des Altdeiches ein negatives Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweisen würde. Die vom Land Nordrhein-Westfalen verfolgte und umgesetzte Strategie erweist sich damit ex-post auch als die unter einer erweiterten Nutzen-Kosten-Betrachtung vorteilhaftere.

Das zweite Fallbeispiel (Polder Trebur) zeigt, dass eine Beschränkung auf eine rein regional orientierte Betrachtungsskala häufig bedeutende Nutzenkomponenten ignoriert und eine Maßnahme, die lokal betrachtet (auf der Mikro- bis Mesoskala) ein ungünstiges Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweist, in ihrer überregionalen Bewertung eine eindeutig positive Bewertung erhalten kann. Dieses Beispiel weist auch auf die derzeit vorhandenen Defizite im überregionalen Interessenausgleich hin, die mit den hier vorgestellten Instrumenten verbessert werden könnten.

Das dritte Fallbeispiel (Vorbeugender Hochwasserschutz an der Lahn) gibt Anregungen, wie die Bewertung von Maßnahmenprogrammen methodisch erweitert werden könnte, die eine Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts zum Ziel haben. Aufgrund der hier häufig im Vordergrund stehenden Biodiversitäts- und Erholungsnutzen geraten solche Maßnahmenprogramme bei praxisüblich verkürzten NKA gegenüber technisch orientierten Maßnahmenprogrammen oft ins Hintertreffen. Die Bewertung auch indirekter Nutzen und Kosten im Rahmen erweiterter NKA kann damit eine Begründung für die Einbeziehung überregionaler staatlicher Etats zur Finanzierung eines Hochwasserrisikomanagements liefern, das neben der Reduzierung von Hochwassergefährdungen auch Naturschutzaspekte und Ziele der Wasserrahmenrichtlinie berücksichtigt.

Summary

At present, the economic assessment of flood control measures focuses mainly on technical flood control and merely examines consequences of measures taken at local level. Indirect benefits and costs as well as downstream effects are often neglected. These, however, will have to be taken into account if different flood control strategies should be balanced against each other when taking political or planning decisions. In order to guarantee a comprehensive assessment of flood control strategies in a framework of an integrated flood risk management, our research project develops systematic approaches to extended cost-benefit analysis. Further, innovative economic instruments and institutional structures to compensate upstream-downstream interests are discussed.

The project examines the costs and benefits of alternative flood control measures from the perspective of an integrated river basin management. In collaboration with the German Federal Institute of Hydrology (BfG), technical flood control strategies, natural retention and precautionary measures are assessed regarding their hydrological and economic effects. The measures are analysed with respect to their particular costs and benefits, while approaches to economic assessment as well as methodical approaches to extended cost-benefit analysis shall be developed. In order to achieve this, direct as well as indirect costs and benefits are examined, such as opportunity costs due to lost potential alternative uses or external additional value due to the renaturation of riparian wetlands.

Against this background, the project provides a set of instruments for cost-benefit analysis, which is sufficiently abstract to adjust to various frame conditions and problems, as well as sufficiently concrete to supply an economic assessment supporting decision-making processes.

Another section deals with the problem of how the costs and benefits of additional flood control and improved precautionary measures are currently distributed, or rather, how they might or should be distributed in the future according to the criteria of economic efficiency, social justice, as well as individual or communal self-determination. The compensation of upstream-downstream interests has to deal with different objects of compensation (such as additional protection or additional danger from changes to the natural runoff process). Compensation is required during different phases of the flood (precautionary phase, flood emergency phase, phase of damage regulation). Adjustment between potential partners of compensation (e.g. communes, Federal States) can be achieved by financial transfers or by compensating measures. In this case, the concerned actors can rely on various institutional regulations, such as the law, ordinances, administrative agreements, formal association structures, informal cooperation agreements, or economic instruments, such as insurance solutions.

Generally spoken, an extended cost-benefit analysis demands a lot on disciplinary approaches to analysis and assessment as well as their integration: Firstly, the effec-

tiveness of potential flood control strategies has to be estimated within different frame conditions and on different scales. Measures taken within the three categories: natural retention, technical flood control and precautionary measures affect various factors influencing flood risks.

While flood retention strategies might cause changes within the physical system (having hydrological and hydraulic effects), precautionary measures tend to affect socio-economic factors, i.e. influence values of the endangered area or cause reactions to a flood water, without significantly affecting the river system or the runoff, having only limited downstream effects.

All in all, the scientific assessment of cause-and-effect-relations still provides great uncertainties, which affect the economic assessment as well. While less complex problems (small, homogenous river basins) often allow conclusions about cause-and-effect and cost-benefit relations, the uncertainty increases with higher complexity. Consequently, the accuracy of the economic assessment is limited in many cases. Further, the procedure of cost-benefit analysis largely depends on the context of the evaluation: the type of river basin, the genesis of the particular flood event and the considered scale level strongly affect the evaluation. Assessment uncertainty drastically rises in the process of "up-scaling", not least due to potential interactions in complex river basins.

In spite of these uncertainties and unresolved problems regarding the evaluation context it should be noted that firstly a change of paradigm concerning flood risks is required and secondly the process and methods of evaluating different flood control strategies have to be changed in comparison to present flood management.

In order to provide an integrated flood risk management in river basins, it is necessary to overcome the dominance of technical flood control in favour of a greater prominence of measures to improve the natural retention and a stronger promotion of precautionary measures. On the other hand, indirect effects of a project will have to be considered as relevant evaluation parameters. Studies prove that taking into account indirect benefits may lead to a significant change in the evaluation of flood control strategies, since cost-benefit relations shift (as replicated in our case studies below).

However, this requires a change of perspective from the traditional cost-benefit analysis approach based on one-dimensional objectives to approaches with two- or more-dimensional objectives. Flood risk management should therefore be understood as part of an integrated management of natural resources in accordance with the EU Water Framework Directive (WFD). As soon as alternative measures affect multiple aims, different political and project-related areas, scales and responsibilities can no longer be treated separately. This means certain measures taken in accordance with the WFD may affect flood control, whereas measures related to flood control may affect water quality and nature protection areas, etc.

Separating various benefits does no longer make sense. Case studies show that broadening the analysis concerning indirect effects is able to correct current distortions of the evaluation of measures. Such a broader assessment proves renaturation

or macro-scale measures to be more effective than the technically and locally oriented solutions favoured today.

The scale level of the assessment poses a considerable problem. The scale level usually varies according to the spatial scope of flood control strategies which are defined by a fragmented political-administrative system. Cost-benefit relations of any defined flood control strategy vary depending on whether the perspective is locally or river-basin-oriented, since each perspective focuses on different aims.

Cost-benefit relations may also shift if measures beyond technical flood control are added to the assessment. Precautionary measures taken after considering extreme floods economically may prove much more efficient than further investment in technical flood control facilities. The orientation towards the three elements of an integrated flood protection on which flood protection strategies of most federal states are based shows that a first change of paradigm concerning flood risk management is going on.

The required widening of perspective regarding the currently limited horizon of cost-benefit analysis in short refers to the following aspects:

- An orientation towards the eco-system „river basin“ and its whole functionality including flood control functions (also as a basis for the consideration of secondary benefits in the economic evaluation),
- Consideration of genesis and development of flood events as well as possible interactions in river basins depending on the type of river basin,
- Distinction of different types of floods,
- Consideration of different scale levels when planning and assessing flood control measures,
- Consideration of the existing level of protection as well as the technical structure of the system and its effect on the status quo,
- Consideration of an economically ideal level of protection in accordance with cost-benefit analysis, since finally the level of protection should be defined in accordance with an advanced cost-benefit analysis, against a normative definition of a target (level of protection) based on traditional cost-effectiveness analyses.

The approaches to an assessment of costs and benefits which have been reviewed during the project have been discussed in a expert workshop referring to different categories of management measures. A second expert workshop discussed economic and institutional instruments for inter-regional compensation, cost distribution and possible incentives for flood control and precautionary measures.

An extended cost-benefit analysis of the effects of flood control strategies and precautionary measures as it has been discussed in the preceding chapters provides further insight into the direct and indirect effects – both positive and negative – of changes to the runoff process and other damaging parameters.

This allows conclusions concerning the various interests of the involved actors in the river basin area. This is the case if, for example, direct and indirect costs of a flood

polder affect are experienced only locally, whereas the benefits may have a wide-spread effect on all down streamers with only limited positive local impacts.

An extended cost-benefit analysis therefore provides the key to an assessment of the current incentives concerning the use or non-use of potential flood plains. At the same time, it provides useful hints for how to offer incentives for compensation between up streamers and down streamers as well as between riverside residents at risk and the rest of the society.

Such an analysis of incentive structures may offer an explanation why existing concepts and institutional instruments such as the Five-Point Programme of the German Federal Government, the Federal Flood Control Act or urban land use planning have – until now - not been able to effectively reduce damage potentials on a permanent basis.

Besides the legal framework there is a whole range of promising approaches to institutionalising individual aspects of integrated sustainable flood risk management. This requires accordingly that the institutional instruments of water management and spatial planning are explained. At the same time, examples of successful intercommunal co-operation within dyke and flood control associations are provided.

Further, economic instruments setting incentives to implement flood control and prevention strategies are explained and discussed. Some of these economic instruments, such as subsidies to improve flood control or insurance solutions for a private covering of risks, have already been implemented. Sometimes, however, they even increase the potential damage further, as is the case with certain ad hoc funds to compensate flood damage. Similarly, grants financed by tax money in order to construct flood control facilities actually reduce the incentive to minimise damage potential in flood plains.

Voluntary private flood insurances have not yet reached a broad coverage all over Germany and the insurance industry has largely withdrawn offers of flood policies for particularly endangered areas. This might provide an important incentive for the persons at risk to improve constructional and private prevention – but only if they can no longer rely on damage compensation out of public budgets.

There are, however, economic instruments which could automatically work towards a reduction of potential damage: for example, the largely discussed mandatory insurance for natural hazards or even a certificate solution concerning the supply of flood retention potential. Therefore, existing economic instruments or those possible in the future are analysed regarding their potential to provide incentives and improve coordination between different stakeholders.

Finally, we provide an outlook on reform options with the help of institutional and economic instruments which may provide a sustainable reduction of damage potentials in flood plains. Further, they might be able to create a balance of upstream and downstream interests and coordinate the interests of riverside residents and persons not at risk.

The systematics of an extended cost-benefit analysis and related instruments of compensation presented in this study is illustrated with practical case studies. They demonstrate how the developed instruments can be applied in accordance with integrated flood risk management. The case studies are meant to demonstrate:

- which effects have to be considered beyond traditional assessment (e.g. indirect effects, secondary benefits),
- how different levels of protection should be handled,
- on which scale level the assessment and decision-making process may or should take place,
- which additional data are required for the assessment and
- which modes of assessment prove to be adequate.

The case studies have been chosen among existing flood protection projects which so far have been based on traditional assessment and thus are able to demonstrate the potentials of an extended cost-benefit analysis. The case studies are meant to illustrate the methodological approach and the possibilities of its further improvement.

The first case study (a dyke relocation project in Monheim, North-Rhine Westphalia) shows how the cost-benefit ratio concerning the dyke relocation option improves significantly after an extension of the spatial scale (taking into account up- and downstream effects) and the evaluation of ecosystem services (biodiversity and recreation), while the reconstruction of the former dyke would have resulted in a negative cost-benefit relation. Ex post, the strategy applied by the state North-Rhine Westphalia proves to be the more advantageous one in accordance with an extended cost-benefit analysis.

The second case study (polder Trebur, river Rhine, Hessian territory) shows how limitation to an exclusively regional scale tends to ignore important benefits. A measure which shows an unfavourable cost-benefit ratio on the regional scale (micro- and mesoscale) may achieve an unequivocal positive result on the river basin level (macro scale). This example also points to the current lack of inter-regional balance of interest which might be improved with the presented instruments.

The third case study (flood prevention at the river Lahn) discusses how the methods for the assessment of management options could be advanced in order to improve natural water retention. In traditional cost-benefit analyses, such measures tend to fall behind technical measures due to the special emphasis on biodiversity and recovery benefits.

The evaluation of indirect costs and benefits in accordance with an advanced cost-benefit analysis may finally justify the contribution of national governmental budgets to finance a flood risk management which takes into account not only the reduction of flood risks, but integrates environmental protection and the objectives of the Water Framework Directive.

1 Einleitung

Ökonomische Bewertungen von Hochwasserschutzmaßnahmen nehmen derzeit vorrangig den technischen Hochwasserschutz in den Blick und betrachten die Auswirkungen von Maßnahmen häufig nur auf lokaler Ebene. Dabei werden indirekte Nutzen und Kosten, sowie Fernwirkungen vernachlässigt. Diese müssen aber einbezogen werden, wenn für planerische oder politische Entscheidungen unterschiedliche Hochwasserschutzstrategien gegeneinander abgewogen werden sollen. Für die umfassende Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen werden hier systematische Ansätze für erweiterte Nutzen-Kosten-Analysen im Hochwasserschutz entwickelt. Darüber hinaus werden innovative ökonomische und institutionelle Instrumente zum überregionalen Ausgleich der Interessen von Ober- und Unterliegern diskutiert.

Das Forschungsvorhaben untersucht Nutzen-Kosten-Verhältnisse alternativer Hochwasserschutzstrategien in einer integrierten flusseinzugsgebietsbezogenen Perspektive. In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde werden sowohl technische Hochwasserschutzmaßnahmen, Hochwasserflächenmanagement und Vorsorgemaßnahmen im Hinblick auf ihre hydrologischen und ökonomischen Auswirkungen betrachtet. Die Maßnahmen werden hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Nutzen- und Kostenaspekte analysiert und Ansätze für eine ökonomische Bewertung der einzelnen Effekte aufgezeigt. Dabei werden neben den direkten auch indirekte Nutzen- und Kostenkomponenten betrachtet, wie etwa Opportunitätskosten aufgrund entgangener Nutzungsmöglichkeiten oder externe Zusatznutzen durch die Reaktivierung von Auenlandschaften.

In einem weiteren Arbeitsabschnitt geht es um die Frage, wie die Kosten und Nutzen eines zusätzlichen Hochwasserschutzes und einer verbesserten Vorsorge gegenwärtig verteilt werden bzw. wie sie unter den Kriterien der ökonomischen Effizienz, der sozialen Gerechtigkeit und der individuellen oder kommunalen Selbstbestimmung zukünftig verteilt werden müssten, könnten oder sollten. Bei dem Ausgleich von Interessen zwischen Ober- und Unterliegern geht es um verschiedene Kompensationsgegenstände (wie beispielsweise zusätzlicher Schutz oder zusätzliche Gefährdung durch Eingriffe in das natürliche Abflussgeschehen). Der Kompensationsbedarf fällt in verschiedenen zeitlichen Phasen des Hochwasserereignisses an (Vorsorge-, Hochwasser- oder Schadensregulierungsphase). Ein Ausgleich zwischen den potenziellen Kompensationspartnern (z.B. Kommunen, Länder) kann beispielsweise mithilfe finanzieller Transfers oder durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen hergestellt werden. Die beteiligten Akteure können sich dabei unterschiedlicher institutioneller Regelungen wie der Gesetzgebung, Zweckverbandssatzungen, Verwaltungsvereinbarungen oder ökonomischer Instrumente, wie beispielsweise Versicherungslösungen bedienen. Für ein integriertes Hochwasserrisikomanagement geht es darum, die bestehenden Ansätze der Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) um die jeweiligen indirekten Wirkungen zu erweitern und gleichzeitig der Komplexität der Bewertung bei Betrachtung unterschiedlicher Flussgebietstypen, Skalenebenen und Hochwasserereignisse Rechnung zu

tragen. Als Projektergebnis wird ein Instrumentenset für Nutzen-Kosten-Analysen im Hochwasserschutz bereitgestellt, das abstrakt genug ist, um es für verschiedene Rahmenbedingungen und Fragestellungen anzupassen, jedoch konkret genug, um eine ökonomisch geleitete Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Die Erweiterung von Nutzen-Kosten-Analysen stellt dabei generell hohe Anforderungen an disziplinäre Analyse- und Bewertungsansätze sowie an deren Integration: Auf Grundlage naturwissenschaftlicher Wirkungsprognosen muss zunächst die Wirksamkeit der unterschiedlichen Hochwasserschutzstrategien unter verschiedenen Rahmenbedingungen und auf unterschiedlichen Skalenebenen eingeschätzt werden können. Wie anhand von Fallbeispielen gezeigt wird, kann die Erweiterung der Analyse um indirekte Effekte und Fernwirkungen derzeit bestehende Verzerrungen in der Maßnahmenbewertung korrigieren. Auf Grundlage dieser umfassenderen Bewertung gewinnen beispielsweise Renaturierungsmaßnahmen und weiträumig wirksame Maßnahmen gegenüber den heute häufig favorisierten technischen und eher lokal orientierten Lösungen an Attraktivität.

Die hier zusammengestellten erweiterten Bewertungsansätze zur Erfassung von Nutzen und Kosten wurden bezogen auf typisierte Maßnahmenkategorien im Rahmen eines Expertenworkshops diskutiert. In einem weiteren Fachgespräch wurden ökonomische und institutionelle Instrumente zur überregionalen Kompensation, Kostenverteilung und Anreizgestaltung zur Durchführung von Hochwasserschutz- und Hochwasservorsorgemaßnahmen erörtert.

Die in dieser Studie vorgestellte Systematik der erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse und der damit verknüpften Kompensationsinstrumente wird mit Hilfe von praxisnahen Fallbeispielen veranschaulicht. Damit soll verdeutlicht werden, wie das hier erarbeitete Instrumentarium im Rahmen eines integrierten Hochwasserrisikomanagements praktisch angewendet werden kann.

2 Hochwasserschutzplanungen in Deutschland

2.1 Grundlegende Hochwasserschutzkonzeption

Der gesellschaftliche Wandel im Umgang mit Hochwasserrisiken hat zu veränderten Handlungskonzepten im Hochwasserrisikomanagement geführt. Die Strategien bewegen sich dabei im Spannungsfeld zwischen den Möglichkeiten der Beeinflussung des Hochwassergeschehens und der Vorsorge zur Schadensminderung. Die LAWA hat entsprechend mit ihren Leitlinien (LAWA 1995) ein Leitbild für das Hochwasserrisiko-management vorgegeben, auf der die Hochwasserschutzkonzeptionen der meisten Bundesländer beruhen. Danach werden generell drei Säulen einer umfassenden Hochwasserschutzstrategie betrachtet:

(A) Flächenmanagement

Grundlegendes Ziel eines Flächenmanagements ist die Stärkung des Wasserrückhaltes im Einzugsgebiet. Dazu gehört erstens eine angepasste Nutzung auf hochwassergefährdeten Flächen, die zu einer Minderung des Schadenspotenzials beiträgt, darüber hinaus aber auch die Hochwasserentstehung in der Fläche beeinflussen kann. Zweitens wird im Rahmen dieser Strategie auch der Wasserrückhalt im Einzugsgebiet durch den Erhalt und die Wiederherstellung von natürlichen Retentionsräumen sowie versickerungsfähiger Böden (z.B. durch Entsiegelung) betrachtet.

(B) Technischer Hochwasserschutz

Der Hochwasserschutz durch bautechnische Maßnahmen bildet nach wie vor eine tragende Säule von Hochwasserschutzstrategien, muss aber um Elemente der anderen Teilstategien ergänzt werden, um Bestandteil einer umfassenden Hochwasserschutzkonzeption zu sein. Entsprechend dem vorhandenen Schadenspotenzial erfolgt der Hochwasserschutz durch Deiche, Dämme, Hochwasserrückhaltebecken, Talsperren oder objektspezifische Maßnahmen. Anlagen des technischen Hochwasserschutzes sind so ausgerichtet, dass sie in der Lage sind, Schäden bis hin zum Bemessungshochwasser zu verhindern.

(C) Hochwasservorsorge

Eine weitergehende Hochwasservorsorge zielt auf die Verminderung von Schäden auch bei extremeren Ereignissen, d.h. Ereignissen, die über das Bemessungshochwasser für technischen Hochwasserschutz hinausgehen, ab. Hierbei können verschiedene Vorsorgemaßnahmen betrachtet werden: die Bauvorsorge (Ausrüstung von baulichen Anlagen entsprechend der Hochwassergefahr), die Verhaltensvorsorge (Verringerung von Schäden durch Frühwarnsysteme sowie Alarm- und Notfallpläne

für planvolles Handeln) und die Risikovorsorge (finanzielle Vorsorge durch Rücklagen und Versicherungen).

Eine wichtige Grundlage für Strategien des Flächenmanagements aber auch für Verhaltensänderungen von Betroffenen stellen Hochwassergefahrenkarten dar. Diese bilden die Grundlage für eine Sicherung hochwassergefährdeter Flächen, geben Informationen über flächenbezogene Hochwassergefahren und sind damit eine wichtige Voraussetzung für die Schaffung eines Bewusstseins individueller Betroffenheit.

Ein entsprechendes Umdenken im Hinblick auf umfassende Hochwasserschutzstrategien findet sich auch im Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Kernpunkt des Gesetzes ist die flächendeckende Festsetzung von Überschwemmungsgebieten (mit einem HQ₁₀₀ als Bemessungsgrundlage) durch die Länder innerhalb der nächsten fünf Jahre. Darüber hinausgehend sollen ‚überschwemmungsgefährdete‘ Gebiete kenntlich gemacht werden. Im Grundsatz sollen die Überschwemmungsgebiete, die auch in den Raumordnungs- und Bauleitplänen gekennzeichnet werden müssen, in ihrer Funktion als Rückhalteflächen erhalten werden. Erstmals wurde ein bundesweites Verbot für die Planung neuer Baugebiete in Überschwemmungsgebieten gesetzlich verankert, allerdings dürfen neue Baugebiete in begründeten Ausnahmefällen trotzdem ausgewiesen werden. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen müssen Maßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Verringerung von Bodenerosion und Schadstoffeinträgen getroffen werden. Darüber hinaus müssen innerhalb der nächsten 4 Jahre flussgebietsbezogene Hochwasserschutzpläne aufgestellt und mit den betroffenen Bundesländern und Nachbarstaaten abgestimmt werden. Der Gesetzentwurf zielt damit in erster Linie auf eine Stärkung des Flächenmanagements ab und stellt dieses als Teilstrategie des Hochwasserrisiko-managements auf eine gesetzliche Grundlage.

Für die ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist die dargestellte strategische Ausrichtung des Hochwasserrisikomanagements insofern von Bedeutung, als dass die verschiedenen Teilstrategien die Bandbreite der zu berücksichtigenden und soweit wie möglich in monetären Einheiten zu bewertenden Effekte abbildet.

Es gibt mittlerweile einige Studien (z.B. LAWA 2000, IKSR 1999b) zur Einschätzung der Wirksamkeit verschiedener Hochwasserschutzmaßnahmen, z.B. Wirkungsabschätzungen von Wasserrückhaltungen im Einzugsgebiet – hier mit Anpassung an die Verhältnisse am Rhein. Berücksichtigt sind neben dem technischen Hochwasserrückhalt auch Maßnahmen der angepassten Nutzung im Einzugsgebiet oder der Schaffung von Retentionsflächen. Diese Untersuchungen geben einen guten Einblick in die qualitativen Effekte von Hochwasserschutzstrategien, sowohl im Nah- als auch im Fernbereich. So hat z.B. der dezentrale Hochwasserschutz (d.h. Wasserrückhalt in der Fläche) eine primär örtliche Wirkung, die Summe vieler einzelner Maßnahmen kann sich damit positiv auf die Hochwasserentwicklung kleiner Gewässer auswirken und das Abflussregime bei häufigen, kleineren Hochwassern beeinflussen. Die Wirkung in mittleren und großen Einzugsgebieten ist dagegen eher begrenzt (IKoNE 2002). Die IKSR hat darüber hinaus eine allgemeine qualitative Einschätzung der Wirksamkeit

von Maßnahmen vorgenommen, die über den technischen Hochwasserschutz und Wasserrückhalt im Einzugsgebiet hinausgehen. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen hier Maßnahmen der Flächen-, Bau-, Verhaltens- und Risikovorsorge, schwerpunktmäßig also Maßnahmen aus der dritten Säule einer umfassenden Hochwasserschutzstrategie, die sehr schwer zu quantifizieren sind. Neben der Darstellung der unterschiedlichen Wirkungsweisen der Maßnahmen (Reduktion des bestehenden Schadenspotenzials, Begrenzung des Schadenspotenzialwachstums) wird eine ungefähre Einordnung der Maßnahmewirkungen in % vorgenommen, sowie die Bedeutung der Maßnahmen hinsichtlich Häufigkeit und Intensität ablaufender Hochwasser dargestellt. Derartige Studien fokussieren jedoch in der Regel auf eine der Säulen – eine vergleichende Bewertung der Nutzen und Kosten von Maßnahmen aller drei Säulen im Rahmen einer einzigen Hochwasserschutzstrategie existiert bislang nicht. Auch wenn in den genannten Studien die Wirkungen nicht quantifiziert oder in monetäre Einheiten überführt worden sind, bieten sie doch durch die Systematisierung und qualitative Einordnung der zu betrachtenden Effekte unterschiedlicher Strategien eine wertvolle Grundlage für die weitere Bewertung von Nutzen und Kosten.

2.2 Hochwasserschutzprogramme und Aktionspläne

Die grundlegende Ausrichtung der Hochwasserschutzstrategien in den einzelnen Bundesländern wird in der Regel vom jeweils zuständigen Landesministerium oder aber der jeweils zuständigen Fachbehörde in allgemeinen Aktions- oder Hochwasserschutzprogrammen dargestellt, so z.B. das ‚Aktionsprogramm Hochwasser 2020‘ des Bayrischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (LfW), die ausführliche Hochwasserschutzkonzeption des Landes Sachsen-Anhalt oder aber die Darstellungen der generellen Hochwasserschutzstrategie, die auch die meisten anderen Bundesländer veröffentlicht haben. Diese Programme beschreiben jedoch nur die grundlegende Orientierung des Hochwasserschutzes (meist in Anlehnung an die drei Teilstrategien entsprechend der LAWA-Leitlinien), geben aber keine konkreten Hinweise auf Methodik oder Inhalt zu berücksichtigender Nutzen- oder Kostenkomponenten oder aber auf konkrete Planungen. Für den Hochwasserschutz bzw. die konkreten Hochwasserschutzprojekte sind für die Gewässer, die je nach Bundesland in Gewässer verschiedener Ordnungen eingeteilt werden, entsprechend der jeweiligen landesrechtlichen wassergesetzlichen Regelungen, die Länder, Landkreise, kreisfreien Städte oder die Gemeinden zuständig (LAWA 1999). So sind beispielsweise für Planungsvorhaben in Baden-Württemberg die jeweiligen Regierungsbezirke zuständig, entweder für konkrete Schutzprogramme wie das ‚Integrierte Donauprogramm‘ (IDP) oder aber auch für generelle Konzeptionen als Handlungsrahmen für konkrete Projekte wie die ‚Integrierende Konzeption Neckar-Einzugsgebiet‘ (IKoNE 2002). Die jeweiligen Gewässerdirektionen bzw. Regierungsbezirke sind dabei für die Gewässer I. Ordnung und die Bundeswasserstraßen zuständig, für die Gewässer II. Ordnung liegt der Hochwasserschutz in den Händen der Kommunen (wobei 70% der Kosten aus dem Landeshaushalt getragen werden). Maßnahmenpläne für den technischen Hochwasserschutz – mit Angabe des entsprechenden Investitionsbedarfes – existieren dabei

für alle Gewässer I. Ordnung und die Bundeswasserstraßen. Für die Umsetzung konkreter Hochwasserschutzprojekte sind in Bayern dagegen die jeweiligen Wasserwirtschaftsamter (insgesamt 24) zuständig. So ist für jedes Bundesland die Zuständigkeit und Organisation des Hochwasserschutzes unterschiedlich geregelt, Hochwasserschutzaktionspläne finden sich entsprechend auf unterschiedlichen Skalenebenen und sind in unterschiedlichem Maße dokumentiert. Die folgenden Übersichten 1 und 2 geben einen Überblick über ausgewählte Hochwasserschutzpläne und Aktionsprogramme sowie die Art und Weise der jeweils durchgeführten Nutzen-Kosten-Betrachtungen.

Übersicht 1: Ausgewählte Hochwasserschutzprogramme und Aktionspläne einzelner Bundesländer

Bundesland	Hochwasserschutz-programme	Zuständigkeit	Nutzen-Kosten Abwägung	Monetär bewertete Nutzen	Quantitativ bewer-tete Nutzen	Weitere "aufgeführte" Nutzeneffekte	Monetär bewertete Kosten	Finanzierung
Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt und Verkehr)	Integriertes Donau-programm: Ge-samtkonzept von Herbertingen-Hundersingen bis Donaueschingen	RP Tübingen	Ja	Vermögensschäden, Wertschöpfungsverluste	Personenschäden	Katastrophenschutz-aufwand, Infrastruk-turschäden, Umwelt-schäden, sozioökonomische Schadwirkung	Investitionskosten, Betriebskosten	Land (Gewässer I. Ordnung) Kommunen (Gewässer II. Ordnung), Zu-schüsse durch RP Tübingen
	Integriertes Donau-programm: Gesamt-konzept: Ertingen-Binzwangen bis Ulm		Ja	Vermögensschäden, (Grundlage: Hochwasser-ereignis 1990) Wert-schöpfungsverluste	Personenschäden	Katastrophenschutz-aufwand, Infrastruk-turschäden, Umwelt-schäden, Schäden an Kulturgütern	Investitionskosten, Betriebskosten	
	IKoNE: Hochwasser-management	RP Stuttgart	Nein / (Handlungs-rahmen)	Vermögensschäden		Personenschäden, Umweltschäden, Katastrophenschutz-aufwand, Infra- strukturschäden Schäden an Kultur-gütern	Investitionskosten, Betriebskosten	projektbezogene Förderung im Rahmen von InterregIIC - IRMA

Bundesland	Hochwasserschutzprogramme	Zuständigkeit	Nutzen-Kosten Abwägung	Monetär bewertete Nutzen	Quantitativ bewertete Nutzen	Weitere "aufgeführte" Nutzeneffekte	Monetär bewertete Kosten	Finanzierung
Bayern (Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftsämter)	Hochwasserschutzkonzept Lechtal	LfW	Ja	Vermögensschäden			Investitionskosten, Betriebskosten, Anpassungskosten (Schifffahrt, Freizeitnutzung, Landschaftspflege), Opportunitätskosten	Gemeinden
	Hochwasserschutz in Bayern, Aktionsprogramm 2020	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen	Nein				Investitionskosten	Bundesland
Hessen (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz)	Kosten-Nutzen-Untersuchung am Beispiel Losse	Wasserverband Losse	Ja	Vermögensschäden	Personenschäden, Verlust von Kulturgütern		Investitionskosten, Reinvestitionskosten	Gemeinden (unterstützt durch Kreiszuschüsse)

Bundesland	Hochwasserschutz-programme	Zuständigkeit	Nutzen-Kosten Abwägung	Monetär bewertete Nutzen	Quantitativ bewertete Nutzen	Weitere "aufgeführte" Nutzeneffekte	Monetär bewertete Kosten	Finanzierung
Nordrhein-Westfalen (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen)	Hochwasser-aktionsplan Diemel	Staatliches Umweltamt Bielefeld	Ja	Vermögensschäden, Wertschöpfungsverluste			Investitionskosten, Betriebskosten	
	Hochwasser-aktionsplan Lippe	Staatliches Umweltamt Lippstadt	Ja	Vermögensschäden (Grundlage: HOWAS für private Haushalte; MURL Hochwasser- Schadenspotentiale für Gewerbe, öffentliche und soziale Bereiche), Wertschöpfungsverluste		Personenschäden, Viehschäden, Umweltschäden, Bodenwertänderungen	Investitionskosten (inkl. Kosten für Planung, Gutachten und Flächenankauf)	
Rheinland-Pfalz (Ministerium für Umwelt und Forstland Rheinland-Pfalz)	Hochwasser-aktionsplan Nahe	K.A.H.N.	Ja			Vermögensschäden, ökologische Effekte	Investitionskosten	Kreise und Gemeinden (bis zu 80% Zuschüsse durch das Bundesland)
Sachsen-Anhalt (Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt)	Hochwasserschutzkonzeption des Landes Sachsen-Anhalt bis 2010		Nein (Handlungsrahmen)			Vermögensschäden	Investitionskosten, Betriebskosten	Bundesland, Gemeinden und Landkreise

(Eigene Zusammenstellung)

Übersicht 2: Hochwasseraktionspläne ausgewählter Internationaler Kommissionen

Schutzkommission	Hochwasserschutzprogramme	Nutzen-Kosten Abwägung	Monetär bewertete Nutzen	Quantitativ bewertete Nutzen	Weitere "aufgeführte" Nutzeneffekte	Monetär bewertete Kosten	Finanzierung der Maßnahmen in Deutschland
Internationale Kommission zum Schutz des Rheins	IKSR Aktionsplan Hochwasser / Umsetzung des Aktionsplans Hochwasser / Übersichtskarten der Überschwemmungsgefährdung und der möglichen Vermögensschäden am Rhein	Ja (Rheinatlas)	Vermögensschäden (Grundlage: Howas), Wertschöpfungsverluste	Personenschäden	Vermögensschäden, ökologische Effekte, Sicherheit für Unterlieger	Investitionskosten	Bund und Länder
Internationale Kommission zum Schutz der Elbe	IKSE Aktionsplan Hochwasser	Nein / (Handlungsrahmen)	Hinweise zur Vorgehensweise bei der Erfassung von Vermögensschäden			Investitionskosten	Bund und Länder
Internationale Kommission zum Schutz der Mosel und Saar	IKSMS Aktionsplan Hochwasser	Nein / (Handlungsrahmen)			Vermögensschäden	Investitionskosten	Bund und Länder

(Eigene Zusammenstellung)

2.3 Internationale Schutzkommissionen

Die Internationalen Schutzkommissionen sind länderübergreifende Arbeits- und Projektgruppen mit dem Ziel, ein gemeinsames, abgestimmtes Flussgebietsmanagement zu betreiben, zu dem unter anderem explizit eine „ganzheitliche Hochwasservorsorge und Hochwasserschutz unter Berücksichtigung ökologischer Erfordernisse“ zählt (IKSR 1999a).

Eine wichtige Voraussetzung für einen wirkungsvollen und effizienten Hochwasserschutz ist die flussgebietsbezogene Betrachtung und Koordination der Maßnahmen. Im 5-Punkte-Programm der Bundesregierung wird ausdrücklich gefordert, dass sämtliche Schutzmaßnahmen und deren Auswirkungen sowohl über die Bundesländer- als auch über die nationalen Ländergrenzen hinweg betrachtet werden müssen. Die Gründe für die Notwendigkeit einer Zusammenarbeit liegen vor allem in zwei Bereichen. Erstens wirken sich Schutzmaßnahmen im Oberlauf eines Flusses auf das Abflussgeschehen und damit die Hochwassergefahr im Unterlauf aus, zweitens erfordert der erhebliche Finanzierungsaufwand einzelner Schutzprojekte einen geeigneten Lastenausgleich – vorausgesetzt, dass die Nutzen entsprechend regional verteilt sind und sich Wirkungen z.B. in Form einer verminderten Hochwassergefahr für Unterlieger aufgrund von Maßnahmen im Oberlauf auch nachweisen lassen. Mit der Gründung Internationaler Schutzkommissionen für die großen, transnationalen Flüsse (u.a. Rhein, Elbe, Mosel und Saar, Donau und Oder) wurde die Möglichkeit geschaffen, dieser Problematik langfristig Rechnung zu tragen. Der Hochwasserschutz ist in der Arbeit der Internationalen Schutzkommissionen jedoch nur eines von zahlreichen Themenfeldern, die nachhaltige ökologische und ökonomische Nutzung und Entwicklung der Flusssysteme steht im Vordergrund.

Die Kommissionen setzen sich aus Vertretern der beteiligten Länder zusammen. Die (neben der schweizerischen, französischen, luxemburgischen, niederländischen und europäischen) deutsche Delegation der IKSR besteht beispielsweise aus Vertretern des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, des Auswärtigen Amtes und der Ländervertreter und Verbände im deutschen Rheineinzugsgebiet. Die genauen Aufgaben und Ziele der IKSR werden wiederum durch die alle 3 bis 4 Jahre stattfindende Rheinministerkonferenz festgelegt. Auf der 12. Ministerkonferenz wurde die Umsetzung des Aktionsplans zur Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes beschlossen. In dem dazugehörigen Schutzkonzept wurden für die verschiedenen Maßnahmenkategorien - Wasserrückhalt im Rheineinzugsgebiet, Wasserrückhalt am Rhein, Technischer Hochwasserschutz, Vorsorgemaßnahmen im Planungsbereich und Hochwasservorhersage - die Gesamtkosten geschätzt, wobei die Verteilung der Kosten auf die beteiligten Staaten gesondert aufgeführt wird.

Dem Aufwand der Maßnahmen wurde zwar in verbaler Form der Nutzen gegenübergestellt, eine detaillierte Nutzen-Kosten Abwägung erfolgte bisher jedoch nicht. Auch die Hochwasseraktionspläne anderer Internationaler Schutzkommissionen (z.B. Elbe, Mosel und Saar) stellen eher einen Rahmenplan für die Umsetzung der Schutzmaß-

nahmen dar. Konkrete methodische Vorgaben für die Planung oder institutionelle Vorgaben für den Lastenausgleich bei Maßnahmen mit überregionaler Wirkung sind nicht explizit formuliert. Auch sind die erarbeiteten Konzepte von den jeweiligen Staaten nicht zwingend umzusetzen, sondern sind lediglich als Handlungsempfehlungen zu werten (IKSR 1999a).

Zwar steht der IKSR ein von den Mitgliedern anteilig finanziert Haushalt zur Verfügung, die vorgeschlagenen Hochwasserschutzmaßnahmen müssen allerdings von den betroffenen Staaten jeweils selbst getragen werden. Der Haushalt der IKSR dient vor allem der Koordinierungs-, Forschungs- und Öffentlichkeitsarbeit, so z.B. der Erstellung von Gutachten, Plänen und Handlungsempfehlungen sowie der Finanzierung von Kongressen und Tagungen. Die Finanzierung des Haushalts ist wie folgt aufgeteilt: Deutschland, Frankreich, Niederlande je 27,8%, Schweizerische Eidgenossenschaft 12%, Luxemburg 2,1% und EU 2,5%.

Eine wichtige Voraussetzung für einen überregionalen finanziellen Lastenausgleich wären die Bestimmung und monetäre Bewertung der Nutzeffekte von Schutzmaßnahmen auch über die Landesgrenzen hinaus. In den aktuellen Aktionsplänen der Internationalen Schutzkommissionen wird dies bisher noch nicht umgesetzt. Übersicht 2 gibt einen Überblick über ausgewählte Hochwasseraktionspläne.

Allerdings gibt es bereits einzelne Beispiele für einen erfolgreich praktizierten überregionalen und internationalen Lastenausgleich. So wurden auf Initiative und Vermittlung der deutsch-niederländischen Arbeitsgruppe Hochwasserschutz (Nordrhein-Westfalen – Gelderland) Mittel aus den niederländischen Anteilen am IRMA-Etat¹ als Beitrag zur Schaffung von zusätzlichen Retentionsflächen im nordrhein-westfälischen Bereich des Niederrheins eingesetzt (Heiland 2002). Ein anderes Beispiel ist die Beteiligung des Bundes und der anliegenden Länder an Poldern auf französischem Gebiet bei Moder und Erstein am Oberrhein (Heiland 2002). Als kleineres Beispiel für einen Lastenausgleich auf organisatorischem Gebiet könnte angesichts des relativ geringen deutschen Flächenanteils am Gesamteinzugsgebiet der Oder die überproportionale Beteiligung der Bundesrepublik Deutschland an der Finanzierung der Aktivitäten der IKSO betrachtet werden (Finanzierungsanteile: Bundesrepublik Deutschland 38,75%, Republik Polen 38,75%, Tschechische Republik 20%, Europäische Gemeinschaft 2,5%; (IKSO 1996). Die Kosten der Umsetzung des auf 3,6 Mrd. Euro geschätzten Hochwasseraktionsprogramms bis 2030 werden nach derzeitigem Planungsstand allerdings hauptsächlich auf der Seite Polens (77%) und der Tschechischen Republik (14%) anfallen (IKSO 2004).

Unabhängig von national vermittelten Etats stehen je nach Region und Vorhaben eine Reihe von EU-Programmen und Fonds für eine zumindest anteilmäßige Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen zur Verfügung (vgl. IKSD 2004, 23f):

¹ INTERREG Rhine-Meuse Activities

- Gemeinsame Agrarpolitik (CAP)²
- European Regional Development Fund³
- INTERREG IIIB CADSES⁴
- LIFE⁵
- Special Accession Programme for Agriculture and Rural Development (SAPARD)⁶
- PHARE Cross Border Co-operation (CBC)⁷
- TACIS⁸

Die Internationalen Schutzkommissionen bieten im Zusammenspiel mit den entsprechenden Ministerkonferenzen grundsätzlich einen geeigneten institutionellen Rahmen zum Ausgleich grenzüberschreitender Interessen. Im Hinblick auf die gemeinsame Finanzierung von Hochwasserschutzprojekten gibt es bisher jedoch relativ wenige praktische Beispiele. Der Einsatz von EU-Programmen und Fonds zur Finanzierung grenzüberschreitender Projekte kann solche Planungen allerdings erheblich erleichtern – ganz im Sinne eines überregionalen Lastenausgleichs.

² Vgl. z.B.: http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/de/2078_de/report.htm

³ Vgl.: http://europa.eu.int/comm/regional_policy/funds/prord/prord_de.htm

⁴ Vgl.: http://europa.eu.int/comm/regional_policy/country/prordn/details.cfm?gv_PAY=EU&gv_reg=ALL&gv_PGM=2001RG160PC008&LAN=3#zone

⁵ Vgl.: <http://www.europa.eu.int/comm/environment/life/life/index.htm>

⁶ Vgl.: http://europa.eu.int/comm/agriculture/external/enlarge/back/index_de.htm

⁷ Vgl: <http://europa.eu.int/comm/enlargement/pas/phare/programmes/index.htm>

⁸ Vgl.: http://www.europa.eu.int/comm/external_relations/ceeca/tacis/index.htm

3 Typisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen und deren Wirkungen

3.1 Hochwassertypen

Auf den ersten Blick scheinen Hochwasser an Fließgewässern eine homogene Ereignisgruppe zu sein und so werden sie auch häufig betrachtet und kommentiert. Besonders deutlich geworden ist dies im Verlauf des Hochwassers 2002 im Einzugsgebiet der Elbe. Bilder zerstörter Ortsteile und weggeschwemmter Verkehrsstrukturen wurden unterschiedslos neben solche gesetzt, die von Wasser umspülte Häuser und in gefluteten Wohnungen ausharrende Anlieger zeigten.

Tatsächlich ist jedoch zwischen Flusshochwassern und Sturzfluten zu unterscheiden, wobei die Übergänge zwischen den beiden Ereignistypen fließend sind; charakteristische Merkmale zur Unterscheidung lassen sich dennoch herausarbeiten.

3.1.1 Flusshochwasser

Flusshochwasser ereignen sich zumeist in Strömen und großen Gewässern mit umfangreichen Einzugsgebieten. Regenfälle hoher Intensitäten treten in Mitteleuropa nur kleinräumig auf. Große Gebiete reagieren auf weiträumige Niederschlagsfelder, die zwar mit geringer Intensität niedergehen, dafür aber Tage andauern können. Das Ergebnis manifestiert sich in Wellen, deren Anstiege nur in einzelnen Fällen 10 cm/Stunde über längere Dauer erreichen oder übersteigen. Die in großen Fließgewässern vergleichsweise geringen Sohlgefälle und bei Ausuferung geschwindigkeitsvermindernde Beschaffenheit des Untergrundes lassen die Wassermassen in der Regel eher behäbig strömen, so dass feste Bauwerke den Fließbewegungen (selten mehr als 2 m/s) normalerweise standhalten.

Flusshochwasser steigen langsam, dauern in der Regel von mehreren Tagen bis zu Wochen und strömen mit mittleren Geschwindigkeiten. Flusshochwasser sind damit vorhersehbar und mit Vorhersagezeiten im Umfang von mehreren Stunden bis zu mehreren Tagen in der Regel auch vorhersagbar. Auf Flusshochwasser kann noch während des Ereignisses mit Schutzmaßnahmen reagiert werden. Für Anwohner in durch Deiche geschützten Überflutungsgebieten kann bei Deichbrüchen plötzliche, auch Leben bedrohende Gefahr entstehen. Ein durch Eisstau entstandenes Hochwasser beinhaltet neben den enormen Belastungen im Staubereich vor allem die Gefahr, dass eine Flutwelle bei plötzlicher Auflösung des durch Eis bedingten Hindernisses entsteht. Hierbei werden dann nicht unbeträchtliche Eismassen und sonstiges Treibgut mitgeführt. Gewicht, Umfang, Stabilität und entsprechende Geschwindigkeiten dieses Treibguts gefährden dann u. a. auch Schutzbauwerke.

3.1.2 Sturzfluten

Sturzfluten entwickeln sich in kleinen bzw. sehr kleinen Einzugsgebieten infolge flächendeckender sommerlich intensiver Starkniederschläge (Gewitterzellen) kurzer Dauer. Im Gebirge bzw. in Hügellandschaften werden Höhenwechsel innerhalb kür-

zester Strecken vollzogen. Entsprechend starke Gefälle sind hier vorhanden. Wenn solch steile Hänge ein kleines Tal einschließen, und das Bodengefüge nicht besonders speicherfähig ist, wird der gefallene Niederschlag sehr schnell als Abfluss wirksam. In solchen Gebieten kann ein Hochwasser innerhalb weniger Stunden entstehen und ablaufen. Entsprechend bilden sich sehr steile Wellen aus. Hierbei sind Wasserstandsänderungen von mehreren Metern pro Stunde möglich. Im Falle solcher Ereignisse strömt das Wasservolumen nicht mehr gleichmäßig stromab, sondern es entstehen starke Verwirbelungen bzw. Turbulenzen. Der Wechsel von gleichmäßig strömendem zu schießendem Abfluss wird dann an Stellen mit sehr unruhigem, nicht mehr eindeutig stromab gerichtetem Strömungsverlauf deutlich. Letztendlich laufen Ereignisse ab, die in einer auf das Vielfache der ursprünglichen Gewässerbreite angewachsene Abflussbahn erhebliche Zerstörungspotenziale entwickeln. Mitgenommene Materialien werden vor Hindernissen zu „Staudämmen“ (Verklausungen) aufgetürmt. Die bei anschließendem Bruch entstehenden Stoßwellen laufen umso verheerender in teils neu geschaffenen oder trockengelegten Gewässerbetten nach Unterstrom ab. Sturzfluten entstehen nahezu blitzartig und lassen nur ausnahmsweise die Zeit, kurzfristige Gefahrenabwehrmaßnahmen zu ergreifen. Selbst das Evakuieren von Personen und Tieren ist - auch wegen der reißenden Strömungsgeschwindigkeiten - nur schwer möglich. Die während des Hochwassers im Einzugsgebiet der Elbe gezeigten Schäden der geschilderten Art stammten alle von Nebengewässern, d.h. die Zerstörungen wurden von solchen Nebengewässern erzeugt und nicht von der Elbe.

Die hier gegebenen Erläuterungen für Sturzfluten machen deutlich, dass Schutz vor solcherart Ereignissen zunächst bedeuten muss, das Hochflutbett von jeder Art Bebauung freizuhalten. Dies gilt im Interesse der Betroffenen vor Ort, muss aber auch zum Wohle der Unterlieger angestrebt werden, da mitgerissenes und irgendwo als Hemmnis abgelagertes Treibgut die Situation Unterstrom sehr verschärfen kann.

Wenn das potenziell von Sturzfluten ausgefüllte Hochflutbett grundsätzlich keine Bebauung aufweisen darf, so kann bedrohte Bebauung nur durch Begrenzung des Hochflutbettes geschützt werden. Die Begrenzung ist möglich durch die Schaffung ausreichend leistungsfähiger Umflutrinnen (Entlastungskanäle) oder durch die Errichtung hinlänglich dimensionierter Rückhaltebecken, möglichst unmittelbar oberhalb der zu schützenden Bereiche. Ergänzend ist durch strenge Kontrollen sicherzustellen, dass das benötigte Abflussgerinne zu jeder Zeit komplett verfügbar ist, das heißt keine als Schwimmstoffe mobilisierbaren Materialien ab- oder zwischengelagert werden (z. B. keine Holzlager, keine Campingplätze). Ebenso sollte im Hochflutbett auf den Bau von Zaunanlagen und Ähnliches verzichtet werden.

3.2 Flussgebietstypen

Wie schon deutlich wurde, sind Hochwassertypen mit entsprechenden Gebietsmerkmalen, d.h. Unterschieden in den Entstehungsgebieten, verknüpft. Die Unterschiede sind vor allem topographischer, hydrologischer und meteorologischer Natur.

Sinnvoll ist zunächst die Unterscheidung zwischen kleinen, mittleren und großen Einzugsgebieten. Wichtig für die Hochwasserentstehung sind die mittlere Gebietsneigung (z.B. „steil“ ca. 5-10%) und die darin eingebettete Gewässerstruktur. Diese kann das Gebiet gleichmäßig überziehen oder in sehr differenziert verzweigten Strukturen aufgebaut sein. Schließlich zeigen die meteorologischen Skalen Wirkung. In sehr großen Einzugsgebieten, wie etwa dem des Rheins, sind die meteorologischen Verhältnisse in der Regel sehr heterogen. Mit der Folge, dass die Hochwasser nicht als ein einheitliches Ereignis am gesamten Strom auftreten, d.h. außergewöhnliche Hochwasser in der Regel nur Teile des Einzugsgebietes betreffen. Aus diesem Grund ist es nicht immer möglich, Maßnahmen z.B. eines im Oberlauf – nicht von Hochwasser betroffenen – Teilgebietes für die Problemlösung eines unteren Teilgebietes, in welchem ein Hochwasser stattfindet, einzusetzen. Die Art des Einzugsgebietes hat entsprechend auch Folgen für die Einschätzung von Ursache-Wirkungszusammenhängen bei der Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen: in weniger komplexen Gebieten sind generelle Aussagen eher möglich als in komplexen Gebieten, in denen die Wirkungsabschätzung bei der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen nur sehr eingeschränkt möglich ist.

In **Tabelle 1** sind die Einzugsgebietstypen auf der einen Seite mit Hochwassertypen auf der anderen Seite verbunden worden. Dabei ist die Meteorologie allerdings ausgespart.

Die gewählten Gebietsgrößen sollen lediglich Größenordnungen festlegen. Die angegebenen Bereiche markieren in diesem Sinne eher fließende Übergänge als feste Grenzen. Hier ist vor allem zu bemerken, dass größere Einzugsgebiete hinsichtlich der Hochwasserentstehung nur in Sonderfällen einheitlich reagieren. Dies wird in allen Parametern der Hochwassergenese deutlich (wie sie auch weiter unten in **Tabelle 2** zugrunde gelegt sind). Auswirkungen vor allem auf die Form der Wellen hat die Topographie des Gebietes.

Die Fortschreitezeit der Wellen beschreibt die Wanderung des Hochwasserscheitels, die stark abhängig ist vom Zustrom der Nebengewässer. Betrachtet man nur den Wellenscheitel längs des Gewässers, so kann in heterogenen Gebieten dessen Geschwindigkeit beeinflusst durch Wellenüberlagerungen aus Nebenflüssen, viel langsamer oder schneller sein. Es ist möglich, dass ein dominanter Zufluss der Hochwasserwelle einen neuen, zweiten Scheitel auferlegt. Durch dieses innerhalb der Welle nach hinten Wandern des (zweiten) Scheitels entsteht dann, bedingt durch die Beobachtungsweise, eine zunächst negative Fortschreitezeit des Scheitels gegenüber der Hochwasserwelle. Hierdurch werden möglicherweise Effekte flussaufwärts bedingt.

In Verbindung mit der Hochwassertypisierung ist die Klassifizierung der Einzugsgebiete hinsichtlich des Schadenspotenzials bedeutend. Maßgebend dafür ist neben der Wassertiefe vor allem die Wasserbewegung. Diese ist einerseits in der eigentlichen Fliessgeschwindigkeit manifestiert, findet aber vor allem auch in der Anstiegsgeschwindigkeit der Wellen ihren Ausdruck. Die höchste Gefahr geht von Druckwellen aus, die oft im Hochwasserverlauf durch das Gewässer selbst erzeugt werden, indem sich im Wasser mitgeführte Gegenstände temporär vor Hindernissen

absetzen und Staue erzeugen, die sich plötzlich wieder abbauen. Eine andere Gefahr bei hohen Fließgeschwindigkeiten (vor allem auch beim "Überlandabfluss") entsteht, wenn Gesteinsbrocken von Dezimetergröße zerstörerische Stoßkräfte erzeugen und Schlamm- und Geröllmassen in und neben den Gewässern abgelagert werden.

Tabelle 1: Hochwasserentstehungsbezogene Typisierung von Flussgebieten und Hochwassern (BfG)

Einzugsgebiete	mittlere Gebietsneigung (Landschaftstyp)	Wellenform (Dauer bis ca...)	Fortschreitezeit der Wellen	max. mittlere Fließgeschwindigkeit des Wassers	Hochwasserart	Bewertung des Gefährdungspotenzials	Grafiken typischer Wellen	
Kleine (bis 500 km ²)	flach (Tiefland)	mäßig ansteigend (2 Wochen)	schnell	0,8 m/s	Sturzflut	überflutend bis zerstörend	1	
	hängig (Mittelgebirge)	kurz, steil (2 Tage)	sehr schnell	1,5 - 2 m/s		sehr zerstörend, verbunden mit Transport von Schuttmassen, ggf. Erosion neuer Gerinneabschnitte	2	
	steil (Hochgebirge)	extrem steil, niedrig (1-3 Tage)	extrem schnell	1,5 m/s (max 2,0 - 6,0 m/s)			3	
Mittlere (von 500 bis 10.000 km ²)	flach (Tiefland)	lang, flach (2 Wochen)	langsam	1,0 m/s	Flußhochwasser	überflutend	1	
	hängig (Mittelgebirge)	steil, hoch (5 Tage)	schnell	2,5 m/s	Flußhochwasser, sehr schnell steigend	überflutend verschlämmend	2	
	steil (Hochgebirge)	steil, niedrig (3 Tage)	sehr schnell	1,5 m/s (max bis 5 m/s)	Flußhochwasser, sehr schnell steigend bis Sturzflut	zerstörend, hohes Transportpotential von Schutt und Geröll	3	
Große (größer als 10.000 km ²)	flach (Tiefland)	flach bis mäßig ansteigend (3 - 6 Wochen)	langsam	1,5 - 2,5 m/s	Flußhochwasser	überflutend	1	
	hängig (Mittelgebirge)	mäßig ansteigend (2 Wochen)	mittel	2,5 - 3,0 m/s	Flußhochwasser	überflutend verschlämmend	2	
	steil (Hochgebirge)	sehr steil, mittelhoch (1 Woche)	schnell	3,0 - 4,0 m/s	Flußhochwasser	überflutend, sand- und geröllführend	3	

In der letzten Spalte der Tabelle 1 finden sich Grafiken typischer Hochwasserwellen. Sie sind zeitlich und örtlich unterschiedlichen Ereignissen entnommen, haben aber gleiche Höhen- und Zeitmaßstäbe und können so die Unterschiede klar erkennen lassen, wenn auch Einzelheiten verschwimmen. Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass Hochwasser im Tiefland bei sehr großen Einzugsgebieten erheblich unterschiedlich ausgeprägt sein können. Die Auftragung von zwei Wellentypen für Flachlandhochwasser in großen Einzugsgebieten zeigt beispielsweise eine mögliche komplexe Ausprägung.

3.3 Praktizierte und denkbare Möglichkeiten zum Schutz vor Hochwassergefahren an Fließgewässern

Die jüngsten Hochwasser an Rhein, Oder und Elbe waren mit erheblichen Schäden verbunden. Voraussetzung für die Entstehung von Hochwasserschäden ist das Zusammenspiel von extremen Naturereignissen und anthropogener Betroffenheit. Ob ein Hochwasserereignis dabei zu einer Hochwasserkatastrophe wird, hängt dabei nicht nur von der absoluten Stärke des Ereignisses, sondern vielmehr von der Anfälligkeit der betroffenen Region ab. Von Katastrophen spricht man erst, wenn es die Selbsthilfefähigkeit der betroffenen Regionen übersteigt, was sich beispielsweise in der Zahl der Todesopfer, Obdachlosen oder substanziellen volkswirtschaftlichen Schäden ausdrückt (CEDIM 2005).⁹

Die Strukturierung möglicher Maßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren unterscheidet im Folgenden grundsätzlich zwischen Maßnahmen, die Auswirkungen auf die Hochwasserwelle zeigen und solchen, die in erster Linie auf sozioökonomische Parameter – wie die Verminderung des Schadenspotenzials – abzielen und dabei den Hochwasserabfluss weitgehend unbeeinflusst lassen, d.h. in aller Regel hochwasserneutral sind. Letztere Maßnahmen haben dabei kaum Auswirkungen auf Unterlieger. Innerhalb der Maßnahmen mit Wirkung auf hochwasserrelevante Parameter kann zwischen technischen Maßnahmen und Maßnahmen des natürlichen Wasserrückhalts unterschieden werden. Grundsätzlich kann der Hochwasserschutz dabei vor Ort im Umfeld der Betroffenen erfolgen oder entlang der Gewässer und im Einzugsgebiet, ggf. viele hunderte Kilometer entfernt von dem zu schützenden Bereich.

3.3.1 Hochwasservorsorge

3.3.1.1 Verhaltensvorsorge

Hochwasser sind Naturereignisse, die nicht zu verhindern sind; lediglich ihre Auswirkungen können gemildert werden. Am schnellsten sind Situationsverbesserungen bzw. Schadensminderungen durch die Betroffenen selbst in Form von Verhaltensänderungen und Minderung der Schadenspotenziale erreichbar.

⁹ CEDIM (2005): Glossar – Begriffe und Definitionen aus den Risikowissenschaften. Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology – Universität Karlsruhe. <http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~gd202/www.cedim/download/glossar-gesamt-20050624.pdf>

Allerdings bedingt dies, dass die potenzielle Gefährdung vor Ort bekannt ist. Dies zu realisieren bedeutet zunächst, möglichst für alle Gewässer Hochwasser-gefahrenkarten zu erstellen, die die Hochwassergefahren – in verschiedenen Gefahrenstufen – klar erkennbar machen. Danach ist in einem weiteren Schritt für die Verankerung der daraus folgenden Erkenntnisse bei den Anliegern zu sorgen. Nachdem diese sich ihrer Betroffenheit bewusst geworden sind, kann und muss auf eine Minderung der Schadenspotenziale hingearbeitet werden, um das Hochwasserrisiko zu verringern.

Die Erfahrungen mit den Hochwassern der Vergangenheit haben immer wieder gezeigt, dass sich ihrer Situation bewusste Anlieger (z.B. in gering oder gar nicht durch Hochwasserschutzanlagen gesicherten Bereichen) deutlich weniger Schäden hinnehmen mussten, als durch Hochwasser geschädigte Anlieger ohne vorherige Kenntnis ihrer potenziellen Betroffenheit. Ein eindrucksvolles Beispiel sind die Hochwasserschadenssummen der Ereignisse 1993/94 und 1995 in Köln. Bei gleichen Scheitelwasserständen und vergleichbaren Überflutungsstandzeiten ergaben sich 1995 nur 50% der Schadenssumme von 1993/94. Der Grund liegt unter anderem in dem nach dem ersten Hochwasser gestiegenen Bewusstsein für die Gefahr und den daraus erwachsenen Verhaltensänderungen (IKSR 2002). Dieses Beispiel belegt die unmittelbaren ökonomischen Konsequenzen (Nutzen) von Vorsorgemaßnahmen; in Nutzen-Kosten-Analysen werden diese Effekte jedoch bislang kaum berücksichtigt.

Flankierend sind einzugsgebietsbezogene zeitnahe Extremniederschlags- und Hochwasservorhersagen zu erstellen bzw. zu verbessern, sowie Strategien zum Umgang mit Hochwasser zu erarbeiten, die einerseits sowohl auf der regionalen als auch auf der lokalen Ebene ansetzen und somit anderseits auch kollektive wie individuelle Anpassungsstrategien fördern. Um dies zu gewährleisten ist zwischen allen Akteuren ein ausreichender und gut koordinierter Austausch der benötigten Informationen zum jeweiligen Ereignis zwingend erforderlich. Zudem kann die Effektivität von lokalen Schutzmaßnahmen erheblich gesteigert werden, wenn kritische Situationen frühzeitig durch Hochwasservorhersagen und –warnungen zu den aktuellen und zukünftigen Entwicklungen bewusst werden.

3.3.1.2 Flächenvorsorge

Auf lokaler Ebene sind Maßnahmen zur Flächenfreihaltung in erster Linie hochwasserneutral, d.h. die Flächenvorsorge besitzt in der Regel keine direkte Wirkung auf die hochwasserrelevanten Parameter. Der Status quo wird somit beibehalten. Derartige Maßnahmen sind zukunftsorientiert und wirken einer Anhäufung von volkswirtschaftlichen Werten in gefährdeten Bereichen (und damit einer Erhöhung des Schadenspotenzials) und einem weiteren Retentionsraumverlust entgegen.

Direkte hydrologische Wirkungen können jedoch erzielt werden, wenn bestehende nicht hochwasserangepasste Nutzungen bzw. hochwasserverschärfende Nutzungen sukzessive umgewandelt oder zurückgefahren werden. Einerseits ist es möglich die gewonnene Fläche für den Wasserrückhalt und folglich zu Gunsten der Unterlieger zu

nutzen, anderseits können somit nicht nur das Schadenspotenzial sondern auch eventuelle Emissionen vermindert werden.

3.3.1.3 Bauvorsorge und hochwasserangepasste Nutzung

Wird in Überflutungsgebieten gebaut, was vor allem bei Lückenschluss in Altbebauungen kaum zu verhindern ist, so kann angepasstes Bauen Schäden minimieren. Die Anpassung kann z.B. in wasserdichten Wannen für Kellergeschosse oder in aufgeständerten Bauten bestehen. Die Durchströmung bestimmter Höhenbereiche kann sinnvoll sein, um die Auswirkungen von Retentionsraumverlusten zu minimieren.

Angepasstes Bauen, beispielsweise die Aufständerung von Gebäuden (siehe Skizze: der schraffierte Bereich steht dem Wasser nach einer Aufständerung des Gebäudes fast vollständig wieder als Retentionsraum zur Verfügung) kann so nahezu hochwasserneutral sein, wenn Verhaltensregeln aufgestellt und beachtet werden. Auch sollten z.B. Fahrzeuge frühzeitig aus dem Überschwemmungsbereich entfernt werden.

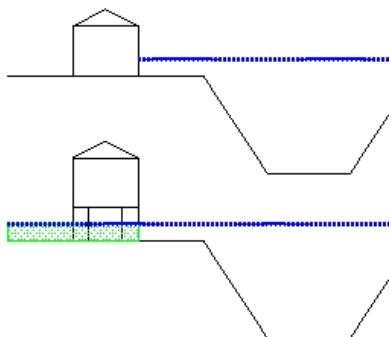


Abbildung 1: Wirkungsweise angepassten Bauens (Quelle: BfG)

Anangepasste Nutzungen können Schäden in überschwemmungsgefährdeten Gebieten minimieren. Sensible Einrichtungen und Geräte, die von Überschwemmung bedroht sind, sind in entsprechenden Schutzbereichen zu lagern. Auch hier sind Hochwasserbewusstsein, Verhaltensstrategien und frühzeitige Warnungen erforderlich.

3.3.2 Technischer Hochwasserschutz

Nachfolgend werden zunächst alle technischen Maßnahmen erläutert, die (vor Ort) im unmittelbaren Umfeld der Betroffenen zu deren Schutz möglich sind. Solche Maßnahmen haben in der Regel auch Fernwirkungen, die hauptsächlich Unterlieger betreffen („instationäre“- von Ort und Zeit abhängige - Wirkungen), aber auch Oberlieger im Nahbereich tangieren können („stationäre“- von der Zeit unabhängige - Wirkungen). Eine stationäre Wirkung kann durch abflusswirksame, in Gewässerlängsrichtung eingebrachte Hindernisse erzeugt werden. Die Länge der staubeeinflussten Strecke ist im Wesentlichen abhängig von der Stauhöhe am Hindernis und dem Gefälle des Gewässers. Insbesondere unter Wertung der lokalen Folgen kann über die Zulässigkeit von Aufstauungen diskutiert werden.

Beschleunigungen des Wellenablaufs durch den Verlust von Rückhaltevolumen haben ab der Eingriffsstelle weiträumige Auswirkungen auf alle unterliegenden Gewässer. Sie werden zwar längs der Flussachse abgeschwächt, überlagern sich jedoch mit allen stromab folgenden Beschleunigungseffekten, weshalb in der Regel für jeden Volumenverlust ein Ausgleich in unmittelbarer Umgebung (falls möglich) zu fordern ist, der die ursprüngliche Speicherodynamik wieder herstellt.

3.3.2.1 *Senkung der Wasserspiegel bei gleichen Abflüssen*

Senkungen der Wasserspiegel können durch eine Vergrößerung der durchflossenen Gerinnequerschnitte infolge von Gerinneverbreiterungen (auch durch Beseitigung von Fließhindernissen), Gerinnevertiefungen und mittels Bau von Entlastungsritten oder Umfluten erreicht werden.

Der Einfluss von Wasserspiegelsenkungen der genannten Art hat eine von Fließgefälle und hydraulischer Rauheit abhängige Reichweite nach Ober- und Unterstrom. Die niedrigeren Wasserstände entlasten die Anlieger. Allerdings wird Retention durch Ausuferung dann aber erst zu einem späteren Zeitpunkt ermöglicht oder ganz verhindert. Dies führt im Falle von Gerinneverbreiterungen unterstrom zu temporär höheren Abflüssen, erkennbar für die Anlieger ist dies in steilerem und/oder früherem Wellenanstieg. Derartige Maßnahmen sind mittlerweile jedoch sehr unüblich.

3.3.2.2 *Hochwasserdeiche - Einschränkung der natürlichen Überflutungsgebiete*

Jahrhunderte lang war der Bau von Deichen, gelegentlich auch die Anlage von Flutrinnen, die übliche Hochwasserschutzmaßnahme. In wenigen Fällen und vor allem in jüngerer Vergangenheit wurden Deiche durch Wände aus Stein, Stahl, Beton, Holz und Glas ergänzt oder ersetzt. Der Schutz hinter derartigen Bauwerken ist gesichert bis zur Überströmung der jeweiligen Kronenhöhen, die in der Regel auf Hochwasserjährlichkeiten bemessen sind.

Bei stabil gegründeten Hochwasserschutzwänden erfolgt im Falle der Überströmung eine von der Steiggeschwindigkeit der Welle und der maximalen Überströmungshöhe abhängige langsame Flutung des bis dahin freigehaltenen Bereichs. Deiche (wenn sie nicht speziell für eine Überströmung eingerichtet sind) brechen bei Benetzung mit Wasser von der Luftseite und erzeugen dadurch plötzliche Flutwellen im Hinterland und eine kurzfristige Füllung des bis dahin geschützten Raumes, ggf. mehrere Meter hoch. Durch die plötzliche wellenartige Flutung ist die Gefahr in bedeichten Gebieten höher als hinter Wänden. Ergänzend sei auf die Problematik eines Eisstaus und einer Flutwelle durch dessen Auflösung mit entsprechendem Materialtransport hinzuweisen. Durch das hierbei vorhandene Zerstörungspotenzial ist das Risiko hinter HW-Schutzwänden und Deichen aufgrund Versagens dieser Einrichtungen, sowohl für Deiche, als auch für HW-Schutzwände differenziert zu betrachten. Eine Alternative zu Deichen und Hochwasserwänden kann die erhöhte Errichtung von Bauwerken darstellen. Derartige Anlagen stehen im Hochwasserfall auf einer Insel. Eventuelle Flutungen dieser Insel erfolgen mit der steigenden Welle, d.h. in der Regel langsam.

Die Einschränkung des tatsächlichen Überflutungsgebiets durch Abriegelung von Teilbereichen bedeutet Retentionsraumverlust und führt zu Wellenbeschleunigungen für alle Unterlieger. Wellenbeschleunigungen bedingen geänderte Überlagerungen der Wellen von Haupt- und Nebengewässern und können stromabwärts auch zu Erhöhungen des Wellenscheitels führen. Für die Oberlieger kann - wenn auch in geringerem Ausmaß - die Abriegelung von Teilbereichen zu einer Wellenverlangsamung (Aufstau, geringeres Energieliniengefälle), und dadurch ebenfalls zu erhöhten Wasserständen führen.

3.3.2.3 Technischer Hochwasserrückhalt

Gegenüber den skizzierten lokalen Hochwasserschutzmaßnahmen bestehen ortsfreie Beiträge zum Hochwasserschutz ausschließlich im Rückhalt von Wasser. Erfolgen sie kurz andauernd, so handelt es sich um die zeitliche Umverteilung des Abflusses während des Hochwasserereignisses. Die ortsfreie Wirkung solcher Maßnahmen kann durch die wenig transparenten Überlagerungen in großen, heterogenen Flussgebieten stromabwärts positiv, hochwasserneutral aber auch hochwasser verschärfend sein.

Die Rückhaltung in den Strömen und großen Flüssen, vor allem aber in Polderräumen neben den Gewässern, kann einerseits ungesteuert, nur abhängig vom Wasserstand der fließenden Welle erfolgen, sie kann andererseits willkürlich, ausschließlich den hydraulischen Erfordernissen folgend gesteuert werden. Daneben sind jedwede Mischformen möglich und auf Grund von Zielkonflikten zwischen Ober- und Unterliegern sowie zwischen ökologischen, ökonomischen und hochwasserschutztechnischen Anforderungen an die Gewässer und das Wasserdargebot auch zunehmend zu erwarten. Da Steuerungen üblicherweise auf bestimmte Flussabschnitte oder -punkte hin optimiert werden, sind Wirkungen stromabwärts aufgrund der meist zeitlich begrenzten Umverteilung keineswegs immer positiv.

Bei Rückhaltungen, die hier dem technischen Hochwasserschutz zugerechnet werden, ist zu unterscheiden zwischen den Möglichkeiten willkürlicher oder nahezu willkürlicher Regelungen und durch hydraulische Randbedingungen eingeschränkter Regelungen. Flusswehre wie auch Wehre an Seeauslässen können den Rückhalt nach Bedarf regeln. Einlauf-Bauwerke an Poldern können in der Regel erst bei Erreichen bestimmter Wasserstände im Fließgewässer in Funktion treten, da die Polder-Sohle üblicherweise auf dem Niveau des Vorlandes liegt. Lediglich im Falle sehr hohen Einstaus des Flusses über Gelände (Beispiel: staugeregelter Oberrhein) kann auch willkürliche Flutung möglich sein. Von Bedeutung ist im Rahmen gesteuerter Polder-Flutung gegebenenfalls die Festlegung der Flutungsfolge bei geschachtelten Poldern (Kammerung). Damit kann für Vorsorgemaßnahmen in sensiblen Poldern Zeit gewonnen werden.

Flusswehre haben üblicherweise die Aufgabe, die Wasserstände niedriger Abflüsse auf ein höheres Niveau zu heben, z.B. zur Verbesserung der Schifffahrt oder zur Stützung des Grundwassers. Ein weiterer Grund ist die Schaffung zur Energiegewinnung nutzbarer Fallhöhen. Bei allen genannten Zielstellungen verbleibt zur Hoch-

wasserspeicherung kein oder allenfalls unbedeutender Stauraum. Unter besonderen topographischen Bedingungen kann jedoch auch hinter Flusswehren nennbares Rückhaltevolumen zur Hochwasserretention bereitgestellt werden (Beispiel: Kulturrewehr Kehl/Straßburg am Oberrhein, $V = 37$ Mio. m³).

Schließlich besteht noch die Möglichkeit, durch Sondersteuerungen des Durchflusses in Seitenkanälen Hochwasserwellen zeitlich begrenzt zu mindern. Ein Beispiel sind auch hier wieder die zur Verbesserung der Schifffahrt und zur Wasserkraftnutzung errichteten Seitenkanäle des staugeregelten Oberrheins. Mit dem Sonderbetrieb der Rheinkraftwerke wird der den Kanälen normalerweise zugewiesene Durchfluss dem Rheinbett zurückgegeben. Es findet eine Abfluss-Verzögerung (Fließzeit zwischen Kanal-Abzweigung und -Rückführung) und eine Retention durch Auffüllung des Rheinbetts statt.

3.3.3 Natürlicher Wasserrückhalt

Derartige ebenfalls ortsferne Maßnahmen des Wasserrückhaltes zielen auf die Verbesserung der natürlichen Wasserspeicherung in der Fläche und im Gewässersystem.

3.3.3.1 Wasserrückhalt im Fließgewässer

Im Gegensatz zu den skizzierten technischen Möglichkeiten des Wasserrückhaltes entstehen ungesteuerte Rückhaltungen grundsätzlich im Zuge jedes Wellenanstiegs, wenn in einem Gewässer mit steigendem Wasserstand bis dahin unbenetzte Gerinneanteile gefüllt werden. Das spezifische Rückhaltevermögen steigt mit zunehmender Querschnittsgröße bzw. zunehmender Wasseroberfläche, was insbesondere bei der Ausuferung in gegliederten Gerinnen oder beim Durchfluss durch Seen (z.B. des Rheins durch den Bodensee) der Fall ist.

Verringerungen des Wasserstandes lassen sich durch die Rückverlegung oder Beseitigung bestehender Deiche oder Hochwasser-Schutzwände ungesteuert erzielen. Außerdem können Deiche bzw. Wände von Banndeichen in niedrige, durch kleine Hochwasser frei überströmbar Anlagen umgewandelt werden (z.B. Sommerdeiche). Ungesteuerte Rückhaltungen funktionieren in Abhängigkeit von der jeweils gegebenen Wellenhöhe und beeinflussen die Hochwasser-Scheitel vor Ort eingeschränkt oder nur bei bestimmten Wasserständen. Durch die Überlagerung verlangsamter Wellen mit Ereignissen in Nebengewässern können stromabwärts auch die Scheitel positiv aber auch negativ beeinflusst werden.

3.3.3.2 Wasserrückhalt im Einzugsgebiet

Um die Wasserspeicherfähigkeit des Einzugsgebietes zu verbessern, sind verschiedene Möglichkeiten gegeben:

- Die Änderung der Landnutzung und der Techniken zur Bodenbearbeitung können die Aufnahmekapazität des Bodens verbessern. Dabei gilt: Je dichter und heterogener die Vegetation, desto mehr Wasser wird zurückgehalten. Wald und Grünlandbrachen sind prinzipiell günstig. Ackerflächen können dagegen bedeutende Oberflächenabflüsse erzeugen. Bodenversiegelung durch Siedlungs- und Ver-

kehrsflächen (auch Bodenverdichtung) lässt die Wasseraufnahme- und Speicherfähigkeit des Bodens gegen Null gehen.

- Renaturierungen der flächenstrukturierenden Gewässer können das Speichervolumen verbessern.
- Gewässerrenaturierungen führen durch Wiedereinführung von Mäandern oder wenigstens ausschwingender Trassierung zu Gefälleverringerungen. Die Begründung der Ufer und Überschwemmungsflächen in Verbindung mit flacheren Gefällen vergrößert das Retentionsvermögen der betroffenen Bereiche.
- Die verstärkte Nutzung von Stauseen und Rückhaltebecken zur Hochwasser-Rückhaltung (auch in Nebengewässern) wirkt ebenfalls abflussmindernd.
- Dezentrale Regenwasserversickerungen oder Maßnahmen zur Versickerung direkt am Gewässer mindern den unmittelbaren Oberflächenabfluss weiter.

Die flächenhaften Maßnahmen wirken alles in allem zuverlässig bei allen Hochwassern, allerdings in Abhängigkeit von den vorausgehenden Wetterperioden mehr oder weniger intensiv. Bei lang andauernden Hochwassern ist zudem davon auszugehen, dass die Scheitel der Wellen dadurch wenig bis nicht gemindert werden, da sich die Wirkungen im Hochwasseranlauf erschöpfen. Im Gegensatz hierzu können kleinräumig erzeugte Ereignisse von kurzer Dauer auch in ihren Scheitelbereichen profitieren.

3.4 Abschätzung der Wirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen

Die Ausführungen lassen erkennen, dass die Schutzmaßnahmen überwiegend zielgerichtet sind. Jahrzehntelang stand der Vor-Ort-Schutz, gegebenenfalls auch der Schutz der Anlieger einer bestimmten Gewässerstrecke, im Zentrum der Bemühungen. Der Schutz entfernt stromabwärts liegender Bereiche durch Maßnahmen weit stromaufwärts oder gar in der Fläche des Einzugsgebiets stand nicht zur Diskussion. Auch die Frage nach positiven oder negativen Wirkungen als Folge von Schutzmaßnahmen im Zufluss-System wird erst in den letzten Jahren gestellt.

Die Gründe liegen auf der Hand:

- Offensichtlich und den Anliegern verständlich sind die Probleme vor Ort; Maßnahmen waren daher in unmittelbarer Umgebung zu suchen.
- Die Steuerungen von Maßnahmen zum Wohle weit entfernter Unterlieger lassen sich nur durchsetzen, wenn auch die Anlieger vor Ort profitieren (entweder direkt durch die Hochwasserschutzmaßnahmen oder finanzielle Kompensation).
- Steuerungen zum Wohl weit entfernter Unterlieger sind zumeist sehr komplex (Mehrfachnutzungen, notwendige Vorhersagen, Wirkungsverzerrungen durch heterogene Einzugsgebiete, etc.).
- Nachweise positiver oder negativer Wirkungen auf weit entfernte Unterliegerpunkte sind bislang nur unzureichend zu erbringen.
- Grenzüberschreitend vernetztes Handeln ist auch heute noch die Ausnahme.

In Anlehnung an eine Matrix zur „Wirkungsabschätzung von Rückhaltung im Einzugsgebiet des Rheins...“ (IKSR 1999b) wurde eine Übersicht zur Abschätzung der

Wirkung von Hochwasserschutzmaßnahmen (**Tabelle 2**) erarbeitet. Wie im angesprochenen Vorbild sind die Wirkungen auf kleine und große Hochwasser im Nah- und Fernbereich bezogen.

Der Charakterisierung dienen vier Wellenparameter (Abb. 1):

- **Laufzeit** der Wellen zwischen zwei Punkten eines Gewässers [m/s]
- **Höhe** der Wellenscheitel als Abfluss Q [m^3/s] oder Wasserstand W [m+NN oder cm +PNP]
- **Dauer** des Wellenablaufs über bestimmten Schwellenwerten in Tagen, Stunden, Minuten [dd.hh.mm]
- **Fülle** der Wellen über bestimmten Schwellenwerten in Volumen [m^3]

Die durch Schutzmaßnahmen erzielten Veränderungen auf die genannten Wellenparameter sind durch "+" bzw. "-" Zeichen charakterisiert, woraus noch nicht unmittelbar hervorgeht, ob die Wirkung hinsichtlich des Hochwasserschutzes positiv oder negativ ist. Die positive Wirkung ist daher zusätzlich durch eine Graustufe gekennzeichnet. Die denkbaren Maßnahmen sind in drei Kategorien unterteilt: Maßnahmen in der Fläche, direkt am und im Gewässer sowie Verhalten der Anlieger.

Zur Gesamtbewertung sind entsprechend den oben gemachten Ausführungen die Maßnahmen in der folgenden **Tabelle 2** nach Art bzw. Stärke des Hochwassers, nach Wirkungsbereich (Nah-/Fernbereich) und nach Einfluss auf das Schadenspotenzial differenziert.

Die Betrachtung der Matrix (**Tabelle 2**) lässt erkennen, dass bis auf die Sommerpolder alle hier diskutierten Maßnahmen vor Ort im Nahbereich bei kleinen Hochwassern Schäden zu begrenzen vermögen. Bei großen Hochwassern werden die günstigen Einflüsse schwächer und dies setzt sich in der Fernwirkung fort. Dabei gibt es vor Ort positive Einflüsse, die sich für Unterlieger grundsätzlich in ihr Gegenteil verkehren.

Vor Ort und für alle Unterlieger positiv wirken Schutzmaßnahmen, die der Welle nachhaltig Wasser entziehen. Das Attribut „nachhaltig“ ist auf die jeweilige Hochwasserdauer zu beziehen und bedeutet „für ein Zeitintervall, länger als die Dauer des Hochwassers“.

Eingeschränkt positiv wirken dagegen kurzzeitige Wasserrückhaltungen, da sie das Wasservolumen während des Hochwassers umverteilen und gegebenenfalls positive Effekte an einem bestimmten Punkt durch anderorts negative Veränderungen „erkauft“. Dieser Maßnahmenkategorie sind z.B. alle Regenrückhaltebecken und ebenso viele gesteuerte und ungesteuerte Rückhaltungen zuzuordnen. Begründet ist dies in der Tatsache, dass das gespeicherte Wasser entweder sofort nach Scheiteldurchlauf vor Ort oder nur eine kurze Zeitspanne danach wieder in das Gewässersystem abgegeben wird. Dies unterstreicht die Bedeutung eines nachhaltigen Wasserrückhalts.

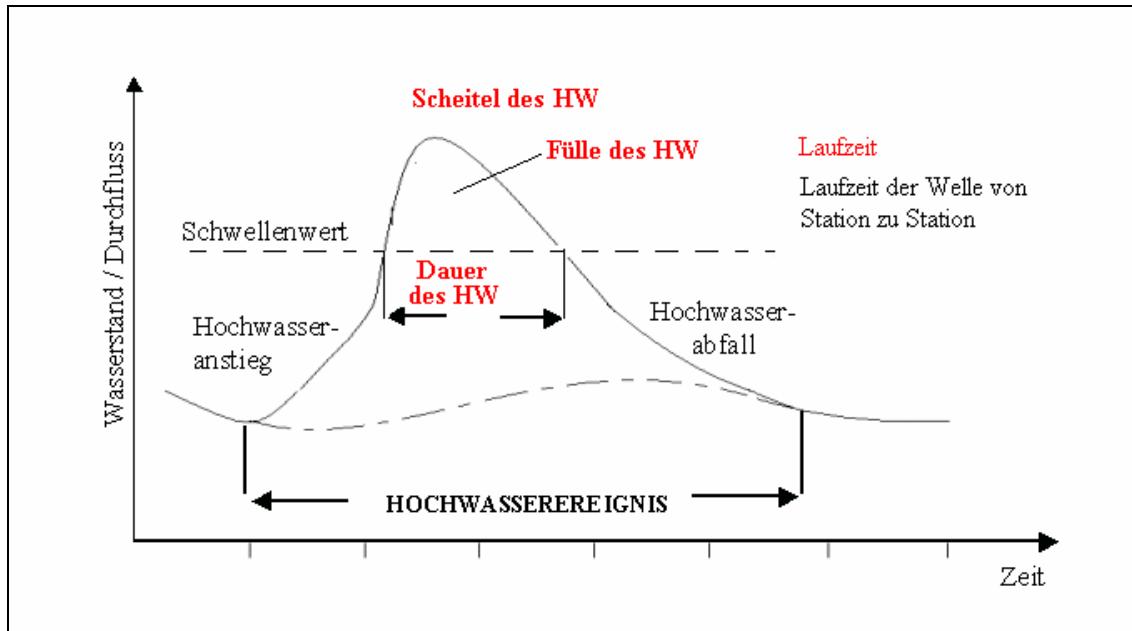


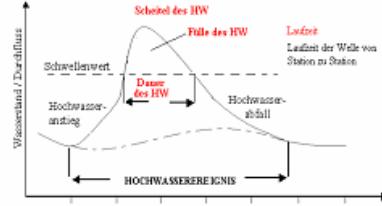
Abbildung 2: Hochwasserparameter (BfG- abgeleitet aus: IKS 1999b.)

Unterstrom potenziell gefährdend sind örtliche Schutzmaßnahmen z.B. Deiche. Werden dabei auch noch ursprünglich durchflossene Gewässerbereiche vom Flussquerschnitt getrennt, kann es zusätzlich zu Aufstauungen nach Oberstrom kommen.

In der Matrix wird zudem auf die positiven Wirkungen ausgeprägten Hochwasserbewusstseins verwiesen, das in Verbindung mit Hochwasservorhersagen und nachhaltig verantwortungsbewusstem Handeln (angepasste Nutzungen und Bauausführungen) geeignet ist bei allen Konstellationen Schäden zu mindern.

Es fällt auf, dass großflächige Maßnahmen (Nutzungsänderungen, Entsiegelungen, Versickerungen, etc.) keineswegs unter allen Rahmenbedingungen Schäden verringern. Bei genauerer Betrachtung ist zu erkennen, dass die Wirkungen eines Wasserrückhalts in der Fläche im Verlauf langer andauernder weiträumiger Niederschlagsereignisse in ihrer Bedeutung abnehmen und schließlich für die Wellenscheitel gegen Null gehen.

Tabelle 2: Abschätzung der Wirkungen von HW- Schutzmaßnahmen



bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde

Tabelle 2: Abschätzung der Wirkungen von HW- Schutzmaßnahmen

Wirkung von	Maßnahmen im Einzelnen	im Nahbereich								im Fernbereich							
		auf kleine Hochwasser				auf große Hochwasser				auf kleine Hochwasser				auf große Hochwasser			
		Lauf- zeit Dauer	Fülle	Schei- tel	#	Lauf- zeit Dauer	Fülle	Schei- tel	#	Lauf- zeit Dauer	Fülle	Schei- tel	#	Lauf- zeit Dauer	Fülle	Schei- tel	#
Bewuchs, Boden, Gelände	Brachland, Wiese, Aufforstung	-	-	-													
	ökologische Bewirtschaftung	-	-	-		+ (-)	-			(-)	(-)						
	Entsiegelung, Versickerung	-	-	-													
Gewässernetz	Renaturierung	+	+	-		+	(+)	(-)		(+)	(+)	(-)					
	Deichrückverlegung von																
	-Winterdeich (Banndeich)	+				+				+		(-)		+		(-)	
	-Sommerdeich	+		(-)		(+)				(+)		(-)		+			
	Sommerpolder					+		-	(-)					(+)		(-)	(-)
	Technische Rückhaltungen (gesteuert)																
	- an Nebengewässern	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)		(+)	(+)	(-)	
	- an Hauptgewässern	+	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)		(+)	(+)	(-)	(-)
	Erhöhung der Abflusskapazität																
	Vergrößerung der Querschnitte im Flussbett, Engpassbeseitigung			-				-		(-)		(+)		(-)		(+)	
Verhalten der Anlieger	Vergrößerung der Querschnitte im Vorland			-			-		(+)		(-)		(+)		(+)		
	Örtlicher Hochwasserschutz																
	Deiche, Mauern, Aufhöhung (Warft)	-		(+)?		-		(+)?		(-)		(+)		(-)		(+)	
+ verlängernd, erhöhend		- verkürzend, vermindernd				* Schäden mindernd				** Schäden erhöhend				Positive Wirkung sehr groß -> weniger groß			
() bedingt wirksam		! Risiko für Oberlieger beachten															

In der Matrix sind häufig Plus- oder Minus- Zeichen in Klammern gesetzt. Damit wird auf die in diesen Fällen bedingten Wirkungen hingewiesen. Die bereits beschriebene Gefahr der Wirkungsumkehr von Ober- nach Unterstrom hat im *Aktionsplan Hochwasser Rhein* dazu geführt, den Neubau von schützenden Wänden oder Aufschüttungen wie Gerinneverbreiterungen und – Vertiefungen größerer Ausmaßes nur dem untersten Unterlieger zu gestatten. Dieser kann sie unter seinen eigenen Anliegern abstimmen und hat letztendlich als Unterlieger lediglich das Meer. Die nach Oberstrom günstige Wirkung von Wasserspiegelabsenkungen aus Gerinnevergrößerungen sollte dem Oberlieger willkommen sein.

Entsprechend den Aussagen zu den Fluss- und Hochwassertypen hat sich die Wahl von Hochwasserschutzmaßnahmen den jeweiligen Rahmenbedingungen anzupassen. Die Maßnahmenauswahl sollte sich im Besonderen nach der Art der Gefahr und den jeweils wirkenden (hydraulischen) Kräften richten. Die IKSР unterscheidet entsprechend in statische Überschwemmungen mit geringen Fließgeschwindigkeiten (kleiner 1 m/s) und dynamische Überschwemmungen mit mittleren bis hohen Fließgeschwindigkeiten (größer als 1 m/s). Hierbei muss auch die hydrodynamische Kraft des fließenden Wassers berücksichtigt werden. Besonders die, durch starke Fließgeschwindigkeiten erzeugten Ufererosionen gefährden die Standfestigkeit von Bauwerken. Die Gefährdung durch einen möglichen Grundwasserspiegelanstieg kann zudem noch potenziert werden (IKSR 2002).

Die Hochwasser- oder Einwirkungsparameter (Fließgeschwindigkeit, Überschwemmungstiefe und -dauer, Hochwasserfülle, Anstiegsgeschwindigkeit), beeinflussen sowohl die Schäden als auch die Wirkung der Hochwasserschutzmaßnahmen jeweils in unterschiedlicher Art (z.B. je schneller die Anstiegsgeschwindigkeit, desto weniger Zeit verbleibt für die Evakuierung von Personen oder Wertgegenständen).

4 Nutzen-Kosten-Abwägungen im Hochwasserschutz

4.1 Bestehende Ansätze

Hochwasserschutz kostet Geld, insbesondere technische Anlagen sind teilweise mit enormen finanziellen Aufwendungen – vor allem Investitionskosten – verbunden. In Zeiten immer knapper werdender Haushaltssmittel sollte ein effektiver Mitteleinsatz mit einem wirkungsvollen Hochwasserschutz verbunden werden. Entsprechend schreibt auch das Haushaltsrecht die Durchführung von Kosten-Nutzen-Abwägungen bei allen öffentlichen Maßnahmen – so auch im Hochwasserschutz – vor,¹⁰ bei Projekten mit erheblicher finanzieller Bedeutung ist auch eine volkswirtschaftliche Betrachtung in Form von Kosten-Nutzen-Analysen oder Nutzwertanalysen vorgesehen. Entsprechend sollten auch in Hochwasseraktionsplänen der Aufwand und die Vorteilhaftigkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen abgewogen werden, wobei neben den monetären Effekten auch die intangiblen Nutzen und Kosten¹¹ zu berücksichtigen sind (LAWA 1999).

In der wasserwirtschaftlichen Planung stehen grundsätzlich verschiedene Methoden zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit von Projekten zur Verfügung. Die Bewertung wasserwirtschaftlicher Projekte lehnt sich in der Regel an die entsprechenden LAWA Leitlinien an (LAWA 2005). *Kostenvergleichsrechnungen* (KVR) stellen dabei das einfachste – kostenorientierte – ökonomische Bewertungsverfahren dar, das lediglich ökonomische Informationen als Basis einer rationalen Entscheidung über wasserwirtschaftliche Planungsalternativen liefert. Durch Gegenüberstellung der monetär bewerteten Wirkungen verschiedener Alternativen wird die kostengünstigste zur Erreichung einer definierten Leistung ermittelt. Wesentliche Voraussetzungen sind hierbei eine normative Zielvorgabe, die Nutzengleichheit der Alternativen sowie die Äquivalenz intangibler Kosten (LAWA 2005). Momentan wird als Grundlage für den Ausbaugrad von Hochwasserschutzanlagen in der Regel ein HQ₁₀₀ als Bemessungshochwasser herangezogen. Die Erreichung dieser (normativen) Zielvorgabe wird mit dem Nutzen gleichgesetzt, eine differenzierte Nutzenbetrachtung, wie sie in Nutzen-Kosten-Analysen vorgenommen wird, entfällt damit. Dies ist gleichzeitig einer der Schwachpunkte einer derartigen kostenorientierten Herangehensweise, da die Definition des Nutzens bei normativer Festlegung mit Unsicherheiten behaftet ist. So basiert die Festlegung des Bemessungshochwassers auf statistischen Auswertungen vergangener Hochwasserereignisse, sich ändernde Rahmenbedingungen, z.B. mögliche Änderungen des Hochwassergeschehens durch den Klimawandel, haben entsprechend Auswirkungen auf den Nutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen. Aufgrund einer KVR können darüber hinaus keine Aussagen über die absolute Vorteilhaftigkeit

¹⁰ Nach §7 Abs. 2 Bundeshaushaltsoordnung (BHO) für den Bund; §6 Abs. 2 Haushaltsgundsätzge- setz für die Länder; §10 Abs. 2 Gemeindehaushaltsverordnung für die Gemeinden

¹¹ Als intangible Nutzen werden allgemein sich auf nicht direkt messbare und daher in der Regel nicht unmittelbar in monetären Einheiten auszudrückende Wirkungen bezeichnet (z.B. Zeitersparnis, Verbesserungen des Erholungswertes). Beeinträchtigungen beispielsweise des Erholungswertes gehören dagegen zu den intangiblen Kosten.

von Projekten getroffen werden, da aufgrund einer unzureichenden Einbeziehung des Nutzens kein Nutzen-Kosten-Verhältnis im engeren Sinne ermittelt wird. Die Be- trachtung differenzierter Schutzziele (d.h. unterschiedlicher Bemessungshochwasser) mit jeweils differenziertem Nutzen würde diesen Problemen entgegenwirken. Die Methode der KVR ist daher vor allem für die Bewertung von Einzelmaßnahmen sinnvoll, bei zunehmender Komplexität und zu erwartenden multiplen Nutzen ist sie nicht geeignet, da keine Nutzengleichheit der Maßnahmenkombination angenommen werden kann.¹² In Abgrenzung dazu ist das Ziel von *Nutzen-Kosten-Analysen* die Einschätzung, ob bestimmte öffentliche Projekte unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll sind oder nicht, d.h. ob sie bei Beachtung aller gesamtwirtschaftlichen Nutzen und Kosten mit dem höchsten Netto-Nutzen für die Gesellschaft verbunden sind.

Bei der Durchführung von Nutzen-Kosten-Analysen müssen zunächst sämtliche direkten und indirekten Auswirkungen eines Projektes mengenmäßig erfasst werden, anschließend diese Mengeneffekte mit (möglichst unverzerrten) Marktpreisen monetär bewertet werden, diese schließlich auf einen Bezugszeitpunkt bezogen und aggregiert werden. Eine quantitative Einschätzung der Effekte ist damit eine notwendige Voraussetzung für die Durchführung von Nutzen-Kosten-Analysen, die daher oft schon an erste Schwierigkeiten stößt. Lassen sich im Falle (lokal orientierter)¹³ Hochwasserschutzprojekte die hydraulischen Wirkungen in Form verminderter Wasserspiegellagen oder einer verminderten Fließgeschwindigkeit auf Grundlage von Modellen noch vergleichsweise gut abbilden und quantifizieren, sind z.B. ökologische Zusatznutzen von Retentionsflächen oder die Wirkungen von Maßnahmen der Verhaltensvorsorge schon schwieriger in quantitativen Einheiten zu fassen und werden auch nicht einbezogen. Auch weitere Wirkungen werden gegenwärtig in der Regel nicht berücksichtigt, wie z.B. der Nutzen durch die Entsiegelung von Flächen als eine Maßnahme des Flächenmanagements. Neben den genannten Schwierigkeiten der Quantifizierung von Wirkungen besteht bei Gütern, die nicht zu Marktpreisen gehandelt werden (wie z.B. ökologische Leistungen), ein weiteres zentrales Problem der Methode in der Monetarisierung der Effekte. In diesem Zusammenhang kommen vor allem die verschiedenen Ansätze der ökologisch-ökonomischen Bewertung zur Anwendung. Der Vorteil gegenüber einer KVR liegt vor allem durch die Ermittlung des *Netto-Nutzens* in der Einschätzung der absoluten Vorteilhaftigkeit von Projekten und in der Möglichkeit der Berücksichtigung multipler Nutzen.

Daneben gibt es eine Reihe weiterer Verfahren, die in unterschiedlicher Weise Nutzen- und Kostenkomponenten in die Abwägung einbeziehen: Der *erweiterte Kostenvergleich* bezieht beispielsweise ökonomische Differenznutzen zwischen Alternativen in die Bewertung mit ein. Die *Nutzwertanalyse* verzichtet auf eine monetäre Bewertung der Nutzen; der Zielerfüllungsgrad jeder Projektalternative wird dabei in Bezug

¹² Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn durch Maßnahmen nicht nur die Hochwassergefahr reduziert wird, sondern gleichzeitig auch noch beispielsweise ökologische Nutzen induziert werden.

¹³ Auf überregionaler Ebene ist die Wirkungsabschätzung schon deutlich schwieriger.

auf die Erfüllung von Teilzielen in einem mehrdimensionalen Zielsystem dargestellt. Der Nutzwert bildet damit die relative Bedeutung von Handlungsalternativen je nach ihrem Zielerfüllungsgrad ab. Bei einer *Kostenwirksamkeitsanalyse* werden die monetär erfassten Projektkosten den nicht monetär erfassten Projektwirkungen (die Wirksamkeit wird dabei über den Nutzwert abgebildet) gegenübergestellt.

Neben der Berücksichtigung und Monetarisierung unterschiedlicher Nutzen- und Kostenkomponenten unterscheiden sich verschiedene Bewertungsverfahren auch darin, ob eine gesamtwirtschaftliche oder einzelwirtschaftliche Betrachtungsweise zugrunde gelegt wird. Der Unterschied liegt vor allem in der Kostendefinition, d.h. welche Kostenarten einbezogen werden. Bei einem gesamtwirtschaftlichen Ansatz bleiben Transfergrößen (z.B. staatliche Zuschüsse) unberücksichtigt, Sozialkosten müssen jedoch integriert werden.

Aufgrund der Langlebigkeit wasserwirtschaftlicher Infrastrukturmaßnahmen und der Tatsache, dass unterschiedliche Arten von Kosten und ggf. Nutzen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, ist bei allen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auf Grundlage finanzmathematischer Methoden eine dynamische Berechnung vorzunehmen, d.h. die unterschiedlichen Kosten- und Nutzenkomponenten sind auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt (Gegenwartswert) zu beziehen. Die Prognose über zukünftige Entwicklungen ist generell mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dies äußert sich z.B. in der möglichen Entwicklung wichtiger Einflussgrößen wie Zinssatz, wirtschaftliche Lebensdauer von Projekten, Inflationsrate oder relative Preisverschiebungen. Zur Überprüfung der Stabilität der Ergebnisse werden daher (sowohl bei kostenorientierten Betrachtungen als auch bei Nutzen-Kosten-Analysen) Sensitivitätsanalysen durchgeführt, d.h. Berechnungen mit abweichenden Kalkulationsparametern und Kosten- oder Nutzenschätzungen, um auf diese Weise kritische Werte zu ermitteln, bei denen sich die Vorteilhaftigkeit eines Projektes noch als stabil erweist.

Bei der Erfassung und Prognose der Auswirkungen alternativer Projekte als ein wesentlicher Bewertungsschritt im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen lassen sich grundsätzlich folgende (positive oder negative) Wirkungen unterscheiden:

- *Direkte Wirkungen*, die eng auf das Projektziel bezogen sind und in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Projekt stehen (z.B. Baukosten, Kosten von Frühwarnsystemen).
- *Indirekte Wirkungen*, die an anderer Stelle der Volkswirtschaft anfallen, also nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Projekt stehen (Folgewirkungen) (z.B. Schäden aufgrund eines veränderten Grundwasserspiegels, Opportunitätskosten).
- *Tangible Wirkungen*, die in der Regel direkt messbar und in monetären Einheiten auszudrücken sind (z.B. Investitionskosten).
- *Intangible Wirkungen*, die sich auf nicht direkt messbare und daher in der Regel nicht unmittelbar in monetären Einheiten auszudrückende Wirkungen beziehen (z.B. Erholungseffekte, Wirkungen aufs Ökosystem).

4.2 Nutzen- und Kostenkomponenten

Im Zusammenhang mit Hochwasserschutzmaßnahmen lassen sich grundsätzlich die in der Abbildung 3 dargestellten Projektwirkungen in Form direkter und indirekter Kosten und Nutzen unterscheiden.

Direkte Kosten	Alle Kosten in direktem Zusammenhang mit der Hochwasserschutzmaßnahme (z.B.) <ul style="list-style-type: none"> • Baukosten und Landerwerb • Planungskosten • Kosten für technische Überwachung und Vorwarnsysteme • Kosten für Informationsprogramme zur Risikosensibilisierung • Betriebskosten (bspw. Unterhaltungskosten/Wartung von Einlaufbauwerken an Poldern)
Indirekte Kosten	Folgekosten von Hochwasserschutzmaßnahmen (z.B.) <ul style="list-style-type: none"> • Opportunitätskosten aufgrund entgangener Nutzungsmöglichkeiten (Land- und Forstwirtschaft, Siedlungs- und Gewerbeentwicklung, Binnenschifffahrt) • Schäden aufgrund eines veränderten Grundwasserspiegels • Wertverluste, z.B. bei der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten • (Transaktions-)Kosten für überregionale Kooperationen, Verhandlungen etc.
Direkte Nutzen	Alle Nutzen in direktem Zusammenhang mit der Hochwasserschutzmaßnahme (z.B.) <ul style="list-style-type: none"> • Vermiedene Schäden an Gebäuden, Nutzflächen (Ertragsausfälle) und Infrastruktur (als Bestandteil der Schadensfunktionen) • Vermiedene Wertschöpfungsverluste • Vermiedene intangible Schäden (Personen, Umwelt) • Auf regionaler / überregionaler Ebene gehören hierzu auch die (durch die Maßnahme am Flussoberlauf) vermiedenen Schäden flussabwärts
Indirekte Nutzen	(Externe) Nutzen als Folge von Hochwasserschutzmaßnahmen (z.B.) <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung von Auenlandschaften • Nutzen durch verbesserte Erholungsqualität / Tourismus • Verminderter Handlungsdruck für Unterlieger

Abbildung 3: Nutzen-Kosten-Komponenten von Hochwasserschutzmaßnahmen (eigene Darstellung IÖW)

Diese Übersicht stellt die grundsätzlich mit Hochwasserschutzmaßnahmen verbundenen Wirkungen dar. Eine vollständige Erfassung, Quantifizierung, Monetarisierung und Gegenüberstellung aller positiven und negativen Effekte würde die Entscheidungsgrundlage für eine ‚optimale‘ Politik darstellen. Im Folgenden werden wesentliche Kosten- und Nutzenkomponenten sowie Abgrenzungsschwierigkeiten dargestellt.

4.2.1 Kosten

In Nutzen-Kosten-Analysen sind sowohl die direkten wie auch die indirekten Kosten von Hochwasserschutzmaßnahmen mit einzubeziehen. Im Bereich wasserwirtschaftlicher Planungen wird in der Regel der gesamtwirtschaftliche Ansatz angewendet, d.h. ohne Berücksichtigung von Transfergrößen, aber unter Einbeziehung von Sozialkosten.

Die *direkten* Kosten beziehen in erster Linie die Investitions- und Betriebskosten von Hochwasserschutzmaßnahmen ein. Hierzu gehören vor allem die Baukosten für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes, die auf Grundlage standardisierter Kennzahlen, Erfahrungswerten aus der Ingenieurpraxis oder früherer Maßnahmen eingeschätzt werden, incl. der zugehörigen Kosten für Gutachten, Planung und Baustelleneinrichtung. Zusätzliche Investitionskosten entstehen durch Grunderwerb. Darüber hinaus fallen laufende Kosten an, die jährlich für den Betrieb, die Unterhaltung und Überwachung der Anlagen aufzuwenden sind. Die Erfassung derartiger Kostenkomponenten des technischen Hochwasserschutzes ist gängige Praxis in Hochwasserschutzprogrammen.

Die direkten Kosten von Maßnahmen des Flächenmanagements und der Hochwasservorsorge im Rahmen beispielsweise von Hochwasseraktionsprogrammen werden in der Regel nicht erfasst. Hierzu gehören die Kosten für die Einrichtung von Frühwarnsystemen, Alarm- oder Notfallplänen oder die Umrüstung von baulichen Anlagen, die im Grunde genommen quantifizierbar sind, sich aber in den gegenwärtigen Planungen nicht wieder finden. Bei den Kosten des Flächenmanagements ist eine Abgrenzung zwischen direkten und indirekten Kosten nicht ganz einfach. Da direkte Kosten im Grundsatz in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Projektziel und der Hochwasserschutzmaßnahme stehen, fallen diese Kosten nur an, wenn beispielsweise landwirtschaftliche Flächen als Retentionsraum (in Verbindung mit Deichrückverlegungen) oder für die Nutzungsumwandlung (zur Verbesserung des Wasserrückhaltes) aufgekauft werden, oder aber für diese Kosten Entschädigungen gezahlt werden. Im Falle des Aufkaufs oder Entschädigung fallen die Kosten in direktem Zusammenhang mit der Hochwasserschutzmaßnahme an. *Indirekte Kosten* (als Folgekosten von Hochwasserschutzmaßnahmen) dagegen fallen an anderer Stelle der Volkswirtschaft an und stehen nicht in direktem Zusammenhang mit dem Projekt. Im Falle der landwirtschaftlichen Nutzung wären das demnach Opportunitätskosten für entgangene Nutzungsmöglichkeiten, wenn die Flächennutzung mit entschädigungslosen Auflagen belegt werden oder aber (wie im neuen Hochwasserschutzgesetz vorgesehen) Überschwemmungsgebiete oder überschwemmunggefährdete Flächen mit Nutzungsrestriktionen per Gesetz ausgewiesen werden. Dieses Beispiel zeigt, dass die Abgrenzung zwischen direkten und indirekten Wirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen nicht immer einfach vorzunehmen ist.

4.2.2 Nutzen

Positive Effekte der verschiedenen Hochwasserschutzstrategien werden sowohl direkt als auch indirekt wirksam. Als *direkte* Effekte werden dabei die durch Hochwasserschutzmaßnahmen bewirkten Schadensminderungen im Vergleich zur Situation ohne Schutzmaßnahme bezeichnet. Hierzu gehören (vgl. z.B. IKS 2000):

- Vermiedene Vermögensschäden: unmittelbare Schäden an Gewerbe- und Wohnflächen (monetäre Schäden);
- Vermiedene Wertschöpfungsverluste: wirtschaftliche Schäden durch die Unterbrechung von Wirtschaftsaktivitäten, Nutzungseinschränkungen, längerfristige Störungen des Wirtschaftssystems (monetäre Schäden);
- Vermiedene wirtschaftliche Schäden durch Katastrophenschutzaufwand (monetäre Schäden);
- Vermiedene Personenschäden: physische und psychische Gesundheitsprobleme, Verlust individueller Werte, Ängste, Vertrauensverlust, etc.;
- Vermiedener Verlust an Kulturgütern und denkmalgeschützten Gebäuden;
- Vermiedene Umweltschäden. z.B. durch den Eintrag wassergefährdender Stoffe.

Indirekte Nutzen umfassen dagegen die Effekte, die als Folgewirkungen durch die Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen anfallen, ohne eigentliches Projektziel zu sein. Dazu gehören:

- die Reaktivierung von Auenlandschaften,
- die erhöhte Nährstoffretention auf Überschwemmungsflächen,
- die Trinkwasserspeicherung, Energiegewinnung sowie Freizeit- und Erholungsnutzung bei Poldern, Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken,
- die (mögliche) Entlastung der Unterlieger,
- Wertsteigerungen und erhöhte Mieteinnahmen der geschützten Nutzflächen,
- die Schaffung von Entwicklungspotentialen, z.B. für die touristische Erschließung, und
- politische Opportunitäten (Popularitäts- / Prestigegegewinne).

Wie oben bereits erwähnt ist eine pauschale Differenzierung zwischen direkten und indirekten Projektwirkungen nicht immer möglich, sondern häufiger weise erst im Einzelfall vorzunehmen. Eine mögliche Entlastung der Unterlieger kann bei einer lokalen Betrachtungsweise als indirekte Wirkung bezeichnet werden, wenn das eigentliche Projektziel im verbesserten Schutz beispielsweise einer Siedlung stromaufwärts durch lokale Retentionsmaßnahmen besteht. Wird der Betrachtungshorizont jedoch erweitert, d.h. steht eine umfassende Hochwasserschutzstrategie für ein Flussgebiet auf mesoskaliger Ebene im Vordergrund, können positive Wirkungen für Unterlieger durch Maßnahmen auch intendiert sein und damit in direktem Zusammenhang mit dem Projektziel stehen. An einem weiteren Beispiel sollen die Schwierigkeiten kurz erläutert werden.¹⁴ Im Zuge der Umsetzung einer Deichrückverlegung sind Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (als Ausgleich für die Flächeninanspruchnahme der Deichtrasse) durchzuführen. Die Kosten hierfür sind, da Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aufgrund der geltenden Gesetzgebung bei derartigen Maßnahmen zwangsläufig durchzuführen sind, als direkte Kosten der Hochwasserschutzmaßnahme einzubeziehen. Als Resultat einer Umweltverträglichkeitsprüfung konnte im konkreten Beispiel die Deichrückverlegung allerdings nur umgesetzt werden, wenn auf dem künftigen Deichvorland auch Entwicklungsmaßnahmen (z.B. Initialpflanzungen) durchgeführt werden, die im Grunde genommen nicht in direktem Zusammenhang mit der Hochwasserschutzmaßnahme stehen, sondern eher als Folgemaßnahme zu bezeichnen sind. Dennoch werden sie in diesem Beispiel den direkten Kosten zugerechnet, da ohne sie die Hochwasserschutzmaßnahme nicht durchgeführt werden durfte. Da das Projektziel auf die Verbesserung des lokalen Hochwasserschutzes (durch Deichrückverlegung) orientierte, sind in diesem Beispiel hingegen Fernwirkungen, d.h. hochwasserrelevante Effekte weiter flussabwärts, als indirekte Wirkungen einbezogen (vgl. Kap. 9.1).

¹⁴ Das Fallbeispiel ‚Deichrückverlegung Monheim‘ wird weiter hinten eingehend erläutert.

Demnach sind ausgehend vom Status quo, also der Situation vor Durchführung einer Hochwasserschutzmaßnahme, für die Zuordnung direkter und indirekter Effekte die betrachtete Skalenebene, das Projektziel sowie die gesetzlich-institutionellen Rahmenbedingungen von Bedeutung. Direkte Effekte sind auf das Projektziel bezogen (z.B. lokaler Hochwasserschutz) und wirken auf der im Vordergrund stehenden Be- trachtungsebene.

Um aussagekräftige Nutzen-Kosten Abwägungen durchzuführen, müssen möglichst alle relevanten Effekte der unterschiedlichen Hochwasserschutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Welche Auswirkungen in die Untersuchung eingehen, variiert allerdings in der Praxis relativ stark. Ein Grund dafür ist, dass nicht alle Effekte gleichermaßen monetarisiert werden können. Dieses Bewertungsproblem umfasst sowohl die räumliche als auch die zeitliche Dimension. Für einige direkte und indirekte Auswirkungen fehlen derzeit noch Methoden und Verfahren zur Quantifizierung. So genannte intangible Nutzen (z.B. vermiedene Umwelt- oder Personenschäden) werden oftmals vernachlässigt, ebenso werden Folgewirkungen – also indirekte (Zusatz-) Nutzen – in der Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in der Regel nicht berücksichtigt. Insbesondere für die Bewertung sog. intangibler (direkter wie auch indirekter) Nutzen stehen eine Reihe von methodischen Ansätzen aus der ökologisch-ökonomischen Bewertung zur Verfügung, die für den Einsatz bei der Bewertung von Hochwasserschutzstrategien unterschiedlich geeignet sind (vgl. Kap. 1).

4.3 Traditionelle Nutzen-Kosten-Abwägungen

Traditionell orientieren Nutzen-Kosten-Analysen (NKA) in der gegenwärtigen Praxis der Hochwasserschutzplanung auf den technischen Hochwasserschutz und beziehen in die Bewertung die entsprechenden Wirkungen auf lokaler, zum Teil auch regionaler Ebene mit ein.

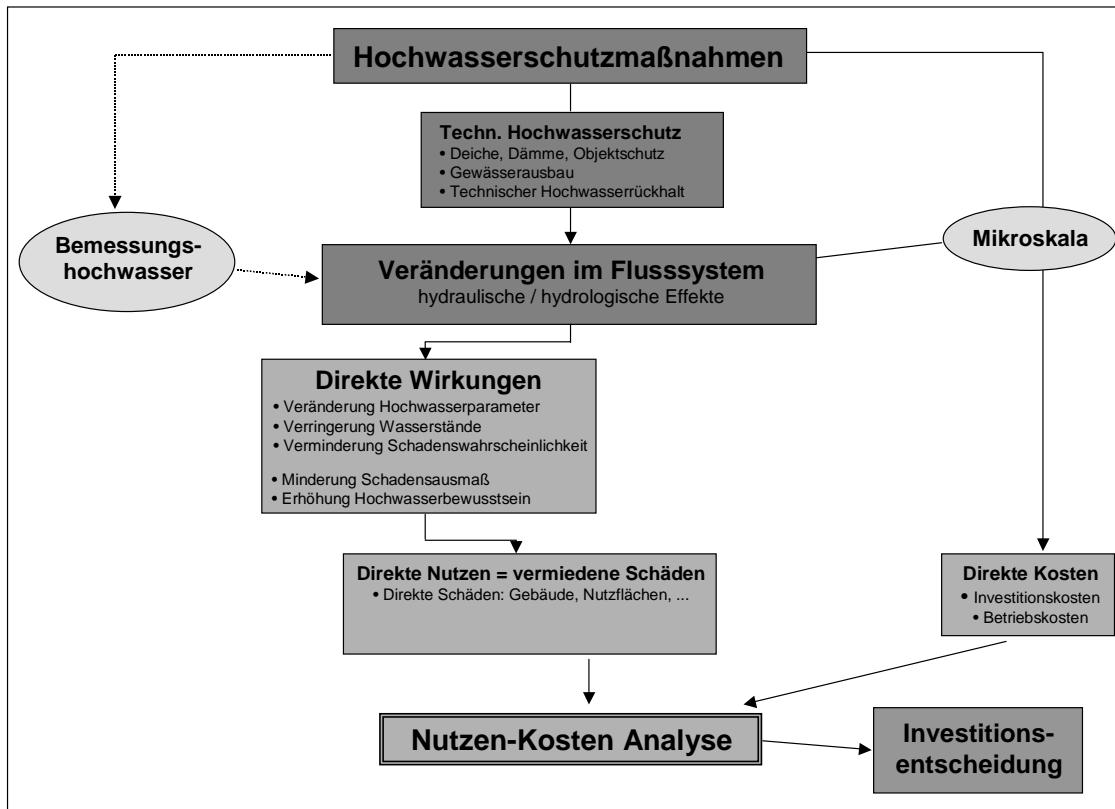


Abbildung 4: Traditionelle Nutzen-Kosten-Analysen im Hochwasserschutz (eigene Darstellung IÖW)

Die Abbildung 4 gibt einen Überblick über Inhalte und Vorgehensweise der bisherigen ökonomischen Bewertung. Zunächst werden die betrachteten Hochwasserschutzmaßnahmen – hier der technische Hochwasserschutz – in ihren Wirkungen auf das Flusssystem eingeschätzt und soweit wie möglich quantifiziert. Im Mittelpunkt stehen hierbei die von den Maßnahmen hervorgerufenen hydrologischen und hydraulischen Effekte, die sich in der Veränderung der in Kap. 2 erläuterten Hochwasserparameter (Dauer, Scheitel, Fülle, Laufzeit) und damit z.B. in einer Verringerung der Wasserstände oder Verminderung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses ausdrücken. Indirekte Wirkungen, also solche, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Hochwasserschutzmaßnahme stehen, werden nicht berücksichtigt. Die ökonomische Bewertung basiert schließlich auf der monetären Bewertung der direkten Wirkungen in Form von Kosten und Nutzen. Als direkte Nutzen werden dabei die vermiedenen Schäden beispielsweise an Gebäuden oder landwirtschaftlichen Nutzflächen betrachtet. Die Investitionsentscheidung beruht in der Regel dann auf dem Nutzen-Kosten-Verhältnis der in die Bewertung einbezogenen Alternativen. Üblicherweise wird die Planung und Bewertung der Strategien auf ein bestimmtes Schutzziel ausgerichtet – in der Regel die Beherrschung des 100jährlichen Hochwassers. Die Orientierung auf ein bestimmtes Schutzziel hin ist jedoch als problematisch anzusehen, da der Nutzen dann im Erreichen dieses Schutzzieles besteht und damit die Ermittlung eines ‚optimalen Schutzniveaus‘ auf Grundlage des Nutzen-Kosten-Verhältnisses oder des Netto-Nutzens alternativer Hochwasserschutzoptionen

im Grunde genommen nicht notwendig ist – ein reiner Kostenvergleich der Alternativen würde in der Regel ausreichen.¹⁵ Als ein wesentliches Defizit der traditionellen Bewertung ist die reine Orientierung auf den technischen Hochwasserschutz – ohne Berücksichtigung von Vorsorgemaßnahmen und Maßnahmen des Wasserrückhaltes – festzuhalten.

Das skizzierte System der ökonomischen Bewertung ist auf lokaler Ebene für Anwendungsfälle im Bereich des technischen Hochwasserschutz verhältnismäßig ausgereift, es besteht weitgehend Konsens bezüglich der Vorgehensweise, das entsprechende Bewertungsinstrumentarium ist vorhanden und findet auch Anwendung in der Planungspraxis (z.B. Schultz 2004).

Im Mittelpunkt der ökonomischen Bewertung steht die Einschätzung direkter Schäden bzw. entsprechend der Nutzen in Form *vermiedener direkter Schäden*. Grundsätzlich können in der Schadensberechnung zwei verschiedene Herangehensweise unterschieden werden: ex-post Analysen beruhen auf Datensammlungen vergangener Hochwasserereignisse, ex-ante Analysen basieren auf der Ableitung von Schadensfunktionen. Obwohl die ex-post Kalkulation der Schäden den Vorteil hat, auf reelle Schadensdaten zurückgreifen zu können, sind aber beispielsweise die durch Interviews nach dem Schadensereignis ermittelten Schäden mit Unsicherheiten behaftet. Denn gerade unter dem unmittelbaren Eindruck der Katastrophe neigen Betroffene dazu den Schaden höher anzugeben, besonders auch um ihre Hilfsbedürftigkeit zu unterstreichen (Smith & Ward 1998, 39).

Methodisch lassen sich die Verfahren zur Schadensabschätzung nach der Erfassung der absoluten Schäden in Geldgrößen je Objekt oder Fläche, und nach Ermittlung des prozentualen Anteils am Vermögenswert oder als absoluten Wert mittels mathematischer Berechnung von Schadensfunktionen unterscheiden (Reese 2003, 187). In Deutschland ist die mesoskalige Erfassung des Schadens als prozentualer Anteil am gesamten möglichen Schadenspotenzial eher die Regel. In einem ersten Schritt werden die Vermögenswerte auf den potenziell betroffenen Überflutungsflächen – das Schadenspotenzial – ermittelt. Da ein Überflutungereignis in der Regel nicht einen Totalschaden nach sich zieht, sondern nur ein Teilschaden, wird der Grad einer möglichen Schädigung an Hand entsprechender Schadensfunktionen berechnet (IKSR 2001, 16; Reese 2003, 185). Zur Ermittlung dieser möglichen Schäden wird das Schadenspotenzial, zumeist volkswirtschaftlich monetär quantifizierbare Werte, kategorisiert und in Abhängigkeit vom Belastungsparameter, vorrangig auf Grundlage des Wasserstandes, bestimmt. Die Wasserstands-Schadensfunktionen werden aus vorhandenen Daten (z.B. aus der HOWAS Datenbank der LAWA) oder empirisch erhobenen Schadensdaten abgeleitet, d.h. mittels Regressionsanalyse aufgestellt. Je nach

¹⁵ NKA sollten nicht nur die Betrachtung differenzierter Schutzniveaus umfassen sondern auch multiple Nutzen in die Bewertung einbeziehen. Im Integrierten Donauprogramm wurden beispielsweise über einen einfachen Kostenvergleich hinaus Personengefährdungen als Merkmal zur Differenzierung der Varianten berücksichtigt.

Untersuchungsebene (Mikro-, Meso- oder Makroebene)¹⁶ werden Schadensfunktionen für verschiedene Objekt- oder Wertkategorien abgeleitet. Mit Hilfe dieser wert- und nutzungsabhängigen Schadensfunktionen (Wasserstands-Schadensfunktion) wird der Schädigungsgrad ermittelt bzw. abgeschätzt (z.B. IKSR 2000; MURL NRW 2000a, Patt 2001).¹⁷ Die Erhebung der absoluten Schäden anhand einer direkten Wasserstands-Schadensfunktion wird eher auf einer mikroskaligen Ebene verwendet, d.h. es wird nur der absolute Schaden berechnet und nicht (wie auf mesoskaliger Ebene) der (prozentuale) Schaden aus dem Schadenspotenzial (im Sinne des Gesamtwertes eines gefährdeten Objektes) abgeleitet (vgl. Beyene 1992, Penning-Rowsell & Chatterton 1977, vgl. grundlegend auch Meyer 2005, 42).

Verschiedenen Hochwasserszenarien können somit konkrete Schadensausmaße zugeordnet werden. In Verbindung mit den historisch abgeleiteten Eintrittswahrscheinlichkeiten der Ereignisse bildet dieser Zusammenhang die so genannte Schadenswahrscheinlichkeit. Die Integration von Intervallen der Schadenswahrscheinlichkeit ergibt schließlich die mittlere jährliche Schadenserwartung. Dies sind im Prinzip die hochwasserbedingten Kosten, die bei dem jeweiligen Schutzstandard theoretisch jedes Jahr anfallen. Als direkter Nutzeffekt wird die durchschnittliche jährliche Schadensminderung der Schutzmaßnahmen (in Form von Nutzenbarwerten) in die Wirtschaftlichkeitsanalyse einbezogen. In der Praxis fließen in die Berechnung der Barwerte oftmals zukünftige Wertzuwächse (mit Einfluss auf das Ausmaß der Schadenspotenziale) ein. Die reale Wachstumssteigerungsrate beträgt dabei 1-2%.

Verbesserungen in der Genauigkeit der Erwartungswerte und der Schadensfunktionen, z.B. zur Berücksichtigung der ökonomischen Entwicklung oder der Unsicherheiten bei der Quantifizierung direkter ökonomischer Schäden, sind immer wieder Gegenstand der Forschung (vgl. Jonkman 2002, Merz 2004). Insbesondere die Übertragbarkeit von Schadensfunktionen bzw. die Standardisierung dieser Funktionen ist auf Grund der Heterogenität der Objekt- und Nutzungsstruktur wie auch der Ereignisse nicht bzw. nur unzureichend gegeben (Reese 2003, 191; BWK 2001).¹⁸

Monetäre Bewertungsansätze zur Ermittlung direkter ökonomischer Schäden und potenzielle Weiterentwicklungen stehen jedoch nicht im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens und werden daher nicht weiter vertieft dargestellt und diskutiert.

¹⁶ Eine definierte Abgrenzung einzelner Skalenebenen ist nicht immer möglich; In der Regel jedoch bezieht sich die Mikroskala auf die lokale Ebene, auf der beispielsweise einzelne Hochwasserschutzmaßnahmen geplant und in ihren Auswirkungen aufgrund erhobener Daten konkret bewertet werden. Die Mesoebene umfasst dagegen die regionale Ebene, auf der Hochwasserschutzstrategien für Flussgebietseinheiten geplant und bewertet werden. Die Makroskala bezieht sich beispielsweise auf die Planung grundlegender Strategien für gesamte Flusseinzugsgebiete. Die Grenzen sind jedoch häufig fließend und können je nach Betrachtungskontext variieren.

¹⁷ Im Falle von Sturzfluten beispielsweise ist der primäre Belastungsparameter jedoch nicht der Wasserstand sondern die Fließgeschwindigkeit, so dass sich hier Schwierigkeiten in der Schadensabschätzung ergeben (vgl. Kap. 2.1.2).

¹⁸ Gegenwärtig werden beispielsweise von der AG ‚Hochwasserschäden‘ des DWA Fachausschusses ‚Hochwasservorsorge‘ Leitlinien zur Ermittlung von Hochwasserschäden und Schadenspotenzialen erarbeitet.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Hochwasserschutzstrategien und insbesondere die in diesem Rahmen angewendeten Bewertungsgrundlagen als Beispiele für traditionelle Herangehensweisen bei der Nutzen-Kosten-Abwägung skizziert.

Integriertes Donauprogramm (IDP)

Am Beispiel des Integrierten Donauprogramms (IDP) soll die Vorgehensweise der ökonomischen Bewertung kurz verdeutlicht werden, da dieses als exemplarisch für eine optimierte Herangehensweise traditioneller NKA bei weniger komplexen Fragestellungen angesehen werden kann (vgl. (Gewässerdirektion Donau / Bodensee 2002).¹⁹

Zur Verbesserung des Hochwasserschutzes im Bereich der baden-württembergischen Donau auf einer Gesamtlänge von rund 200 km werden verschiedene Varianten des technischen Hochwasserschutzes vergleichend bewertet: einerseits der Bau von mehreren Hochwasserrückhaltebecken, andererseits der Bau nur eines Hochwasserrückhaltebeckens in Kombination mit einem verstärkten örtlichen Schutz der anliegenden Gemeinden. Verglichen werden diese Varianten mit einer sog. Nullvariante, d.h. mit der die Beibehaltung des Status quo. Die Planung bezieht sich damit ausschließlich auf technische Hochwasserschutzmaßnahmen. Die verschiedenen Varianten werden in ihren direkten Wirkungen bei alternativen charakteristischen und auch extremen Hochwasserereignissen (HQ 20, 50, 100, 1000) betrachtet und die hydrologischen sowie hydraulischen Effekte (Abflüsse, überflutete Flächen, Absenkung der Wasserspiegelagen) für das gesamte Projektgebiet quantitativ bewertet. Damit wird der Horizont von der rein lokalen Betrachtung bereits auf die regionale Ebene - Mesoskala - erweitert. In die monetäre Bewertung wurden die direkten Projektkosten (Investitions- und Betriebskosten) sowie die direkten Nutzen in Form verminderter Vermögensschäden und verminderter Wertschöpfungsverluste einbezogen. Die Anzahl gefährdeter Personen wurde mit Einteilung in drei Gefährdungskategorien quantifiziert, andere Nutzeneffekte zumindest verbal aufgeführt. Mit der Berücksichtigung der Personengefährdung wurden im Bereich der direkten Nutzen die vermiedenen direkten Schäden zumindest um einen Teil der indirekten, zumeist intangiblen Schäden erweitert. Für die monetär erfassten ökonomischen Effekte wurden sowohl der Projektkostenbarwert als auch der Nutzenbarwert berechnet, auf denen im Grundsatz eine Nutzen-Kosten-Analyse aufbauen kann.²⁰ Als Entscheidungsgrundlage wurde die Reihenfolge der ökonomischen Vorteilhaftigkeit der betrachteten Varianten hingegen auf Basis einer erweiterten Kostenvergleichsrechnung im Hinblick auf das Schutzniveau HQ₁₀₀ als gesellschaftspolitische Vorgabe ermittelt. Auf die Ableitung einer volkswirtschaftlich ‚optimalen‘ Variante aufgrund eines nutzen-kosten-

¹⁹ Weniger komplex bedeutet in diesem Fall die Orientierung auf den technischen Hochwasserschutz ohne Berücksichtigung von Fernwirkungen über das Projektgebiet hinaus.

²⁰ Da einzelne Kosten- und Nutzengrößen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen (können), werden sie mit Hilfe finanzmathematischer Methoden jeweils auf einen Bezugszeitpunkt bezogen, um sie vergleichbar zu machen. Der so ermittelte Wert wird als Barwert bezeichnet.

analytischen Vergleiches – mit Berücksichtigung verschiedener Schutzniveaus – wurde dennoch verzichtet.

Der ökonomische Bewertungsansatz und die Vorgehensweise im IDP bilden sicherlich den ‚state-of-the-art‘ gegenwärtiger Praxis der Nutzen-Kosten-Analyse im Hochwasserschutz ab. Im Hinblick auf die dargestellten Anforderungen an die Erweiterung des Blickwinkels im Sinne eines Hochwasserrisikomanagements ist die Bewertung dennoch begrenzt. *Erstens* werden ausschließlich technische Hochwasserschutzmaßnahmen zur Erreichung des Schutzzieles betrachtet. *Zweitens* wurden die indirekten Wirkungen der Maßnahmen nicht betrachtet und dementsprechend auch die indirekten Kosten und Nutzen nicht quantifiziert und monetär bewertet. Die Reihenfolge der Vorteilhaftigkeit der Varianten bei Berücksichtigung aller Effekte könnte sich dadurch verschieben. *Drittens* wurde für die Entscheidungsfindung letztlich keine nutzen-kosten-analytische Bewertung durchgeführt und keine alternativen Schutzniveaus zugrunde gelegt. *Viertens* wurden potenzielle Effekte auf weitere Unterlieger (über das Projektgebiet hinaus) nicht in die Betrachtung miteinbezogen und damit die Hochwasserschutzkonzeption nicht in eine flussgebietsbezogene Betrachtung integriert.

Hochwasseraktionsplan Lippe

In Nordrhein-Westfalen sind im Auftrag der jeweils zuständigen Staatlichen Umweltämter eine ganze Reihe von Hochwasseraktionsplänen für verschiedene Flussgebiete erstellt und in unterschiedlicher Tiefe dokumentiert worden. Entsprechend den Handlungsempfehlungen der LAWA enthalten die Hochwasser-Aktionspläne grundsätzlich vier Ziele: Minderung der Schadensrisiken, Minderung der Hochwasserrisiken, Verstärkung des Hochwasserbewusstseins und Verbesserung des Hochwassermelde- systems. Beispielhaft sei an dieser Stelle der Hochwasseraktionsplan Lippe dargestellt.

Die Planung umfasst das oberirdische Einzugsgebiet der Lippe auf einer Fläche von 4.882 km². Das Einzugsgebiet umfasst dabei 16 Kreise und kreisfreie Städte mit insgesamt 80 Kommunen. Die Zuständigkeit für die wasserwirtschaftlichen Aufgaben liegt bei sieben Staatlichen Umweltämtern, vier Bezirksregierungen und zwei Wasserverbänden. Die Durchführung von Hochwasserschutzmaßnahmen liegt in Zuständigkeit der Kommunen bzw. der Unteren Wasserbehörden. Im Zuge einer umfangreichen Darstellung der natur-räumlichen Gegebenheiten werden auch die hochwassergefährdeten Gebiete erfasst und im Gebietsentwicklungsplan als Grundlage für einen vorbeugenden Hochwasserschutz nach Überschwemmungsgebieten, potenziellen Überflutungsgebieten und rückgewinnbaren Überschwemmungsgebieten kategorisiert. Darüber hinaus umfasst der Aktionsplan Ergebnisse der Hochwasserstatistik, wesentlicher Hochwasserschutzeinrichtungen sowie der Hochwassergefährdung. Über den technischen Hochwasserschutz hinausgehende Strategien der Flächenvorsorge, der Bau-, Verhaltens- und Risikovorsorge, die sich grundsätzlich auch an den oben dargestellten Strategien eines umfassenden Hochwasserrisikomanagements anlehnen, werden für das Einzugsgebiet umfangreich dokumentiert.

Im Hinblick auf die ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen finden sich im Aktionsplan Lippe umfangreiche und detaillierte methodische Hinweise zur Ermittlung des Schadenspotenzials. Grundlage bildet auch hier die Definition von Schadensfunktionen, die auf Grundlage der Hochwasserwahrscheinlichkeit und dem Schaden die jährliche Schadenserwartung ermittelt. Die Berechnung von Schäden lehnt sich dabei an die beim Bayrischen Landesamt für Wasserwirtschaft geführte Datenbank HOWAS an. In die Erhebung, Quantifizierung und ökonomische Bewertung der Schäden (als Grundlage für die durch die geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen realisierbaren Nutzen) fließen Sachschäden an Inventar und Gebäuden, der Produktionsausfall der Wirtschaft, Schäden an land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie an der allgemeinen Infrastruktur und Kraftfahrzeugen mit ein. Die schwer zu erfassenden und monetarisierbaren Schäden wie Personenschäden, Vieh- schäden, ökologische Schäden, Bodenwertänderungen oder Einkommenseffekte gehen bei der Bewertung von geplanten Maßnahmen in die Kosten-Nutzen Betrachtung nicht mit ein. Das Schadenspotenzial wird für das Gesamtgebiet, differenziert nach Städten und Gemeinden, für das Überflutungsgebiet und das potenzielle Überflutungsgebiet ausgewiesen. Auf Grundlage einer Defizitanalyse werden für das Untersuchungsgebiet Maßnahmen des natürlichen Wasserrückhaltes, des technischen Hochwasserschutzes und der weitergehenden Hochwasservorsorge beschrieben und in ihrer Wirksamkeit eingeschätzt. In der Nutzen-Kosten-Analyse werden jedoch lediglich die aufgeführten Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes betrachtet. Die Ermittlung der Kosten lehnt sich dabei an die Leitlinien für Kostenvergleichsrechnungen an (LAWA 2005). Die Kosten wurden v.a. mit Hilfe standardisierter Kennzahlen ermittelt, zusätzlich zu den Baukosten wurden nochmals 20% für Planung, Gutachten und Baustelleneinrichtung kalkuliert. Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten gingen pauschaliert mit 5% in die Analyse mit ein. Die Projekt- kostenbarwerte wurden für einen Untersuchungszeitraum von 100 Jahren und einen Kalkulationszins von 3% berechnet. Verglichen wurden die Maßnahmen mit den vermeidbaren Hochwasserschäden für ein Bemessungshochwasser HQ₁₀₀. Auf dieser Grundlage wurde für die betrachteten Einzelmaßnahmen jeweils ein Nutzen-Kosten- Verhältnis ermittelt. Ein besonderes Problem im Rahmen entsprechender Analysen stellen dabei vor allem die vielfach nicht hinreichenden Daten, bzw. auch die Qualität der Daten dar. Verwiesen wird bspw. auf die Probleme hinsichtlich der Genauigkeit digitaler Geländemodelle (Staatliches Umweltamt Lippstadt 2002). Des Weiteren bestehen Probleme bei der Erfassung der Vermögenswerte von Gewerbebetrieben, die in der Regel allein individuell erhoben werden können. Prosperitätsschäden (z.B. nachhaltige wirtschaftliche Beeinträchtigungen gewerblicher Aktivitäten aufgrund von Hochwasserschäden) und Opportunitätskosten aufgrund entgangener Nutzungsmöglichkeiten durch Hochwasserschutzmaßnahmen werden in diesen Analysen in der Regel nicht erhoben, ebenso werden die Wirkungen unterschiedlicher Steuerungsmöglichkeiten, mit dementsprechend unterschiedlichen Folgen im Rahmen entsprechender Nutzen-Kosten-Analysen nicht erfasst.

Mögliche Umweltauswirkungen wurden aufgrund mangelnder Informationen nicht berücksichtigt. Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes sind zwar umfassend beschrieben und in ihren Anwendungsmöglichkeiten im Untersuchungsgebiet detailliert analysiert worden, finden in der ökonomischen Abwägung allerdings keine Berücksichtigung.

Hochwasseraktionsplan Diemel

Die Vorgehensweise der ökonomischen Bewertung beim Hochwasseraktionsplan Diemel entspricht sowohl vom methodischen Ansatz als auch den berücksichtigten Nutzen- und Kostenkomponenten der im soeben dargestellten Aktionsplan für die Lippe. Die Entscheidungsgrundlage bildet das Nutzen-Kosten-Verhältnis von Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes: überschreiten die Kosten (d.h. der Kostenbarwert) die monetäre Minderung der Schäden (Nutzenbarwert), so ist die entsprechende Maßnahme aus rein wirtschaftlichen Gründen abzulehnen. Die Berechnung der monetären Vermögensschäden basiert auf dem jährlichen Schadenserwartungswert nach HWSCalc (MURL NRW 2000a). Ein weiterer Unterschied ergibt sich aus der Wahl der Kalkulationsparameter zur Berechnung des Projektkostenbarwertes. Im Hochwasseraktionsplan Diemel wurde ein realer Zinssatz von 4% (statt den sonst üblichen 3%) zugrunde gelegt.

Hochwasserschutzkonzept Lechtal

Das Hochwasserschutzkonzept Lechtal wurde vom Bayrischen Landesamt für Wasserwirtschaft in Auftrag gegeben, mit dem Ziel, den vorbeugenden Hochwasserschutz im Lechtal zu verbessern. Auf Grundlage umfangreicher hydrologischer und hydraulischer Modellierungen (Abflussberechnungen für HQ₁₀₀ und HQ₁₀₀₀, Abbildung von Überschwemmungsflächen aufgrund von Wasserspiegelberechnungen für HQ₁₀₀, etc.) wurden für das Bemessungshochwasser HQ₁₀₀ die Defizite im Hochwasserschutz identifiziert und darauf hin entsprechende Maßnahmen geplant. Unterschieden wird dabei zwischen örtlichen Schutzmaßnahmen (Deiche, lokale Schutzmauern, etc.) sowie Maßnahmen zur Retention im Hochwasserfall, die allerdings durch die topographischen Bedingungen im Planungsraum nur sehr begrenzt möglich sind. Die Maßnahmen zur Schaffung von Hochwasserrückhalteflächen wurden in der Studie allerdings nicht weiter verfolgt, da die Untersuchungen zur Wirksamkeit im Falle ungesteuerter Maßnahmen nur sehr geringe Effekte ergaben, die Investitionskosten bei gesteuerten Maßnahmen allerdings im Verhältnis zum Nutzen sehr viel höher ausfallen würden, als bei den anderen diskutierten technischen Varianten.

Auf Basis hydrologischer Szenarien wurde die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen zur Ermittlung einer optimalen Variante überprüft. Die Einschätzung der Maßnahmenwirksamkeit basiert auf der Definition unterschiedlicher Ziele, die neben dem Hochwasserschutz auch noch die Auswirkungen auf Landschaftsbild, Tourismus, Ökologie der Uferzonen, Einschränkungen für die Wasserkraftnutzung sowie Niedrigwasserverhältnisse der Donau umfassen und in einer

Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung zusammengeführt werden. Die Maßnahmen sind dabei an der Herstellung des Hochwasserschutzes für das Bemessungshochwasser orientiert, die Definition des Nutzens ist dabei allerdings weiter gefasst als bei anderen Studien. Die Wirksamkeit wird über ein Punktesystem, das das Erreichen der genannten Ziele erfasst, bewertet, wobei Teil- und Hauptziele unterschiedlich gewichtet wurden.

Die für die Maßnahmen geschätzten Investitionskosten beinhalten neben den Baukosten auch noch Kosten für Anpassungsmaßnahmen in den Bereichen Schifffahrt, Freizeitnutzung und Landschaftspflege. Die Opportunitätskosten der Wasserkraftwerke sind in Form des Gegenwartswertes der jährlichen Einkommenseinbußen berücksichtigt. Die Vermögensschäden werden wie üblich anhand der Schadensfunktion ermittelt. Schäden an landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie der Infrastruktur werden allerdings nicht berücksichtigt.

Die oben genannten zusätzlichen Nutzen werden in die Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten integriert. Als Resultat der Analyse ist für die verschiedenen Varianten jeweils eine Kosten-Wirksamkeitsrelation ausgewiesen.

4.4 Begrenzungen der gegenwärtigen Praxis im Hinblick auf erweiterte Nutzen-Kosten-Analysen

Die Auswertung der betrachteten Aktionspläne und Hochwasserschutzprogramme aus den einzelnen Bundesländern lässt die Schlussfolgerung zu, dass in den Analysen – sowohl hinsichtlich der Wirkungsabschätzung als auch einer ökonomischen Bewertung – der technische Hochwasserschutz (nach wie vor) im Vordergrund steht. Die Analyse der Wirkungen baulich-technischer Maßnahmen als auch entsprechende Nutzen-Kosten-Abwägungen werden jedoch mittlerweile – mit unterschiedlicher Reichweite – durchgeführt. Die in den verschiedenen Maßnahmenprogrammen durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen basieren dabei auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen und damit verbundenen Betrachtungstiefen. Viele Programme verzichten auf eine Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten und listen die für die verschiedenen Projekte benötigten Investitionskosten lediglich auf.²¹ Eine Kostenvergleichsrechnung als Basis für einige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bewertet die Kosten von alternativen Projekten im Hinblick auf einen definierten Nutzen, in der Regel den Schutz vor dem Bemessungshochwasser HQ₁₀₀. Aufgrund möglicher Unsicherheiten bei der hydrologischen Modellierung sowie eines – durch den Klimawandel induzierten – möglicherweise gehäuften Auftretens von Extremereignissen wird diese Bemessungsgrenze in den nächsten Jahren sicherlich diskutiert werden. Nutzen-Kosten-Analysen werden mittlerweile mehr und mehr durchgeführt, allerdings beschränken sich diese auf den technischen Hochwasserschutz. In diesem Zusammen-

²¹ So werden z.B. die Kosten für viele kleine Projekte im Neckar-Einzugsgebiet ermittelt und als Gesamtinvestitionen für den technischen Hochwasserschutz ausgewiesen (IKoNE 2002). Ebenso finden sich für alle Regierungsbezirke in Baden-Württemberg Kostenaufstellungen für technische Hochwasserschutzprojekte.

hang ist die Ermittlung von Schadenspotenzialen und die Quantifizierung direkter und tangibler Wirkungen, wie z.B. verminderter Vermögensschäden weit verbreitete Praxis – es finden sich Anwendungsbeispiele in den meisten Bundesländern.²² Die Erweiterung des Betrachtungshorizontes um die Bewertung von Wirkungen und Wirtschaftlichkeit von Hochwasserschutzstrategien jenseits des technischen Hochwasserschutzes (Flächenmanagement und Hochwasservorsorge) wird gegenwärtig empfohlen, sowie erste Systematisierungsversuche im Hinblick auf die indirekten Kosten und Nutzen vorgenommen (IKoNE 2002), aber bislang gibt es kaum konkrete Umsetzungen (in Einzelfällen werden weitergehende Projektwirkungen – in nicht-monetären Einheiten – berücksichtigt).

Gegenwärtig wird vom Bayrischen Landesamt für Wasserwirtschaft eine Arbeitshilfe für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Wasserwirtschaftsplanung erarbeitet, die auch umfassende Nutzen-Kosten-Analysen beinhaltet (LfW, mündliche Mitteilung). Ansätze für eine überregionale Analyse und Bewertung integrierter Hochwasserschutzstrategien unter Einbeziehung von Planungen in Teileinzugsgebieten und einzelnen Gewässern im Einzugsgebiet sind gegenwärtig nicht oder kaum zu finden. Die Integration unterschiedlicher Skalen ist methodisch schwierig.

In einer Kosten-Nutzen-Untersuchung an der hessischen Losse werden in diesem Zusammenhang Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmen an kleinen Gewässerabschnitten sowie eine Maßnahmenkombination über das gesamte Einzugsgebiet betrachtet. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Schutzwirkung erst im Zusammenspiel verschiedener Maßnahmen erreicht werden kann, d.h. dass Einzelmaßnahmen durchaus ein Nutzen-Kosten-Verhältnis kleiner 1 aufweisen können, die Kombination der Maßnahmen aber aus ökonomischer Sicht durchaus als sinnvoll eingestuft werden kann (Röttcher & Tönsmann 1999).²³

Eine Einschätzung des (erweiterten) Nutzen-Kosten-Verhältnisses integrierter Hochwasserschutzstrategien stößt jedoch nicht nur aufgrund der Quantifizierbarkeit und methodisch schwierigen Monetarisierbarkeit vor allem intangibler Projektwirkungen gegenwärtig immer noch an Grenzen, sondern auch aufgrund anderer Faktoren mit Einfluss auf das ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis. Beispielsweise müssen zur Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses die maßgebenden Abflüsse mit den zugehörigen Wasserspiegellagen und Überschwemmungsflächen und auf diesen Flächen die zu erwartenden Schäden ermittelt werden. Allerdings sind die hydrologischen Aussagen über Abflüsse oft unsicher, da keine genügend langen Messreihen zur Verfügung stehen, die auch die Einordnung von Extremereignissen ermöglichen, und werden daher aufgrund von Wahrscheinlichkeiten ermittelt. Das heißt, dass es immer

²² Neben den dargestellten Aktionsplänen, in denen derartige Nutzen-Kosten-Analysen zur Anwendung kommen, wird beispielsweise gegenwärtig in Bayern eine Nutzen-Kosten-Analyse für Rückhaltingen im Einzugsgebiet der Fränkischen Saale durchgeführt. Die ökonomische Bewertung über Schadensfunktionen erstreckt sich dabei über den gesamten Unterlauf (WWA Schweinfurt, mündl. Mitteilung).

²³ Neben den Vermögensschäden wurden in dieser Studie auch Personenschäden quantifiziert und in die Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses integriert.

einen relativ großen Schwankungsbereich der Überschreitungswahrscheinlichkeit gibt (Röttcher & Tönsmann 1999). Auch sind bei der Ermittlung von Schadensfunktionen die Hochwasserparameter (Überflutungshöhe und –fläche) häufig nicht ausreichend differenziert, um Schäden zu bemessen (vgl. Merz et al. 2004). Darüber hinaus liegen für die Schadensermittlung meist keine Schadenswerte für das Einzugsgebiet vor oder Daten vergangener Ereignisse liegen zu lange zurück.

5 Erweiterungsanforderungen im Sinne einer integrierten Bewertung

Isolierte Betrachtungen genügen den Anforderungen an eine integrierte Bewertung im Sinne eines Hochwasserrisikomanagements nicht, vielmehr muss sich diese zumindest drei zentralen Herausforderungen stellen: *erstens* der Erweiterung von NKA um Maßnahmen des Wasserrückhalts und der Hochwasservorsorge, *zweitens* der Erfassung der indirekten Wirkungen und *drittens* der zunehmenden Komplexität der Bewertung bei einer Erweiterung des Blickwinkels hin zum Ökosystem- oder Flusseinzugsgebietsmanagement. Aus diesen Anforderungen lässt sich als eine zentrale Frage für die ökonomische Bewertung ableiten, was eine NKA unter welchen Bedingungen und Begrenzungen der naturwissenschaftlichen Wirkungsprognose überhaupt leisten kann und für welche Fragestellungen sie relevant ist.

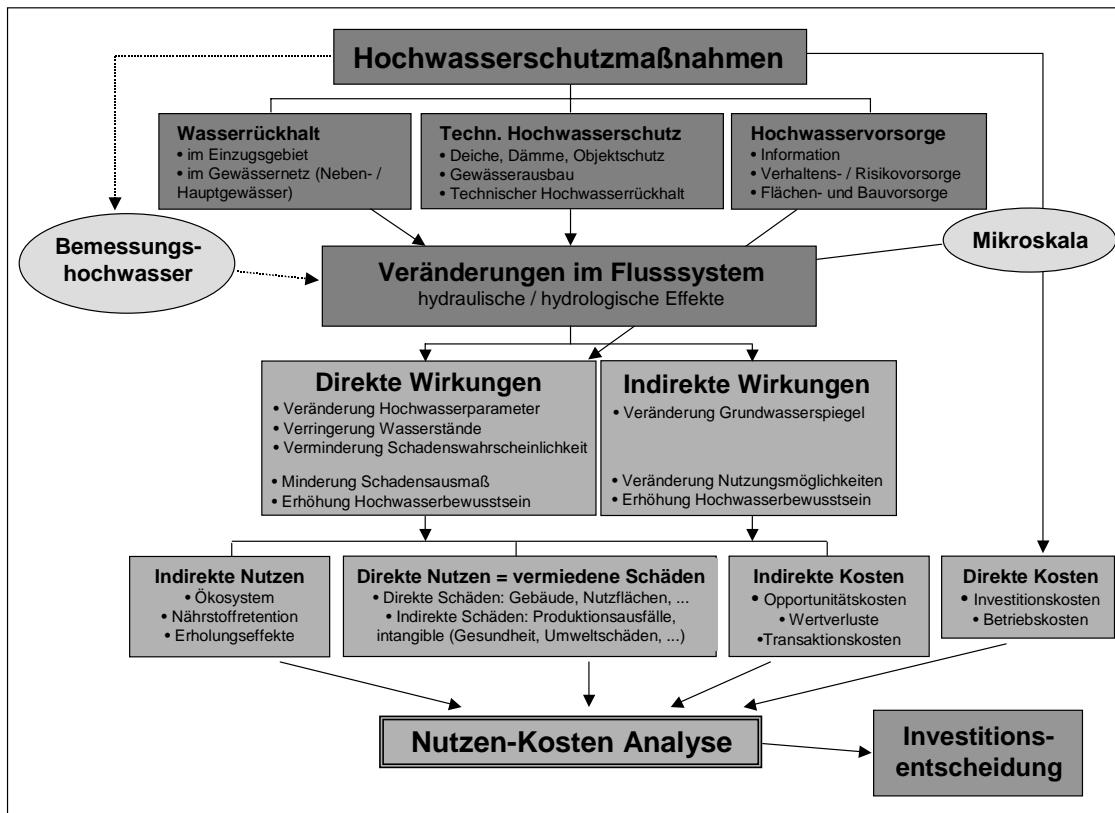


Abbildung 5:Erweiterte Nutzen-Kosten-Analysen (eigene Darstellung IÖW)

Die Abbildung 5 erweitert die oben dargestellte Vorgehensweise traditioneller NKA im Hochwasserschutz zunächst um zwei Bestandteile: *erstens* um die Einbeziehung von Maßnahmen des Wasserrückhalts und der Hochwasservorsorge jenseits des technischen Hochwasserschutzes, *zweitens* um die Berücksichtigung indirekter Effekte bei der Bewertung. Die Systematisierung der Hochwasserschutzmaßnahmen entspricht im Wesentlichen den drei Säulen eines umfassenden Hochwasserrisikomanagements, wie sie auch von der LAWA oder verschiedenen Hochwasserschutzkonzeptionen diffe-

renziert werden (LAWA 1995, IKoNE 2002, vgl. auch Kap. 2). Die Maßnahmen innerhalb der drei Kategorien Wasserrückhalt, technischer Hochwasserrückhalt und Hochwasservorsorge wirken sich dabei auf verschiedene Einflussfaktoren auf Art und Intensität der Effekte aus. Während vor allem Wasserrückhaltemaßnahmen im Einzugsgebiet oder Gewässernetz, aber auch technische Hochwasserrückhaltungen oder ein Gewässerausbau Veränderungen im physischen System bewirken, d.h. hydrologische und hydraulische Effekte haben, wirken sich Vorsorgemaßnahmen in aller Regel auf sozioökonomische Faktoren, d.h. betroffene Werte im Gefährdungsgebiet oder Reaktionen auf ein Hochwasserereignis aus, ohne das Flusssystem bzw. den Hochwasserabfluss selber zu beeinflussen. Damit haben sie gleichzeitig einen sehr begrenzten Einfluss auf Unterlieger. Die hervorgerufenen Veränderungen im Flusssystem – bzw. die Vorsorgemaßnahmen unmittelbar – haben wiederum direkte, aber auch indirekte Wirkungen, die sich als Nutzen und Kosten ökonomisch darstellen lassen. Direkte Wirkungen betreffen auf der einen Seite die schadensrelevanten Hochwasserparameter (Überschwemmungstiefe und –dauer, Fließgeschwindigkeit), die insgesamt die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens vermindern können, auf der anderen Seite aber auch das grundsätzliche Schadenspotenzial bzw. Schadensausmaß im Hochwasserfall als sozioökonomische Parameter. Die indirekten Wirkungen stehen als Sekundärwirkungen nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Hochwasserschutzmaßnahme. Im Falle veränderter Grundwasserspiegel haben sie jedoch auch hydraulische Effekte, beeinflussen aber auch – z.B. im Falle von Landnutzungsänderungen – die Nutzungsmöglichkeiten betroffener Gebiete. Die Herausforderung für die ökonomische Bewertung besteht schließlich darin, diese unterschiedlichen Arten von Wirkungen – soweit wie möglich – in monetäre Einheiten zu überführen, d.h. die Verbindung zwischen biophyschem und ökonomischem System herzustellen.

Die direkten Nutzen in Form vermiedener Schäden, deren Bewertung in der traditionellen Herangehensweise im Vordergrund stand, lassen sich zunächst noch um die vermiedenen indirekten Schäden erweitern, in dem z.B. einer aus Unterbrechung der Wirtschaftsaktivitäten resultierende Schäden, Reinigungskosten, aber auch intangible Effekte wie gesundheitliche Beeinträchtigungen oder Umweltschäden mit in die Bewertung einfließen. Gänzlich unberücksichtigt blieben bislang auf der Kostenseite die indirekten Kosten in Form von Opportunitätskosten entgangener Nutzungsmöglichkeiten (für Landwirtschaft, Siedlungs- und Gewerbeentwicklung, Binnenschifffahrt) oder Wertverluste (z.B. bei der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten), sowie die indirekten Nutzen, die auf ökosystemaren Effekten wie einer erhöhten Nährstoffretention im Gewässersystem oder aber der Erhöhung der Arten- und Habitatvielfalt insbesondere durch Renaturierungsmaßnahmen beruhen. Eine umfassende Nutzen-Kosten-Analyse müsste all die genannten Nutzen und Kosten für verschiedene Maßnahmenkombinationen und Schutzniveaus in monetären Einheiten bewerten und vergleichend gegenüberstellen.

Aus den erhöhten Anforderungen an Nutzen-Kosten-Analysen ergeben sich Schwierigkeiten und Begrenzungen für die Analyse und Bewertung. Eine Reihe von Maß-

nahmen – vor allem einige *Maßnahmen des Wasserrückhalts* – führt häufig weise primär zu indirekten, nicht direkt hochwasserrelevanten Effekten. So erweist sich eine Auenrenaturierung vor allem in ihren ökosystemaren Wirkungen als positiv, bei häufig eher sekundären Wirkungen auf den Hochwasserabfluss. Der Umgang mit solchen Koppelprodukten oder Sekundärnutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen ist vor allem dann umstritten, wenn diese gegenüber der Hochwasserwirkung erheblich mehr Bedeutung haben. Allerdings haben z.B. Renaturierungsmaßnahmen oder die Ausweitung von Retentionsräumen neben den direkten Effekten auf den Hochwasserabfluss und den angesprochenen indirekten ökosystemaren Effekten auch weitere direkte Wirkungen vor allem in Hinblick auf das Schadenspotenzial: werden als alternative Optionen Renaturierungsmaßnahmen oder Deicherhöhungen betrachtet, so ist davon auszugehen, dass sich das Schadenspotenzial im Falle von Deicherhöhungen durch die suggerierte Sicherheit hinter dem Deich weiter erhöht, im Falle von Deichrückverlegungen oder Gewässerrenaturierungen dagegen nicht; generell kann ein mit derartigen Maßnahmen verbundenes insgesamt erhöhtes Risikobewusstsein angenommen werden. Da sich ökonomische Aktivitäten in Abhängigkeit vom Überflutungsrisiko ändern werden, könnte infolge von Renaturierungsmaßnahmen damit eine Reduktion zukünftiger Schäden berücksichtigt werden (vgl. Brouwer & van Ek 2004). Neben den direkt hochwasserwirksamen Effekten, die im Vergleich zu Maßnahmen des technischen Hochwasserschutz oft eher begrenzt sind, sind auch derartige schadensrelevante Wirkungen als Nutzen zu berücksichtigen.²⁴

Durch *Hochwasservorsorgemaßnahmen* lassen sich deutliche Schadensreduktionen – ökonomische Nutzen – realisieren, dennoch finden diese bislang kaum Eingang in Nutzen-Kosten-Abwägungen. Die Integration und vergleichende Bewertung von Vorsorgemaßnahmen im Rahmen umfassender Hochwasserschutzstrategien gestaltet sich schwierig, da Hochwasserschutzplanungen in der Regel auf ein normativ festgelegtes Schutzziel ausgerichtet sind. Für den technischen Hochwasserschutz bedeutet dies dann z.B., dass Deichanlagen bis zu einem HQ₁₀₀ ausgelegt werden. Bis zum Erreichen dieses Hochwasserniveaus können – Standsicherheit der Deiche vorausgesetzt – Schäden komplett vermieden werden, der Nutzen beispielsweise von individuellen Verhaltensvorsorgemaßnahmen ist gleich null, erst bei Überschreiten desselben oder aber Versagen technischer Einrichtungen (z.B. Deichbruch) zeigen Vorsorgemaßnahmen positive Effekte. Für eine Bewertung bedeutet dies, dass die jeweiligen Hochwasserschutzmaßnahmen an unterschiedlichen Bezugspunkten ansetzen: der Nutzen von Hochwasservorsorgemaßnahmen wird erst bei Überschreiten des Bemessungshochwassers relevant, auf das hin die NKA des technischen Hochwasserschutzes ausgerichtet ist.

²⁴ Eine Erhöhung des Risikobewusstseins lässt sich jedoch auch über andere Maßnahmen, wie zum Beispiel Hochwassergefahrenkarten, erreichen. Dieser positive Effekt wäre auch dort als Nutzen in eine Bewertung einzubeziehen.

Die Berücksichtigung von Vorsorgemaßnahmen in NKA hängt daher nicht so sehr von den Begrenzungen in der Wirkungsprognose²⁵ ab, sondern vielmehr von den Rahmenbedingungen der Bewertung: Bei bestehendem technischen Hochwasserschutz sind Nutzen und Kosten von Vorsorgemaßnahmen im Grunde genommen nur im Katastrophenfall relevant, wenn entweder das technische System versagt oder das Hochwasserereignis über der Bemessungsgrenze liegt. In Kombination mit einem bestehenden oder gesellschaftlich erwünschten technischen Hochwasserschutz sind Vorsorgemaßnahmen daher auf das Versagensrisiko hin orientiert – eine vergleichende NKA findet nicht statt.

Bei Nicht-Vorhandensein eines technischen Schutzsystems dagegen kann eine NKA technischen Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge in ihrer Wirksamkeit gegeneinander abwägen, hier greifen Vorsorgemaßnahmen auch bei ‚normalen‘ Hochwassern.

Diese und andere Fragestellungen und Problembereiche erfordern die Erweiterung des gesamten Betrachtungshorizontes von NKA und deren Einbettung in ein umfassendes Hochwasserrisikomanagement, in dem neben der Einbeziehung indirekter Effekte und Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes auch die zunehmende Komplexität bei der Betrachtung von Flusseinzugsgebieten berücksichtigt wird. Die Öffnung des Blickwinkels bezieht sich dabei im Wesentlichen auf folgende Punkte:

- Orientierung auf das Ökosystem ‚Flusseinzugsgebiet‘ und dessen gesamte Funktionalität unter Einbeziehung der Hochwasserschutzfunktion (auch als Grundlage für die Berücksichtigung von Sekundärnutzen in der ökonomischen Bewertung),
- Einbeziehung von Entstehung und Ablauf von Hochwasserereignissen sowie möglichen Überlagerungseffekten in Flussgebieten in Abhängigkeit vom Flussgebiets- typ,
- Unterscheidung verschiedener Arten von Hochwasserereignissen bei der Bewertung,
- Berücksichtigung verschiedener Skalenebenen bei Planung und Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen,
- Berücksichtigung des bestehenden Schutzniveaus bzw. der technischen Prägung des Systems und deren Einfluss an die Aussagefähigkeit der Bewertung des Status quo (s.o.),
- Einbeziehung eines aus ökonomischer Sicht ‚optimalen‘ Schutzniveaus im Rahmen einer NKA.

Mit Einführung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde eine Blickwende hin zur Betrachtung des gesamten Flusseinzugsgebietes bei gewässerbezogenen Planungen

²⁵ Hochwasservorsorgemaßnahmen sind in der Regel immer als wirksam zu bewerten – unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Hochwassers – da sie nicht auf hochwasserrelevante sondern auf sozioökonomische Parameter wirken. Dies erschwert deren Bewertung in einer ereignis- oder projektbezogenen NKA.

vorgenommen. Als Ausgangspunkt liegt ihr ein managementorientierter Ökosystemansatz zugrunde, der die Interaktion von Gesellschaft und Ökosystem in den Mittelpunkt stellt und damit die Naturraumentwicklung in engem Zusammenhang mit der wirtschaftlichen Entwicklung sieht. Auch wenn der Hochwasserschutz nicht unmittelbar in die WRRL einbezogen wurde, erfordert der ökosystemare Ansatz des Flusseinzugsgebietsmanagements bei der Bewertung von Gestaltungsoptionen die Betrachtung der Auswirkungen auf die Funktionalität des gesamten Systems. Wirken sich alternative Maßnahmen auf multiple Ziele aus bzw. führen zu multiplen Nutzen – z.B. Hochwasserschutz und die Bereitstellung ökologischer Leistungen – sind diese damit in Nutzen-Kosten-Analysen zu berücksichtigen. Eine Zusammenführung von Hochwasserrisikomanagement und WRRL in einem umfassenden Flusseinzugsgebietsmanagement erfordert demnach die Einbeziehung indirekter Nutzen – vor allem ökologischer Leistungen oder Naturschutzaspekte – auch wenn diese nur eine untergeordnete Hochwasserschutzfunktion haben. Die Einbeziehung sekundärer Zusatznutzen kann zudem eine Orientierung auf rein technische Lösungen vermeiden. Darüber hinaus sind ökologische Zusatzeffekte einer Maßnahmenumsetzung als gesellschaftliche Nutzen in einer volkswirtschaftlich orientierten NKA, die eben die positiven und negativen Effekte für die gesamte Gesellschaft bewertet, einzubeziehen.

Wie in Abbildung 6 dargestellt, ist eine integrierte Bewertung im Hochwasserrisikomanagement darüber hinaus noch mit einer zunehmenden *Komplexität* konfrontiert: sowohl die naturwissenschaftliche Wirkungsprognose als auch die ökonomische Bewertung orientiert nicht mehr nur auf ein bestimmtes Hochwasserereignis, sondern auf verschiedene mögliche Hochwasserereignisse, in denen je nach *Art des Flussgebiets* (homogen oder heterogen) unterschiedliche *Überlagerungseffekte* wirksam werden können. Verschiedene *Arten von Hochwasserereignissen* beeinflussen außerdem die Wirksamkeit und damit auch die Nutzen und Kosten alternativer Hochwasserschutzmaßnahmen. So erweisen sich bei technisch nicht beherrschbaren Katastrophenfällen vor allem Vorsorgemaßnahmen, Alarmpläne und Frühwarnsysteme als wirksam und zwingen zur Einbeziehung der Vulnerabilität und Resilienz betroffener Regionen in die Betrachtung. Der Nutzen technischer Hochwasserschutzmaßnahmen wird gleichzeitig relativiert. Bei ‚normalen‘, kleineren Hochwassern ist dagegen beispielsweise die Nutzenkomponente von Maßnahmen des Wasserrückhalts eher hoch.

Darüber hinaus müssen Maßnahmen und entsprechende Wirkungen – je nach Hochwasserereignis – auf verschiedenen räumlichen bzw. politischen *Ebenen* abgebildet werden. Problematisch hierbei ist, dass die Unsicherheit der Ergebnisse beim ‚upscaleing‘ immens steigt, da die Aussagen zu Wirkungen je nach räumlicher Entfernung unsicherer werden und die möglichen Interaktionen von Maßnahmen und Wirkungen auf höheren Ebenen steigen. Entsprechend sind die Prognosemöglichkeiten und die ökonomische Bewertung kleinräumig gut möglich, auf der Makroskala hingegen können kaum allgemeine Regeln aufgestellt werden, da beispielsweise die Fernwirkung von Retentionsmaßnahmen nur unzureichend quantifizierbar ist. Eines der Hauptprobleme für die integrierte Bewertung besteht demnach darin, die Verbindung zwischen lokaler Maßnahme und einer flusseinzugsgebietsbezogenen Be-

trachtung herzustellen. Damit stellt sich gleichzeitig die Frage, ob Probleme zwischen Oberliegern und Unterliegern identifiziert bzw. inwieweit diese – als Grundlage für mögliche Kompensationen – quantifiziert werden können.

Der Sinn und die Aussagefähigkeit der Bewertung werden letztlich ganz entscheidend von dem bestehenden *Schutzniveau* beeinflusst: bei einem politisch definierten Schutzniveau oder auch bestehenden Hochwasserschutzeinrichtungen ist die Durchführung von NKA nur begrenzt sinnvoll, da nicht für verschiedene Schutzniveaus alternative Maßnahmenkombinationen gegeneinander abgewogen werden können (allerdings können alternative Maßnahmenkombinationen mit dem gleichen Schutzziel gegeneinander abgewogen werden). Die Betrachtung alternativer Schutzniveaus bzw. eine Nutzen-Kosten-Abwägung bei der Wahl des Schutzniveaus ist eine der klassischen Erweiterungen traditioneller NKA. Beispielsweise ist es aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll, Hochwasserschutzmaßnahmen – insbesondere Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes – auf Extremereignisse auszurichten, die Nutzen-Kosten-Differenz wird bei großen Hochwasserereignissen in der Regel negativ sein (vgl. Lang & Tönsmann 2002). Hier greifen schadensmindernd insbesondere Maßnahmen des Wasserrückhalts und Vorsorgemaßnahmen.

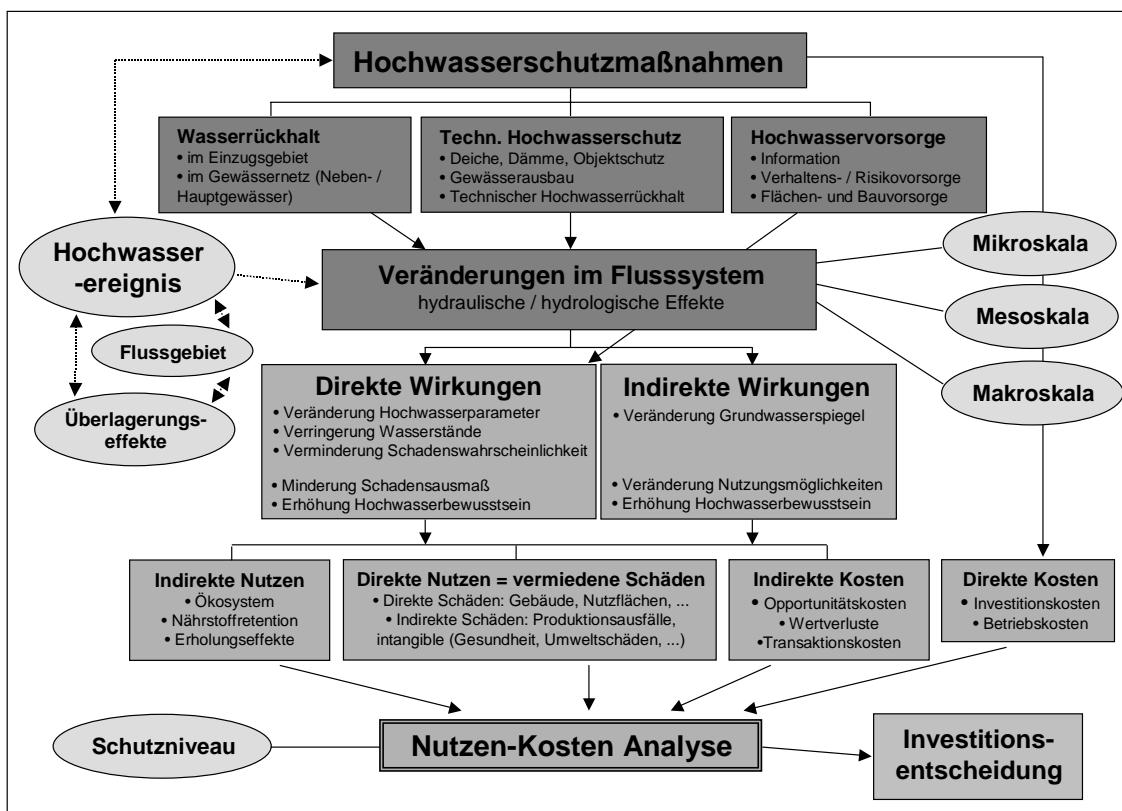


Abbildung 6: Integrierte Bewertung im Hochwasserrisikomanagement (eigene Darstellung IÖW)

Die gegenwärtige Vorgehensweise für eine strategische Maßnahmenplanung in einem komplexen Flussgebiet lässt sich am Beispiel des Aktionsplans Rhein (IKSR 1998)

kurz skizzieren. Auch wenn sich der Aktionsplan keiner NKA als Entscheidungsgrundlage bedient, kann er als Beispiel einer der Nutzen-Kosten-Abwägung vorlagerten strategischen Planung angesehen werden. In die Maßnahmenplanung einbezogen wurden alternative Maßnahmenkombinationen (aus den Bereichen Wasserrückhalt im Einzugsgebiet und am Rhein, technischer Hochwasserschutz, Vorsorgemaßnahmen und Hochwasservorhersage) im Hinblick auf die definierten Handlungsziele Minderung von Schadensrisiken, Minderung der Hochwasserstände, Verstärkung des Hochwasserbewusstseins und des Hochwassermeldesystems.

Im Einzelnen wurden folgende Effekte betrachtet:

- Wirksamkeit der Maßnahmenkombination des Wasserrückhalts im Hinblick auf die mittlere Reduktion der Wasserstände (in cm) für verschiedene Punkte entlang des Rheins sowie
- direkte Kosten der Maßnahmenkombination.

Nicht einbezogen wurden die indirekten Kosten der Maßnahmen; ebenso wurden die Nutzen der Maßnahmen generell nicht angegeben und quantifiziert, sondern lediglich der qualitative Beitrag zu den verschiedenen Handlungszielen (gering, mittel, hoch). Als Grundlage für die Durchführung einer NKA sind die Angaben im Aktionsplan Rhein daher nur bedingt geeignet, da zwar zum Teil quantitative Wirkungsabschätzungen vorliegen, diese allerdings nur für eine definierte Maßnahmenkombination angegeben werden. Ein Rückschluss auf einzelne Maßnahmewirkungen ist damit nicht möglich. Für eine NKA müssten verschiedene Maßnahmenoptionen für verschiedene Schutzniveaus vergleichend bewertet werden können. Die Entscheidung über die Maßnahmenkombination basierte letztlich auch nicht auf einer Nutzen-Kosten-Abwägung.

6 Bewertungsansätze für direkte und indirekte Wirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen

In den nachfolgenden Abschnitten werden ausgewählte Beispiele praxisnaher Bewertungsansätze und Methoden für einzelne Wirkungen dargestellt. Entsprechend der vorgenommenen Gliederung wird zwischen Bewertungen in erster Linie für direkte und indirekten Nutzen differenziert. Die Einbeziehung von Kosten ist in der wasserwirtschaftlichen Praxis weitgehend üblich und stellt – gerade im Falle direkter Kosten – auch keine erhöhten Anforderungen an die Bewertung. Die Bewertung von Nutzen (gerade indirekten Nutzen bzw. vermiedene indirekte Schäden) hingegen ist zum Teil mit hohen methodischen Anforderungen verbunden und stellt auch eine der zentralen Erweiterungen der traditionellen NKA dar. Daher werden Bewertungsbeispiele insbesondere aus diesem Bereich skizziert. Auf die Ermittlung direkter Nutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen in Form verminderter monetär quantifizierbarer Schäden soll nicht weiter eingegangen werden, da in Kapitel 4 bereits ausführlich auf die Methodik hingewiesen wurde.

6.1 Direkte Nutzen

6.1.1 Verminderung von indirekten tangiblen Schäden

Neben der Betrachtung und Entwicklung von Bewertungsmöglichkeiten von potenziellen direkten Hochwasserschäden als Entscheidungshilfe für das Ergreifen geeigneter Hochwasserschutzmaßnahmen ist der Ermittlung von indirekten Schäden ein stärkeres Gewicht einzuräumen, um diese entsprechend als Nutzen in eine erweiterte Nutzen-Kosten-Analyse zu integrieren.

Als indirekte Schäden können z.B. Betriebsunterbrechungen ermittelt werden. In Deutschland wird nur vereinzelt auf einer mesoskaligen Betrachtungsebene der finanzielle Schaden durch Betriebsausfall über die Abschätzung der damit verbundenen Wertschöpfungsverluste quantifiziert (MURL 2000, 37; Kiese & Leineweber 2001, 54ff).

Penning-Rowsell & Green (2000) verweisen darauf, dass die finanziellen Folgen für den Einzelbetrieb schwer zu quantifizieren sind, da die Ausfallzeiten nicht nur von der Dauer der Überflutung abhängen, sondern auch von der organisatorischen Leistungsfähigkeit des Betriebes, die hochwasserbedingten Ausfallzeiten zu verringern. Im Zentrum stehen dabei die betrieblichen Notfallpläne. Sie können den wirtschaftlichen Verlust verringern, indem man auf Grund der induzierten technologischen und organisatorischen Verbesserungen in der Lage ist, den Prozessablauf in relativ kurzer Zeit wieder herzustellen, z.B. durch Sicherung von Daten und Anwendungsprogrammen mehrfach und an verschiedenen Orten. Es wird damit die betriebliche Verhaltensvorsorge direkt angesprochen.

Die Folgen von Betriebsunterbrechungen sind aber auch auf der regionalen und damit einer eher volkswirtschaftlichen Ebene zu betrachten, so die beiden Autoren. In einer Untersuchung wurde der Versuch unternommen, einen quantitativen ökonomischen Zusammenhang zwischen dem Einkommen von Industrie und Gewerbe in Ü-

berflutungsräumen und nicht betroffenen Einrichtungen im Umkreis von max. 50 km zu den Überschwemmungsgebieten herzustellen. In dieser Fallstudie zu regionalen Auswirkungen einer Überflutung durch die Themse konnten mittels eines Wirtschaftsstrukturmodells finanzielle Verluste von nicht direkt betroffenen Wirtschaftsunternehmen nachgewiesen werden. Zur Quantifizierung dieser indirekten Schäden (finanzielle Verluste) wurden die wirtschaftlichen Verflechtungen innerhalb der Region ermittelt.²⁶ Nach dieser Modellrechnung generiert der erwirtschaftete Gewinn von einer Million Pfund in den betrachteten Überschwemmungsgebieten an der Themse beispielsweise ein weiteres Wirtschaftseinkommen von 60.000 – 90.000 Pfund in der Region. Im Überflutungsfalle wäre somit die letztgenannte Summe entsprechend der Ausgangssituation als Verlust bzw. Schaden zu verzeichnen. Auf dieser Grundlage konnten auch die Einkommensverluste während der Betriebsausfälle in den vom Hochwasser nicht direkt betroffenen Gebieten ermittelt werden. Die Einkommensverluste waren allerdings eher gering und machten in diesem Beispiel im Verhältnis zu den direkten Schäden nur 0,08% aus, was in der Studie mit der modernen serviceorientierten Wirtschaftsstruktur begründet wird.

Die Höhe indirekter sekundärer Verluste hängt damit wesentlich von der Wirtschaftsstruktur ab. Bei einer vergleichsweise 'offenen' ökonomischen Struktur sind die Effekte relativ klein, weil Konsumenten und nachgeordnete Produzenten substituieren können, d.h. nicht direkt auf das Gewerbe im überfluteten Bereich angewiesen sind. Die Effekte bestehen dabei vorrangig in Einkommensverlusten der betroffenen Unternehmen, die regional- bzw. volkswirtschaftlichen Auswirkungen sind dagegen gering. In industriell geprägten Regionen mit eng verflochtenen Zuliefererbeziehungen und geringerem kurzfristigen Substitutionspotenzial sind dagegen zum Teil auch weit reichende indirekte Verluste zu erwarten (diese wäre beispielsweise in weiten Teilen des Rheins zu erwarten).

6.1.2 Verminderung von intangiblen Schäden

Die Bewertung von sog. intangiblen Größen ist per Definition nicht möglich, dies gilt aber nur so lange bis geeignete Bewertungsverfahren für derartige Größen entwickelt werden, die eine Evaluation möglich machen (Green & Penning-Rowsell 1985).

Während in Deutschland die Bewertung von intangiblen Schäden wie beispielsweise Stress, Angst und gesundheitliche Beeinträchtigungen zumeist nur verbal argumentativ vorgenommen wird, werden besonders im angelsächsischen Raum Versuche unternommen, derartige Schäden monetär zu bewerten. Eine Möglichkeit der Ermittlung und Bewertung wird mittels Bildung von äquivalenten Größen aufgezeigt, indem die monetär quantifizierbaren Verluste an privaten Gebäuden bzw. am Inventar zu den intangiblen Schäden in Beziehung gesetzt werden. Aufbauend auf einer

²⁶ Auf Grundlage zahlreicher Untersuchungen wurde ermittelt, in welchem Umfang die Wirtschaftsunternehmungen im Überschwemmungsgebiet auf dem lokalen bzw. regionalen Markt einkaufen. Auf Grundlage dieser ermittelten finanziellen Verflechtungen wurde der indirekte regionale Schaden ermittelt.

ex-post Befragung der Betroffenen zu Art und Konsequenzen der Hochwasserkatastrophen und den erlittenen finanziellen Schäden werden die Geschädigten auch zu einer persönlichen Einschätzung des Schadens aufgefordert. An Hand einer Skala von Null bis Zehn sollten sie die materiellen, monetär quantifizierbaren sowie die immateriellen intangiblen Schäden bewerten. Der Schaden wird dann als Funktion subjektiver Härte ausgedrückt und anschließend die subjektiven Einschätzungen der nicht in Geldeinheiten quantifizierten Auswirkungen in die Gleichung eingebunden. Auf diese Weise erhält man ein monetäres Äquivalent für intangible Schäden auf Grundlage der direkten Schäden. Als Ergebnis wird festgestellt, dass den intangiblen Folgen von Hochwasserereignissen durch die Betroffenen ein fast doppelt so hoher monetärer Wert beigemessen wird, als den direkten tangiblen Schäden (Penning-Rowsell & Green 2000).

Damit wird deutlich, dass eine Vernachlässigung derartiger Schäden aufgrund fehlender Bewertungsmethoden nur zu einer unzureichenden Wiedergabe des Schadensausmaßes bzw. des Schadenspotenzials führt.

6.1.3 Verminderung direkter Schäden durch Hochwasservorsorgemaßnahmen

Die Einbeziehung der Effekte von Hochwasservorsorgemaßnahmen ist ein zentraler Ansatzpunkt bei der Erweiterung des Bewertungshorizontes traditioneller NKA. Bislang finden diese kaum Eingang in die ökonomische Bewertung, obwohl sie zum Teil deutliche Wirkungen auf sozioökonomische Parameter haben (IKSR 2002). Unter dem Begriff der Hochwasservorsorge werden im Folgenden die Bau- und Flächenvorsorge sowie die Verhaltensvorsorge subsumiert. Derartige Vorsorgemaßnahmen sind – wie oben erwähnt – in erster Linie hochwasserneutral, d.h. sie haben keine direkte Wirkung auf die Hochwasserparameter, tragen aber dennoch primär zur Verringerung und Vermeidung von Hochwasserschäden bei (vgl. Kap. 2.3.1). Die Betrachtung der Effekte und Evaluation sollen an Hand von Beispielen dargestellt werden.

Die Vermeidung von Bebauung in überschwemmungsgefährdeten Gebieten kann grundsätzlich dazu beitragen, ein Anwachsen des Schadenspotenzials zu verhindern; in bestehende institutionell legitimierte räumliche Strukturen kann der Staat oftmals jedoch nur unzureichend eingreifen. Die Flächenvorsorge ist ein regulatives bzw. auch ordnungspolitisches Instrument des Staates bzw. der Kommunen. Durch die Festlegung von raumordnerischen Vorbehalt- und Vorranggebieten zum Hochwasserschutz beispielsweise wird die Nutzungsmöglichkeit eingeschränkt und damit einerseits ein Anwachsen des Schadenspotenzials verringert und andererseits aber auch Entwicklungsmöglichkeiten eingeschränkt (Kuhlicke & Drünkler 2004).

Bau- und Nutzungsvorschriften leisten einen wesentlichen Teil zur Verringerung der Gebäudeschäden. Durch Anpassung der Nutzung bzw. der Ausstattung von Wohngebäuden lässt sich der Schaden laut IKSR um 25-50% (Nutzung) bzw. bis zu max. 25% (Ausstattung) reduzieren (IKSR 2002).

Die Bestimmungen sollten sich an dem jeweiligen Grad der Gefährdung ausrichten. In der Schweiz beispielsweise wurden für das Kanton St. Gallen Gefährdungszonen ermittelt; bauliche Vorkehrungen sind entsprechend dem Grad der Gefährdung zu tref-

fen. In so genannten synoptischen Gefährdungskarten werden vier verschiedene Gefahrenbereiche differenziert: Rot – erhebliche Gefährdung, Blau – mittlere Gefährdung, Gelb – geringe Gefährdung und Gelb-Weiss – Restgefährdung. Für Objekte, die auf Grund ihrer Lage als erheblich gefährdet einzustufen sind, wird folgende Regelung vorgeschlagen: „Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäß erneuert werden. Weitergehende Maßnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmaßnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt“ (Egli 2000).

Derartige Gefahrenkarten bzw. Informationen zur Gefährdung generell bilden damit den Grundstein für Maßnahmen zur Bau- und Nutzungsvorsorge. Sie sprechen damit direkt die Verhaltensvorsorge an. Die Erweiterung des Bewusstseins der Gewässeranlieger für das Auftreten von Hochwasserereignissen fördert die Anpassung des Verhaltens und damit indirekt die Schadensreduktion. Eine ausreichende Versorgung der potenziell Betroffenen mit Informationen zur Gefährdung und möglichen Notfallmaßnahmen wirkt sich positiv auf das Schadensvolumen aus. Der Vergleich zwischen den aufgetretenen Schäden der Hochwasserereignisse von 1993 und 1995 (mit ähnlichen Wasserständen) in Rodenkirchen am Rhein zeigt, dass aufgrund einer der Situation angepassten Räumung, Schäden am Mobiliar um 80% verringert werden können. Die Möglichkeit das Schadenspotenzial soweit zu reduzieren ist natürlich abhängig von der Vorwarnzeit (IKSR 2002). Im Integrierten Donauprogramm wurde die Wirkung der Vorwarnzeit in die Schadensfunktion integriert. Es ist dabei zwischen keiner Reaktionszeit (weniger als 4h), geringer Reaktionszeit (4-24 h) und mittlerer Reaktionszeit (mehr als 24 h) differenziert worden (Gewässerdirektion Donau / Bodensee 2003). In einer Studie zur Evaluation von Hochwasserrisiken an der Küste wird davon ausgegangen, dass eine Evakuierungszeit von mindestens drei Stunden die Schäden an Kraftfahrzeugen oder Vieh um 80% bzw. 50% senkt (Reese 2003, Markau & Sterr 2003).

6.2 *Indirekte Nutzen*

Indirekte Nutzen in Form von positiven Effekten auf das Ökosystem oder Erholungsmöglichkeiten sind in der Regel eng verbunden mit Maßnahmen des Wasserrückhaltes im Einzugsgebiet und Gewässernetz (z.B. Renaturierung von Überschwemmungssauen). An Hand verschiedener Studien sollen daher im Folgenden Möglichkeiten der Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Form verbesserten Wasserrückhaltes dargestellt werden. Im Zentrum stehen die Bewertung von Landnutzungsänderungen, Renaturierungen und Ausweitungen von Retentionsflächen bzw. die damit verbundenen indirekten Effekte.

Vor dem Hintergrund eines Paradigmenwechsels im Bereich des Hochwasserschutzes ist der Quantifizierung der Wirkungen einer Ausweitung von Retentionsflächen durch Deichrückverlegung und Renaturierungsmaßnahmen in den Niederlanden verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet worden. Die Hochwasserereignisse von 1993 und 1995 (die in Köln beide ähnliche Scheitelwasserstände aufwiesen) führten zur Abkehr von der Vorstellung, den Hochwasserschutz allein durch technische Maßnahmen und Ein-

richtungen gewährleisten zu können. Als Alternativen bzw. zusätzliche Potenziale zum technischen Hochwasserschutz wurden Landnutzungsänderungen im unmittelbaren Flussgebiet und die Renaturierung von Flussauen gesehen. Die natürliche Dynamik von Flüssen und die Resilienz²⁷ des Flusssystems sollten als effektive Möglichkeiten zur Reduzierung des Risikos und der Schäden genutzt werden. Im Vergleich mit traditionellen Möglichkeiten sind diese Maßnahmen mit einer Reihe zusätzlicher sozioökonomischer und ökologischer Nutzen verbunden (Erholungsnutzen, öffentliche Bewusstseinsbildung, Habitate, Nährstoffretention).

Integrierte Bewertung alternativer Hochwasserschutzkonzepte in den Niederlanden

In einer Fallstudie im niederländischen Rhein-Maas Flussdelta wurden die Wirkungen der oben erwähnten Maßnahmen innerhalb einer mittel- bis langfristigen Perspektive bewertet (Brouwer & van Ek 2004). Im Untersuchungsgebiet wurden drei komplementäre Maßnahmen auf ihre möglichen Effekte hin untersucht. *Erstens* die Erweiterung und Vertiefung der bestehenden Auenlandschaft (Renaturierung), *zweitens* die Möglichkeit der Vergrößerung eines Feuchtgebiet-Reservats und *drittens* die Abflussaufteilung des Gewässersystems durch Herstellung zusätzlicher Umflusskanäle und sekundärer Wasserarme (green river) entlang bestehender Flussverläufe. Im Zentrum steht die integrierte Bewertung der Maßnahmen auf Grundlage einer Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) sowie einer Multikriterien-Analyse (MKA) zur Berücksichtigung nicht-monetarisierbarer Effekte. Basierend auf einer hydraulischen und hydrologischen Modellierung werden mögliche Auswirkungen auf das ökologische, ökonomische und soziale System ermittelt und bewertet.

Die erwarteten ökologischen Effekte wurden mit Hilfe eines hydroökologischen dose-effect Modells bewertet. Mit Hilfe dieses Modells lassen sich ökologische Veränderungen (vor allem im Hinblick auf die Vegetation) in Abhängigkeit von einer Reihe hydrologischer Parameter (z.B. Grundwasserspiegel) vorhersagen. Die ermittelten Werte wurden abgestuft im Hinblick auf den Zielerreichungsgrad entsprechend der niederländischen Naturschutzpolitik bewertet. Besonders im Hinblick auf die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie zeigt dieses Vorgehen eine Möglichkeit auf, Wirkung auf das Flusssystem zu ermitteln und zu bewerten.

Die Bewertung der sozialen Auswirkungen erfolgte über Experteneinschätzungen. Auf Grundlage sozialer Kriterien wie beispielsweise der Wahrnehmung des Risikos oder aber auch der Partizipationsmöglichkeiten wurden die Wirkungen der geplanten Maßnahmen qualitativ bestimmt. Dabei stellte sich heraus, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen gerade im Hinblick auf das Hochwasserrisiko von der Öffentlichkeit negativ bewertet wurden. Entsprechend sollte die betroffene Bevölkerung ausreichend aufgeklärt werden.

²⁷ Als Resilienz eines Systems wird dessen Fähigkeit bezeichnet, nach einer externen Störung wieder in den ursprünglichen Zustand zurückzukehren.

Die erwarteten ökonomischen Wirkungen wurden mittels einer NKA quantifiziert. Hierbei wurden auf der Kostenseite die Kosten der Landnutzungsänderung, Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen und daraus folgende Kompensationszahlungen, der Schutz bestehender Infrastrukturanlagen sowie die Investitions- und Unterhaltskosten für die Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen bewertet. In die Bewertung wurden hier im Gegensatz zum traditionellen Ansatz von NKA in Deutschland auch auftretende Opportunitätskosten der stark betroffenen Landwirtschaft einbezogen, d.h. in die NKA gingen nicht nur die Kosten für den Flächenerwerb durch den Staat ein, sondern auch die Kosten für entgangene Nutzungsmöglichkeiten.

Auf der Nutzenseite wird in der niederländischen Studie vorrangig der vermiedene Schaden betrachtet, daneben werden jedoch auch angenommene Erholungseffekte in monetären Einheiten bewertet.²⁸ Der Vergleich der vorgeschlagenen Maßnahmekombination mit dem *Status quo Baseline Szenario* mittels NKA ergibt einen Wohlfahrtsverlust von rund 2,1 Billionen Euro.

In einem zweiten Schritt wird die klassische NKA um die ökologischen Effekte, die mit einer Maßnahmenumsetzung zu erwarten sind, erweitert. Dabei wurde der ökonomische Wert für die ökologischen Leistungen von Überschwemmungssauen (HochwasserRetention, Erhöhung der Biodiversität,...) mit Hilfe einer mittleren Wertschätzung (in € je Haushalt und Jahr) – als Resultat einer Metaanalyse von Bewertungsstudien für Feuchtgebiete – ermittelt und in monetären Einheiten in der NKA berücksichtigt. Erst mit Berücksichtigung dieser zusätzlichen Folgewirkungen (indirekter Effekte) ist der Netto-Nutzen des alternativen Maßnahmenpaketes größer.

Mit Hilfe einer Multi-Kriterien-Analyse wurden schließlich die auf verschiedenen qualitativen und quantitativen Bewertungsmethoden beruhenden sozialen, ökonomischen und ökologischen Einschätzungen sowohl für die vorgeschlagenen Alternativmaßnahmen als auch für die traditionellen Deicherhöhungsmaßnahmen gegenüber gestellt. Unter Einbeziehung nur der ökologischen und ökonomischen quantitativ ermittelten Werte erwiesen sich die vorgeschlagenen komplementären Alternativmaßnahmen als vorteilhafter, wurden aber die sozialen Kriterien²⁹ in die Bewertung integriert, wurden die traditionellen Hochwasserschutzmaßnahmen als vorteilhafter bewertet.

Die skizzierte Studie zeigt Ansätze und Methoden einer erweiterten NKA im Hochwasserschutz auf, insbesondere die Relevanz und Methodik einer Einbeziehung *indirekter Effekte* von Hochwasserschutzmaßnahmen. Sie macht allerdings auch deutlich, wie stark veränderte Annahmen die Ergebnisse sowohl von NKA als auch von MKA

²⁸ Hierbei wird von einer Zunahme der Besucherzahlen um 10% in den nächsten 50 Jahren ausgegangen und diese Zunahme auf Grundlage eines angenommenen prozentualen Anteil des Untersuchungsgebietes an der gesamten Wertschöpfung des wassergebundenen Tourismus in den Niederlanden monetär bewertet.

²⁹ Als soziale Bewertungskriterien wurden insbesondere gesellschaftlich wahrgenommene Veränderungen in Landschaftsbild und Überflutungsrisiko, aber auch Möglichkeiten der aktiven Teilnahme am Entscheidungsprozess herangezogen. Grundlage hierfür bildeten Experteneinschätzungen bezüglich der verschiedenen Maßnahmen (positiver, negativer, kein Effekt).

beeinflussen. Beide Bewertungsmethoden reagierten in der durchgeführten Sensitivitätsanalyse sehr empfindlich auf die Variation einzelner Parameter. Für die Anwendung dieser Methoden wirft das insbesondere die Fragen nach der Gewichtung der einbezogenen Kriterien und nach dem Umgang mit Nicht-Wissen auf.

Bewertung des ökologischen Nutzens von Überschwemmungsauen

Im Rahmen des INTERREG Programms Rhein–Maas–Aktivitäten (IRMA) ist im Projekt „Zum nachhaltigen Management des Hochwasserrisikos in den Einzugsgebieten von Rhein und Maas“ auch der Frage nach der mehrdimensionalen Wirkung von Retentionsflächen nachgegangen worden. Neben der Wirkung von Überflutungsflächen auf die Hochwasserreduzierung entlang des Rheins wurde auch ein möglicher ökologischer Sekundärnutzen betrachtet.

Auf Grundlage einer hydrologischen Modellierung wurden hierbei die Wirkungen von natürlichen Feuchtgebieten und gesteuerten Überschwemmungsgebieten entlang des Rheins ermittelt. Die Wirkung von gesteuerten und ungesteuerten Speicherflächen auf die hydraulischen Hochwasserparameter konkret zu erfassen, erwies sich aufgrund der Komplexität des gesamten Rheineinzugsgebietes als schwierig. Verlässliche Aussagen zu den Wirkungen von Wasserspeicherkapazitäten am Oberrhein für den Hochwasserschutz am Niederrhein konnten daher nicht gemacht werden. Es wurde aber davon ausgegangen, dass natürliche Feuchtgebiete am Oberrhein schon aufgrund ihrer Lage eine Reduktion von Abflussspitzen durch Wasserrückhalt erwirken und somit die Unterlieger entlasten. Bei extremen Hochwasserlagen ist die Wirkung jedoch einerseits aufgrund der Komplexität nur unzureichend bestimmbar, andererseits können Feuchtgebiete im Falle von Extremabflüssen das Überflutungsrisiko stromabwärts nicht reduzieren, da zu schnell die Sättigungsgrenze erreicht ist und das Wasser folglich ungehindert abfließen kann. Eine Verringerung der Schadenserwartung am Niederrhein kann folglich nur durch Überschwemmungsflächen am Niederrhein erzielt werden. Die Wirkungen bei kleineren häufigeren Hochwasserereignissen jenseits derartiger Extremereignisse wurden hier nicht bewertet, können jedoch unter Nutzen-Kosten-Aspekten durchaus eine entscheidende Rolle spielen.

Neben diesen ermittelten hochwasserrelevanten Effekten ist die ökologische Wirkung von natürlichen Retentionsflächen sowie von möglichen Renaturierungsflächen erfasst worden. Im Zentrum stand dabei die Frage, ob natürliche Feuchtgebiete (Überschwemmungsgebiete) den Nährstoffeintrag in den holländischen Niederrhein (Waal, IJssel) verringern und ob diese Leistung durch Umwandlung von Landnutzungen erhöht werden könne. In Abhängigkeit von Überschwemmungen natürlicher Feuchtgebiete wurde die Konzentration an Phosphor und Nitrat in den Rheinarmen Waal und IJssel gemessen, wobei hier lediglich eine Verringerung der Phosphorkonzentration nachgewiesen werden konnte. Die Umwandlung landwirtschaftlich genutzter Grünlandflächen führt zu ähnlichen Ergebnissen. Die Höhe der Phosphorreduktion ist dabei abhängig von Relief und Oberflächenrauhigkeit. Eine wirksame Nährstoffretention ist dabei abhängig von einer hohen Überflutungshäufigkeit. Die

Retentionswirkung von Hochwasserpoldern, die nur bei Extremereignissen geflutet werden, ist dementsprechend geringer (IRMA 2002).

Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt auch die Studie zu den Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungssauen an der Elbe (Dehnhardt 2002). Hier wurde weiterführend die Nährstoffretentionsfunktion auf Basis der Ersatzkostenmethode (Replacement Cost Approach), bei der der ökonomische Wert einer ökologischen Leistung mit Hilfe der Kosten der billigsten Alternative zur Erreichung derselben Leistung eingeschätzt wird, monetär bewertet. Der Prozess der Stickstoffretention in den natürlichen Feuchtgebieten der Elbe kann dabei dem Prozess der Denitrifikation in Kläranlagen gegenüber gestellt werden. Daneben kann durch ordnungspolitische Vorgaben insbesondere für die Landwirtschaft der Schadstoffeintrag in die Gewässer verringert werden. Entsprechend wurde an Hand der Referenzszenarien „Kläranlage“ und „Politik“ und den hier jeweils ermittelten Grenzkosten der Nährstoffreduktion der Ersatzkostenwert errechnet (Dehnhardt 2002).

Die Studie zeigt einen ökonomischen Bewertungsansatz zur Einschätzung des Nutzens einer erhöhten Nährstoffretention in Feuchtgebieten auf, der durch die Herstellung physischer Beziehungen zwischen der ökologischen Leistung (Nährstoffretention) und monetär bewertbarer Leistungen (Kosten von Kläranlagen) sehr transparent und durch die vergleichsweise einfache Nachvollziehbarkeit auch weithin akzeptiert ist. Da gerade Maßnahmen des Wasserrückhaltes wie Renaturierungen oder Deichrückverlegungen durch den Nährstoffrückhalt positive Effekte für die Wasserqualität zugeschrieben werden, ist dieser Bewertungsansatz für den Einsatz im Rahmen von Hochwasserschutzplanungen geeignet. Voraussetzung für eine Anwendung ist, dass das Ausmaß der ökologischen Leistung (Reduktionseffekte) sowie das Verhältnis zu den monetär bewertbaren Leistungen identifiziert und quantifiziert werden können (vgl. Dehnhardt 2002).

Bewertung ökologischer Leistungen mit Hilfe eines Benefit Transfers

Eine weitere und in jüngerer Zeit vielfach (auch kontrovers) diskutierte Möglichkeit der Bewertung ökologischer Leistungen besteht in der Anwendung des Benefit Transfers (BT) als ein umweltökonomisches Bewertungsverfahren. Beim BT handelt es sich allgemein um „...eine Methodik, die monetäre Werte für Umweltgüter dadurch ermittelt, dass sie frühere Studien analysiert und deren ermittelte Werte mit mehr oder weniger aufwendigen Korrekturverfahren auf die aktuelle Bewertungssituation [einen neuen politischen Kontext] überträgt“ (Thiele & Wronka 2002). In einem BMBF-Forschungsvorhaben „Flussgebietsmanagement für die Werra“ wurde unter anderem die durch hydromorphologische Maßnahmen erzielbare Erhöhung der ‚Biodiversität‘ mittels Benefit Transfer monetär quantifiziert (Dehnhardt, Hirschfeld, Petschow et. al 2006).

Die monetäre Bewertung des Nutzens einer erhöhten ‚Biodiversität‘ erfolgte dabei in mehreren Schritten. Zunächst wurde das Ausmaß der Effekte einer Maßnahmenumsetzung in einzelnen Maßnahmenräumen aufgrund definierter (qualitativer) Kriterien

eingeschätzt (Wirksamkeitsabschätzung). Im nächsten Schritt wurde eine je nach Ausmaß der Effekte gewichtete Zahlungsbereitschaft auf Grundlage eines durch Benefit Transfer ermittelten Wertes (in € je Haushalt und km renaturierten Flusslauf) abgeleitet. Für die Wertübertragung zur Bewertung der Nutzen einer erhöhten ‚Biodiversität‘ im Einzugsgebiet der Werra wurden als Grundlage die Ergebnisse einer Kontingenten Bewertung einer erhöhten biologischen Vielfalt an der Elbe (Meyerhoff 2002) herangezogen. Schließlich wurde die Wertschätzung für eine Maßnahmenumsetzung in den einzelnen Maßnahmenräumen sowie der Umsetzung einer Strategie zur Wiederherstellung des ‚guten ökologischen Zustands‘ im gesamten Werra-Einzugsgebiet ermittelt. Auf Ebene der einzelnen Maßnahmenräume setzte sich die Wertschätzung aus einer lokalen und einer überregionalen Komponente zusammen; bei Betrachtung der Strategien wird zusätzlich eine auf der Annahme eines superadditiven Nutzens beruhende Wertschätzung berücksichtigt, da davon ausgegangen werden kann, dass die Renaturierung eines gesamten Flusseinzugsgebietes eine höhere Wertschätzung in der Bevölkerung genießt als die Summe einzelner kleiner Maßnahmengebiete. Als Resultat der Bewertung erhält man den jährlichen monetären Wert von Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Leistungen als ein Nutzenbestandteil im Rahmen einer NKA.

Neben dem ökologischen Mehrwert von Renaturierungsmaßnahmen wurde in dieser Untersuchung analog auch der monetäre Nutzen eines erhöhten Erholungspotenzials durch morphologische Maßnahmen ermittelt. Die Wertermittlung erfolgte in einer analogen Vorgehensweise: zunächst wurde das Ausmaß der Effekte von Maßnahmenkombinationen in den einzelnen Maßnahmenräumen im Hinblick auf die Einzelbestandteile Angeln, Paddeln und allgemeine Erholung ermittelt und die Gesamteffekte schließlich durch Aggregierung der Einzeleffekte bestimmt. Im nächsten Schritt wurde entsprechend eine je nach Ausmaß der Effekte gewichtete Zahlungsbereitschaft auf Grundlage eines durch Benefit Transfer ermittelten Wertes (in € je Besuch) abgeleitet und auf dieser Grundlage die Wertschätzung eines erhöhten Erholungspotenzials aufgrund alternativer Strategien eingeschätzt. Die Ermittlung potenziell erhöhter Besucherzahlen wurde auf Basis der Anzahl der Übernachtungen in den betroffenen Regionen abgeleitet, da die Werra als Erholungsgebiet auch überregionale Bedeutung besitzt; Tagesbesucher konnten mit dieser Vorgehensweise jedoch nicht erfasst werden. Auch hier wird der jährliche monetäre Nutzen als Bestandteil einer NKA ermittelt.

Das Verfahren des Benefit Transfer ist immer wieder Gegenstand kritischer Diskussionen, da es mit zahlreichen Ungenauigkeiten verbunden sein kann. Dagegen bietet die Methode den Vorteil, auf kostspielige und zeitraubende direkte Befragungen zu Zahlungsbereitschaften verzichten zu können. Sie ist vor allem dann geeignet, wenn die Notwendigkeit der Exaktheit von Ergebnissen gegenüber der Abschätzung von Größenordnungen im Rahmen von Nutzen-Kosten Analysen eine untergeordnete Rolle spielt (Dehnhardt et al. 2006). Die Anwendbarkeit ist daher im jeweiligen Entscheidungskontext zu prüfen (vgl. auch Dehnhardt 2004, Hirschfeld et al. 2005).

Der im Rahmen vieler Bewertungsstudien ermittelte ökonomische Wert ökologischer Leistungen von Flussökosystemen unterstreicht deren hohe Bedeutung auch als Sekundärnutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen. Sie sollten daher in umfassenden Nutzen-Kosten-Abwägungen Eingang finden.

Aufgrund der Zeit- und Kosteneffizienz bezüglich der Bereitstellung von entscheidungsunterstützenden Informationen bietet sich der Ansatz des Benefit Transfer für die ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen an, um auch für indirekte Nutzen einen monetären Wert in NKA einbinden zu können. Aufwändige Bewertungsstudien werden in der Regel im Rahmen der Hochwasserschutzplanung dagegen eher nicht möglich sein.

Indirekte Effekte des technischen Hochwasserrückhalts

In einer bereits abgeschlossenen Studie zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Elbe und Oder ist der indirekten Wirkung der Flutung auf das ökologische System nachgegangen worden. Dabei stand die Bewertung der Effekte einer ökologischen Flutung von Poldern, d.h. einer gesteuerte Flutung schon bei kleinen Hochwassern, im Mittelpunkt. Es wurde angenommen, dass derartige Flutungen einen Anpassungsprozess der Biozönosen an die erhöhten Wiederkehrintervalle fördert und damit das Schadenspotenzial im Falle eines Extremereignisses verringert. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass aus landwirtschaftlicher Sicht die ökologische Flutung abgelehnt werden muss. In dieser Untersuchung wurde aber nicht geprüft, wie die mit einer ökologischen Flutung verbundenen Veränderungen von der Gesellschaft bewertet werden (Bronstert 2004).

6.3 Indirekte Kosten von Maßnahmen des technischen Hochwasserrückhaltes

Die Bewertung technischer Hochwasserschutzeinrichtungen ist gegenüber traditioneller NKA um indirekte Wirkungen zu erweitern: Neben den monetär quantifizierbaren Nutzen in Form vermiedener Schäden sind vor allem auch indirekte Kosten für entgangene Nutzungsmöglichkeiten – Opportunitätskosten – einzubinden. Aufgrund der flächenhaften Ausdehnung sind insbesondere beim technischen Hochwasserrückhalt mehrdimensionale Wirkungen zu berücksichtigen.

In einem laufenden BMBF-Projekt zur Integrativen Steuerung des technischen Hochwasserrückhalts im Flussgebiet der Unstrut³⁰ steht eine umfassende Bewertung der Nutzen und Kosten von Poldern und Rückhaltebecken im Mittelpunkt der Betrachtung, wobei sowohl die Wirkung einzelner Einrichtungen aber auch die Verbundwirkung aller Einrichtungen im gesamten Flussgebiet analysiert werden soll. Insofern besteht das Ziel in der Bewertung unterschiedlicher Strategien des technischen Hochwasserrückhalts in der Verbundbewirtschaftung von Poldern und Talsperren, hinsichtlich der lokalen und regionalen ökonomischen Effekte in Form von Kos-

³⁰ BMBF-Verbundvorhaben „Integrative Nutzung des Technischen Hochwasserrückhalts in Poldern und Talsperren am Beispiel des Flussgebietes der Unstrut“ (Ruhr-Universität Bochum, RWTH Aachen, IÖW)

ten und Nutzen. Aus ökonomischer Sicht ist hierbei insbesondere die Abwägung zwischen lokalen und regionalen Hochwasserschutzzielen von Bedeutung. Damit wird der Versuch unternommen, sowohl die Wirkungsanalyse als auch die Bewertung von einer lokalen auf eine regionale Betrachtungsebene zu heben. Mit dieser überregionalen Perspektive sollen Ober- und Unterliegerprobleme erfasst und mögliche Lösungswege aufgezeigt werden.

6.4 Schwierigkeiten und Begrenzungen der Bewertung

Die skizzierten Praxisbeispiele zeigen eine ganze Reihe möglicher Bewertungsansätze und Anwendungskontexte, die sich jedoch in der Regel auf ein bestimmtes Projekt, ein konkretes Hochwasserereignis oder einen ganz begrenzten regionalen Ausschnitt beziehen. Sowohl Hochwasserereignisse als auch die Wirksamkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen sind von zahlreichen Bedingungen abhängig, so dass eine Bewertung nur durch Komplexitätsreduktion erfolgen kann. Dementsprechend ist das Bewertungsverfahren an die jeweilige Zielstellung anzupassen.

Die Bewertung von Maßnahmen unter einer strategischen Perspektive sollte auf einer makro- bzw. mesoskaligen Ebene erfolgen, d.h. hier gilt es mit Hilfe von möglichst öffentlich zugänglichen statistischen Daten die Rahmenbedingungen für mögliche Maßnahmen abzustecken. Solche Rahmenbedingungen umfassen beispielsweise Nutzungsstrukturen, wirtschaftliche Aktivitäten und Vermögenstatbestände. Großflächige Renaturierungsmaßnahmen sind beispielsweise nur möglich, wenn dies entsprechend der räumlichen Nutzungsstrukturen realisierbar ist. Hochwasserschutzmaßnahmen sind nur dort ökonomisch sinnvoll, wo auch ein entsprechendes Schadenspotenzial vorhanden ist. Ziel einer Planung und Bewertung auf dieser Skalenebene kann es nur sein, mögliche Konfliktfelder aufzuzeigen, die Planung und Umsetzung möglicher Maßnahmen erfordern jedoch eine detailliertere Analyse und Bewertung (MAFF 2001). Da die grundsätzliche Schwierigkeit einer umfassenden Bewertung u.a. in der Datenverfügbarkeit und dem Bewertungsaufwand für einzelne Wirkungen liegt, gilt es bereits auf der Makro- bzw. Mesoebene Verfahren heranzuziehen, die sowohl eine grobe Wirkungsabschätzung als auch eine Bewertung der einzelnen Maßnahmen leisten können.

In der folgenden Abbildung ist der erwartete Aufwand zur Ermittlung und Bewertung von direkten und indirekten Wirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen dargestellt. Deutlich ist der hohe Verfahrensaufwand zu Ermittlung von so genannten 'non-use values' – z.B. Werten, die aus einer Erhöhung der 'Biodiversität' resultieren.

Entsprechend der Rahmenbedingungen werden Wirkungen in Form von Kosten und Nutzen ermittelt, die folgend auf einer mikroskaligen Ebene Eingang in die Nutzen-Kosten-Analyse finden sollten. Welche Wirkungen betrachtet werden, richtet sich auch nach dem Aufwand zur Ermittlung von Kosten und Nutzen, der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Zeitpunkt des Eintrittes. Die Einschätzung der relativen Kosten der Bewertung einzelner Effekte ist oftmals auch ein entscheidendes Auswahlkriterium und liefert damit auch die Begründung für eine reduzierte Betrachtung möglicher Effekte von Hochwasserschutzmaßnahmen. Welche Parameter letztendlich

in eine umfassende Nutzen-Kosten-Analyse einfließen sollten, ist von Untersuchungen auf der strategischen Ebene abzuleiten. Das Bewertungsverfahren ist somit den natürlichen Wirkungsbeziehungen, der räumlichen Betrachtungsebene und des Zeit- und Finanzrahmen anzupassen.

Bewertung	Aufwand
Hochwasserschutzmaßnahmen	+
Unterbrechung Verkehr	++
Erholungsnutzen	+++
Umwelteffekte: Ersatzkostenwerte	++
Umwelteffekte: Nicht-nutzungsabhängige Werte ³¹	++++

Abbildung 7: Relativer Aufwand zur Bewertung einzelner Effekte von Hochwasserschutzmaßnahmen (MAFF 2001, 17)

In Großbritannien – wo die ökologisch-ökonomische Bewertung stärker in der politischen Entscheidungsfindung verankert ist – gibt es daher Handbücher (Manual of benefit assessment techniques) zur Ableitung von Standardwerten für die Bewertung indirekter Effekte. Aufgrund zahlreich vorhandener Bewertungsstudien kommt hier verstärkt das Verfahren des Benefit Transfer (BT) zum Einsatz, um somit die Kosten für schwer zu ermittelnde Größen zu reduzieren (MAFF 2001).

³¹ Dies gilt nur für Primärstudien. Vereinfachte Verfahren – wie z.B. der Benefit Transfer – können den Bewertungsaufwand jedoch erheblich reduzieren.

7 Nutzen-Kosten-Analysen als Entscheidungsgrundlage zur Ableitung von Hochwasserschutzstrategien

7.1 Grundsätzliche Erwägungen

Vor dem Hintergrund der dargestellten Anforderungen und Schwierigkeiten einer umfassenden Bewertung stellt sich die Frage, was eine NKA unter welchen Bedingungen bei der Ableitung von Hochwasserschutzstrategien überhaupt leisten kann. Aufgrund der dargestellten Begrenzungen ist es offensichtlich, dass es einen allgemeingültigen Ansatz zur Durchführung einer NKA für alle Anwendungsfälle und Rahmenbedingungen nicht geben kann. Die Anwendung von NKA ist in starkem Maße abhängig von den Bewertungskontexten. An dieser Stelle können vor dem Hintergrund der Erweiterung traditioneller NKA Empfehlungen gegeben werden, welche Effekte ggf. zu berücksichtigen sind und welche Bewertungsansätze geeignet sein können. NKA können den politökonomischen Prozess auch nicht ersetzen oder außer Kraft setzen, sondern können lediglich ein Instrumentenset zur Verfügung stellen, um Entscheidungen transparenter zu gestalten. Einen wesentlichen Einfluss auf die Anforderungen an NKA und die integrierte Bewertung hat dabei die Wahl der Entscheidungsebene: bei Entscheidungen auf strategischer Ebene („top-down Ansatz“) ist die Meso- bis Makroskala die relevante Bezugsebene. Hier muss die Frage beantwortet werden, unter welchen Umständen NKA überhaupt Aussagen treffen können oder welche ökonomisch geleiteten Entscheidungsregeln ansonsten unter komplexen Rahmenbedingungen aufgestellt werden können. Beim „bottom-up Ansatz“ ist die Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen auf lokaler Ebene der Bezugsrahmen für NKA und strategische Entscheidungen. Das Instrumentenset muss entsprechend je nach Fragestellung angepasst werden können, um einen Handlungsleitfaden für NKA in der Praxis bereitstellen zu können.

Im Wesentlichen geht es mithin darum, den Blickwinkel gegenüber traditionellen ökonomischen Bewertungen hin zu einem Hochwasserrisikomanagement zu erweitern. Die Abbildung 8 führt die wesentlichen – in den vorangegangenen Kapiteln eingehender diskutierten – Erweiterungsansätze und Probleme zusammen.

Skalenebene: Über die Wirkungsabschätzung auf lokaler Ebene sollten im Hochwasserrisikomanagement die Maßnahmewirkungen auf verschiedenen räumlichen und politischen Ebenen (Mikro- / Meso- und Makroskala) abgebildet werden. Dies stellt gleichzeitig die Grundlage für den potenziellen Ausgleich zwischen Oberliegern und Unterliegern dar. Zu beachten ist jedoch, dass die **Unsicherheit** der Prognosen beim ‚up-scaling‘ immens steigt.

Komplexität: Die Wirkungsabschätzung und ökonomische Bewertung erweiterter NKA muss verschiedenen Arten von Flussgebieten und Hochwasserereignissen mit potenziellen Überlagerungseffekten Rechnung tragen. Auf der überregionalen Ebene sind Ansätze jedoch nur in eher homogenen Flussgebieten anwendbar, da hier Ursache-Wirkungsbeziehungen analysiert und entsprechend Verteilungswirkungen als Grundlage für Kompensationslösungen identifiziert werden können (vergleichende Bewertung bspw. der Retention am Oberlauf versus technischer Hochwasserschutz am Unterlauf). In komplexeren Flussgebieten dagegen haben Maßnahmen nur bedingt positive, zum Teil auch negative Wirkungen auf Unterlieger, die wiederum Rückwirkungen auf Kompensationsansätze haben: die Kompensation hochwasserschutzrelevanter Aktivitäten ist bei unsicherer Wirkungsabschätzung aus dem Entscheidungskalkül der Unterlieger nicht mehr zu begründen. Gerade in komplexen Flussgebieten ist die Bewertung daher mit einer enormen **Unsicherheit** konfrontiert.

Schutzniveau: Gegenüber der normativen Festlegung eines Ziels (Schutzniveaus) traditioneller Kostenwirksamkeitsanalysen sollte das Schutzniveau in Abhängigkeit von den vermiedenen Schäden mittels erweiterter NKA bestimmt werden.

Drei Säulen des Hochwasserschutzes: Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes (Wasserrückhalt und Vorsorge) sollten eingebunden und in der Hochwasserschutzplanung integriert bewertet werden. Beispielsweise können Vorsorgemaßnahmen das Schadensniveau erheblich senken und damit den Nutzen technischer Hochwasserschutzmaßnahmen reduzieren. Die Vorteilhaftigkeit technischer Lösungen wäre damit eingeschränkt. Im Hinblick auf hochwasserrelevante Effekte werden Retentionsmaßnahmen vor Ort aber vor allem auch überregional nur eine begrenzte Rolle spielen; gesellschaftliche Nutzen sollten allerdings eingebunden werden.

Ökosystemmanagement: Ähnlich dem Ansatz der EU-Wasserrahmenrichtlinie sollte das Hochwasserrisikomanagement als Bestandteil eines integrierten Managements von Naturressourcen verstanden werden. Wirken Maßnahmenalternativen auf multiple Ziele, lassen sich verschiedene politische und planerische Bereiche und Zuständigkeiten nicht mehr trennen. So wirken Maßnahmen im Zuge der WRRL unter Umständen positiv auf den Hochwasserschutz, hochwasserrelevante Maßnahmen dagegen auf die Gewässergüte und naturschutzrelevante Ziele, etc. Eine Trennung unterschiedlichster Nutzen ist nicht mehr sinnvoll. Eine klassische NKA orientiert in der Regel auf ein definiertes Projektziel, multiple Ziele hingegen sind mit dem klassischen Ansatz nicht mehr zu greifen: Nutzen und Kosten sind einzubeziehen, auch wenn sie mit dem eigentlichen Maßnahm Ziel nichts zu tun haben.

Abbildung 8: Ansatzpunkte zur Erweiterung des Betrachtungshorizontes von NKA

Die Erweiterung des Blickwinkels von einem traditionellen Ansatz hin zu einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse soll anhand des eingangs dargestellten Beispiels des Integrierten Donauprogramms (IDP) nochmals verdeutlicht werden.

In der von der Wasserwirtschaft vorgelegten Studie wurden verschiedene technische Hochwasserschutzmaßnahmen unter Kosten- und Nutzenaspekten untersucht. Ziel war es, ein optimales Schutzkonzept für die Ortslagen zu finden und der Politik als Entscheidungsgrundlage vorzulegen. In die Analyse wurden nur die Investitions- und laufenden Kosten in eine dynamische Kostenvergleichsrechnung einbezogen und grundlegend als primäres Entscheidungskriterium herangezogen, da bei einem festgesetzten Ziel von HQ₁₀₀ ein kosten-nutzen-analytischer Vorteilsnachweis entfallen kann. Der Nachteil eines solchen Verfahrens liegt in der einseitigen Ausrichtung auf den technischen Hochwasserschutz, Maßnahmen wie Flächen- und Bauvorsorge oder Verhaltensvorsorge werden nicht betrachtet. Der Nutzen der technischen Hochwasserschutzmaßnahmen wurde über das direkt reduzierte Schadenspotenzial ermittelt, des Weiteren wurden aber zudem die indirekten Folgen von Betriebsunterbrechungen (Bruttowertschöpfungsverluste, Prosperitätsschäden) quantifiziert.

Eine Erweiterung würde jedoch bedeuten, verstärkt auch Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes (Wasserrückhalt und Vorsorgemaßnahmen) in die Bewertung mit einzubeziehen. Zwar ist beispielsweise die erhöhte Vorwarnzeit über die abgeleiteten Schadensfunktionen in die ökonomische Bewertung mit eingeflossen, die Wirkung von angepassten Verhaltensweisen im Katastrophenfall aufgrund im Vorfeld bereitgestellter Information wurde jedoch nicht berücksichtigt. Weiterhin wurden Maßnahmen der Bau- oder Verhaltensvorsorge nicht in der Untersuchung angesprochen. Vorsorgemaßnahmen können aber beispielsweise den Nutzen technischer Hochwasserschutzmaßnahmen erheblich beeinflussen. Dies führt dazu, dass die drei Säulen des Hochwasserschutzes sehr unterschiedlich gewichtet wurden. Alternative Schutzkonzepte bzw. Maßnahmenbündel verlieren schon auf Grund des normativ festgelegten Schutzniveaus von HQ₁₀₀ an Bedeutung, da weitere Sekundärnutzen nicht betrachtet und bewertet werden. Es handelt sich somit immer noch um ein sektorales, wasserwirtschaftlich ausgerichtetes Planungs- und Entscheidungsverfahren. Dem Ziel einer integrierten Betrachtung und Bewertung im Sinne eines ganzheitlichen Hochwasserrisikomanagements wird es folglich nur unzureichend gerecht, da vorrangig einseitig auf (wasserwirtschaftliche) Kriterien und technische Maßnahmen abgestellt wird und weitere Entscheidungskriterien wie ökosystemare Wirkungen vernachlässigt werden.

7.2 Identifizierung direkter und indirekter Effekte und Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen von Nutzen-Kosten-Analysen

Ausgangspunkt für eine Nutzen-Kosten-Analyse muss in jedem Fall zunächst die Einschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen – direkte und indirekte Effekte im oben genannten Sinne – in verschiedenen Kontexten sein. Dabei werden neben allen möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen der Flussgebietstyp (homogen – heterogen), die Art des Hochwasserereignisses und das bestehende Schutzniveau sowie die Ska-

Ienebene in ihren Wirkungen auf einzelnen Nutzen- und Kostenkomponenten betrachtet. Die Abbildung 9 gibt einen Überblick über die verschiedenen möglichen Kontexte der Bewertung sowie direkte und indirekte Wirkungen, die für jede Maßnahmenalternative unter den verschiedenen angegebenen Rahmenbedingungen als Grundlage für die ökonomische Bewertung eingeschätzt werden sollten. Die Abbildung stellt eine Erweiterung der im Kap. 3 erläuterten Wirkungsmatrix dar. Insbesondere die Parameter, die für eine erweiterte NKA im hier dargestellten Sinne notwendig sind, wurden ergänzt. Die Wirkung beispielsweise von Rückhalteräumen ist eingangs nur im Bezug auf die Hochwasserparameter und die erwartete Schadensminderung hin dargestellt und bewertet worden. Mögliche Effekte wie ein veränderter Grundwasserspiegelstand, das Aufsteigen von Qualmwasser in Randbereichen der Polder oder Rückhaltebecken sind nicht betrachtet worden. Mit dem Bau von Rückhaltebecken oder Poldern werden auch die bestehenden Nutzungsmöglichkeiten mindestens eingeschränkt und folglich werden Opportunitätskosten erzeugt, die in einer erweiterten Nutzen-Kosten-Betrachtung aufzunehmen sind.

Die Matrix soll dazu dienen, grundlegend den Betrachtungshorizont zu erweitern, derartige Sekundäreffekte zu internalisieren und durch geeignete Bewertungsmethoden zu evaluieren. Wenn die drei Säulen des Hochwasserschutzes zum Tragen kommen sollen, ist es notwendig, Maßnahmen umfassend auf ihre Wirkungen hin zu untersuchen, d.h. hinsichtlich ihrer hydraulischen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Effekte. Im Besonderen ist auch auf ihre kombinatorische Wirkung einzugehen. Die naturwissenschaftliche Wirkungsprognose steht demnach vor der Herausforderung, für alle möglichen Maßnahmenkombinationen die Wirksamkeit in verschiedenen Kontexten einzuschätzen.

Art des Flussgebietes: homogen oder heterogen									
		SKALENEBENE: MIKROSKALA / MESOSKALA / MAKROSKALA Art des Hochwasserereignisses							
		Direkte Wirkungen			Indirekte Wirkungen				
Wasserrückhalt im Einzugsgebiet									
Brachland, Wiese, Aufforstung									
Extensivierung Landnutzung									
Entsiegelung, Versickerung									
Wasserrückhalt im Gewässernetz									
Renaturierung									
Deichrückverlegungen									
<i>Winterdeich</i>									
<i>Sommerdeich</i>									
Sommerpolder									
Technischer Hochwasserschutz									
Technischer Hochwasserrückhalt									
<i>Nebengewässer</i>									
<i>Hauptgewässer</i>									
Erhöhung der Abflusskapazität									
Örtlicher Hochwasserschutz									
<i>Deiche, Mauern</i>									
				physische Effekte		sozioökonomische Effekte			
Hochwasservorsorge				Veränderung Grundwasserspiegel	Veränderung Ökosystem	Veränderung sozioökonomischer Nutzungen			
Flächenvorsorge						Erhöhung Hochwasserbewusstsein			
Bauvorsorge									
<i>Objektschutz Wohnen</i>									
<i>Objektschutz Industrie / Gewerbe</i>									
Gefährdende Stoffe									
Verhaltensvorsorge									
<i>Information</i>									
<i>Vorhersage und Warnung</i>									
<i>Notmaßnahmen Wohnen</i>									
<i>Notmaßnahmen Gewerbe / Industrie</i>									
Risikovorsorge									
<i>Gefahrenabwehr / Katastrophenschutz</i>									
<i>Notentlastungen</i>									
<i>Versicherungen</i>									

Abbildung 9: Systematisierung potenzieller Rahmenbedingungen und Maßnahmen-Wirkungskombinationen (eigene Darstellung IÖW)

7.3 Darstellung des Bewertungsansatzes anhand eines Beispiels

Im Folgenden soll beispielhaft der Zugang und die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Bewertung von Hochwasserschutzplanungen dargestellt werden. Zur Komplexitätsreduktion wurde ein Beispiel in einem homogenen Flussgebiet auf mikroskaliger Ebene gewählt.

In diesem konstruierten Fall soll untersucht werden, ob es unter nutzen-kosten-analytischen Gesichtspunkten sinnvoll ist, das bestehende Schutzniveau von HQ₁₀₀ auf HQ₂₀₀ anzuheben. Dabei stehen verschiedene Maßnahmen aus den Bereichen Wasserrückhalt, Hochwasservorsorge und technischer Hochwasserschutz zur Verfügung, die in unterschiedlicher Weise zur Verwirklichung dieses Ziels beitragen können und jeweils mit unterschiedlichen direkten und indirekten Wirkungen verbunden sind. Im Zuge der Bewertung müssen zunächst diese Effekte aller in Frage kommenden Maßnahmen beschrieben und wenn möglich quantifiziert werden. Entsprechend den vorausgegangenen theoretischen Anmerkungen kann grundlegend zwischen Maßnahmen mit direkter hydraulischer Wirkung und direkter Wirkung auf vorrangig sozioökonomische Parameter (in erster Linie das Schadenspotenzial) unterschieden werden. Im Rahmen einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse ist diese Betrachtungsebene um Effekte zu erweitern, die nicht nur ein mögliches Hochwasserereignis tangieren, sondern auch mit so genannten Sekundärnutzen aber auch –kosten verbunden sind. Folglich ist die Bewertung nicht nur auf das eindimensional festgelegte Schutzniveau HQ₂₀₀ auszurichten, sondern es gilt, die mit den verschiedenen Maßnahmen(kombinationen) verbundenen multiplen Nutzen und Kosten in einem mehrdimensionalen Zielsystem zu quantifizieren und zu bewerten.

Einschätzung direkter und indirekter Effekte

Renaturierungsmaßnahmen besitzen durch die Abflachung und zeitliche Verzögerung der ablaufenden Hochwasserwelle eine direkte lokale Wirkung. Eine Verminderung der Schadenswahrscheinlichkeit wird durch die Verringerung des Wasserstands erreicht. Da in diesem Fall ein Hochwasserereignis oberhalb des bestehenden Bemessungshochwassers HQ₁₀₀ betrachtet wird, können Wasserrückhaltemaßnahmen wirksam werden. Durch die Verringerung des Wasserstandes (geringerer Scheitel) wird das Schadensausmaß reduziert. Die Renaturierung der Auenlandschaft führt zudem zu einer Erhöhung der Arten- und Habitatvielfalt und erzielt somit einen weiteren Mehrwert.

Ähnlich wie im Falle von Renaturierungsmaßnahmen wird besonders durch *Deichrückverlegungen* der Wasserrückhalt verbessert. Die Verlegung von Deichen ins Hinterland bewirkt eine zeitliche Verzögerung des Scheitels, die Kappung des Hochwasserscheitels dagegen ist durch ungesteuerte Retention nur sehr eingeschränkt zu erreichen (IKSE 2003, 24ff). Das bedeutet, dass die hydraulischen Effekte in erster Linie in einer Reduzierung der Fließgeschwindigkeit liegen (bei ungesteuerter Variante). Dennoch sind lokale Wasserspiegelabsenkungen zu erwarten. Diese wirken sich positiv auf die Standsicherheit der Deiche bis zum Bemessungshochwasser aus, dar-

über hinaus wird gegebenenfalls auch die Wasserstandshöhe reduziert. Durch die Verringerung der Wasserstandshöhe verringert sich folglich auch das Schadensausmaß (Dehnhardt 2002, 189).

Neben diesen direkten positiven Wirkungen sind weitere mittelbare Auswirkungen zu betrachten. Deichrückverlegungen erhöhen zwar das Rückhaltevolumen, aber im Falle eines Hochwasserereignisses ist damit zu rechnen, dass die Rückverlegung zu erhöhten Grundwasserständen führen kann. Das Auftreten von Qualmwasser führt dazu, dass gerade in dicht besiedelten Gebieten Deichrückverlegungen enge Grenzen gesetzt sind (Brombach 2001, 299). Wie schon im Fall von Renaturierungsmaßnahmen sind auch hier die ökologischen und auch gesellschaftlichen Effekte zu berücksichtigen.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen des Wasserrückhalts im Gewässernetz sind im Rahmen einer umfassenden Nutzen-Kosten-Analyse zu bewerten. Sofern die Reduzierung der Überschwemmungshöhe quantifiziert werden kann, können die vermiedenen Schäden aus Schadensfunktionen abgeleitet werden. Die Verbesserung der ökologischen Leistung des Flussökosystems als indirekter Nutzen der Maßnahmen kann mit Hilfe umweltökonomischer Verfahren monetär bewertet werden. Als geeignet erweisen sich hier zum einen präferenzbasierte Methoden wie die Kontingente Bewertung oder Choice Experimente, zum anderen aber auch indirekte Methoden (vor allem im Falle einzelner indirekter ökologischer Leistungen – Nährstoffretention, Habitatverbesserung) wie z.B. der Ersatzkosten- oder Produktionsfunktionsansatz. Grundlegende Voraussetzung für letztere Ansätze ist jedoch die Quantifizierbarkeit der physischen Effekte der durch die Maßnahmen verbesserten Leistungen. Auf der Kostenseite sind bei einer möglicherweise notwenigen Umwidmung der Flächen Kosten für den Flächenankauf oder Opportunitätskosten, des Weiteren Kosten für die Entfernung des Uferverbaus und für Initialpflanzungen zu kalkulieren. Im Falle der Deichrückverlegung sind zudem die Kosten für einen möglichen Grundwasseranstieg je nach Art und Nutzung des betroffenen Objektes einzubeziehen.

Im Gegensatz zu ungesteuerten Maßnahmen des Wasserrückhalts im Gewässer bieten steuerbare *Flotpolder* den Vorteil, gezielt Wassermengen aufzunehmen und das gesamte zur Verfügung stehende Rückhaltevolumen zu nutzen (Brombach 2001, 235). Damit kann einerseits eine stärkere Verringerung der Wasserstandshöhe und andererseits eine zeitliche Verzögerung der Hochwasserwelle erreicht werden. Neben diesen direkten Wirkungen sind auch bei Poldern indirekte Effekte zu betrachten: Die Ausweisung von steuerbaren Flutungspoldern schränkt im Überflutungsfall die Nutzungsmöglichkeiten ein, wodurch je nach Flutungsdauer und Flächennutzung Opportunitätskosten anfallen. Dementsprechend sind die ökologischen Auswirkungen abhängig von der jeweiligen Flächennutzung. Im Aktionsplan Elbe sind beispielsweise für den brandenburgischen Bereich keine steuerbaren Flutungspolder sondern nur Deichrückverlegungsmaßnahmen vorgesehen.

Natürlich sind auch traditionelle Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes wie eine *Deicherhöhung* in ihren Wirkungen zu erfassen und zu bewerten. Bis zum

Erreichen des Bemessungshochwassers, in diesem Fall HQ₂₀₀, werden die Schäden wirksam reduziert – aber natürlich nur bis zu diesem Bemessungshochwasser. Entsprechend der *klassischen Kosten-Nutzen-Analyse* des technischen Hochwasserschutzes wird den Kosten der Deicherhöhung in Form von Bau- und Unterhaltungskosten der Nutzen in Form vermiedener monetär quantifizierbarer Schäden gegenübergestellt. Die vermiedenen Schäden lassen sich mittels der Berechnung von nutzungs- und objektspezifischen Schadensfunktionen ermitteln. Dennoch ist hier der Wirkungs- und Bewertungshorizont zu erweitern. Indirekt suggerieren Deiche vollkommene Sicherheit und führen zu einer verminderten Wahrnehmung des Restrisikos bzw. zur weiteren Anhäufung von volkswirtschaftlichen Werten hinter dem Deich (IKSR 2002). Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Deichbruches müsste mithin – so quantifizierbar – in die Bewertung eingebunden werden.

Neben den dargestellten Möglichkeiten mit Wirkungen auf hochwasserrelevante Parameter setzt entsprechend der drei Säulen eines umfassenden Hochwasserrisikomanagements (LAWA 1995) die Bau- und Flächenvorsorge direkt an den Möglichkeiten zur Schadensreduzierung an.

Während die *Flächenvorsorge* durch Nutzungsrestriktionen einer weiteren Anhäufung von volkswirtschaftlichen Werten entgegenwirkt, führen Maßnahmen der *Bauvorsorge* zur Verringerung von Schäden an bestehenden volkswirtschaftlichen Werten, im Speziellen zur Verringerung von Schäden an Gebäuden und Einrichtungen. Den Kosten der Umbaumaßnahmen lässt sich der Nutzen dementsprechend durch Verminderung des Schadenspotenzials gegenüberstellen. Es wird davon ausgegangen, dass beispielsweise ein abgedichteter Keller (z.B. ca. 10% Kostensteigerung bei Neubau; Umbaukosten von ca. 10% des Verkehrswertes bei Altbauten) eine Schadensminderung von bis 75-85% zur Folge hat (IKSR 2002). Die Flächenvorsorge dagegen ist etwas schwerer zu bewerten, da Kosten und Nutzen in erster Linie von der Entwicklungsprognose für die zur Verfügung stehenden Flächen abhängen. Entsprechend dieser Prognose können Opportunitätskosten, wie Verluste an Wertschöpfung und Arbeitsplätzen, aber auch vermiedene Schäden für mögliche zukünftige Objekt- und Nutzungsstrukturen abgeleitet werden. Grundsätzlich ist die Frage zu klären, ob noch Freiflächen zur Verfügung stehen. Nur wenn dies der Fall ist, ist von der Verhinderung eines weiteren Anwachsens des Schadenspotenzials in diesen Gebieten durch Maßnahmen der Flächenvorsorge auszugehen. Bau- und Nutzungsvorschriften sind als ergänzende Maßnahme in jedem Fall sinnvoll, da sie langfristig das Wachstum des Schadenspotenzials reduzieren.

Weitere zentrale Möglichkeiten zur Verringerung des Schadenspotenzials liegen in einer angepassten Reaktion der Einsatzkräfte aber vor allem auch der potenziell Betroffenen. Voraussetzung für die verschiedenen Formen der *Verhaltensvorsorge* liegt grundsätzlich in der Wahrnehmung der Gefahr. Zur Erkenntnis in einer gefährdeten Region zu leben oder zu arbeiten, dürfen die Betroffenen nicht erst unmittelbar vor dem Hochwasserereignis gelangen, sondern die Wahrnehmung für eine solche Gefährdung muss dauerhaft gegenwärtig sein, um im Katastrophenfall frühzeitig die richtigen Entscheidungen zu treffen. Dieses Bewusstsein ist vor allem auf lokaler Ebene

ne zu fördern. Das Wissen um die Gefahr fördert die aktive Auseinandersetzung der Gewässeranlieger mit möglichen Präventiv- bzw. Notmaßnahmen, wobei hier der Erfahrungshorizont eine essentielle Rolle spielt. Die Sensibilisierung der Betroffenen ist im Besonderen über die Bereitstellung von Informationen einerseits zur Gefährdungslage und damit zum oft unterschlagenen Restrisiko, andererseits zu möglichen Notfallmaßnahmen herzustellen. Die Informationsarbeit ist auf lokaler Ebene durch adäquate Kommunikationsmittel zu leisten. Dementsprechend sind die finanziellen Aufwendungen für derartige Maßnahmen als Kosten in der Bewertung der Verhaltensvorsorge zu berücksichtigen. Dem sind die dadurch zu vermeidenden Schäden als Nutzen gegenüberzustellen. Angenommen das Schadenspotenzial in einem Gebiet beträgt insgesamt 20 Mio. €, und durch Verhaltensvorsorgemaßnahmen können auf der Hälfte des Gebietes (da angenommen im Hochwasserfall nur die Hälfte überflutet wird) im Durchschnitt 40% der Schäden reduziert werden, entstehen Nutzen in Höhe von 4 Mio. € (im Schadensfall). Kostet die Umsetzung einer wirksamen Strategie zur Erhöhung der Risikowahrnehmung und Verbesserung der Verhaltensvorsorge weniger als diese 4 Mio. € (bzw. der entsprechende auf Grundlage der Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelte Nutzenbarwert), liegt ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis vor.³²

Die dargestellten Maßnahmen und Wirkungen sind folgend in der Abbildung 10 festgehalten. Neben den bereits vorgestellten Effekten auf die Hochwasserparameter und das Schadenspotenzial ist der Maßnahmenkatalog hinsichtlich indirekter Wirkungen (gegenüber der Übersicht 2 in Kap. 2) erweitert. Beispielsweise erfolgt die ökonomische Bewertung nicht ausschließlich im Hinblick auf das Schadensminderungspotenzial sondern auch hinsichtlich der indirekten Kosten in Form von Opportunitätskosten. Des Weiteren sind Maßnahmen auf die sozialen und ökologischen Effekte hin zu quantifizieren und zu evaluieren, beispielsweise der Einfluss auf die Wahrnehmung der Hochwassergefährdung und die Wirkung auf das Ökosystem.

Für eine ökonomische Bewertung müssen die dargestellten Wirkungen schließlich in ökonomische Werte überführt werden. Maßnahmen und ihre Effekte sind allerdings nicht einfach zu quantifizieren und zu bewerten. Daher beschränkt man sich in der Regel auf Größen, die sich mit Hilfe *gefestigter* Methoden kostengünstig ermitteln und bewerten lassen. In der Tabelle 3 werden Hochwasserschutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Kosten- und Nutzenkomponenten dargestellt. Unter den angenommen Rahmenbedingungen eines homogenen Flussgebietes und einer lediglich auf lokaler Ebene fokussierten Betrachtung werden die Wirkungen der Maßnahmen in eine ökonomische Bewertung überführt.

³² Die so kalkulierten Nutzen entstehen im Hochwasserfall. Für die Einbindung in eine NKA muss natürlich der Nutzenbarwert auf Grundlage der Eintrittswahrscheinlichkeit (analog der Vorgehensweise bei der Ermittlung vermiedener direkter Schäden) bzw. der Kostenbarwert der Vorsorgemaßnahmen berechnet werden.

Anhand von Deichrückverlegungen als Alternativmaßnahme zum traditionellen Hochwasserschutz soll die Struktur der Tabelle kurz verdeutlicht werden: *Erstens* sind die Umsetzungskosten für Rückverlegungen zu erfassen, *zweitens* die mit der Nutzungsänderung verbundenen Opportunitätskosten und *drittens* mögliche weitere indirekte Kosten, die sich aus der Veränderung des Systems ergeben. Diesen Kosten sind entsprechend die Nutzen gegenüberzustellen. Der direkte Nutzen der Maßnahmen liegt in einer Verminderung des Wasserstandes und damit möglicherweise in einer Verminderung des Schadenspotenzials im Hochwasserfall. Daneben sind mit der Maßnahme ökologische Nutzen verbunden, die zu ermitteln und zu bewerten sind. Insbesondere diese Sekundärnutzen können bei einer ökonomischen Bewertung gegenüber den hochwasserrelevanten Einflüssen bedeutsam sein.

Die im vorangegangenen Kapitel exemplarisch dargestellte Vorgehensweise, deren wichtige Eckpunkte und zu berücksichtigende Elemente in komprimierter Form in den beiden Tabellen (Einschätzung der Effekte und Überführung in die ökonomische Bewertung) veranschaulicht wird, kann im Sinne eines Leitfadens für den Bewertungsablauf einer NKA auch auf andere Anwendungsfälle übertragen werden.

Homogenes Flussgebiet	MIKROSKALA									
	Hochwasserereignis HQ 200 bei bestehendem Schutzniveau HQ 100									
	Direkte Wirkungen			Indirekte Wirkungen						
	Laufzeit	Dauer	Fülle	Scheitel	Minderung Schadens- wahrscheinlichkeit	Minderung Schadens- ausmaß	Veränderung Grundwasser- spiegel	Veränderung Ökosystem	Veränderung soziökono- mischer Nutzungen	Erhöhung Hochwasser- bewusstsein
Wasserrückhalt im Gewässernetz										
Renaturierung	+	+		-						
Deichrückverlegungen	+									
Technischer Hochwasserschutz										
Technischer Hochwasserrückhalt	+	+		-						
Bau eines Entlastungspolders										
Örtlicher Hochwasserschutz										
Erhöhung der bestehenden Deiche	-			+						
Hochwasservorsorge										
Flächenvorsorge										
Bauvorsorge										
Objektschutz Wohnen										
Objektschutz Industrie / Gewerbe										
Gefährdende Stoffe										
Verhaltensvorsorge										
Information, Vorhersage										
Notmaßnahmen Wohnen										
Notmaßnahmen Gewerbe / Industrie										


 positive Effekte für den Hochwasserschutz / Verringerung Hochwasserschäden
 hat (nicht primär hochwasserrelevanten) Einfluss
 bedingt wirksam
 + erhöhend, verlängernd
 - verringern, erniedrigend

Abbildung 10: Direkte und indirekte Effekte einer Hochwasserschutzstrategie an einem einfachen Anwendungsbeispiel (eigene Darstellung IÖW, BfG)

Tabelle 3: Ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen

Homogenes Flussgebiet	Ökonomische Bewertung			
	Kosten		Nutzen	
	direkte Kosten	indirekte Kosten	direkte Nutzen / verhinderte Schäden	indirekte Nutzen
Wasserrückhalt im Einzugsgebiet				
Wasserrückhalt im Gewässernetz				
Renaturierung	Flächenkauf, ggf. Kosten für Entfernung Uferverbau und Initia-alpfanzungen	ggf. Opportuni-tätskosten (je nach Flächen-nutzung)	verhinderte Schäden durch gerin-geren Was-serstand	Bereitstellung ökologischer Leistungen
Deichrückverlegungen	ggf. Flächenkauf, Planungs- und Bau-kosten DRV	Opportunitäts-kosten; Schäden durch Anstieg Grundwasser	ggf. verhinderte Schäden durch geringeren Was-serstand	Bereitstellung ökologischer Leistungen
Technischer Hochwasserschutz				
Technischer Hochwasserrückhalt	ggf. Bau- / Unter-haltskosten; Kosten für Einlasswehr	Opp.kosten je nach vorhandener / geplanter Nut-zung	verhinderte Schäden durch geringeren Was-serstand	je nach Nut-zung: ökol. Leistungen, Erholungseffek-te
Bau eines Entlastungspolders				
Örtlicher Hochwasserschutz	Baukosten	erhöhte Schäden für Unter- u. gegebenenfalls auch Oberlieger	verhinderte Schäden (bis Bemes-sungs-grenze absolut)	keine
Erhöhung der bestehenden Deiche				
Hochwasservorsorge				
Flächenvorsorge		Opp.kosten, Wert-verlust der Flä-chen, Verlust von Arbeitsplätzen	verhinderte Schäden in Abh. von Wirtschafts-entwicklungs-prognose	
Bauvorsorge	Umbaukosten		verhinderte Schäden	
Objektschutz Wohnen	Umbaukosten			
Objektschutz Industrie / Gewerbe				
Gefährdende Stoffe			verhinderte Schäden (v.a. indirekte Rei-nigung, Um-welt)	
Verhaltensvorsorge	Informations- und Kommunikations-kosten		verhinderte Schäden	erhöhtes Gefah-renbewusstsein
Information, Vorhersage				
Notmaßnahmen Wohnen				
Notmaßnahmen Gewerbe / Industrie				

(Eigene Darstellung IÖW)

7.4 Fazit

In den vorangegangenen Kapiteln wurden einerseits die Begrenzungen der traditionellen NKA in der wasserwirtschaftlichen Planungspraxis diskutiert, andererseits die Erweiterungsanforderungen an NKA im Sinne eines integrierten, umfassenden Hochwasserrisikomanagements aufgezeigt. In der Abbildung 8 wurden die wesentlichen Ansatzpunkte zur Erweiterung von NKA, gleichzeitig aber auch deren Begrenzungen skizziert.

Festzuhalten bleibt, dass nach wie vor große Unsicherheiten in der Einschätzung von Ursache-Wirkungsbeziehungen bestehen, auf denen gleichzeitig die ökonomische Bewertung basiert. Während bei weniger komplexen Fragestellungen (kleine, homogene Flussgebiete) Aussagen zu Ursache-Wirkungsbeziehungen und Nutzen-Kosten-Relationen gemacht werden können, steigt bei zunehmender Komplexität die Unsicherheit der naturwissenschaftlichen Wirkungsprognose, eine ökonomische Bewertung auf dieser Grundlage ist daher nur sehr stark eingeschränkt möglich. Derartige Unsicherheiten in der Wirkungsprognose werden sich kurzfristig nicht beseitigen lassen, mittelfristig werden aber zumindest Hinweise auf Größenordnungen möglich sein.

Weiterhin ist die Vorgehensweise bei Nutzen-Kosten-Abwägungen in hohem Maße abhängig von den Bewertungskontexten: der Bewertungsrahmen wird dabei im Wesentlichen von der Art des Flussgebietes, dem Hochwasserereignis und der betrachteten Skalenebene beeinflusst. Auch wenn ökonomische Bewertungsansätze – beispielsweise zur Einschätzung indirekter Wirkungen – insbesondere im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit noch weiter entwickelt werden müssen, ist der Umgang mit der Skalenebene, der Komplexität und Unsicherheit und damit der grundlegende Zugang für die Durchführung einer Nutzen-Kosten-Betrachtung zunächst entscheidender als Methodenfragen. Vor allem hier muss die Weiterentwicklung von NKA ansetzen.

Trotz bestehender Unsicherheiten und offener Fragen im Umgang mit den Bewertungskontexten ist festzuhalten, dass erstens ein gesellschaftlicher Wandel im Umgang mit Hochwasserrisiken und zweitens deutliche Veränderungen bei der Bewertung von Hochwasserschutzstrategien gegenüber der gegenwärtigen Planungspraxis notwendig sind. Im Sinne eines Hochwasserrisikomanagements auf Flussgebietsebene ist einerseits eine Abkehr von der einseitigen Orientierung auf den technischen Hochwasserschutz erforderlich, andererseits müssen auch indirekte Projektwirkungen als bewertungsrelevante Parameter einbezogen werden. Wie das skizzierte Beispiel der Nutzen-Kosten-Analyse aus den Niederlanden (Brouwer & van Ek 2004) zeigt, kann die Berücksichtigung indirekter Nutzen zu einer deutlich veränderten Bewertung von Hochwasserschutzstrategien führen, da sich Nutzen-Kosten-Relationen verschieben. Dies erfordert allerdings die Erweiterung von dem bislang auf eindimensionale Ziele ausgerichteten Bewertungsansatz einer klassischen NKA auf zwei- oder mehrdimensionale Zielsysteme. Auch kann die Erweiterung der Bewertung um Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes die Nutzen-Kosten-Relationen im Rahmen einer Hochwasserschutzplanung verschieben: beispielsweise können Vorsorge-

maßnahmen insbesondere bei der Betrachtung extremer Hochwasserereignisse unter ökonomischen Gesichtspunkten deutlich effizienter sein als weitere Investitionen in technische Hochwasserschutzanlagen.

Erste Ansatzpunkte eines gesellschaftlichen Wandels im Umgang mit Hochwasserrisiken zeigt die Orientierung auf die drei Säulen einer umfassenden Hochwasserschutzstrategie, auf denen die Hochwasserschutzkonzeptionen der meisten Bundesländer beruhen. Inwiefern die gegenwärtige Planungspraxis dieser Zielstellung gerecht wird und welche Rolle eine erweiterte NKA in der Umsetzung einer derartigen ganzheitlichen Strategie spielt, wird im Kapitel 8.1 nachgegangen.

Im Kap. 7.1 sind die wesentlichen Kriterien angeführt, die bei der Planung und Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen zu berücksichtigen sind. In Kap 7.3 wurde, anhand eines konstruierten Beispiels das Vorgehen bei der Planung und Bewertung einer Hochwasserschutzstrategie skizziert. Wie dort bereits dargelegt, bewertet eine unter nutzen-kosten-analytischen Gesichtspunkten optimale Hochwasserschutzstrategie zunächst – ausgehend vom gegenwärtigen Hochwasserschutzniveau – die Nutzen-Kosten-Relationen aller drei Maßnahmenkategorien zur Verbesserung des bestehenden Hochwasserschutzes für verschiedene mögliche Hochwasserereignisse. In ökonomischer Hinsicht ist im Falle von Extremereignissen die Orientierung auf Vorsorgemaßnahmen ein stärkeres Gewicht gegenüber dem traditionellen technischen Hochwasserschutz einzuräumen. Entsprechend dem Ziel einer ganzheitlichen Bewertung ist ausgehend vom bestehenden technischen Hochwasserschutz das Versagensrisiko, d.h. die Eintrittswahrscheinlichkeit des Versagensfalles, zu berechnen, um damit die Nutzen von Vorsorgemaßnahmen (Bauvorsorge, Risikovorsorge) in eine erweiterte NKA einfließen zu lassen.

Bei kleineren Hochwassern hingegen können technische Hochwasserschutzmaßnahmen sinnvoll sein, das Schutzniveau sollte jedoch nach Schadenspotenzial und Nutzen-Kosten-Relationen festgelegt werden.

Während das Problem der Berücksichtigung von Maßnahmen des ungesteuerten Wasserrückhaltes in NKA in erster Linie in den Schwierigkeiten der naturwissenschaftlichen Wirkungsprognose liegt, erschweren unklare Grenzen des Bewertungsrahmens von NKA die Einbeziehung von Vorsorgemaßnahmen. Führt z.B. die Anreizwirkung einer Nicht-Versicherbarkeit (bei gleichzeitigem Fehlen von staatlicher Entschädigung) von Hochwasserschäden zu Anpassungsmaßnahmen, sind damit positive Effekte durch verminderte Schäden verbunden, ohne dass diese Nutzen einer definierten Maßnahme im Rahmen einer NKA zugeordnet werden können. Ebenso sind bei kleineren, wiederkehrenden Ereignissen und gleichzeitig fehlendem Hochwasserschutz durch die Erfahrung häufig geringere Schäden zu beobachten; in einer NKA sind diese nicht als Projektwirkungen einer bestimmten Maßnahme zu fassen. Für Vorsorgemaßnahmen ist daher die Definition des Bewertungsrahmens von NKA die dominierende Schwierigkeit; es stellt sich die Frage, ob diese mit der bei NKA üblichen Vorgehensweise überhaupt erfasst werden können.

Ein wesentliches Problem ist die Frage der Skalenebene der Bewertung. Der räumliche Betrachtungs- und Handlungsraum für Hochwasserschutzmaßnahmen wird in der Regel innerhalb des fragmentierten politisch-administrativen Systems vorgegeben, entsprechend variiert auch die Skalenebene.

Bei flussgebietsbezogener Betrachtung ergeben sich unter Umständen andere Nutzen-Kosten-Relationen für eine definierte Hochwasserschutzmaßnahme als bei lokaler Betrachtung, da diese jeweils auf ein anderes Ziel orientiert sind.

8 Institutionelle und ökonomische Instrumente für ein nachhaltiges Hochwasserrisikomanagement

Die in den vorhergehenden Kapiteln erörterte erweiterte Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) der Auswirkungen von Hochwasserschutz- und –vorsorgemaßnahmen verschafft ein umfassendes Bild der direkten und indirekten positiven und negativen Effekte von Eingriffen in das Abflussgeschehen. Daraus können Schlüsse im Hinblick auf die unterschiedlichen Interessenlagen der beteiligten gesellschaftlichen Akteure im Flussgebiet gezogen werden. So können beispielsweise die direkten und indirekten Kosten der Anlage eines Flutungspolders lokal anfallen, die Nutzen dagegen weit gestreut über alle Unterlieger und nur in begrenztem Umfang lokal. In einem solchen Fall kommt es häufig zur Ablehnung des Hochwasserschutzprojektes durch die lokale Bevölkerung – zum Schaden eines weiten Kreises von Flussanliegern unterstrom (vgl. Kapitel 9.2 Fallbeispiel Trebur). Eine lokal begrenzte Betrachtung direkter Kosten und Nutzen eines Deichbauprojektes kann zu einem positiven Nutzen-Kosten-Verhältnis führen, während die Einbeziehung negativer Effekte auf die Unterlieger ein negatives Nutzen-Kosten-Verhältnis ergeben kann. Und die Berücksichtigung indirekter Effekte – wie Biodiversitäts- und Erholungsnutzen – kann Projekte als lohnend klassifizieren, die allein auf Grundlage des Verhältnisses von direkten Nutzen und Kosten nicht positiv zu bewerten gewesen wären (vgl. Kapitel 9.1 Fallbeispiel Monheim).

Die erweiterte NKA ist daher ein Schlüssel einerseits zur Analyse der bestehenden Anreizstrukturen im Bezug auf die Nutzung oder Nicht-Nutzung potenzieller Überschwemmungsgebiete und gibt andererseits wertvolle Hinweise für die Gestaltung eines anreizgerechten Ausgleichs zwischen Oberlieger- und Unterliegerinteressen sowie zwischen überschwemmungsgefährdeten Flussanliegern und der Gesellschaft.

In ihrem im September 2002 veröffentlichten 5-Punkte-Programm hat die Bundesregierung in Reaktion auf das Elbe-Hochwasser vom August 2002 weitreichende Arbeitsschritte zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes formuliert (BMU 2002). Das 5-Punkte-Programm hat durchaus das Potenzial zur Einbeziehung auch der bisher häufig vernachlässigten indirekten Nutzen und Kosten von Hochwasserschutzstrategien, zur Korrektur bisher kontraproduktiver Anreizstrukturen im Bezug auf die Nutzung überschwemmungsgefährdeter Gebiete und zum Ausgleich der Interessen zwischen Ober- und Unterliegern. Einige Aspekte des Programms wurden mit dem Gesetz zur Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes auch bereits in Gesetzesform verabschiedet und müssen nun von den Ländern umgesetzt werden. Doch bereits in der Diskussion um den Gesetzentwurf zeigten sich die Interessengegensätze in den Flussgebieten. Einige Länder setzten gegenüber dem ursprünglichen Entwurf u.a. weniger strikte Beschränkungen für die landwirtschaftliche Nutzung ehemaliger Auenflächen und für einen Fortgang der Siedlungs- und Gewerbeentwicklung innerhalb der potenziell überschwemmungsgefährdeten Zonen durch. Inwieweit sich die im Herbst 2007 in Kraft getretene Föderalismusreform auf den Gestaltungsspielraum der Länder in Richtung einer weiteren Abschwächung der Vorgaben aus dem Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes

auswirkt, wird sich voraussichtlich erst in der Praxis der weiteren Umsetzung der Reform erweisen. Da bezüglich des Hochwasserschutzes im Grundsatz die Länderkompetenzen eher gestärkt wurden, ist mit der Föderalismusreform eine umfassende, flusseinzugsgebietsbezogene Strategie tendenziell eher erschwert worden.

Eine Analyse der Anreizstrukturen kann zur Erklärung beitragen, warum vorhandene Konzepte und institutionelle Instrumente – wie das Hochwasserschutzgesetz oder eine entsprechende Bauleitplanung – in der Praxis bisher nicht durchgreifend dazu eingesetzt werden, um die Schadenspotenziale dauerhaft wirksam zu reduzieren.

Neben den gesetzlichen Forderungen gibt es eine ganze Reihe viel versprechender Ansatzpunkte zur Institutionalisierung einzelner Aspekte eines integrierten nachhaltigen Hochwasserrisikomanagements. Der folgende Abschnitt 8.1 stellt dazu u.a. die entsprechenden Instrumente der Wasserwirtschaft, Raumordnung und Bauleitplanung vor und gibt Beispiele für erfolgreiche interkommunale Zusammenarbeit im Rahmen von Deich- und Hochwasserschutzverbänden.

Gleichwohl haben die institutionellen Umsetzungen häufig mit widrigen Anreisituations und interregionalen Abstimmungsproblemen zu kämpfen:

- Das Vertrauen auf staatliche Katastrophenhilfe dämpft die Bereitschaft zur Eigenvorsorge und zum Abschluss einer privaten Hochwasserversicherung.
- Staatliche Zuschüsse zu technischen Hochwasserschutzeinrichtungen senken den Anreiz zur Verminderung des Schadenspotenzials „hinter dem Deich“ – und führen daher zu einem stärkeren Anwachsen des Schadenspotenzials, als es ohne diese Zuschüsse stattgefunden hätte.
- Kosten von Hochwasserschutz- und -vorsorgemaßnahmen fallen aktuell, mit Sicherheit und lokal begrenzt an, während die Nutzen in der Zukunft, nur mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten und häufig räumlich weit verteilt entstehen.
- Der politische Einfluss auf kommunale Entscheidungsprozesse und die rechtliche Verfügungsmacht derjenigen, die Grundstücke für Hochwasserschutzmaßnahmen zur Verfügung stellen müssten, sind häufig größer als die Einflussmöglichkeiten derjenigen, die flussabwärts von solchen Maßnahmen profitieren könnten.
- Einem Verzicht auf (hochwassergefährdete) wirtschaftliche Entwicklungspotenziale in ehemaligen Auengebieten steht meist kein unmittelbarer und lokal erschließbarer monetärer Nutzen gegenüber.
- Nutzen aus der Erhöhung oder der Bewahrung von Biodiversität und Erholungspotenzialen wird von Akteuren und Entscheidungsträgern häufig nachrangig behandelt, wenn überhaupt in den Blick genommen.
- In großräumigen Flussgebieten gibt es hohe Transaktionskosten einer Abstimmung hinsichtlich einer koordinierten Maßnahmenplanung und eines Transfers von Beiträgen oder Kompensationszahlungen – insbesondere über Landes- oder Staatsgrenzen hinweg, manchmal aber auch bereits zwischen Kommunen oder Kreisen.

- Das Verhältnis von Oberliegern und Unterliegern ist in der Regel von asymmetrischen Externalitäten gekennzeichnet, was die Bereitschaft zum Suchen kooperativer Lösungen erschwert. Die Oberlieger sind meist in der deutlich besseren Verhandlungsposition.

Abschnitt 8.2 befasst sich daher mit ökonomischen Instrumenten zur Gestaltung der Anreizsituation zur Umsetzung von Hochwasserschutz- und –vorsorgemaßnahmen. Einige dieser ökonomischen Instrumente, wie beispielsweise Subventionen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes oder Versicherungslösungen zur privaten Absicherung des Schadensrisikos werden bereits eingesetzt. Teilweise wirken sie jedoch selbst wiederum in Richtung einer weiteren Erhöhung des Schadenspotenzials – wie beispielsweise die Einrichtung bestimmter Hilfsfonds zur Kompensation von Hochwasserschäden. Auch die aus allgemeinen Steuermitteln finanzierten Zuschüsse zum Bau von Hochwasserschutzeinrichtungen vermindern den Anreiz zur Reduzierung des Schadenspotenzials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Freiwillige private Hochwasserversicherungen haben sich in Deutschland bislang nicht flächendeckend durchgesetzt und die Versicherungswirtschaft hat sich aus dem Angebot von Hochwasserpolicien für besonders gefährdete Gebiete inzwischen weitgehend zurückgezogen – was einen wirksamen Anreiz zur Verbesserung der Bau- und Eigenvorsorge setzt, falls die Gefährdeten im Schadensfall nicht weiterhin auf staatliche Hilfen vertrauen können.³³ Es wären jedoch durchaus ökonomische Instrumente denkbar, die eine automatische Steuerung in Richtung einer Reduzierung der Schadenspotenziale bewirken könnten: Darunter unter anderem die seit längerer Zeit diskutierte Pflichtversicherung für Elementarschäden (Schwarze & Wagner 2003) oder auch eine Zertifikatlösung im Bezug auf die Bereitstellung von Wasserrückhaltepotenzial³⁴. Bereits vorhandene und zukünftig mögliche ökonomische Instrumente werden daher in Abschnitt 8.2 im Hinblick auf ihre potenziellen Anreiz- und Koordinationswirkungen analysiert.

Abschnitt 8.3 schließlich gibt einen zusammenfassenden Ausblick auf Reformoptionen mit Hilfe institutioneller und ökonomischer Instrumente, mit denen eine nachhaltige Reduzierung des Schadenspotenzials in den überschwemmungsgefährdeten Bereichen erreicht und ein Interessenausgleich sowohl zwischen Ober- und Unterliegern als auch zwischen Flussanliegern und nicht überschwemmungsgefährdeten Haushalten und Unternehmen hergestellt werden könnte.

³³ Bezogen auf die ZÜRS-Zone III, in der eine hohe Gefährdung (Überschwemmungswahrscheinlichkeit im Mittel mindestens einmal in 10 Jahren) gegeben ist. Vgl. Kron 2004

³⁴ Ähnlich des in den USA bereits realisierten Systems des „wetland banking“, vgl. Ruhl & Salzman 2005 und des in der deutschen Raumplanung diskutierten Systems der Einführung von handelbaren Flächenausweisungsrechten, vgl. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 2006

8.1 Institutionelle Instrumente³⁵ zur Kooperation im Flussgebiet

Deiche sind der Inbegriff des Hochwasserschutzes in Deutschland. In der medialen Aufbereitung der Hochwasserereignisse werden immer wieder aufgeweichte oder überschwemmte Deiche gezeigt. Es wird das Bild gezeichnet, indem der Schutz vor einer Katastrophe lediglich aus dem Bau bzw. der Unterhaltung von Hochwasserschutzdeichen und damit aus technischen Hochwasserschutzmaßnahmen besteht. Gleichzeitig wird in den Bildern suggeriert, dass Deiche vor allem Siedlungen, Infrastruktur, Industrieanlagen schützen. In Deutschland sind viele Flüsse und Bäche eingedeicht oder verrohrt, um die verschiedensten Nutzungen entlang eines Gewässers vor möglichen Schäden zu bewahren bzw. wasserwirtschaftliche Nutzung zu ermöglichen.

Im Vordergrund des Hochwasserschutzes stand in der Vergangenheit der technische Hochwasserschutz, durch den insbesondere die Auswirkungen der Hochwasserereignisse vermindert werden sollten. Zunehmend wird erkannt, dass anthropogene Eingriffe in das natürliche System einerseits zur Erhöhung der Eintrittswahrscheinlichkeit führen können und andererseits das Schadenspotenzial durch Wirtschafts- und Siedlungsflächen in Überschwemmungsflächen erhöht wird. Insbesondere ist auf Flussbegradigungen zu verweisen, die zu einem schnelleren Abfluss des Hochwassers führen und damit ggf. zu Überlagerungen von unterschiedlichen Hochwasserwellen führen können (bspw. am Rhein). Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser können damit aufgrund nicht intendierter Nebenfolgen die Hochwassergefährdung verstärken. Maßnahmen die beispielsweise lokal die Hochwasserrisikotheit verringern, können bei räumlich entfernten Unterliegern, die Eintrittswahrscheinlichkeit deutlich erhöhen. Das jüngste Elbehochwasser (2006) hat die Auswirkungen von nicht abgestimmten Hochwasserschutzmaßnahmen deutlich gemacht. Während Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg ihre Deiche an der Elbe nach dem Hochwasserereignis 2002 sanierten und zum Teil verstärkten, bekamen 2006 die niedersächsischen Gemeinden die Folgen zu spüren. So waren 2006 hier höhere Pegelstände zu verzeichnen als beim „Jahrhunderthochwasser“ 2002. Durch Ertüchtigungs- und Ausbaumaßnahmen sind im März 2006 Deichbrüche an der oberen Elbe vermieden worden, mit der Folge, dass die Abflüsse stromabwärts zunahmen. Die höheren Pegelstände an der unteren Elbe sind in diesem Fall jedoch nicht nur mit einem verbesserten technischen Hochwasserschutz stromaufwärts zu erklären, sie sind zum Teil auch in der Genese des Hochwassers begründet. Während beim Ereignis 2002 die südlichen Nebenflüsse schnelle und steile Wellen brachten, war das 2006er Ereignis

³⁵ Institutionen werden in Anlehnung an Douglas C. North verstanden als jegliche Art von Regeln, formeller wie informeller, die das gesellschaftliche Leben beeinflussen. Institutionen steuern die zwischenmenschliche Interaktion und geben situative Handlungsanweisungen (North 1992). Entsprechend dieser Begriffsauflistung sind Institutionen nicht nur auf formelle Regeln zu reduzieren, sondern umfassend auf jegliche Form von Regelungen bzw. Aktivitäten des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu erweitern. In den folgenden Abschnitten wird vorrangig auf die normativ-rechtlichen Institutionen des Hochwasserschutzes Bezug genommen. Administrative Einrichtungen werden unter dem Begriff der Organisation subsumiert.

eher durch eine lange Welle gekennzeichnet. Zudem hatten im Jahr 2006 die eher nördlichen Nebenflüsse einen größeren Einfluss bzw. Anteil am Gesamtvolumen. Auf Grund der Wellenform wurde die Nutzung der Retentionspotenziale der Havelpolder im Jahre 2006 nicht in Betracht gezogen.

Dieses Beispiel zeigt deutlich, wie wichtig einerseits eine flussgebietsbezogene Koordinierung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist, andererseits aber auch mit welchen Unsicherheiten bezüglich der Art und der zu erwartenden Wirkung von Hochwässern zu rechnen ist (BfG 2006).

Vorbeugender Hochwasserschutz muss folglich erstens sowohl auf das biophysische als auch auf das anthropogene System ausgerichtet werden und zweitens müssen die einzelnen Maßnahmen abgestimmt werden. Ziel jeglicher Hochwasserschutzmaßnahmen ist es somit die, aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem entsprechend zu erwartenden Schaden resultierende, Vulnerabilität zu verringern. Im Folgenden wird der Begriff Vulnerabilität als Verwundbarkeit definiert, in der wasserwirtschaftlichen Diskussion wird dieser der Schadensanfälligkeit gleichgesetzt (Schmidtke 2004). Die Vulnerabilität wird somit durch natürliche und anthropogene Einflüsse bestimmt. Wobei der Mensch einerseits durch das angesammelte Schadenspotenzial und durch Eingriffe in das natürliche System die Vulnerabilität beeinflusst (vgl. folgende Abbildung 11).

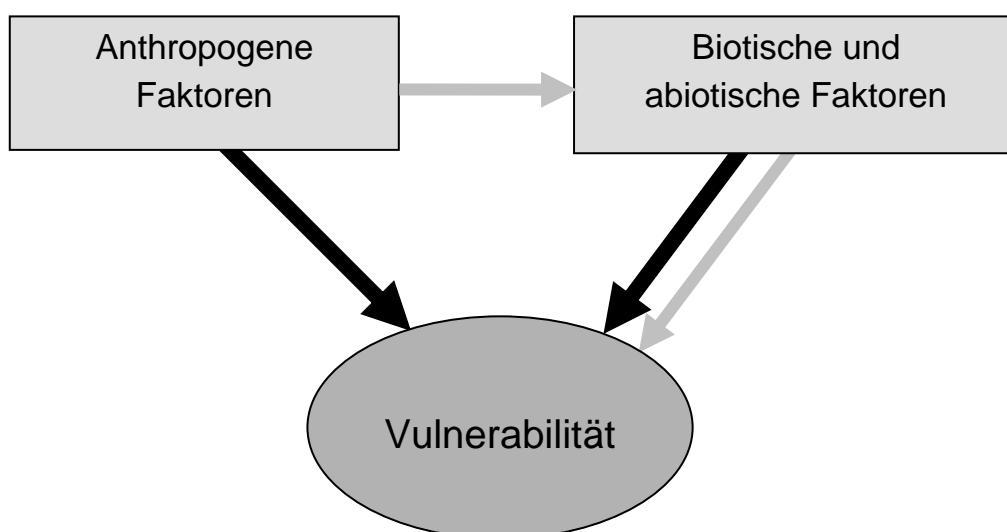


Abbildung 11: Einflussfaktoren auf die Vulnerabilität (eigene Darstellung)

Dieses komplexe Zusammenspiel von anthropogenen und natürlichen Faktoren hat zur Folge, dass auf der naturwissenschaftlichen wie auf der sozialwissenschaftlichen Ebene die Ursache-Wirkungs-Beziehungen bzw. das Hochwasserrisiko nur unter Unsicherheit bzw. bezüglich bestimmter Wahrscheinlichkeiten (Wiederkehrintervalle) ermittelt werden können.

Die Unsicherheit über den Grad der Gefährdung und der möglichen Auswirkungen von baulichen Maßnahmen auf das gesamte Gewässersystem sowie die hohe Zahl

entgegenstehender Nutzungsinteressen entlang eines Flussverlaufs führen dazu, dass sich die Planung und Umsetzung eines vorbeugenden Hochwasserschutzes als ein komplexes und konfliktbehaftetes Verfahren darstellt. Das Gesetzgebungsverfahren des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes hat dies deutlich gezeigt.³⁶

Trotz dieser Schwierigkeiten werden seit einigen Jahren zahlreiche Anstrengungen unternommen, um einen integrativen und vor allem nachhaltigen Hochwasserschutz zu gewährleisten. Der Begriff des Risiko- oder Gefahrenmanagements verdeutlicht einerseits die Zielstellung in Deutschland, andererseits aber auch das Verfahren zur Umsetzung eines nachhaltigen und integrierten Hochwasserschutzes. Der Blickwinkel wird erweitert, in dem nicht mehr nur auf den technischen Hochwasserschutz und die Gefahrenabwehr abgestellt wird, sondern Hochwasserschutz als eine umfassende Aufgabe der Vorbeugung, der Vorsorge, der Gefahrenabwehr und der Nachsorge begriffen wird. Dem Begriff des Risikos kommt hier eine zentrale Rolle zu, denn wenn ein vollkommener Schutz nicht realisiert werden kann, stellt folglich der Umgang mit Unsicherheiten bzw. explizit mit Risiken neue Anforderungen an den Staat und Bürger. Hierbei gilt es für die unterschiedlichen Phasen (Vorsorge, Gefahrenabwehr, Nachsorge) von Hochwasserereignissen entsprechende Mittel und Maßnahmen bereitzustellen.

Zentrales Ziel des Hochwasserrisikomanagements ist es somit nicht nur auf die Naturgefahr mittels technischer Schutzmaßnahmen einzuwirken, um somit die Wahrscheinlichkeit zu verringern, sondern auf Maßnahmen zu setzen, die das Schadenspotenzial bzw. die Vulnerabilität reduzieren (Greiving 2001).

Folgende Elemente werden dabei als wesentlich erachtet:

- Vermeidung von Hochwasserschäden durch Flächenvorhaltung bzw. angemessene Flächennutzung und Bauvorsorge,
- Risikovorsorge durch Kommunikation und Verhaltensvorsorge,
- Gefahrenabwehrmaßnahmen,
- Nachhaltige Wiederherstellung normaler Verhältnisse nach einem katastrophalen Ereignis

(vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaft - KOM 2004 (472)).³⁷

Innerhalb des EU-Forschungsvorhabens Floodsite wird Hochwasserrisikomanagement definiert als: *kontinuierliche und ganzheitliche gesellschaftliche Analyse, Bewertung und Minderung von Hochwasserrisiken* (Hutter & Schanze 2004).

³⁶ Der ursprüngliche Kabinettsbeschluss für das Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3. März 2004 sah beispielsweise vor den Ackerbau im Bereich der festgesetzten Überschwemmungsgebiete bis zum 31. Dezember 2012 bis auf Ausnahmefälle zu verbieten. Diese Formulierung hat sich auf Grund der einschneidenden Wirkung auf die Landwirtschaft im Gesetzgebungsverfahren nicht durchsetzen können.

³⁷ http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/cnc/2004/com2004_0472de01.pdf

Die Einführung der Begrifflichkeit des Hochwasserrisikomanagements verweist damit auf eine neue Verfahrensstrategie. Aus einer organisationstheoretischen Sichtweise heraus bedeutet Management nicht kontrollieren oder steuern, sondern gestalten. Es ist charakterisiert durch die Formulierung von Leitzielen und dem Vorgeben vollzugsorientierter Rahmenbedingungen.

Einen entsprechenden Rahmen könnte die vom EU-Parlament beschlossene Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement bilden.³⁸ Im Zuge der Umsetzung sollen zunächst europaweit Risikogebiete identifiziert und kartiert werden, anschließend Maßnahmenpläne zur Reduzierung des Risikos erstellt werden. Ob dort differenzierte Schutzniveaus für unterschiedliche Flächennutzungen (Siedlungen, Industrie, Landwirtschaft) festgesetzt werden, wird sich erst zeigen müssen. Somit könnte die bestehende räumliche wie sachliche Komplexität reduziert werden, andererseits die Anpassung der institutionellen und ökonomischen Instrumente an die Erfordernisse eines ganzheitlichen Hochwasserrisikomanagements forciert werden.

Aber im Gegensatz zu den festgelegten Kriterien in der Wasserrahmenrichtlinie sind der Festlegung von einheitlichen überregionalen Standards Grenzen gesetzt. Erstens ist die Hochwassergefährdung innerhalb von Flusseinzugsgebieten sehr unterschiedlich, zweitens ist das Schadenspotenzial ungleich verteilt und drittens sind Risikoeinschätzungen und damit die Ziele des Hochwasserschutzes in den einzelnen Regionen sehr heterogen gelagert. Verbindliche und vor allem allgemeingültige Vorgaben sind damit immer schwer zu treffen und umzusetzen. Im Gegensatz zu den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie hinsichtlich der Gewässerstruktur und –güte ist die normative Steuerungskraft im Bereich des Hochwasserschutzes weniger klar definierbar und damit eher eingeschränkt. Es können auf einer generell abstrakten Ebene der Gesetze und Verordnungen nur Rahmenbedingungen vorgegeben werden, die dementsprechend den Behörden einen größeren Ermessensspielraum zugestehen (Reinhardt 2004). Die Zielrichtung dieses EU-Richtlinien-Entwurfes, ein koordiniertes Handeln mittels Hochwasserrisikomanagementplänen über die nationalstaatlichen Grenzen hinweg zu fördern, ist zu begrüßen. Gleichwohl müssen Vorkehrungen getroffen werden, die den Vollzug sicherstellen können. Die im Entwurf geforderte Erstellung von Hochwasserrisikokarten ist als Informationswerkzeug zu werten, das Verfahren zur Realisierung von Maßnahmen ist damit noch nicht angesprochen (Art. 7 des Entwurfs). Der Forderung, dass Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements, die in einem Mitgliedstaat ergriffen werden, das Hochwasserrisiko in benachbarten Ländern nicht erhöhen dürfen (Art. 9 Nr. 4 des Entwurfs), erfordert, aufgrund der großen Unsicherheit bzgl. der möglichen Ursache-Wirkungsbeziehung, erhebliche Anstrengungen, die Informationsbasis zu verbessern.

Die Schwierigkeit der Umsetzung eines derartigen Managementansatzes soll in der folgenden Abbildung 12 deutlich werden. Im Grunde handelt es sich um ein flussge-

³⁸ KOM 2006 (15) –

http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/pdf/com_2006_15_de.pdf

bietsbezogenes Hochwasserrisikomanagement. Die Erfassung und Bewertung der Risiken einerseits und die Umsetzung der Maßnahmen im Rahmen der Risikohandhabung andererseits sind auf das gesamte Flussgebiet zu beziehen, da Eingriffe in der Regel Auswirkungen auf das gesamte Gewässer(netz) zeigen (vgl. hydrologische Einschätzung der BfG im Anhang). Dies mit der Folge, dass das Hochwasserrisiko und die Wirkung von Hochwasserschutz- bzw. -vorsorgemaßnahmen lokal und überregional abgeschätzt werden müssen. Gerade diese vielfältigen Wechselbeziehungen im Flussgebiet erfordern eine meso- bzw. makroskalige Betrachtungs- bzw. Analyseebene. Diese muss in der Folge verbunden werden mit entsprechenden Handlungskapazitäten also der Etablierung von integrativen und kooperativen Verfahren, um den überregionalen Effekten gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang wird immer wieder der Begriff der Solidargemeinschaft angeführt. Dieser verweist explizit auf den kooperativen Umgang der Akteure und die gegenseitige Rücksichtnahme im Flusseinzugsgebiet.

Die *Erweiterung der räumlichen Betrachtungs- und Handlungsebene* ist grundlegende Voraussetzung für die Umsetzung des Hochwasserrisikomanagements. Die Wasserrahmenrichtlinie verfolgt das Ziel der flusseinzugsbezogenen Bewirtschaftung (§1 b Abs. 1 und 2 WHG (BGBl. I S. 3245)). Überträgt man diesen Ansatz auf den Hochwasserschutz, der von der WRRL nicht abgedeckt wird, so liegt die Forderung nach einen flussgebietsbezogenen Hochwasserschutz über politisch-administrative Zuständigkeitsgrenzen hinaus nahe (Reinhardt 2003, 199).

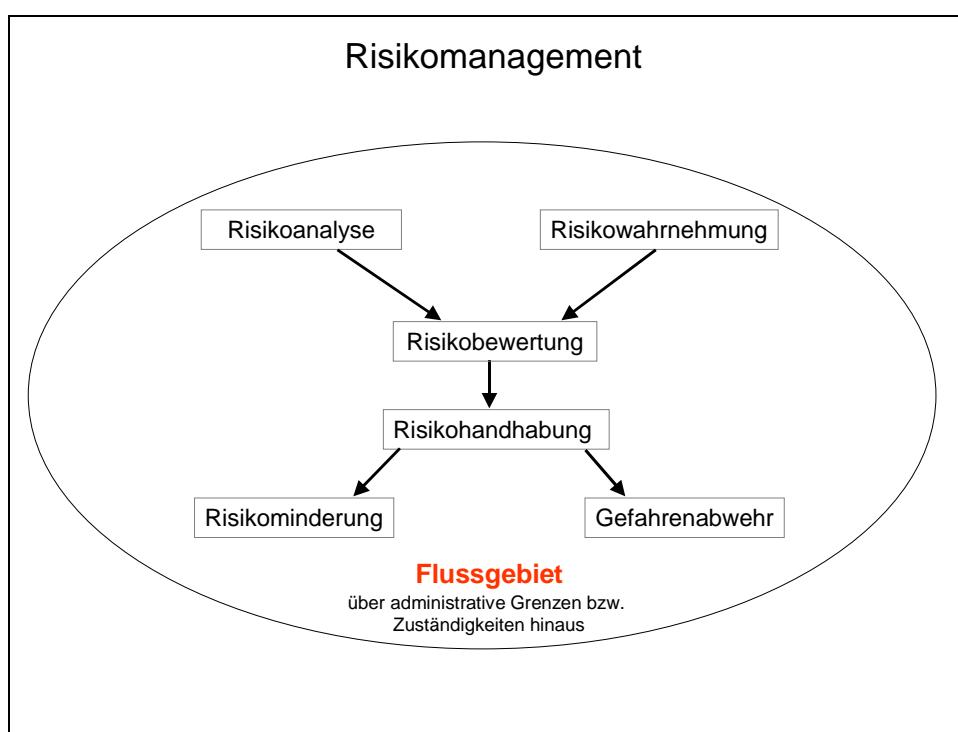


Abbildung 12: Risikomanagement (eigene Darstellung)

Die zweite Voraussetzung für die Umsetzung des Hochwasserrisikomanagements ist die Perspektive auf den Hochwasserschutz, um die *Maßnahmen der Hochwasservorsorge und des Hochwasserflächenmanagements* zu erweitern. Das Modell der drei Säulen des integrierten Hochwasserschutzes veranschaulicht die Erweiterung der Perspektive auf mögliche Schutz- bzw. Vorsorgemaßnahmen (Abbildung 13). Ein integratives ganzheitliches Hochwasserrisikomanagement setzt voraus, dass die Entscheidungsträger auf den verschiedenen sektoralen und räumlichen Ebenen der Drei Säulen des Hochwasserschutzes miteinander eng zusammenarbeiten. Kooperation und die Einbeziehung aller relevanten Handlungsfelder sind die Voraussetzung für die Umsetzbarkeit und Wirksamkeit der Drei-Säulen-Strategie (LAWA 1995). Aus institutioneller Perspektive umfasst beispielsweise eine Deichrückverlegung die Zusammenarbeit verschiedener Verwaltungseinrichtungen und Organisationen und die Anwendung verschiedener Regelungen, die jeweils auf unterschiedlichen Säulen des vorbeugenden Hochwasserschutzes liegen. Es handelt sich im Grunde, um eine Maßnahmenkombination bestehend aus Deichbau³⁹ und Flächenmanagement. Demnach ist Hochwasserschutz Sektor übergreifend zu planen und umzusetzen.

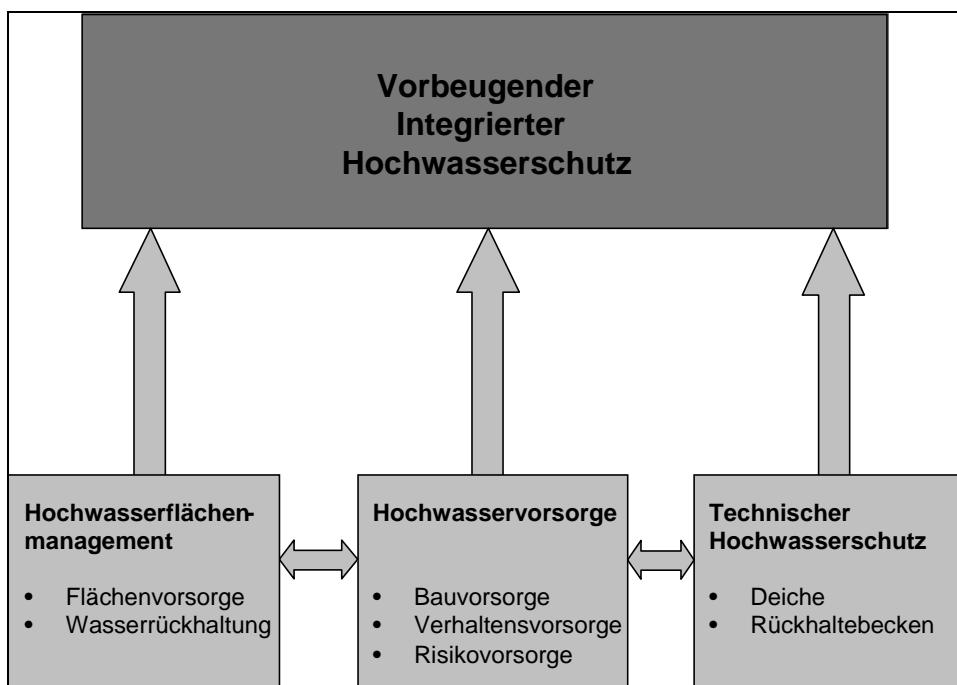


Abbildung 13: Hochwasserschutzstrategie (IkoNE – www.ikone-online.de; LAWA 1995)

Entsprechend der Zielvorstellung eines integrierten nachhaltigen Hochwasserschutzes sind die Maßnahmen zielgerichtet zu bündeln. Maßnahmen des Hochwasserflächenmanagements, der Hochwasservorsorge und des technischen Hochwasserschutzes sind koordiniert zu gestalten. Im Folgenden werden Möglichkeiten eines integrierten Hochwasserschutzes aus einer institutionellen-rechtlichen Perspektive erörtert.

³⁹ Die räumliche Verlagerung eines Deiches fällt unter §31 Abs. 2 WHG – Gewässerausbau.

In einem ersten Schritt wird allgemein die rechtliche Stellung des Hochwasserschutzes unter einer raum- und sektorübergreifenden Perspektive dargestellt. Im Anschluss werden einzelne formelle Instrumente des Hochwasserflächenmanagements hinsichtlich Wirkungsrichtung und Zuständigkeit isoliert betrachtet, um somit ausgehend vom Status quo Möglichkeiten einer integrierten und kooperativen Lösung zu ermitteln und zu bewerten.

8.1.1 Rechtliche Regelungen zum Hochwasserschutz

Der Hochwasserschutz ist wie die Gewässerunterhaltungs- und Ausbaupflicht eine öffentlich-rechtliche Verpflichtung, es ist der staatlichen Daseinsvorsorge zuzurechnen. In der Regel besteht kein Anspruch Dritter (vgl. §95 BbgWG (GVBl. Nr. 5 S. 50 vom 14.02.2005); BVerwGE 44, 235ff). Das heißt, der Hochwasserschutz wird nur gegenüber der Allgemeinheit geleistet, nicht gegenüber einem Einzelnen – ein individueller Rechtsanspruch ist damit in der Regel ausgeschlossen. Jeder hat aber die Pflicht hochwasserverschärfende Maßnahmen zu vermeiden. Es ist grundsätzlich zu Beginn auf §1a Abs. 2 WHG zu verweisen, der zugleich Leitnormcharakter nicht nur für den wasserwirtschaftlichen Bereich, sondern für alle Institutionen und jedermann besitzt, die unmittelbar oder mittelbar auf den Abfluss eines Gewässers einwirken (vgl. Sieder et al. 2005).

Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, [...] um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.

Folglich sind jegliche Eingriffe in das Gewässersystem hinsichtlich möglicher hochwasserverstärkender Auswirkungen zu prüfen und zu vermeiden. Die in §1a Abs. 2 WHG bestimmte Sorgfaltspflicht geht über die im Rahmen der Erlaubnis oder Bewilligung erteilten Maßgaben zur (Gewässer-)Nutzung hinaus. Es umfasst ein für jedermann gültiges Minimierungsgebot, das Reduzierungen nachteiliger Wirkungen im Rahmen der Möglichkeiten erfordert.

Das vermehrte Auftreten von Hochwasserkatastrophen mit erheblichen Schadensfolgen hat im politischen-administrativen System der Bundesrepublik Deutschland die Wahrnehmung für Hochwasserrisiken erhöht und im Bereich des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu einigen weitergehenden Reformen geführt.

Direkt nach den verheerenden Auswirkungen der Hochwasserereignisse in Sachsen und Bayern 2002 hat die Bundesregierung ein Fünf-Punkte-Programm beschlossen, um dem koordinierten vorbeugenden Hochwasserschutz mehr Beachtung zu schenken. Basierend auf dem Fünf-Punkte-Programm der Bundesregierung wurde mit der Verkündung des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (BGBl. 2005 I S. 1224) am 10. Mai 2005 der Bedeutung des vorbeugenden Hochwasserschutzes auch normativ-verbindlich Nachdruck verliehen.

Mit diesem Gesetz sollen bzw. werden die einschlägigen Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes, des Baugesetzbuchs, des Raumordnungsgesetzes, des Bundeswas-

serstraßengesetzes, des Gesetzes über den Deutschen Wetterdienst und des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung novelliert.

Zentrale Ziele dieses Gesetzes sind unter anderem: den Hochwasserschutz nicht nur als staatliche Aufgabe zu definieren und damit die Wahrnehmung für die Eigenvorsorge zu erhöhen und bundeseinheitliche Regelungen im Bereich des Hochwasserschutzes zu gewährleisten und somit zum Abbau bestehender Vollzugs- und Regellungsdefizite beizutragen. Mit dieser Novellierung wird der bestehende Grundsatz der allgemeinen Vorsorge- und Schadensminderungspflicht aus §1a Abs. 2 WHG konkretisiert. In § 31a Abs. 2 WHG heißt es:

„Jeder Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen Gefährdungen von Mensch, Umwelt und Sachwerten durch Hochwasser anzupassen.“

Zum einen wird damit deutlich, dass Hochwasserschutz nicht alleinige Aufgabe des Staates sein kann (Kotulla 2006). Zum anderen besteht mit diesem Passus zudem nun die Möglichkeit verstärkt eine Verletzung der Vorsorgepflichten zu rügen. Erleidet ein Dritter aufgrund fehlender Vorsorgemaßnahmen des Verpflichteten einen Schaden, so wird nun ein Haftungsanspruch bejaht (Sieder et al. 2005 §31a Rd.Nr. 63).⁴⁰

Der Druck auf die Akteure, einen vorbeugenden Hochwasserschutz zu realisieren, wird erhöht. Zugleich wird deutlich, dass durch die gegenseitige Abhängigkeit der Akteure eine gemeinsame Handlungsstrategie verfolgt werden muss. Mit der Verabschiedung des Hochwasserschutzgesetzes wird eine länderübergreifende und überfachliche Zusammenarbeit gefordert. Die Abstimmung soll nicht nur im Bereich der Wasserwirtschaft erfolgen, sondern der vorbeugende Hochwasserschutz soll in Zukunft in Planungs- und Umsetzungsverfahren von raumbedeutsamen Maßnahmen mehr Bedeutung gewinnen bzw. stärker integriert werden.⁴¹ Mit §31d WHG wird die Aufstellung von Hochwasserschutzplänen durch die Bundesländer bis zum 10. Mai 2009 gefordert. Die konkrete inhaltliche Ausrichtung ist durch die Länder zu bestimmten. Folgende Mindestinhalte sind vorzusehen:

⁴⁰ In einem Urteil des Bundesgerichtshofes vom 16. Februar 2006 (BGH III ZR 68/05) wurde bereits vor der Novellierung des WHG aus dem § 1a Abs. 2 WHG i.V.m. der Verkehrssicherungspflicht eine Handlungspflicht zur Vorsorge abgeleitet. Der Betreiber einer Stauanlage ist demnach verpflichtet Gefahrenlage in seinem Verantwortungsbereich zu beseitigen (in Form des Öffnen der Schütze), sobald er Erkenntnis von dieser drohenden Gefahr (Medien) erhält, ein behördliches Einschreiten ist nicht notwendig. Da der Betreiber den Wasserstand durch Öffnen der Schütze nicht gesenkt hat, kam es zu Schäden bei Dritten.

⁴¹ Fünf-Punkte-Programm der Bundesregierung: Arbeitsschritte zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes <http://www.bmu.de/gewaesserschutz/doc/text/3114.php>

- Zum Erhalt oder zur Rückgewinnung von Rückhalteflächen,
- zu deren Flutung und Entleerung nach den Anforderungen des optimierten Hochwasserabflusses in Flussgebietseinheiten,
- zur Rückverlegung von Deichen,
- zum Erhalt oder zur Wiederherstellung von Auen sowie
- zur Rückhaltung von Niederschlagswasser.

Die Hochwasserschutzpläne sollen eine Plattform für ein integriertes Vorgehen bieten. Sie sind als Instrumente zu begreifen, um die aus der föderalen Struktur Deutschlands resultierende politisch-administrative Fragmentierung zu überwinden (Sieder et al. 2005, §32 Rd. 6). Mit der Verpflichtung, Hochwasserschutzpläne aufzustellen, wird der Forderung nach Verringerung des Hochwasserrisikos bzw. des Schadenspotenzials Rechnung getragen: Gefahren, die von einem statistisch einmal in 100 Jahren auftretenden Hochwasserereignis ausgehen, sind „[...] **soweit wie möglich und verhältnismäßig zu minimieren**“ (§31d Abs. 1 S. 2 WHG).

Die Hochwasserschutzpläne sollen damit den Aspekt der Gewährleistung eines optimierten Hochwasserabflusses berücksichtigen.⁴² Mit der Aufstellung derartiger Schutzpläne ist im Besonderen ein abgestimmtes Hochwasserrisikomanagement zu gewährleisten (vgl. Deutscher Bundestag 2004, Begründung zum §31 WHG-E, Anlage 1). So sind Polder und Rückhaltebecken so zu steuern, dass die Abflussgröße und – geschwindigkeit nicht durch unkoordiniertes Verhalten verschiedener Akteure und Entscheidungsträger erhöht werden.

Daraus folgt: Erstens die Wirkung von Eingriffen überörtlich zu ermitteln, zweitens Einwirkungen zu vermeiden und drittens, wenn der Eingriff unumgänglich ist, kooperativ abgestimmte vorbeugende Maßnahmen vorzunehmen.

Diese Kooperationsvorgaben des Bundesgesetzgebers werden durch den §32 WHG verstärkt, indem die Landesgesetzgeber aufgefordert werden, rechtliche Rahmenbedingungen für die Zusammenarbeit zwischen den Ländern und Staaten *nach Flussgebietseinheiten zur Umsetzung einer gemeinsamen Hochwasserstrategie* zu schaffen. Insbesondere die Abstimmung der Hochwasserschutzpläne und Schutzmaßnahmen wird verlangt und dabei ausdrücklich auch auf die Möglichkeit verwiesen, grenzüberschreitende Hochwasserschutzpläne aufzustellen. Im Gegensatz zur Vorgängernorm §32 Abs. 3 S. 1 WHG a.F. ist ein Kooperationsgebot bzw. Abstimmungsgebot nicht erst dann gegeben, wenn mit erheblichen Auswirkungen von Hochwasserereignissen in benachbarten Ländern zu rechnen ist. Grundsätzlich soll mit Hilfe des Gesetzes

⁴² In einigen Landeswassergesetzen ist die überörtliche Koordination bereits festgeschrieben, indem der Ausgleich der Wasserführung bei nachteiligen Veränderungen des Abflusses gefordert wird. Im nordrhein-westfälischen Wassergesetz wird explizit eine gemeinsame Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen verlangt, wenn sich die Wirkungen der Eingriffe auf das Gebiet mehrerer Kreise und kreisfreier Städte erstrecken (vgl. 87 LWGNRW, §62 WGRLP (GVBl. 2004 S. 54)).

eine erhöhte Berücksichtigung der Belange des Hochwasserschutzes bei den Entscheidungen verschiedener zuständiger Behörden im Planungs- und Ordnungsrecht erreicht werden.

Im Folgenden werden einzelne Instrumente des politischen-administrativen Systems hinsichtlich der Eignung für die Umsetzung eines ganzheitlichen Hochwasserschutzansatzes geprüft. Es wird hierbei auf die Säule des Hochwasserflächenmanagements Bezug genommen, weil vor allem die Ergebnisse einer erweiterten NKA gezeigt haben, dass Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes stärker in die Planung und Umsetzung von Hochwasserschutzstrategien einbezogen werden sollten. Im Zentrum der folgenden Darstellung stehen die Instrumente der Wasserwirtschaft, der Raumplanung und der kommunalen Bauleitplanung. Jeweils im Anschluss an die Darstellung werden die Eignung und mögliche Defizite im Rahmen der Umsetzung der Strategie des Hochwasserrisikomanagements aufgezeigt. Am Ende dieses Kapitels folgt die Bewertung der bestehenden formell-rechtlichen Instrumente auf der Ebene des Hochflächenmanagements.

8.1.1.1 Hochwasserflächenmanagement

Hochwasserflächenmanagement ist auf drei Administrationsbereiche verteilt: **Wasserwirtschaft, Raumordnung und Bauleitplanung**.⁴³

Als eine der zentralen Säulen des Hochwasserschutzes beinhaltet es unter anderem folgende Maßnahmen:

- Flächenvorsorge für hochwassergefährdete Gebiete – Verringerung des Schadenspotenzials,
- Erhaltung und Wiederherstellung von Retentionsräumen sowie
- Gewährleistung eines schadlosen Hochwasserabflusses.

Ziele eines Hochwasserflächenmanagements sind das Sicherstellen angepasster Nutzungen in den überschwemmungsgefährdeten Gebieten und eine Stärkung des Wasserrückhaltes im Einzugsgebiet wie im Gewässerbett. Aus der Sicherung und Schaffung von Rückhalteflächen sowie der Freihaltung von Flächen zur Begrenzung eines Anwachsens des Schadenspotenzials folgt eine eingeschränkte Nutzbarkeit der betreffenden Flächen. Hierin liegt erhebliches Konfliktpotenzial. Es stehen sich Belange von Gemeinwohl und Eigentum gegenüber.

In den nächsten Abschnitten werden einzelne Instrumente, die unter dem Begriff Hochwasserflächenmanagement subsumiert werden können, dargestellt und bewertet.

⁴³ In den folgenden Ausführungen werden einzelne formelle Instrumente der Flächenvorsorge dargestellt. Im Rahmen der Arbeit ist es nicht zu leisten, alle Möglichkeiten en détail hier darzulegen.

1. Wasserwirtschaft: Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und Schaffung von Retentionsflächen

Ordnungsrechtliche Flächennutzungsregelungen mit Planungscharakter werden durch die wasserwirtschaftliche Festlegung von Überschwemmungsgebieten getroffen. Gemäß §31b Abs. 1 WHG⁴⁴ sind Überschwemmungsgebiete, Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstigen Gebieten, die bei Hochwasser überschwemmt, durchflossen oder die für Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden.⁴⁵ Zweck der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten ist es primär den schadlosen Abfluss des Hochwassers erstens innerhalb des Überschwemmungsgebietes (lokal) und zweitens für weitere Gebiete unterhalb des Überschwemmungsgebietes (regional bzw. überregional) zu sichern (vgl. Sieder et al. 2005 §31b WHG Rd. Nr. 15).

Mit der Novellierung des WHG wird die auszuweisende Überschwemmungsfläche durch das Bemessungshochwasser HQ₁₀₀ quantifiziert. Danach werden die einzelnen Länder verpflichtet, innerhalb der nächsten sieben Jahre Räume „in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in hundert Jahren zu erwarten ist“ als Überschwemmungsgebiete auszuweisen. Diese Festsetzungspflicht bezieht sich auf Gewässer bzw. Gewässerabschnitte, die einen bestimmten Grad an Gefährdung aufweisen. Die Umsetzungsfrist ist hinsichtlich der Höhe des Schadenspotenzials zu differenzieren. Für Räume mit einem hohen Schadenspotenzial, vor allem besiedelte Gebiete, endet die Festsetzungsfrist bereits 2010, weitere Gebiete mit geringeren zu erwartenden Schäden endet die Frist 2012. Folglich sind nicht nur hydrologische, sondern auch die sozioökonomischen Erkenntnisse (vorrangig Schadenspotenzialanalysen) für eine Ausweisung heranzuziehen.

Mit dem Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes werden die Regelungsaufträge an die Bundesländer erweitert. Der Landesgesetzgeber erlässt für die ausgewiesenen Überschwemmungsgebiete weiter dem Hochwasserschutz dienende Vorschriften, soweit dies erforderlich ist. Nach §31b Abs. 2 WHG sind die Länder verpflichtet Überschwemmungsgebiete festzusetzen, die folgenden Zielen dienen sollen:

- Dem Erhalt und der Verbesserung der ökologischen Strukturen der Gewässer einschließlich der Gewässergüte sowie der Überflutungsflächen,
- der Verhinderung erosionsfördernder Eingriffe,
- dem Erhalt oder der Rückgewinnung natürlicher Rückhalteflächen,
- der Regelung des Hochwasserabflusses sowie
- der Vermeidung und Verminderung von Schäden durch Hochwasser.

⁴⁴ Es handelt sich dabei um eine Legaldefinition und nicht um eine Festsetzung kraft Gesetzes. Der Bundesgesetzgeber ist lediglich befugt den Rahmen vorzugeben, dementsprechend ist die rechtliche Festsetzung der Überschwemmungsgebiete kraft Gesetzes Ländersache (§31b Abs. 2 S. 3 WHG; Sieder et al. 2005, §32 Rd. Nr. 9).

⁴⁵ D.h., es handelt sich um unmittelbar geltendes Recht.

Zu den bereits bestehenden vier Anforderungen ist nun explizit die Vermeidung und Verminderung von Schäden als Zielbestimmung hinzugefügt worden. Rechtliche Folgewirkungen für Flächen in Überschwemmungsgebieten sind im Besonderen Einschränkungen der Flächennutzungsoptionen. In den meisten Bundesländern beispielsweise ist es innerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebiete verboten, die Erdoberfläche zu erhöhen oder wassergefährdende Stoffe zu lagern, mit dem Ziel einerseits das Schadenspotenzial nicht zu erhöhen und zum anderen den bestehenden Retentionsraum zu erhalten (vgl. §81 Abs. 1 ThürWG (GVBl. S. 244), §113 Abs. 1 WGNRW). Des Weiteren sind mit der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten entsprechende Vorgaben für die landwirtschaftliche Flächennutzung verbunden. Durch Landesrecht ist für landwirtschaftlich genutzte und sonstige Fläche zu regeln, wie mögliche Erosionen oder erheblich nachteilige Auswirkungen auf Gewässer insbesondere durch Schadstoffeinträge zu vermeiden oder zu verringern sind.

Die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten nach §31b Abs. 4 WHG begrenzt mit der Novellierung die Gebietsentwicklung auf der kommunalen Ebene. In der Regel dürfen durch die Bauleitplanung keine weiteren Baugebiete in Überschwemmungsgebieten ausgewiesen werden (§31b Abs. 4 WHG). Dennoch lässt der Bundesgesetzgeber Ausnahmen zu. Damit besteht die Möglichkeit weitere Baugebiete auszuweisen, sofern folgende Rahmenbedingungen kumulativ erfüllt sind:

1. Keine anderen Möglichkeiten der Siedlungsentwicklung bestehen oder geschaffen werden können,
2. das neu auszuweisende Gebiet unmittelbar an ein bestehendes Baugebiet angrenzt,
3. eine Gefährdung von Leben, erhebliche Gesundheits- oder Sachschäden nicht zu erwarten sind,
4. der Hochwasserabfluss und die Höhe des Wasserstandes nicht nachteilig beeinflusst werden,
5. die Hochwasserrückhaltung nicht beeinträchtigt und der Verlust von verloren gehendem Rückhalteraum umfang-, funktions- und zeitgleich ausgeglichen wird,
6. der bestehende Hochwasserschutz nicht beeinträchtigt wird,
7. keine nachteiligen Auswirkungen auf Oberlieger und Unterlieger zu erwarten sind,
8. die Belange der Hochwasservorsorge beachtet sind und
9. die Bauvorhaben so errichtet werden, dass bei dem Bemessungshochwasser, das der Festsetzung des Überschwemmungsgebietes zugrunde gelegt wurde, keine baulichen Schäden zu erwarten sind.

In bereits festgesetzten Bebauungsplänen nach §§30, 34 BauGB sowie im Außenbereich nach §35 BauGB darf die Errichtung und Erweiterung baulicher Anlagen nur genehmigt⁴⁶ werden, wenn das Vorhaben:

1. Die Hochwasserrückhaltung nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt und der Verlust verloren gehenden Rückhalteraums zeitgleich ausgeglichen wird,
2. der Wasserstand und der Abfluss bei Hochwasser nicht nachteilig verändert wird,
3. der Hochwasserschutz nicht beeinträchtigt und
4. hochwasserangepasst ausgeführt wird (§31b Abs. 4 WHG).

Durch das Verbot der Neuausweisung von Baugebieten innerhalb von Überschwemmungsgebieten wird einer weiteren Erhöhung des Schadenspotenzials entgegengewirkt. Mit der Festlegung einer einheitlichen Bemessungsgrenze (HQ_{100}) für die Ausweisung von Überschwemmungsflächen sind im Zuge der Umsetzung des Hochwasserschutzgesetzes auch Gebiete hinter dem Deich als Überschwemmungsgebiete auszuweisen, wenn diese nicht durch entsprechende Maßnahmen ein Schutzniveau von HQ_{100} aufweisen (Köck 2005, 51).⁴⁷ Das heißt, auch Siedlungs- und Industriegebiete sind unter den genannten Voraussetzungen entsprechend als Überschwemmungsgebiete festzusetzen. Bereits vor der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes durch das Hochwasserschutzgesetz hat das Bundesverwaltungsgericht in einer Entscheidung festgestellt:

„Ein Überschwemmungsgebiet nach §32 WHG [a.F.] kann auch für Flächen festgesetzt werden, die innerhalb eines im Zusammenhang bebauten Ortsteils (§34 BauGB) oder im Geltungsbereich eines Bebauungsplans liegen.“ (BVerwG, Urt. v. 22.07.2004 – 7 CN 1/04 OVG Koblenz).⁴⁸

Demnach können bestehende Baugebiete im Nachhinein als Überschwemmungsgebiete ausgewiesen werden. Mit diesem Urteil wurde ein Paradigmenwechsel vorgenommen, demnach müssen sich Gemeinden vor Ausweisung von Baugebieten erkundigen, ob in Zukunft mit der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten zu rechnen ist, um somit möglichen Konflikten aus dem Weg zu gehen. Nach der Begründung des Bundesverwaltungsgerichts handelt sich nicht um einen Eingriff in die Eigentumsgarantie nach Art. 14 GG. Die mit der Festsetzung eines Überschwemmungsgebietes verbundenen erhöhten Ansprüche (beispielsweise Verbot der Erhö-

⁴⁶ Die Errichtung neuer baulicher Anlagen unterliegt somit einem Genehmigungsvorbehalt, d.h. es besteht kein grundsätzliches Verbot, sondern eine Genehmigung wird erst erteilt, wenn behördlich geprüft wurde, ob im Einzelfall gegen bestimmte materiell-rechtliche Rechtsvorschriften verstoßen wird.

⁴⁷ Der Auftrag an die Länder, Überschwemmungsgebiete nach der Bemessungsgrundlage HQ_{100} festzulegen, hat nicht zur Folge, dass ein Schutz vor Hochwasserereignissen bis zu einem HQ_{100} zu gewährleisten ist.

⁴⁸ Vergleiche auch VGH München: Festsetzung von Gewerbevlächen innerhalb eines Überschwemmungsgebiets (NVwZ-RR 2005, Heft 3, 171).

hung oder Vertiefung der Erdoberfläche) entsprechen den Anforderungen des Art. 14 Abs. 1 S. 2 GG, denn Hochwasserschutz wird als eine Gemeinwohlaufgabe von hohem Rang bewertet, die eine solche Beschränkung legitimiert (ebd.). Es genügt dem verfassungsrechtlichen Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Die Zumutbarkeit bedarf nicht erst eines finanziellen Ausgleichs (NVwZ 2004, 1509). Des Weiteren wird konkret auf die Situationsgebundenheit abgehoben: Für Flächen, die innerhalb eines Überschwemmungsgebietes liegen, bestehen besondere Anforderungen, die sich aus der Lage und der Einbettung in die Landschaft ergeben. Sie sind wegen der Sozialbindung des Eigentums zu berücksichtigen. „[...] *Eigentum [...] unterliegt damit einer immanenten Beschränkung, einer besonderen ‘Pflichtigkeit’*“ (Schink 1990).

Weiterhin wurde in diesem Urteil aber auch deutlich, welche hohen Ansprüche an die Ausweisung von Überschwemmungsflächen gelegt werden: Erstens sind die Überschwemmungsflächen parzellenscharf auszuweisen und zweitens ist auf den aktuellsten Stand der Flächennutzung abzuheben, sobald ein Grundstück infolge von Veränderungen nicht erfasst wurde, verliert die Rechtsverordnung für diese Fläche an Verbindlichkeit (BVerwG, Urt. v. 22.07.2004).

Nach dem Wasserhaushaltsgesetz sind Überschwemmungsgebiete nicht nur auszuweisen um den schadlosen Wasserabfluss zu gewährleisten, sondern auch um den Rückhalt bzw. die Retention zu sichern und wiederherzustellen (§31b Abs. 6 WHG). Der Forderung zur Wiederherstellung von Rückhalteräumen wird aber eine geringere rechtliche Bindungskraft zuteil, da hier wie in der Vorgängernorm (§32 Abs. WHG a.F.) lediglich von einer Soll-Vorschrift gesprochen wird. Der Gewinnung von Retentionsräumen, die vor allem aus einer ganzheitlichen flussgebietsbezogenen Perspektive sinnvollste Maßnahme des vorbeugenden Hochwasserschutzes wird damit weniger Priorität eingeräumt. Um der Rückgewinnung von Retentionsräumen mehr Gewicht beizumessen, sind ökonomische Instrumente zu forcieren, die den Anreiz erhöhen (vgl. Kap. 8.3.2). Das Verfahren zur Schaffung von Retentionsflächen beispielsweise durch Deichrückverlegung hat sich in der Regel nach den Vorgaben des §31 Abs. 2 WHG zu richten.⁴⁹ Aufgrund der hiermit verbundenen Eingriffe in bestehende Flächennutzungen und damit einhergehenden Beschränkungen bestehender Rechtspositionen – allen voran in die grundgesetzlich geschützten Eigentumsrechte aus Art. 14 GG – werden hohe rechtliche Anforderungen gestellt. Die Umsetzung von Deichrückverlegungen zur Schaffung von Retentionsräumen zur Verbesserung des lokalen aber auch des überörtlichen Hochwasserschutzes, d.h. einer Verbesserung der Situation für die Unterlieger, wird vor allem durch den lokalen Bestandschutz am Ort der Maßnahmen erschwert. Im Rahmen des notwendigen Planfeststellungsverfahrens einer Deichrückverlegung ist diese zu rechtfertigen. Gründe des Allgemeinwohls – wie der Hochwasserschutz- reichen allein nicht aus, um derartige Maßnahmen zu begründen. Im Einzelfall muss geprüft werden, ob die Deichrückverlegung tatsächlich zur Verbesserung des Hochwasserschutzes beiträgt und das rechtsstaatliche Prinzip der Verhältnismäßigkeit erfüllt ist. Demnach muss die Hochwasserschutzwirkung erstens nach-

⁴⁹ Deich- und Dammbauten werden nach §31 Abs. 2 WHG dem Gewässerausbau gleichgestellt.

weislich und zweitens beachtlich sein, um die Beschneidung oder den Entzug von Eigentum zu rechtfertigen. Doch gerade im Bezug auf die überregionale Wirkung einer Deichrückverlegung ist dies oft schwer oder mit hohem Aufwand nachzuweisen. Des Weiteren ist darauf zu verweisen, dass die Sanierung oder der Bau eines Deiches aufgrund der geringeren Flächeninanspruchnahme, aus rechtlicher Sicht, in der Regel das mildere Mittel darstellt (Reinhardt 2003). Eine Deichrückverlegung ist daher in Deutschland oftmals mit hohem finanziellem Aufwand verbunden, um im besonderen Flächennutzer in potenziellen Retentionsflächen zu kompensieren. Die Schaffung von zusätzlichem Retentionsraum wird in Deutschland stark durch öffentliche Gelder von der EU, vom Bund und durch die Länder getragen, um lokale Widerstände zu überwinden. Denn ohne finanzielle Kompensation würde für die lokalen Akteure kein Anreiz bestehen, Flächennutzungen aufzugeben bzw. Entwicklungsmöglichkeiten hinzunehmen. Im Rahmen des INTERREG-IIC-Programmes „IRMA“ sind Deichrückverlegungsmaßnahmen in Deutschland durch die EU mit rund 15,5 Mio. € bezuschusst worden.⁵⁰

Anhand der Neuregelungen zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten wird einerseits deutlich, dass die Bedeutung von Flächenvorsorge und damit die Vermeidung eines Anwachsens von Schadenspotenzialen eine gewichtige Rolle eingeräumt wird. Anderseits wird an Hand der dargestellten Bundesverwaltungsentscheidung sichtbar, welches Konfliktpotenzial in der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten enthalten ist und auch sein wird. Denn wenn die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten zur Verringerung des lokalen Schadenspotenzials auf geringes Verständnis seitens der Kommunen stößt, wird der Erhalt oder die Schaffung von Rückhalteflächen zugunsten von weiter entfernten Flussanliegern kaum zu realisieren sein. Zumal es die Möglichkeit gibt der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten zu entgehen. Durch Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes können die HQ₁₀₀ Überschwemmungsflächen künstlich reduziert werden. Indem das Schutzniveau vorhandener Deiche angehoben wird oder Rückhaltebecken gebaut werden und somit die HQ₁₀₀ Überschwemmungsflächen bis maximal zum Ufer des Gewässers reduziert werden kann. Gemeinden können dann „gefahrlos“ Baugebiete ausweisen bzw. Grundstückseigentümer können ohne Auflagen die weitere Erhöhung Schadenspotenzialen betreiben. Es scheint aus Sicht der zuständigen Behörden und Entscheidungsträger einfacher, den Deich zu erhöhen als Überschwemmungsgebiete auszuweisen, die mit Auflagen verbunden sind und zu Konflikten mit Kommunen und Eigentümern führen. Aber nicht nur die starke Stellung des Eigentums ist hier als Grund anzuführen, sondern auch die Finanzierung des Hochwasserschutzes, der im öffentlichen Interesse steht und demnach von der Allgemeinheit getragen wird.⁵¹ Der durch Hochwasserschutzmaßnahmen Bevorteilte wird damit in der Regel nicht entsprechend seines Vorteils zur Kasse gebeten. Dementsprechend wird die scheinbar

⁵⁰ http://www.irma-programme.org/b_projects/approved.htm

⁵¹ Nach Bestätigung von Herrn Werner, Verbandsgeschäftsführer Hochwasserzweckverband Elsenz-Schwarzbach (Baden-Württemberg).

kosteneffizienteste Lösung favorisiert. Die zuständigen Entscheidungsträger auf kommunaler oder auf Landesebene entscheiden sich aufgrund der geringeren Verfahrens- und Umsetzungskosten für Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes. Entsprechend besteht kein Anreiz Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes, wie die Schaffung und Sicherung von Rückhalteräumen, ernsthaft in Erwägung zu ziehen.

Zudem wird hier deutlich wie stark sich verschiedene Hochwasserschutzmaßnahmen beeinflussen (Flächenvorsorge und technischer Hochwasserschutz) und sogar in ihrer Wirkung aufheben können. Die Ziele der Festlegung von Überschwemmungsgebieten das Schadenspotenzial nicht zu erhöhen und den Rückhalt in der Fläche durch Bauverbote nicht zu verringern, wird durch Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes entgegengewirkt. D.h. beide Instrumente sind auf eine Verringerung bzw. einer Stagnation des Schadenspotenzials ausgerichtet - können sich aber auch in ihre Wirkung gegenseitig aufheben. Ein abgestimmtes Vorgehen ist daher zwingend geboten.

2. Raumordnung: Flächenvorsorge durch Raumplanung

Wenn etwa in Deutschland in den letzten Jahren vermehrt Forderungen wie "Hochwasserflächenmanagement statt Hochwassermanagement" (Kleeberg & Rother 1996) laut werden, dann ist damit nicht zuletzt die Raumplanung angesprochen. Nach einem allgemeinen Verständnis wird Raumordnung mit dem Verweis auf eine fehlende gesetzliche Definition als zusammenfassende, überörtliche, übergeordnete Planung zur Ordnung und Entwicklung des Raumes, auf Grundlage von vorgegebenen bzw. noch zu entwickelnden Leitvorstellungen definiert (Ernst 1995). Demnach ist Raumordnung kein Zustand, sondern eine Tätigkeit (Gruber 1994, 23), mit dem Ziel eine „[...] angestrebte Ordnung eines Raumes zu verwirklichen [...]“ (Peine 2003, 2). Raumordnung ist eine Querschnittsaufgabe, die darin besteht, die verschiedenen Nutzungsansprüche an den Raum unter der Leitvorstellung einer nachhaltigen Entwicklung zu koordinieren. Die Festlegung und Sicherung von (Raum)Funktionen unter dem Blickwinkel der menschlichen Bedürfnisse im Raum bildet dabei das primäre Kriterium in der deutschen Raumordnung (vgl. §1 Abs. 1 ROG (BGBl. I S. 2081, 2102)). Als grundlegende zu sichernde Funktionen werden allgemein die Daseinsgrundfunktionen genannt (Brösse 1995). Folglich ist es Aufgabe der Raumordnung, durch gezielte Maßnahmen den Bürger und die Volkswirtschaft vor Schäden zu bewahren, um die Daseinsgrundfunktionen zu gewährleisten. Gerade das im Raumordnungsgesetz festgeschriebene Leitbild der Nachhaltigkeit (§2 ROG) weist mit seiner Forderung nach Vermeidung von Risiken explizit auf Vorsorge hin.

Entsprechend dieser Funktionszuweisung bietet sich Raumplanung an, eine Hochwasservorsorge zu betreiben, die

- die räumliche Betrachtungs- und Handlungsebene auf eine überregionale Perspektive erweitert – und damit eine einseitige lokale Betrachtung überwinden kann,

- dem vorbeugenden Hochwasserschutz eine stärkere Gewichtung innerhalb der koordinierenden Abwägung von Flächennutzungsansprüchen zu kommen lassen kann,
- einen Rahmen für ein koordiniertes kooperatives Hochwasserflächenmanagement bietet.

Unter §2 Abs. 2 Ziffer 8 ROG ist der (Fach)Grundsatz⁵² zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Rahmen der Sicherung oder Rückgewinnung und Entwicklung von Außen-, Rückhalteflächen und überschwemmungsgefährdeten Bereichen direkt normiert. Die Forderung zur Minimierung der Versiegelung dient *indirekt* dem vorbeugenden Hochwasserschutz:

„Bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen soll der Boden in seiner Leistungsfähigkeit erhalten oder wiederhergestellt werden“ (§2 Abs. 2 Nr. 8 ROG).

Die im Raumordnungsgesetz formulierte Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung und die unter §2 ROG genannten Grundsätze sind in den jeweilig aufzustellenden Landes- und Regionalplänen⁵³ zu berücksichtigen. In den Landesentwicklungsprogrammen bzw. -plänen (Regionalplänen) werden die einzelnen Raumfunktionen bzw. -nutzungen festgelegt. Die Bundesländer entscheiden dabei *autonom*, welche Funktionen den einzelnen Räumen zukommen sollen und damit letztendlich, welche Bedeutung dem vorbeugenden Hochwasserschutz beigemessen wird. Grundlegend stehen der Raumordnung auf Landes- wie auch auf Regionalebene Instrumente zur Verfügung, um Flächen für den vorbeugenden Hochwasserschutz zu sichern.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes wird die Möglichkeit der Festlegung von Überschwemmungsbereichen⁵⁴ innerhalb der Landes- und Regionalplanung auch in das Raumordnungsgesetz eingeführt. In den von den Ländern aufzustellenden Raumordnungsplänen sollen Festlegungen zur Raumstruktur enthalten sein, darunter können nun insbesondere auch Freiräume zur Gewährleistung des vorbeugenden Hochwasserschutzes fallen (zählen) (§7 Abs. 2 S. 1 Nr. 2d ROG n.F.).

Derartige Freiräume können nach der Handlungsempfehlung der Ministerkonferenz für Raumordnung zum vorbeugenden Hochwasserschutz vom 14. Juni 2000 als Überschwemmungsbereiche in die Landes- bzw. Regionalpläne aufgenommen werden.

⁵² Der Fachgrundsatz zum vorbeugenden Hochwasserschutz basiert auf den Strukturgrundsatz §2 Abs. 1 S. 3 wonach „in den jeweiligen Teilräumen ausgeglichene, wirtschaftliche, infrastrukturelle, soziale, ökologische und kulturelle Verhältnisse anzustreben [sind].“

⁵³ Die nach dem Bundesraumordnungsgesetz durch die Länder aufzustellen Raumordnungspläne für das Landesgebiet (§8 ROG) und durch die regionalen Planungsgemeinschaften aufzustellen Gebietsentwicklungspläne (Regionalpläne) für einzelne Regionen (§9 ROG) bilden bzw. beinhalten die Basisinstrumente zur Steuerung der Raumnutzung und damit auch für den vorbeugenden Hochwasserschutz.

⁵⁴ Im Gegensatz zu wasserrechtlich festzusetzenden Überschwemmungsgebieten

Danach umfassen Überschwemmungsbereiche nicht nur die nach Wasserrecht festgesetzten bzw. faktischen Überschwemmungsgebiete.

Während für die drei Kerninhalte gemäß ROG (Siedlungsstruktur, Freiraumstruktur und Standorte für Infrastruktur) Aussagen in den Raumordnungsplänen getroffen werden müssen, sind die nachfolgend aufgeführten Beispiele im Gesetzestext (wie der hinzugefügte Punkt 2d) nur als Anregung zu verstehen, sodass der Landesgesetzgeber im Rahmen seiner Gestaltungsfreiheit auch von der Festlegung von Freiräumen zu Gunsten des Hochwasserschutzes absehen kann (Cholewa 2003).

Die in den Raumordnungsplänen festgelegten Vorgaben bzw. Erfordernisse (§3 ROG) der Raumordnung können verschiedene rechtliche Bindungswirkungen für nachgeordnete Planungsträger (Fachplanungen, kommunale Bauleitplanungen) entfalten.

Während Grundsätze der Raumordnung⁵⁵ als allgemeine Vorgaben für nachfolgende Abwägungs- und Ermessenentscheidungen öffentlicher Stellen zu behandeln sind (§4 Abs. 2 ROG), entfalten Ziele der Raumordnung eine höhere rechtliche Bindungswirkung. Es handelt sich hierbei gemäß §4 Abs. 1 ROG um verbindliche Vorgaben für nachfolgende öffentliche Planungsträger – im Besonderen für die kommunale Bauleitplanung (§1 Abs. 4 BauGB). Ziele der Raumordnung sind damit einer nachfolgenden Abwägungs- bzw. Ermessensentscheidung nicht mehr zugänglich (räumlich und sachlich bestimmte und abschließend abgewogene Festlegungen).

Sonstige Erfordernisse der Raumordnung wie beispielsweise Raumordnungsverfahren, landesplanerische Stellungnahmen, aber auch Ziele des Aktionsplanes Hochwasser der IKS (Heiland 2002, 75) besitzen die gleiche rechtliche Bindungswirkung wie Grundsätze.⁵⁶

Neben der Formulierung von Grundsätzen und Zielen können in den Raumordnungsplänen Gebiete zum vorbeugenden Hochwasserschutz ausgewiesen werden. Als raumordnerisches Instrument zur Sicherung dieser Flächen wird die Ausweisung von **Vorranggebieten und Vorbehaltsgebieten** vorgeschlagen.

Vorranggebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz zur:

- a. Vermeidung neuer Schadensrisiken,
- b. Erhaltung und Aktivierung natürlicher Überschwemmungsflächen,
- c. Erhaltung der Möglichkeiten der Gewässerentwicklung und Auenrenaturierung,
- d. Errichtung von Stauanlagen mit Hochwasserrückhalteraum;

⁵⁵ Neben den Grundsätzen des ROG (§2 Abs. 2) sind die Länder im Rahmen der Vorgaben des ROG ermächtigt weitere Grundsätze festzulegen (§2 Abs. 2 ROG).

⁵⁶ Die wasserwirtschaftlichen Maßnahmenprogramme (§36 WHG) und die Bewirtschaftungspläne (§36b WHG) für Flussgebietseinheiten müssen die Ziele der Raumordnung beachten bzw. die Grundsätze und sonstigen Erfordernisse der Raumordnung berücksichtigen. Dieser Umstand verdeutlicht nochmals die Bedeutung der Raumordnung für den flächenbezogenen vorbeugenden Hochwasserschutz.

Vorbehaltsgebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz zur:

- e. Minderung der Schadensrisiken,
 - f. Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche,
 - g. Hochwasserrückhalteraum,
- auszuweisen (LAWA 1995; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 2003).

Auch hier ist der Grad der rechtlichen Bindung zu differenzieren. Gemäß §7 Abs. 4 Nr. 1 ROG können in den Raumordnungsplänen Vorranggebiete festgesetzt werden, was eine bestimmte bzw. vorrangige Nutzung für ein bestimmtes Gebiet vorschreibt und nicht vereinbare Nutzungen ausschließt. Vorranggebiete entsprechen in ihrer rechtlichen Bindungswirkung den Zielen der Raumordnung und somit ist eine Abwägung für nachgeordnete öffentliche Planungsträger nicht mehr möglich.

Wird also ein Gebiet vorrangig dem Hochwasserschutz gewidmet, sind Funktionen, die dem Hochwasserschutz zuwiderlaufen, wie beispielsweise ein Industrie- oder Siedlungsgebiet, ausgeschlossen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass Vorranggebiete nur im Außenbereich nach §35 BauGB ausgewiesen werden und folglich keinen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Schadenspotenzials leisten. Damit können hier vorrangig Flächen gesichert werden, eine aktive Wiedergewinnung von Flächen zum Hochwasserrückhalt ist nur unzureichend möglich.

Neben der Raumkategorie eines Vorranggebietes besteht die Möglichkeit, Vorbehaltsgebiete für den Hochwasserschutz festzulegen (§7 Abs. 4 Nr. 2 ROG). Sie weisen der Raumfunktion Hochwasserschutz in diesem Gebiet eine besondere Rolle zu. Vorbehaltsgebiete besitzen die gleiche rechtliche Bindungswirkung wie Grundsätze, d.h. die Funktion des Hochwasserschutzes ist in der folgenden Abwägung und Ermessensentscheidung öffentlicher Stellen zu berücksichtigen. Der Schutz bestehender Retentionsräume ist stringent nur mit der Ausweisung als Vorranggebiet bzw. mit der Deklarierung als Ziel zu erreichen. Dennoch trägt auch die Festsetzung von Vorbehaltsgebieten, aufgrund einer fehlenden fachlich fundierten Begrenzung des Retentionsraumes, durchaus in gewissem Umfang zu einer Sicherung des Raumes bei, da der Belang des Hochwasserschutzes im folgenden Abwägungsverfahren erst einmal weggewogen werden muss (vgl. Heiland 2002).

Der Vorteil der Ausweisung von Vorbehalt- und Vorranggebieten liegt gegenüber der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten nach WHG im nicht zu erbringenden Erforderlichkeitsnachweis, da Ziele und Grundsätze der Raumordnung gegenüber dem Einzelnen keine unmittelbare Rechtswirkung zukommt. Im Gegensatz zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten sind hier keine konkreten einzelwirksamen Ge- und Verbote die Folge (Corell 1996). Somit können potenzielle Retentionsflächen verfahrenstechnisch schneller gesichert werden, da sie nur nachfolgende öffentliche Planungsträger binden.

Der weiter neu eingefügte §7 Abs. 3 Satz 2 Nr. 5 ROG unterstreicht die Forderung, wasserrechtliche Erfordernisse und Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes nach Maßgabe des WHG in die Raumordnungspläne aufzunehmen und

durch raumordnerische Instrumente zu sichern. Es ist aber zu beachten, dass wasserrechtlich normierte hochwasservorbeugende Regelungen im Raumordnungsplan nur dann eine rechtliche Bindungswirkung entsprechend der Formulierung als Ziele oder Grundsätze der Raumordnung erfahren, wenn zuvor eine Abwägung nach §7 Abs. 7 ROG stattgefunden hat. Ohne dieses Verfahren handelt es sich lediglich um eine nachrichtliche Übernahme, d.h. die wasserwirtschaftliche Nutzungsregulierung wird durch die raumplanerische Darstellung nicht erweitert (Heiland 2002, 68).

Auch wenn der räumlichen Planung im Rahmen des Hochwasserflächenmanagements eine gewichtige Rolle eingeräumt werden kann, sind im Bereich der Wirkung und im Vollzug auch einige Defizite zu benennen.

Das Instrument Raumplanung kann im Rahmen des Hochwasserflächenmanagements lediglich Flächenvorsorge betreiben, in bestehenden Flächennutzungen kann sie nur sehr eingeschränkt eingreifen. Sie ist damit nicht in der Lage, bestehendes Schadenspotenzial zu verringern und kann zurückliegende Entscheidungen nicht beeinflussen (Kuhlicke & Drünkler 2004).

Die Institution der Raumordnung bzw. –planung hat die Aufgabe, alle raumrelevanten Aktivitäten abzustimmen. Die Koordination und Abwägung erfordert aber ein umfangreiches Wissen über bestehende und zukünftige Nutzungsansprüche und speziell über die Hochwassergefahr. Innerhalb der Raumplanung stehen umfassende Informationen zu bestehenden und geplanten Nutzungsstrukturen zur Verfügung. Zu Fragen der Hochwassergefährdung ist sie aber auf wasserwirtschaftlichen Input angewiesen. Sie kann Vorbehals- und Vorranggebiete zum Hochwasserschutz demnach nicht ohne wasserwirtschaftliche Kenntnisse festlegen. Die Kommunikation zwischen Wasserwirtschaft und Raumplanung findet jedoch nicht immer in ausreichendem Ausmaß statt.⁵⁷

Die Gestaltung der räumlichen Entwicklung entlang der Flüsse bzw. in Flussgebiets-einheiten ist immer auf das jeweilige Gebiet eines Bundeslandes beschränkt. Damit ist eine einheitliche Koordinierung über die administrativen Grenzen eines Bundeslandes hinaus nur eingeschränkt möglich. Natürlich wird ein Abstimmungsgebot nicht erst seit der Novellierung der gesetzlichen Grundlagen für den vorbeugenden Hochwasserschutz gefordert und praktiziert, dennoch findet dies vornehmlich auf einer informellen Ebene statt. Von der Möglichkeit, mittels Staatsverträgen eine gemeinsame Handlungsstrategie zu forcieren, wird nur selten Gebrauch gemacht, da einerseits die Bindung an diese Verträge die Bundesländer in ihrem zukünftigen Gestaltungsspielraum einschränkt und andererseits ein solches Verfahren sehr zeit- und kostenaufwendig ist.

Die Flächenvorsorge durch Ausweisung von Vorbehals- und Vorranggebieten unterliegt der Abwägung. Hochwasserschutz ist als Nutzungsanspruch zu qualifizieren, der sich mit weiteren Nutzungsansprüchen messen muss. Die Raumfunktion des Hoch-

⁵⁷ Interview mit der regionale Planungsgemeinschaft Nordthüringen im Rahmen des BMBF – Projektes „Integrative Nutzung des technischen Hochwasserschutzes im Flusseinzugsgebiet der Unstrut“

wasserschutzes innerhalb des Abwägungsprozesses zu stärken, ist hier aufgrund des fehlenden politischen und finanziellen Interesses nur eingeschränkt möglich. Flächennutzungen, die kurzfristig einem polikökonomischen Benefit realisieren, werden den Vorzug vor dem vorsorgenden Hochwasserschutz erhalten, da der Nutzen nicht absehbar bzw. schwer berechenbar ist (Kuhlicke & Drünkler 2004).

Es handelt sich des Weiteren um regulative Instrumente, die Festsetzung von Raumkategorien legt die Flächennutzung nicht abschließend fest. Vorgaben werden auf einer sehr abstrakten Ebene getroffen, die nur unzureichend eine grenzüberschreitende Kooperation konkret zu steuern vermag (vgl. Reinhardt 2004).

Es ist die Abstimmung der räumlichen Planung zwischen den Kommunen und der Landesplanung zu verbessern, es gilt hier nicht gegeneinander und mit Einsatz regulativer Mittel eine Verbesserung des vorsorgenden Hochwasserschutzes zu erzielen, sondern einen Rahmen für das Miteinander zu schaffen (Greiving 2001).

3. Bauleitplanung: Hochwasserschutz durch städtebauliche Planung

Verbindliche Landnutzungsplanung wird grundsätzlich auf der kommunalen Ebene umgesetzt. Die verschiedenen Maßnahmen zum Hochwasserschutz von Wasserwirtschaft und Raumordnung wirken konkret auf der kommunalen Ebene, hier werden nicht nur Maßnahmen umgesetzt, sondern hier wird mit Hilfe normativer Bestimmungen (Ver- und Geboten) direkt auf das Verhalten der einzelnen Bürger eingewirkt (Verhaltenssteuerung).

Das nach Art. 28 Abs. 2 GG gewährte Selbstverwaltungsrecht der Kommunen umfasst das Recht, die räumliche Entwicklung eigenständig im Rahmen der Gesetze zu planen und umzusetzen. Zentrales Kriterium dieser Planungshoheit ist die Abwägung im Rahmen der Bauleitplanung. Neben den wasserwirtschaftlichen Bestimmungen zum Hochwasserschutz und ihrer direkten Wirkung auf die kommunale Raumentwicklung (unmittelbar geltendes Recht), werden im Bauplanungsrecht weitere Vorgaben zum Hochwasserschutz getroffen. Die kommunalen Bauleitpläne sind als diejenigen Instrumente des Hochwasserschutzes zu begreifen, die am stärksten zur Verringerung des Schadenspotenziales beitragen können (Kuhlicke & Drünkler 2004). Die Planungshoheit der Kommunen ist in den Strategien zur Verminderung des Hochwasserrisikos und insbesondere zur Verminderung des lokalen aber auch des überörtlichen Hochwasserschutzes mit einzubeziehen, auch wenn sich die Planungshoheit räumlich auf das Gebiet der Gemeinden bezieht. Einen wesentlichen Beitrag der kommunale Bauleitplanung im Bezug auf den überörtlichen Hochwasserschutz liegt in der Verminderung der Flächeninanspruchnahme im Besonderen der Versiegelung und damit in der aktiven Rückhaltung von Niederschlagswasser in der Fläche. Die so genannte Bodenschutzklausel (§1a Abs. 1 BauGB) verlangt mit Grund und Boden sparsam umzugehen.

In den Bauleitplänen sind verschiedene Nutzungsansprüche zu berücksichtigen und gegeneinander abzuwägen.⁵⁸ Nach §2 Abs. 3 BauGB sind die Belange zu ermitteln, die für die Abwägung von Bedeutung sind. In dieser Ermessensentscheidung sollten vergangene Hochwasserereignisse und ihre Folgen mit einbezogen werden, um somit dem vorbeugenden Hochwasserschutz ein stärkeres Gewicht beizumessen.

In der Aufstellung von Bauleitplänen waren in der alten Fassung des BauGB Belange des Hochwasserschutzes nicht explizit benannt, sondern nur unter dem Belang des Naturschutzes subsumiert (§1 Abs. 6 Nr. 7c BauGB). Mit der Novellierung wird insbesondere der Hochwasserschutz als ein zu berücksichtigter Belang innerhalb der Bauleitplanung in das BauGB aufgenommen. Mit §1 Abs. 6 Nr. 12 BauGB wird dem Hochwasserschutz somit innerhalb der städtebaulichen Planung ein eigenes höheres Gewicht eingeräumt. Damit untersteht der Hochwasserschutz als unbestimmter Rechtsbegriff im Abwägungsverfahren nach §1 Abs. 7 BauGB der vollen verwaltungsgerichtlichen Kontrolle im Gegensatz zum Ermessen (vgl. Ferner 2005, §1 Rn. 11).

Führt die fehlerhafte Abwägung zu hochwasserwasserbedingten Beeinträchtigungen (Eigentumsverletzungen) außerhalb des Plangebiets, zum Beispiel zu voll gelaufenen Kellern aufgrund eines nicht ordnungsgemäßen Abflusses von Niederschlagswasser, so wird über das Abwägungsgebot ein Drittschutz gewährt, d.h. Betroffene können die Einhaltung rechtlich einfordern. Dabei ist aber ein adäquat-kausaler Zusammenhang zwischen Beeinträchtigung und Planung herzustellen bzw. zu begründen (BVerwGE 21.03.2002 – 4 CN 14.00). Die Nachweisbarkeit des Ursache-Wirkungszusammenhangs ist aber räumlich begrenzt – in der Regel auf das Gebiet der Gemeinde beschränkt (Kern 2005, 33). Dennoch wird dem Belang des Hochwasserschutzes somit ein stärkeres Gewicht eingeräumt, d.h. das „Wegwagen“ des Hochwasserschutzes ist damit innerhalb der kommunalen Bauleitplanung Grenzen gesetzt (vgl. Stürer 2005). Die Vorschrift dient damit vorrangig der aktiven Bewusstseinsbildung und dem Hochwasserschutz auf der kommunalen Ebene.

Im Flächennutzungsplan und Bebauungsplan können zum Zweck des vorsorgenden Hochwasserschutzes nach §5 Abs. 2 Nr. 7 bzw. §9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind, dargestellt werden bzw. Wasserflächen sowie die Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses festgesetzt werden. Mit dieser Möglichkeit der Festsetzung sind die Gemeinden in der Lage, Flächen für planfeststellungsbedürftige Vorhaben der Wasserwirtschaft zu sichern (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB). Es ist zu beachten, dass eine privilegierte rechtmäßige Planfeststellung (Hochwasserschutzanlagen) eine entsprechende Anpassung der Bauleitplanung nach sich zieht.

Auf Grundlage des Hochwasserschutzgesetzes werden den Kommunen weitere Instrumente für die aktive Flächenvorsorge bereitgestellt. Gemäß §24 Abs. 1 S. 1 Nr. 7

⁵⁸ §1 Abs. 6 BauGB umreißt beispielhaft mögliche Kriterien.

BauGB wird den Gemeinden in Gebieten, die für den vorbeugenden Hochwasserschutz geeignet sind, ein Vorkaufsrecht eingeräumt.

Des Weiteren wird der Erhöhung des Schadenspotenzials entgegengewirkt, indem der städtebauliche Außenbereich mit der Novellierung des BauGB auch unter dem Gesichtspunkt des Hochwasserschutzes einer Bebauung nicht mehr zugänglich ist (§35 Abs. 3 S. 1 Nr. 6 BauGB).

Es gilt in der Ausweisung von Baugebieten aber nicht nur die örtlichen Belange zu betrachten, sondern auch diejenigen Bedürfnisse, die entlang des gesamten Flussverlaufs bzw. Flusseinzugsgebiets bestehen. Der Begriff der Solidargemeinschaft gewinnt hier eine zentrale Rolle. Im Bezug auf eine interkommunale Hochwasser versorgende Zusammenarbeit ist im Bereich des Bauplanungsrechts das *interkommunale Abstimmungsgebot* nach §2 Abs. 2 S. 1 BauGB gegeben. Diese Vorschrift greift im Falle eines vorbeugenden und abgestimmten Hochwasserschutzes jedoch nur in dem Fall, in dem nachgewiesen werden kann, dass bauleitplanerische Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz einer Gemeinde unverhältnismäßige Auswirkungen zu Lasten einer anderen Gemeinde haben. Das Kriterium der Unverhältnismäßigkeit der Betroffenheit gilt es also entsprechend darzulegen, was oftmals erst in einem gerichtlichen Verfahren geklärt werden kann (Kern 2005). Das Recht auf kommunale Abstimmung ist zudem räumlich begrenzt, die entsprechenden überörtlichen Auswirkungen des Vorhabens sind nachzuweisen. Mit zunehmender Entfernung lassen sich jedoch Auswirkungen von Hochwassermaßnahmen nur unzureichend nachweisen (Kment 2005).

Dennoch könnte hier ein Ansatz gesehen werden die interkommunale Zusammenarbeit zu fördern, indem sich Kommunen zu besonderen Arbeitsgemeinschaften (nach Art. 4 KommZG) zusammenschließen, um somit eine Kommunikationsplattform zwischen den Kommunen zu bilden und den Erfahrungsaustausch zu fördern. Der Vorteil bei dieser Form der gemeindlichen Kooperation liegt in der Bindung der Gemeinden an die Beschlüsse der Arbeitsgemeinschaft im Innenverhältnis nicht aber nach außen (Art. 5 KommZG; Kern 2005), sodass ein Mindestmaß an rechtlicher Bindung erreicht werden kann, ohne die Kommunen in ihrer Gestaltungsfreiheit zu stark einzuschränken.

Es bestehen auf der städtebaulichen Ebene zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung, um einen vorbeugenden Hochwasserschutz sicherzustellen und das Anhäufen von volkswirtschaftlichen Werten in den überschwemmungsgefährdeten Bereichen zu verringern aber auch Möglichkeiten den überörtlichen Hochwasserschutz zu verbessern. Dennoch bedeutet dies nicht, dass dem Hochwasserschutz in der Bauleitplanung eine höhere Stellung gewährt wird, sondern nur, dass die kommunalen Entscheidungsträger verstärkt für das Thema Hochwasserschutz sensibilisiert werden sollen. Es stellt sich dennoch die Frage, welche Gewichtung dem vorbeugenden Hochwasserschutz auf der kommunalen Ebene beigemessen wird. Liegen keine fachplanerischen Gebietskategorien, wie ein Überschwemmungsgebiet vor, ist davon auszugehen, dass die Gemeinde in ihrer Abwägungsentscheidung den Belangen des vorbeugenden Hochwasserschutzes geringere Beachtung schenkt. Das Nutzungskalkül

folgt auf der kommunalen Ebene einer anderen Rationalität, hier steht die Ausweisung von Wohn- und Gewerbegebieten zur Erzielung von Einkommens- und Gewerbesteuer an vorderster Stelle (Greiving 2001; Luhmann 2005).

Es kann hier von einem aus dem fehlenden Bewusstsein resultierenden Vollzugsdefizit gesprochen werden. Die Unsicherheit über den lokalen Nutzen vorbeugender Maßnahmen aber vor allem das fehlende Bewusstsein bzw. Wissen für die überregionalen Wirkungen der Maßnahmen führen zur Vernachlässigung des vorbeugenden flussgebietsbezogenen Hochwasserschutzes.

Kommunen sind sich der Gefahr nicht bewusst, die sie damit eingehen, dass sie dem Hochwasserschutz gegenüber anderen Nutzungsansprüchen eine geringere Wertigkeit zukommen lassen. Die lokalen politischen Entscheidungsträger sind vor allem an kurzfristigen und mit hohem lokalem Nutzen verbundenen Maßnahmen interessiert. Denn erstens ist die politische Macht von der Legislaturperiode abhängig und somit zeitlich begrenzt und zweitens folgt daraus, dass vorrangig Maßnahmen und Projekte umzusetzen sind, die auf eine Verlängerung der Amtszeit ausgerichtet sind. Ein mögliches Hochwasserereignis mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren oder noch geringer, fällt damit sehr schnell aus dem Blickwinkel der Entscheidungsträger. Das Ausruhen auf dieser Position wird durch den Staat verstärkt, indem die Konsequenzen einer möglichen Katastrophe durch Hilfsfonds nachträglich kompensiert werden. In Thüringen ist beispielsweise auf die Verwaltungsvorschrift „*Gewährung staatlicher Finanzhilfe bei Elementarschäden*“ (ThürStAnz. 02/02) zu verweisen. Die Folgen der Entscheidung zur Ausweisung von Baugebieten in hochwassergefährdeten Bereichen werden im Katastrophenfall nicht von den Kommunen und nicht von den betroffenen Eigentümern allein gezahlt, sondern sie werden durch formellen und informellen (Spenden, ad hoc Hilfsfonds) kompensiert. Nach der Elbeflut 2002 wurde ein Aufbaufond aus Bundes- und Landesmitteln im Umfang von 7,1 Mrd. Euro bereitgestellt (Staatskanzlei Sachsen 2002). Aber auch das Gebot der Vorsorge für bestehende bauliche Anlagen wird durch diese ad hoc Kompensationen unterlaufen. Mit der Folge, dass somit kein Anreiz für die kommunalen Entscheidungsträger sowie für die betroffenen Eigentümer besteht, dem vorsorgenden Hochwasserschutz ein stärkeres Gewicht einzuräumen. Entsprechend dieser Situation wird gefordert, dass Entscheidungen zur Ausweisung von Baugebieten und damit zur Vergrößerung von Schadenspotenzialen in gefährdeten Räumen auf der Ebene zu treffen sind, von der auch im Hochwasserfall die finanzielle Katastrophenhilfe bzw. Schadenskompensation organisiert wird (Kron 2004). Dies würde aber ein Einschnitt in die kommunale Selbstverwaltungsgarantie bedeuten, daher sind hier Instrumente bzw. Anreize zu finden, die ohne derartige Eingriffe ein überregionales Bewusstsein für den Hochwasserschutz auf der regionalen Ebene schafft.

Auch der Schaffung von Retentionsräumen zum überregionalen Hochwasserschutz durch Rückbau von Schadenspotenzial sind, wie auch am Beispiel der Deichrückverlegung oben dargestellt, Grenzen gesetzt, die vor allem in den Entschädigungsansprüchen der Grundstückseigentümer liegen. Änderung und Aufhebung von Bauleitplänen bedeutet die Beschniedung oder auch der Entzug bestehender Nutzungsrechte.

Kompensiert werden die mit der Beschneidung verbunden Nutzungseinbußen. Sofern die zulässige Nutzung vollständig entzogen wird, kann der Eigentümer die Übernahme des Grundstücks fordern (Fachkommission "Städtebau" 2003). Entsprechend ist der Rückbau an sehr hohen Kosten gebunden, die eine Kommune in der Regel allein nicht leisten kann und will. Hier sind finanzielle Instrumente erforderlich die einen Ausgleich für die Kommunen bietet, die durch Schaffung von Retentionsvolumen den überörtlichen Hochwasserschutz verbessert, um die Entschädigungen zahlen zu können.

8.1.1.2 Defizite der institutionellen Instrumente

Es wird deutlich, dass zahlreiche formelle Instrumente zur Verfügung stehen, um einen vorsorgenden Hochwasserschutz zu gewährleisten. Es lässt sich aber ein Vollzugsdefizit identifizieren. Verschiedene Gründe können hier angeführt werden. Grundsätzlich ist in Deutschland nicht eindeutig geklärt, welcher Hochwasserschutzgrad vom Staat zu gewährleisten ist und damit grundsätzlich die Frage, wo die Risikoverantwortung liegt und wie das Risiko zwischen Staat und Bürger verteilt ist. Mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes durch das Hochwasserschutzgesetz wird der Umfang der staatlichen Vorsorgepflicht etwas konkretisiert. Durch die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und der Zielvorgaben für die Hochwasserschutzplanung Hochwasserrisiken, die von einem statistisch einmal in 100 Jahren auftretenden Hochwasser ausgehenden Gefahren soweit wie möglich und verhältnismäßig zu minimieren wird die Risikoverantwortung des Staates umrissen. Mit § 31a Abs. 1 WHG wird vor allem aber auch auf die Eigenvorsorge abgestellt.

Eine konkrete Beantwortung der Frage nach der Risikoverteilung wird und kann auch das neue Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes aufgrund der abstrakten Formulierung nur unzureichend gerecht werden. Die Klärung dieser Frage bildet auch die Grundvoraussetzung für die Entwicklung von nachhaltigen, integrativen Strukturen und Instrumenten.⁵⁹ Mittelbar wird damit auch die Frage nach dem Recht auf Hochwasserschutz gestellt. Wenn im §31d WHG gefordert wird, Hochwasserschutzpläne aufzustellen, die Hochwassergefahren von HQ₁₀₀ Ereignissen soweit wie möglich und verhältnismäßig zu minimieren, wird deutlich, dass der Hochwasserschutz immer eine Frage der Verhältnismäßigkeit ist. D.h., einerseits dass der Hochwasserschutzgrad nicht überall gleich sein kann und anderseits, dass der Hochwasserschutz von den verschiedenen Entscheidungsträgern auch unterschiedlich gewichtet wird. Mit der Folge, dass in einem Flussgebiet die Steuerung mittels starrer regulativer bzw. ordnungsrechtlicher Instrumente Grenzen gesetzt sind. Entsprechend sind neue Formen der Gestaltung zu initiieren. Das heißt aus Sicht des politisch-administrativen Systems eine Plattform zu schaffen, um innovative Verfahren im Besonderen kooperative Verhandlungsverfahren zu forcieren und vor allem Anreizstrukturen zu schaffen, um das bestehende Instrumentarium anzuwenden bzw. Alternativmöglichkeiten außerhalb des ordnungspolitischen Systems zu verstärken.

⁵⁹ Nagel, UBA-Workshop Berlin 16.01.2006

Grundsätzlich steckt der integrative flusseinzugsgebietsbezogene Hochwasserschutz in doppelter Hinsicht in einem Dilemma. Einerseits sind die Wirkungen von Maßnahmen im Flussgebiet hydrologisch nur bis zu einer bestimmten Entfernung sicher nachweisbar, andererseits bildet der politisch-administrative Handlungsräum nur unzureichend eine gemeinsame Schnittmenge mit dem Naturraum – Flusseinzugsgebiet.⁶⁰

Der Umgang mit Unsicherheiten stellt an das politisch-administrative System höhere Anforderungen, denn ein klar definiertes Problem ist nicht vorhanden, welche nach Abarbeitung eines Arbeitsplans bzw. durch statische Instrumente gelöst werden kann. Eine top-down Steuerung nach dem Vorbild einer Konditionalprogrammierung ist nicht möglich, da eine Vielzahl von Entscheidungsmöglichkeiten bzw. -restriktionen besteht.

Die räumliche Wirkung von wasserwirtschaftlicher Fachplanung beschränkt sich auf das konkrete Flussgebiet, die Raumordnung erweitert die räumliche Ebene beschränkt sich aber auf das jeweilige Bundesland. Eine Zuständigkeitsübergreifende Zusammenarbeit auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten ist nur sehr eingeschränkt möglich (Kooperationsverträge zwischen den Bundesländern). Der derzeitige Betrachtungs- und Handlungsräum wird durch die politisch-administrative Zuständigkeit vorgegeben. Es bestehen Inkompatibilitäten zwischen biophysischem System und den bestehenden formellen Institutionen (*problem of fit*).

Sowohl der hohe vertikale und horizontale Fragmentierungsgrad der Zuständigkeiten für den Hochwasserschutz⁶¹ als auch die Unterschiedlichkeit der Zielvorstellungen innerhalb und zwischen den einzelnen administrativen Fachbereichen beschränken eine effektive Anwendung der bestehenden formellen Instrumente. Hochwasserflächenmanagement erfordert aber die Zusammenarbeit von verschiedenen sektoralen Verwaltungseinheiten. Dieses Defizit einer unzureichenden Kommunikation und Koordination zwischen den einzelnen vertikalen und horizontalen Institutionen wird als „*problem of interplay*“ bezeichnet.⁶²

Die regulativen Instrumente der Raumordnung geben den Rahmen für mögliche Flächennutzungen auf einer abstrakten Ebene vor. Sie wirken nur mittelbar, da sie nur auf die öffentlichen Planungsträger Einfluss nehmen. Des Weiteren kann durch raumplanerische Instrumente nur Flächenvorsorge betrieben werden, eine aktive Verringerung des bestehenden Schadenspotenzials ist nicht möglich.

⁶⁰ Nach dem jetzigen Stand der Technik bzw. Wissenschaft ist der Nachweis einer ein-eindeutigen Ursache – Wirkung - Beziehung nur auf einer lokalen (räumlichen) Skalenebene möglich. Die Wirkung von Eingriffen in den Gewässerabfluss auf einer regionalen Ebene und damit für den entfernten Unterlieger ist schwer nachzuweisen (IKSR 1998).

⁶¹ Vertikale Fragmentierung der Zuständigkeiten wird hier als eine sektorale bzw. fachplanerische Verteilung der Aufgabenwahrnehmung definiert und horizontale Verteilung ist als hierarische Zuordnung von Handlung- und Entscheidungskompetenzen im politisch-administrativen System zu verstehen.

⁶² Im Rahmen der Umsetzung der WRRL sind diese Defizite herausgearbeitet worden (vgl. umfassend Moss 2003).

Bei der Festsetzung von wasserrechtlichen Überschwemmungsgebieten beispielsweise handelt es sich grundsätzlich um ordnungsrechtliche Steuerungsinstrumente. Mit dieser Festsetzung werden Nutzungsmöglichkeiten der betreffenden Flächen eingeschränkt, was in der Regel auf Widerstände seitens der betroffenen Grundstückseigentümer oder Kommunen trifft.

Trotz der Verbesserung der gesetzlichen Grundlagen fehlt es dennoch an objektiven Abwägungskriterien bzw. an Anreizen, um den vorbeugenden Hochwasserschutz in den Entscheidungen mehr Beachtung zu schenken.

Hochwasserschutzmaßnahmen beziehen sich räumlich auf das Flusseinzugsgebiet, tangieren dabei aber viele unterschiedliche Flächennutzungen bzw. -ansprüche. Die hohe Zahl von Nutzungen sowohl im Gewässer als auch am Gewässer führen zu einer hohen Komplexität, der die gegenwärtige politisch-administrative Steuerung nur unzureichend gerecht wird. Auf der kommunalen Ebene bestehen zahlreiche Möglichkeiten, das Gefährdungspotenzial zu reduzieren. Sie werden unzureichend genutzt, weil die Gefährdung nur nicht in einem ausreichenden Maß wahrgenommen wird. Dieses Wahrnehmungsdefizit wird vor allem durch die Schadensregulierung nach einem katastrophalen Ereignis verstärkt, wie das Schadensereignis an Elbe 2002 gezeigt hat. Auch wenn die vergangenen Hochwassereignisse und die Veränderungen im politischen-administrativen System die Wahrnehmung für das Risiko erhöht haben, ist diese Wahrnehmung aber weiterhin lokal ausgerichtet. Risiken für Ober- und Unterlieger werden von lokalen Entscheidungsträgern nicht ausreichend beachtet. Es kann den Gemeindevertretern und Bürgermeistern ein Fehlverhalten nicht vorgeworfen werden, denn das Wohl der Gemeinde hat in ihren Entscheidungen höchste Priorität. Deshalb müssen Mechanismen gefunden werden, die die nicht intendierten Folgen ihres lokal begrenzten Wirkens aufzeigen und entsprechendes Handeln forcieren. Ordnungsrechtliche Verbote und Gebote werden als Eingriff in die Selbstverwaltung qualifiziert. Daher wäre ein Verfahren zu internalisieren, das nicht gegen das Selbstverwaltungsrecht gerichtet ist, sondern auf dieses aufbaut. D.h. die Folgen von Eingriffen sollten durch die Gemeinden getragen werden um somit einen Anreiz zu schaffen, Hochwasser schärfende bzw. schadenspotenzial erhöhende Eingriffe zu vermeiden. Um das überörtliche Hochwasserrisikomanagement zu verbessern, sind interkommunale Handlungsprozesse zu verstärken. Die Hochwassereignisse der vergangenen Dekade zeigten deutlich, dass die Verantwortung auf den Schultern des Staates lastet. Dies betrifft nicht nur die Umsetzung von Präventions- und Vorsorgemaßnahmen, sondern vor allem auch die Kompensation von Schäden. Eine verstärkte Internalisierung der Kosten, aber auch der Nutzen kann einerseits innovative Kommunikationsprozesse und Verhandlungsprozesse in Gang setzen, zu verweisen sei hier auf die informellen Kooperationen, wie z. B. Hochwassernotgemeinschaft Rhein. Anderseits gewinnen durch die vollständige Erhebung von Vor- und Nachteilen Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes an Attraktivität. Zur Abschätzung der Vor- und Nachteile ist eine erweiterte Nutzen-Kosten-Analyse daher die Grundlage zur Umsetzung eines Hochwasserrisikomanagements.

Die im Bereich des Hochwasserflächenmanagements dargestellten formellen Instrumente verfolgen einen Top-Down-Ansatz. Aufgrund der vielfältigen hydrologischen und sozioökonomischen Wirkungsbeziehungen stoßen diese aber sehr schnell an ihre Grenzen. Eine Integration der Maßnahmen zur Umsetzung eines Hochwasserrisikomanagements auf der makroskaligen Ebene eines Flusseinzugsgebietes ist mit diesen Mitteln nur unzureichend zu leisten. Es ist hier auf die internationalen Hochwasseraktionspläne der IKSR oder der IKSE zu verweisen (vgl. Kap. 2.3). Auf der meso- und mikroskaligen Raumbene sind entsprechend ergänzende bzw. kompatible Instrumente zu institutionalisieren.

Im folgenden Absatz soll die Verbandsstruktur im Hinblick auf einen integrativen und kooperativen Hochwasserschutz näher erläutert werden, da hier formelle Rahmenbedingungen vorhanden sind, die ein ganzheitliches Hochwasserrisikomanagement unterstützen. Dieses bottom-up Verfahren könnte bestehende ordnungspolitische und regulative Instrumente vollzugsorientiert ergänzen.

8.1.2 Möglichkeiten eines kooperativen vorbeugenden Hochwasserschutzes

Für die Kooperation zwischen verschiedenen räumlichen und sektoralen Institutionen sind geeignete Organisationsformen zu nutzen und gegebenenfalls zu erweitern. Es sollen im Folgenden nicht neuen Organisationsformen entwickelt werden, sondern ausgehend von den bestehenden rechtlichen Möglichkeiten, die Integration des Hochwasserrisikomanagements in die bestehenden Strukturen des politisch-administrativen Systems geprüft und mögliche Erweiterungen aufgezeigt werden.⁶³

Auf der kleinräumigen Skala werden hier vor allem Zweckverbände, Planungsverbände oder Hochwasserschutzverbände vorgeschlagen, während an größeren Gewässern eher eine informelle Zusammenarbeit (Hochwassernotgemeinschaft Rhein, Nationale und Internationale Schutzkommissionen) favorisiert wird (UBA 2003, 140).

Auf der Ebene der Flüsse zweiter bzw. dritter Ordnung ist eher eine Abstimmung zwischen den Akteuren und Betroffenen gegeben, da erstens das Einzugsgebiet kleiner ist und zweitens auch formell mehr Möglichkeiten einer kooperativen Zusammenarbeit gegeben sind.

Grundsätzlich geeignet sind Organisationsstrukturen wie Wasser- und Bodenverbände sowie Zweckverbände. Sie bilden vor allem die Chance einer (verbindlichen) interkommunalen Kooperation (Rühl 2001), aber auch die Möglichkeit die Zuständigkeit für den Hochwasserschutz auf diejenigen zu begrenzen, die davon unmittelbar betroffen sind bzw. direkt davon profitieren.⁶⁴ Folglich kann die im Rahmen des Hochwasserflächenmanagements angesprochene Komplexität reduziert werden.

⁶³ Die folgende Fokussierung auf Möglichkeiten der Bildung von integrativen Organisationsformen zur Gestaltung des vorbeugenden Hochwasserschutzes entspricht der Forderung nach Institutionalisierung von Water Boards (UBA-Workshop „Innovative Ansätze des vorbeugenden Hochwasserschutzes“ – 20.09.2005).

⁶⁴ UBA-Workshop „Vorbeugender Hochwasserschutz auf kommunaler Ebene“ 13. und 14. Dezember 2000 in Dresden

Wasser- und Bodenverbände unterscheiden sich von den Zweckverbänden vor allem dadurch, dass das Zweckverbandsrecht in der Regel nur Mitgliedschaften von Gebietskörperschaften vorsieht. Die rechtliche Grundlage zur Bildung von Zweckverbänden findet sich in den landesrechtlichen Regelungen zur kommunalen Gemeinschaftsarbeit, für Wasser- und Bodenverbände ist das Wasserverbandsgesetz einschlägig. In beiden Fällen handelt sich um Körperschaften des öffentlichen Rechts und somit um autonome Verwaltungseinheiten. Die Bildung von Zweckverbänden und Wasserverbänden kann auf freiwilliger Basis oder auch aufgrund behördlicher Anordnung zur Erfüllung von Pflichtaufgaben erfolgen.

Primär übernehmen Verbände die Aufgaben der Gewässerunterhaltung an Flüssen zweiter Ordnung, im Rahmen dieser Aufgabe werden ihnen direkt oder indirekt in Form der Sicherung eines ordnungsgemäßen Wasserabflusses auch Hochwasserschutzfunktionen zu Teil. Gemäß §2 Nr. 5 WVG (BGBl. I S. 405) ist der Schutz von Grundstücken vor Sturmflut und Hochwasser einschließlich notwendiger Maßnahmen im Deichvorland eine zulässige Aufgabe für Wasser- und Bodenverbände. Diese Aufgabe kann die Gründung von Amtswegen erfordern, wenn es im öffentlichen Interesse geboten ist (§10 WVG). Die Arbeit der formellen Wasser- und Bodenverbände, wie sie in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg oder in Teilen Niedersachsens bestehen, beschränkt sich im Bereich des vorbeugenden Hochwasserschutzes dabei in der Regel auf das klassische Feld des *technischen* wasserwirtschaftlichen Hochwasserschutzes, konkret der Sicherung des Hochwasserabflusses (Ebbing 2004). Dieser Aufgabenbereich beinhaltet Maßnahmen im Rahmen des Ausbaus oder der Gewässerunterhaltung mit dem Ziel, einen definierten Bemessungsabfluss sicherzustellen. Dies umfasst aber auch die Schaffung und Erhaltung von Retentionsräumen ursprünglicher Überflutungsgebiete. Die Deichverbände in NRW oder Niedersachsen sind primär auf die Deichunterhaltung ausgerichtet. Sie werden demnach als Einzweckverbände definiert. Das Wasserverbandsrecht lässt aber auch die Wahrnehmung mehrerer Aufgaben zu - beispielsweise:

- Gewässerunterhaltung,
- Hochwasserschutz,
- Grundwasserbewirtschaftung,
- Trinkwasserversorgung (vgl. §2 WVG).

Die Wasser- und Bodenverbände variieren daher hinsichtlich Aufgaben und Mitgliedschaft in den einzelnen Bundesländern (Monsees 2005).

In *Mecklenburg-Vorpommern* ist die Unterhaltung der Deiche (inkl. Schöpfwerke und Siele) an die Gewässerunterhaltung für Flüsse zweiter Ordnung gebunden. Sie erfolgt durch Wasser- und Bodenverbände. Die Festlegung des jeweiligen Unterhaltungsgebiets richtet sich dabei nicht nach administrativen Grenzen (Landkreise), sondern

nach Wassereinzugsgebieten. Mitglieder sind Gemeinden (für grundsteuerpflichtige Flächen) und Grundstückseigentümer (nicht grundsteuerpflichtig).⁶⁵

Gemäß dem thüringischen Wassergesetz ist für die Unter- und Erhaltung der Deiche an Flüssen wie Saale, Werra und Unstrut das Land⁶⁶ zuständig. Für alle weiteren im Gesetz nicht namentlich aufgeführten Flüsse bzw. Flussgebiete sind die Gemeinden bzw. gegründete Verbände zuständig (§75 ThürWG). Im Gegensatz zu Mecklenburg-Vorpommern sind in Thüringen Wasser- und Bodenverbände eher die Ausnahme. Es gibt vereinzelte Versuche, die Unterhaltung der Gewässer und ihrer Deiche gemeinschaftlich zu organisieren. Dabei soll und wird aber vorrangig auf die Organisationsform eines Zweckverbandes zurückgegriffen werden.⁶⁷ Die Gründung von Wasser- und Bodenverbänden⁶⁸ und von Zweckverbänden⁶⁹ werden in Thüringen im Rahmen des Programms „Anschubfinanzierung von Gewässerunterhaltungsverbänden“ finanziell gefördert (Thüringer Staatsanzeiger 35/2002).⁷⁰ Hier werden somit Anreize geschaffen, um eine freiwillige interkommunale Zusammenarbeit zu fördern.

In Nordrhein-Westfalen ist gesetzlich normiert, dass bspw. Deiche von demjenigen zu unterhalten sind, der sie errichtet hat (§108 Abs. 2 LWG NRW (GV. NRW. S.926 / SGV. NRW. 77)). Im Gegensatz zu einer entsprechenden Verteilung der Unterhaltungslast nach wasserwirtschaftlicher Bedeutung werden in Nordrhein-Westfalen keine Deiche direkt vom Land unterhalten. Die Deiche sind von den Gemeinden und eigens gegründeten Deichverbänden zu tragen. In Nordrhein-Westfalen ist der Hochwasserschutz somit keine staatliche Aufgabe, sondern obliegt den betroffenen Bürgerinnen und Bürgern. Diese haben sich - zum Teil über die Städte und Gemeinden - zur Erfüllung dieser anspruchsvollen Aufgabe häufig in Wasser- oder Deichverbänden zusammengeschlossen.

In Nordrhein-Westfalen bestehen zudem sondergesetzliche Wasserverbände, deren bereits frühe Institutionalisierung Mitte des 20 Jh. mit der hohen Belastung der Gewässer durch Industrie und Siedlungsexpansion begründet wurde. Der Staat hat sich hier für die Institutionalisierung von mittelbaren Selbstverwaltungskörperschaften und gegen eine Ausdehnung des Staatsapparates entschieden. Diese Organisationsform wurde gewählt, um eine ganzheitliche und akteursbezogene Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten sicher zu stellen. Ihr Aufgabenspektrum ist im Gegensatz zu den Wasser- und Bodenverbänden in der Regel weiter gefasst (Harro 2001, Tettlinger, Mann & Salzwedel 2000).

Die Vereinigung mehrerer Aufgaben in diesen so genannten *Mehrzweckverbänden* bietet hinsichtlich der Umsetzung eines Hochwasserrisikomanagements den Vorteil ein abgestimmtes Handeln zu fördern und somit Synergieeffekte zu nutzen.

⁶⁵ http://www.wbv-mv.de/Einführung/Rechtliche_Grundlagen/rechtliche_grundlagen.html

⁶⁶ Die staatlichen Umweltämter in Thüringen sind für die Unterhaltung im Namen des Landes zuständig (§104 Abs. 3 ThürWG).

⁶⁷ Auskunft SUA Sondershausen

⁶⁸ nach dem Wasserverbandsgesetz vom 12.02.1991, BGBl. I, 405

⁶⁹ nach dem Gesetz über kommunale Gemeinschaftsarbeit vom 11.06.1992 (GVBl. Nr. 14, 232)

⁷⁰ <http://www.thueringen.de/foerderbuch/>

Im Besonderen ist auf die Wahrnehmung unterschiedlicher hochwasserschutzrelevanter Aufgaben zu verweisen. Denn Maßnahmen zur Sicherung des schadlosen Abflusses wie zur Gewässerstruktur und -güte weisen eine hohe Interdependenz auf. Die Gewässerunterhaltung umfasst unter anderem konkret auch die Erhaltung eines ordnungsgemäßen Wasserabflusses. Aus der Perspektive des vorbeugenden Hochwasserschutzes ist die Gewährleistung des Wasserabflusses von besonderer Bedeutung. Maßnahmen zum Rückhalt von Wasser in der Fläche verringern nicht nur den Aufwand für die Sicherung des Abflusses, sondern vermindern vor allem das Hochwasserrisiko auf lokaler und insbesondere auf regionaler Ebene. Zudem können mögliche Nutzungskonflikte innerhalb des Wasserverbandes im Vorfeld der Umsetzung geklärt werden.

Im Folgenden ist beispielhaft das Aufgabenspektrum des sondergesetzlichen Wasserverbandes Erftverband in Nordrhein-Westfalen dargestellt.

§2 ErftVG (GV.NW. S. 54)

Aufgaben des Verbandes

(1) Der Verband hat im Verbandsgebiet folgende Aufgaben:

1. **Erforschung und Beobachtung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Zusammenhang mit dem Braunkohleabbau;**
2. Regelung des Wasserabflusses einschließlich Ausgleich der Wasserführung und **Sicherung des Hochwasserabflusses** der oberirdischen Gewässer oder Gewässerabschnitte und in deren Einzugsgebieten;
3. **Unterhaltung oberirdischer Gewässer oder Gewässerabschnitte** und der mit ihnen in funktionellem Zusammenhang stehenden Anlagen;
4. **Rückführung ausgebauter oberirdischer Gewässer in einen naturnahen Zustand;**
5. Regelung des Grundwasserstandes;
6. Vermeidung, Minderung, Beseitigung und Ausgleich wasserwirtschaftlicher und damit in Zusammenhang stehender ökologischer, durch Einwirkungen auf den Grundwasserstand, insbesondere durch den Braunkohleabbau hervorgerufener oder zu erwartender nachteiliger Veränderungen;
7. Beschaffung und Bereitstellung von Wasser zur Sicherung der gegenwärtigen und künftigen Versorgung der Bevölkerung und der Wirtschaft sowie Förderung von Maßnahmen zur Minderung des Wasserverbrauchs;
8. Abwasserbeseitigung;
9. Entsorgung der bei der Durchführung der Verbandsaufgaben anfallenden Abfälle;
10. Vermeidung, Minderung, Beseitigung und Ausgleich eingetretener oder zu erwartender, auf Abwassereinleitungen oder sonstige Ursachen zurückzuführender nachteiliger Veränderungen des oberirdischen Wassers;
11. Ermittlung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, soweit es die Verbandsaufgaben nach Nummern 2 bis 10 erfordern.

Im Bereich des Hochwasserschutzes wird eine Erweiterung der Kompetenzen von den sondergesetzlichen Wasserbänden in NRW befürwortet. Denn auch auf der informel-

len Ebene leisten sondergesetzliche Wasserbände bereits einen Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Der Erftverband berät beispielsweise Kommunen und Immobilieneigentümer bei der Bauvorsorge oder sie stellen ihre wasserwirtschaftlichen Kenntnisse im Verbandsgebiet Versicherungen zur Verfügung, um die Gefahrendaten bzw. -karten im Rahmen des ZÜRS-Modells zu aktualisieren. Die Verbindungen der einzelnen Aufgaben mit den Belangen des Hochwasserschutzes erfordern eine entsprechende Organisationsstruktur.⁷¹

Wasser- und Bodenverbände dienen dem öffentlichen Interesse und dem Nutzen ihrer Mitglieder (§1 Abs. 2 WVG). Dies hat unter anderem zur Folge, dass die Mitglieder⁷² im Rahmen der satzungsrechtlichen Möglichkeiten einen direkten Anspruch auf die Durchführung von Maßnahmen besitzen (Rapsch 1993). Mitglieder eines Wasser- und Bodenverbandes können unter anderem Grundstückseigentümer, Körperschaften des öffentlichen Rechts oder natürliche Personen sein, denen der Verband im Rahmen seiner Aufgaben Pflichten abnimmt oder erleichtert (§4 WVG).

Die Kosten einer Deichsanierungen (Unterhaltung und Wiederherstellung) beispielsweise sind nach §108 Abs. 5 LWG NRW nach dem Maß ihres Vorteils von denjenigen zu tragen, deren Grundstücke durch den Deich geschützt werden. Hier wird somit per Definition eine Äquivalenz zwischen Bevorteilten und Kostenträgern hergestellt und somit ein Anreiz geschaffen den Hochwasserschutz kosteneffizient zu gestalten. Des Weiteren wird die räumliche Skalenebene in der Betrachtung und Entscheidung auf eine regionale Ebene gehoben.

Der Vorteil der Wasser- und Bodenverbände bzw. der sondergesetzlichen Wasserverbände NRW gegenüber den Zweckverbänden liegt vor allem in der stärkeren Einbindung der privaten Bevorteilten wie der Erschwerer des Hochwasserschutzes in das Entscheidungsverfahren. Damit wird besonders dem Umstand Rechnung getragen, dass die Sicherung des Hochwasserabflusses und somit die Pflichten zur Unterhaltung und Wiederherstellung von Deichen als öffentliche Aufgaben zu qualifizieren sind, aber nicht als staatliche Aufgaben (Tettinger et al. 2000). Die im Kapitel oben angesprochene Frage der (Risiko)-Verantwortung ist damit eindeutig geklärt, sie liegt in den Händen der Betroffenen.

Die Errichtung eines Verbandes setzt grundsätzlich die Interessenübereinstimmung sog. Beteiligter voraus. Neben den formalen Voraussetzungskriterien für eine Mitgliedschaft wie sie in §4 WVG aufgelistet sind, ist die Erfüllung des Vorteilsprinzips oder Erschwererprinzips notwendiges Beteiligungskriterium. Als Beteiligte kommen gemäß §8 Abs. 1 i.V.m. §4 WHG in Betracht:

⁷¹ Aussagen von Ulrich Kern Erftverband – Telefongespräch 13.01.06

⁷² Wasser- und Bodenverbände sind Personalverbände, sie besitzen so genannte dingliche Verbandsmitglieder. Die Mitgliedschaft knüpft an das Eigentum an einem Grundstück an, das beispielsweise durch einen Deich geschützt ist.

1. Die aus der Durchführung der Verbandsaufgabe einen Vorteil haben oder zu erwarten haben,
2. von deren Anlage oder Grundstücke nachteilige Einwirkungen auf das Verbundunternehmen ausgehen oder zu erwarten sind,
3. die voraussichtlich Maßnahmen des Verbands zu dulden haben,
4. wenn Sie von der Aufsichtsbehörde nach §13 Abs. 1 S. 1 als Beteiligter festgestellt worden sind. Gemeinsame Eigentümer und Erbbauberechtigte gelten als ein Beteiligter.

Sowohl das Verursacher- als auch das Vorteilsprinzip kommen somit direkt zur Anwendung.⁷³ Für den Hochwasserschutz im Verbandsgebiet bedeutet dies, dass derjenige, der den Hochwasserabfluss negativ beeinflusst, als auch derjenige, der durch die Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen geschützt wird, einerseits an der Entscheidung über die Realisierung von Maßnahmen und anderseits an den finanziellen Kosten zu beteiligen ist. Diese Verteilungsstruktur führt erstens zu einer höheren Verteilungsgerechtigkeit und zweitens zu einer verstärkten Bewusstseinsbildung für den Hochwasserschutz, da die Kosten und Nutzen für jedes Mitglied deutlich werden. Die erweiterte Nutzen und Kosten Analyse kann dazu dienen im Einzelfall der Frage nach dem Schutzgrad nachzugehen, denn wenn die Kosten für den Bevorteilten zu hoch sind, wird er sich nach Alternativen umsehen müssen, die allen voran in der Bauvorsorge und Risikovorsorge und im Extremfall auch zum Verlassen der exponierten Flächen liegen.

Wasser- und Bodenverbände finanzieren sich in der Regel durch private Beiträge aber zum größten Teil durch öffentliche Zuwendungen des Landes, des Bundes und der EU. Die Höhe der Beitragspflicht richtet sich nach dem Vorteil, der durch die Arbeit des Verbandes für den Einzelnen gewährt wird. Die Gemeinden legen die Beiträge nach dem Kommunalabgabengesetz auf die betreffenden Grundstückseigentümer um (§28 WVG). In Zweckverbänden zur Unterhaltung von Gewässern und Hochwasserschutzanlagen werden die Aufwendungen auf die einzelnen Mitgliedskommunen verteilt, die diese wiederum auf Grundstückseigentümer umlegen können.

Im folgenden Kapitel soll anhand eines Beispiels die kommunale Zusammenarbeit im Bereich des Hochwasserschutzes näher dargestellt werden.

EXKURS - Hochwasserschutz-Zweckverband

Neben der gesetzlichen Vorgabe, die Gewässerunterhaltung bzw. die Unterhaltung der Deiche durch Kommunen oder zu gründende Verbände vorzunehmen, besteht

⁷³ vlg. Niedersächsisches Deichgesetz – (§6 Abs. 1 NDG (Nds.GVBl. Nr.6/2004 S.84): "Die Eigentümer aller im Schutz der Deiche und Sperrwerke gelegenen Grundstücke (geschütztes Gebiet) sind zur gemeinschaftlichen Deicherhaltung verpflichtet (Deichpflicht).[...]."

auch die Möglichkeit des freiwilligen Zusammenschlusses von Flussanliegern, um explizit den überörtlichen Hochwasserschutz gemeinschaftlich zu organisieren.

Der Hochwasserschutzzweckverband Elsenz-Schwarzbach ist ein Beispiel für einen solchen freiwilligen Zusammenschluss von Kommunen im gleichnamigen Einzugsgebiet (Baden-Württemberg). Dieser Verband hat sich im Nachgang der Hochwasserereignisse von 1994 gegründet. Bei diesem Hochwasser waren nicht nur beträchtliche Sachschäden aufgetreten, sondern auch zwei Todesopfer zu beklagen. Aber nicht allein die direkten Wirkungen der Überschwemmungen in Form von Schäden an Gebäuden, Infrastruktur etc. waren hoch, sondern auch die mittelbaren Folgen der Hochwasserkatastrophe im Einzugsgebiet. Im Nachgang der Katastrophe verzeichneten Kommunen Steuerausfälle aufgrund von Betriebsschließungen bzw. Verlegung von Betriebsniederlassungen, zudem wurde ein Anstieg der Arbeitslosigkeit registriert.⁷⁴ Der Druck aus der Bevölkerung auf die politischen Entscheidungsträger war entsprechend hoch. Diese Schäden konnten nicht finanziell durch staatliche ad hoc Zahlungen kompensiert werden. Es handelt sich um langfristige Schäden, die das Bewusstsein für den Hochwasserschutz langfristig erhöht hatten.

Der Leidensdruck führte zu zahlreichen Verhandlungen zwischen Wasserwirtschaft, Naturschutz, Gemeinden, betroffenen Bürgern, Gewerbetreibenden und Landwirtschaft mit dem Ziel, den Hochwasserschutz gemeinschaftlich zu verbessern.

Auf Grundlage von hydrologischen Modellierungen wurde ein Hochwasserschutzkonzept entworfen. Es sah unter anderem vor, im Oberlauf der Gewässer mit 50 Becken eine Hochwasserrückhaltung zu betreiben. Mit der Rückhaltung des Hochwassers in diesen Becken wird die Wasserabflussmenge so reduziert, dass ein statistisch in 100 Jahren einmal auftretendes Hochwasser schadlos ablaufen kann. Alle Gemeinden profitieren von der Rückhaltung des Wassers. Auch die Gemeinden, in deren Gemarkung die Rückhaltebecken gebaut wurden, sind nicht durch den Bau in ihrer Entwicklung beeinträchtigt worden. Da hier Flächen in Anspruch genommen wurden, die die Entwicklungsmöglichkeiten der Gemeinden nicht beeinträchtigten und somit keine Opportunitätskosten auftraten.⁷⁵ Die Flächen befanden sich vorrangig in Privatbesitz, sie wurden aufgekauft oder mittels Flurbereinigung getauscht, sodass auch der Landeigentümer finanziell kompensiert worden ist.

Das Vorhaben beschränkte sich auf den technischen Hochwasserschutz, Maßnahmen zum Rückbau von Deichen und Umwidmung von Flächen zu Erhöhung der Retention beispielsweise sind nicht vorgenommen worden, da dies den Handlungs- und vor allem den Verhandlungsaufwand und somit die Verfahrenskosten erhöht hätten.

Aufgrund der fehlenden finanziellen kommunalen Mittel einerseits und der finanziellen Förderung von gemeinschaftlichen Hochwasserschutzverbänden durch das Land Baden-Württemberg, andererseits wurde der Entschluss gefasst, den überörtlichen Hochwasserschutz in einem Zweckverband zu gewährleisten (1997). Das Land Baden-

⁷⁴ Herr Werner, Verbandsgeschäftsführer, UBA-Workshop

⁷⁵ Die Flächen waren zudem nicht in den kommunalen Flächennutzungsplänen integriert.

Württemberg fördert dieses Projekt mit 70% der Investitionskosten, dies ist der höchste Fördersatz in Baden-Württemberg. Die Verteilung der noch bestehenden 30% der Investitionskosten und der weiteren Unterhaltungskosten wurde mittels eines hydrologisch ermittelten Verteilungsschlüssels zwischen den einzelnen Kommunen geregelt. Die Verteilung erfolgt gleichgewichtet anhand der Verminderung des Abflusses und der Gewässerfließlänge innerhalb bebauter Flächen. Entsprechend der jeweiligen finanziellen Belastung sind auch die Stimmanteile der Mitgliedskommunen im Verband verteilt (vgl. Satzung).

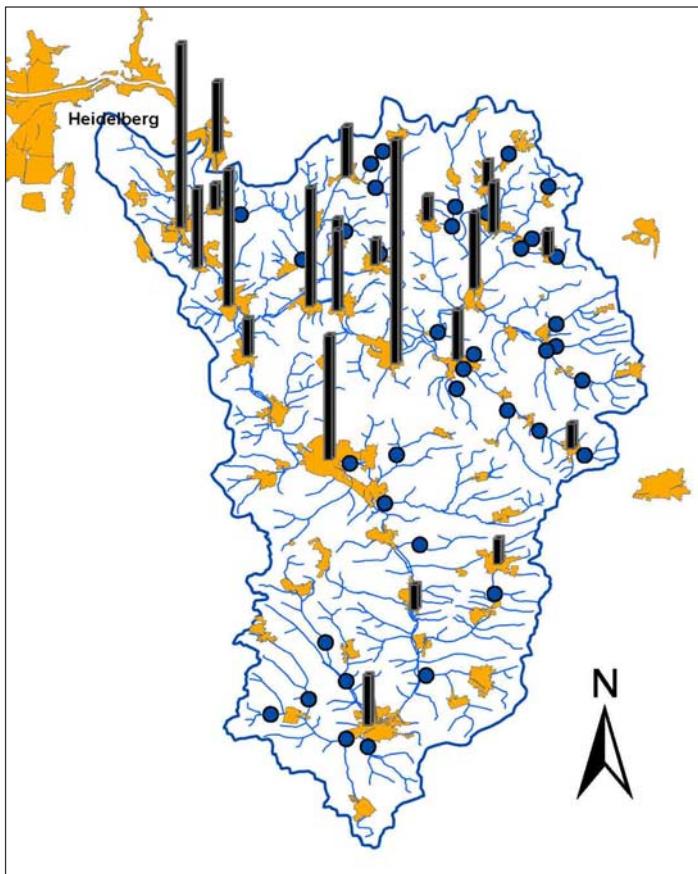


Abbildung 14: Kostenverteilung im Hochwasserschutz-Zweckverband Elsenz-Schwarzbach (Zweckverband Elsenz-Schwarzbach)

Die Verteilungsstruktur der Kosten von Hochwasserschutzmaßnahmen in derartigen Verbänden ist nicht einheitlich geregelt.⁷⁶ Nach einer Erhebung in Baden-Württemberg kommen folgende unterschiedliche Berechnungsansätze und Kriterien zur Verteilung der Kosten in einem derartigen Verbandsgebiet zum tragen:

⁷⁶ Im Rahmen des UBA-Projektes „Sichern und Wiederherstellen von Hochwasserrückhalteflächen“ ist Fallbeispiel der Umsetzung des Hochwasserschutzkonzeptes im Einzugsbereich Baatal/Schauenburg ermittelt worden, dass die Kosten zwischen den beteiligten Gemeinden entsprechend der kommunalen Finanzkraft und der Schadenserwartung im Verhältnis 2:1 aufgeteilt worden ist (UBA 2003, 119).

- Wasserstandsänderungen,
- Reduktion des Hochwasserabflusses,
- besiedelte und entlastete Flusslänge sowie
- betroffene Siedlungsflächen.⁷⁷

Es wurde im Rahmen des UBA-Workshops darauf hingewiesen, dass eine eindeutige und hundertprozentige Verteilungsgerechtigkeit in der Regel nicht zu erreichen ist. Nach Aussagen des Verbandsgeschäftsführers des Hochwasserschutz-Zweckverbandes Elsenz-Schwarzbach ist zu beachten, dass es sich immer auch um eine politische Entscheidung handelt, die entsprechend nach politischen Prämissen gewichtet wird. Auch im Zweckverband Elsenz-Schwarzbach wurde der ursprünglich ermittelte hydrologisch-naturwissenschaftliche Verteilungsschlüssel verändert, indem sich eine Gemeinde bereit erklärte, eine höhere finanzielle Last zu tragen, um das Vorhaben insgesamt zum Erfolg zu verhelfen. Diese freiwillige interkommunale Compensation macht deutlich, dass einerseits das Hochwasserrisiko im Flusseinzugsgebiet unterschiedlich verteilt ist und andererseits dem Hochwasserschutz von den Gemeinden unterschiedliche Priorität eingeräumt wurde. Dementsprechend sind flexible Instrumente zu schaffen, um diesen Rahmenbedingungen gerecht zu werden.

Des Weiteren wurde explizit die Rolle eines Moderators bzw. Mediators angesprochen. Die Leitung und Koordinierung des Entscheidungsverfahrens durch eine Gemeinde trug wesentlich zum Gelingen der Verhandlungen bei. Diese Erkenntnis deckt sich mit Ergebnissen anderer wissenschaftlicher Untersuchungen. Das geleitete Forschungsprojekt „Kooperatives Hochwasserrisikomanagement unter Verwendung eines Umweltinformationssystems – am Beispiel des Flusseinzugsgebiets der Weißenitz“ bestätigt diese Aussage.⁷⁸

Anhand dieser Untersuchung lassen sich folgende Motive und Voraussetzungen für die Bildung von Verbänden bzw. von kooperativen Organisationsformen zur Verfolgung einer gemeinsamen Hochwasserschutzstrategie eruieren:⁷⁹

⁷⁷ Schriftliche Mitteilung Stegmeier (Regierungspräsidium Tübingen)

⁷⁸ Ziel dieses Projektes ist die Etablierung einer Kommunikationsebene zwischen den Kommunen (inkl. den Betroffenen) und den staatlichen Einrichtungen – wie wasserwirtschaftliche Fachplanungen und der Raumplanung, um die einzelnen Positionen zu ermitteln und somit mögliche Missverständnisse bereits im Vorfeld möglicher Planungen zu beseitigen. Sie fördern ein strategisches Vorgehen bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen. Das hier etablierte Verfahren basiert auf dem Regionalmanagementansatz der Regionalplanung. Als Erfolgsfaktor wurde die Lösung zunächst konfliktarmen Problemstellungen genannt. Die Regio-Initiative ist daher derzeit als Diskussionsforum bzw. gemeinschaftliche Lernplattform zu qualifizieren (Hutter & Schanze 2004).

⁷⁹ Diese Motive wurden im Rahmen des UBA-Workshops „Kooperation und Compensation im Bereich des Hochwasserschutzes“ von eingeladenen Experten genannt.

- Hoher Leidensdruck während und nach einer Katastrophe,
- Druck der Betroffenen auf die politischen Entscheidungsträger,
- naturwissenschaftliche Kenntnisse über die Gefährdung und Möglichkeiten der Verringerung des Hochwasserrisikos,
- geringe Finanz- oder Sachmittelausstattung der einzelnen Kommune für den Hochwasserschutz – Suche nach finanziell effizientester Lösung,
- verstärkte Förderung abgestimmter Maßnahmen durch das Land, finanzieller Anreiz, ergebnisorientierte Kanalisierung der finanziellen Mittel,
- Vertrauen in die Verbandspartner (Kommunen – Mitglied im gleichen Kreis) und
- operationalisierbarer Grad an Komplexität.

Vorteile der Verbandsstruktur

Aus Sicht auf die Strategie des Hochwasserrisikomanagements und den bereits genannten Defiziten ordnungsrechtlicher bzw. regulativer Instrumente im Bereich des Hochwasserflächenmanagements lassen sich folgende Vorteile der Verbandstruktur ausmachen:

- Der Hochwasserschutz wird gemeinschaftlich organisiert.
- Informations- und Kommunikationsdefizite können überwunden werden.
- Die räumliche und sachliche Komplexität wird verringert.
- Die Handlungs- und Entscheidungsebene wird auf eine überörtliche Ebene gehoben.
- Vermeidung von regulativen bzw. ordnungspolitischen Instrumenten führt zur Verringerung des Konfliktpotenzials (Eingriff in die Selbstverwaltungsgarantie).
- Risikoverantwortung liegt bei den direkt Betroffenen.
- Bevorteilte und Verursacher werden zu den Kosten herangezogen.
- Beitragsbemessung basiert auf dem Vorteils- und Verursacherprinzip.
- Eine erhöhte Kosten- und Nutzentransparenz erhöht zugleich das Risikobewusstsein.
- Es bestehen verbindliche kooperative Abstimmungen zwischen den Mitgliedern.
- Wahrnehmung verschiedener hochwasserrelevanter Aufgaben erhöht die Abstimmung und setzt Synergien frei.
- Nutzungskonflikte können vorab gelöst werden (bei Wahrnehmung mehrerer Aufgaben).

Die Organisationsstruktur entspricht theoretisch dem Idealbild einer Solidargemeinschaft im Flussgebiet.

8.1.3 Unzulänglichkeiten der formellen Kooperation

Auch wenn die gemeinschaftliche Organisation des Hochwasserschutzes zu begrüßen ist, wird das System der Wasser- und Bodenverbände sowie der Zweckverbände von einigen Defiziten begleitet.

Die Maßnahmen in den Verbänden sind vorrangig auf Gewährleistung des Hochwasserabflusses ausgerichtet. Risikovorsorge und Hochwasserflächenmanagement werden in der Regel nicht gemeinschaftlich organisiert, obwohl Möglichkeiten bestehen den vorrangig technischen Hochwasserschutz zu erweitern. Die Verbandsstruktur könnte ein Kommunikationsraum für die interkommunale Zusammenarbeit auch auf dem Gebiet der Flächenvorsorge und Bauvorsorge bilden. Kommunale Flächenentwicklungsplanungen aber auch Verhaltens- und Bauvorsorge könnten somit abgestimmt werden. Das Beispiel des Hochwasserzweckverbandes Elsenz-Schwarzbach zeigt aber, dass über den Bau von technischen Maßnahmen offenbar leichter ein Konsens erzielt werden kann, als über Alternativmaßnahmen, wie beispielsweise die Vergrößerung der Retentionsflächen. Dies liegt allerdings unter anderem an der bisher meist unzureichenden Berücksichtigung indirekter Maßnahmeneffekte, wie sie mit Hilfe einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse bewertet und die Entscheidung einbezogen werden könnten. Die bestehende Verteilungsstruktur der Kosten bietet zudem wenig Anreize, den vorbeugenden Hochwasserschutz effizienter zu gestalten. Die Kosten, die den Mitgliedsgemeinden bspw. des vorgestellten Hochwasserzweckverbandes entstehen, können nicht nach dem Vorteils- oder Erschwererprinzip auf die Grundstückseigentümer abgewälzt werden. Der Hochwasserschutz ist in Baden Württemberg beispielsweise nicht beitrags- und gebührenfähig, da wie bei ökologischen Maßnahmen der Gewässerunterhaltung der Hochwasserschutz im öffentlichen Interesse gewährleistet wird, sodass die finanziellen Mittel hier vorrangig durch Steuereinnahmen gedeckt werden. Der Hochwasserschutz wird somit durch die Allgemeinheit getragen. Lediglich bei Deichneubaumaßnahmen (im Gewässerausbau) können die geschützten Grundstückseigentümer über Erschließungsbeiträge an den Kosten beteiligt werden (Baden-Württemberg). Durch diese Kostenverteilung werden Alternativmaßnahmen außerhalb des technischen Hochwasserschutzes bei den Entscheidungsträgern nicht wirklich in Erwägung gezogen.

Die komplexe Verteilung der Zuständigkeiten für verschiedene Maßnahmen, die den Hochwasserschutz unmittelbar oder mittelbar tangieren, erschwert ein effizientes Verfahren, da mögliche Synergieeffekte nicht genutzt werden. Im Fall des angeführten Beispiels im Einzugsgebiet der Elsenz-Schwarzbach werden die Gewässerunterhaltung und der technische Hochwasserschutz von unterschiedlichen Institutionen geregelt und entsprechend auch von unterschiedlichen administrativen Einheiten wahrgenommen. Die multiple Aufgabenwahrnehmung innerhalb der oben angeführten sondergesetzlichen Wasserverbände ist aus Sicht eines vorbeugenden und integrativen Hochwasserschutz zu begrüßen, da ein permanenter Informationsaustausch gewährleistet ist und entsprechend Maßnahmen abgestimmt umgesetzt werden können.

Die direkte Zuordnung von Maßnahmen und Wirkungen zum Hochwasserschutz erschwert aber auch hier die stringente Heranziehung von Verursachern und Bevorteilten. Die Gewässerunterhaltung umfasst mehrere Aufgabenbereiche - die Erhaltung des natürlichen Erscheinungsbildes sowie der ökologischen Funktionen und die Sicherung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Wasserabflusses. Durch naturnahe Uferbefestigung beispielsweise kann der Wasserabfluss verzögert werden. Während die beiden erst genannten Aufgaben im Interesse der Allgemeinheit stehen und somit diese Kosten der Gewässerunterhaltung auch von der Allgemeinheit getragen werden, besteht zur Finanzierung der Aufgabe der Sicherung des Abflusses die Möglichkeit die so genannte Gruppe der Veranlasser⁸⁰ heranzuziehen. Die Sicherung des Abflusses innerhalb der Gewässerunterhaltung und die Verteilung der Kosten auf den Veranlasser werden aber dadurch erschwert, dass der Kreis der Erschwerer und der Bevorteilten nur explizit zur Kostenträgerschaft für die Gewährleistung eines ordnungsmäßigen Wasserabflusses innerhalb der Gewässerunterhaltung herangezogen werden können. Nach einem Urteil des Verwaltungsgerichtes (VG) Magdeburg (Urt. V. 27.06.2001 – 6 A 25/01 MD) ist für das Entstehen und der Berechnung der Unterhaltungslast die Lage im Gemeindegebiet und die Zugehörigkeit eines Grundstückes zum Niederschlagsgebiet eines Gewässers zweiter Ordnung bestimmend, d.h. es wird davon ausgegangen, dass jedes Grundstück im Einzugsgebiet durch den jeweiligen Abfluss vom Grundstück Einfluss auf das Gewässer nimmt und somit die Gewässerunterhaltung tangiert (Situationsgebundenheit der Grundstücke). Mit der Folge, dass alle Grundstückseigentümer im Einzugsgebiet eine Lastengemeinschaft bilden (VG Magdeburg, Ebbing 2004, 167). Der Abfluss vom Grundstück bzw. der Zufluss in den Vorfluter hängt damit wesentlich von der Nutzung bzw. von den Bodenverhältnissen ab. Die Beitragsbemessung wird damit wesentlich von der Grundstücksfläche und dem Abflussvolumen bestimmt. Die Ermittlung der Abflussmenge gestaltet sich oftmals sehr schwierig, sodass eine abstrakte Bewertung für hinreichend angesehen wird und vom Wirklichkeitsmaßstab abgewichen werden kann. Dennoch wird eine Differenzierung nach Bodennutzung bzw. Versiegelung nicht nur als gerechtfertigt angesehen, sondern ausdrücklich gefordert (vgl. §92 Abs. 1 S. 6 LWGNRW; Ebbing 2004, 172). Trotzdem werden Beitragsbescheide vor allem aufgrund der unzureichenden Beachtung des Gleichheitsgrundsatzes angegriffen.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die finanziellen Aufwendungen für den Hochwasserschutz von den bestehenden Verbänden nicht allein getragen werden können und somit das fiskalische Äquivalent – Bevorteilter/Erschwerer = Kostenträger – nur unzureichend erreicht wird. In der Regel wird ein Großteil der Unterhaltungskosten für Hochwasserschutzmaßnahmen durch Zuschüsse getragen, im Regierungsbezirk Düsseldorf beispielsweise werden etwa 80% der Deichsanierungskosten durch das Land

⁸⁰ Gemäß §92 Abs. 1 NRWWG können Gemeinden die Kosten im Rahmen der Unterhaltung nur entsprechend dem Aufwand, der zur Erhaltung eines ordnungsmäßigen Zustandes für Wasserabfluss nötig ist, umlegen. Herangezogen werden können die Veranlasser: Erschwerer und Bevorteilte des ordnungsgemäßen Wasserabflusses – Grundstückseigentümer im seitlichen Einzugsgebiet.

Nordrhein-Westfalen und dem Bund beigesteuert (Regierungsbezirk Düsseldorf).⁸¹ Dennoch werden auch die Restkosten von den Beitrags- bzw. Gebührenzahlern häufig als zu hoch angesehen, sie seien nicht mit dem gewährten Vorteil des Hochwasserschutzes gerechtfertigt (Salzwedel 2005, 140). Die Verteilung der Kosten für die Unterhaltung der Deiche stellt sich aus formalgesetzlicher Perspektive als äußerst schwierig dar. Die Erhebung von Beiträgen und Gebühren (Sonderabgaben) neben der allgemeinen Steuerlast ist nur gerechtfertigt, „[...] wenn sie durch eine gemeinsame in der Rechtsordnung oder in der gesellschaftlichen Wirklichkeit vorgegebene Interessenlage oder durch besondere gemeinsame Gegebenheiten von der Allgemeinheit und anderen Gruppen abgrenzbar ist, wenn es sich in diesem Sinne um eine homogene Gruppe handelt“ (ebd., 139).

Doch gerade die Zuordnung zu einer Gruppe von Bevorteilten stellt sich als eine äußerst schwierige Aufgabe dar, da verschiedene Nutzungsinteressen im Flusseinzugsgebiet bestehen, die direkte bzw. indirekte Vorteile aber auch Nachteile durch Hochwasserschutzmaßnahmen haben. Dieses Argument wird indirekt von den Beitrags- bzw. Gebührenpflichtigen gegen die Zahlung hervorgebracht, indem angeführt wird, dass auf Grund der dynamischen Veränderungen im Verbandsgebiet die Kosten (Sonderabgaben) und der entsprechend gewährte Vorteil nicht nur in einem unangemessenen Verhältnis stehen, sondern auch nicht mehr eindeutig zugeordnet werden können. Somit wird die Verteilung der Kosten nach dem Erschwerer- bzw. Vorteilsprinzip in Frage gestellt (ebd.). Diese Problematik ist nicht nur direkt im Bereich des Hochwasserschutzes zu beobachten, sondern auch bei der Gewässerunterhaltung. Die unzureichende Deckung der Unterhaltungskosten durch die Kommunen oder Verbände liegt in der Schwierigkeit, die Kosten auf die jeweiligen *Bevorteilten* oder *Erschwerer* umzulegen.

Ferner bleibt der räumliche Wirkungskreis begrenzt. Eine Vergrößerung des räumlichen Zuständigkeitsbereichs von Wasser- und Deichverbänden ist nur sehr schwer möglich, da einerseits mit steigender räumlicher Skala die hydrologische Komplexität zunimmt, andererseits die Einheit von Aufgabenerfüllung in Selbstverwaltung und mitgliedschaftlicher Eigenfinanzierung mit Vergrößerung des Zuständigkeitsbereiches nicht mehr gegeben ist (Salzwedel 2005).

Es besteht somit ein Paradox: Die Zuständigkeiten von Deichverbänden können räumlich nicht erweitert werden, da ein qualifizierter Nachweis über die Verbindung von Beitrag und Nutzen nicht mehr erbracht werden kann, andererseits sind die Verbände in der Regel auf Zuschüsse angewiesen und somit nicht in der Lage, die Kosten eingeständigt zu tragen.⁸² Wenn also der größte Teil der Kosten in der Regel mittelbar über das Land auf die Allgemeinheit abgewälzt wird, wird doch das Argument, dass eine

⁸¹ http://www.bezreg-duesseldorf.nrw.de/BezRegDdorf/autorenbereich/Dezernat_54/AndreaMueller/FAQ_Die_haeufigsten_Fragen_zum_Hochwass5186.php#1

⁸² Verwaltungsgerichtsurteil Düsseldorf 8 K 576/02 27.06. 2002

räumliche Erweiterung von Verbänden aufgrund der fehlenden Finanzäquivalenz nicht möglich ist, ad absurdum geführt.

Über die Gewährung von finanziellen Zuschüssen ist der Staat am stärksten in der Lage Einfluss auf die Organisation und auf die Maßnahmenwahl des Hochwasserschutzes zu nehmen. Aber auch die finanziellen Mittel auf Landes- und Bundesebene sind begrenzt. Es müssen weitere Steuerungsinstrumente initiiert werden, die neben der staatlichen Unterstützung zu einem effizienten und nachhaltigen Hochwasserrisikomanagement führen. Die Eruierung und Evaluierung von Nutzen und Kosten kann als erster Schritt in diese Richtung betrachtet werden.

Wie diese Ergebnisse in das bestehende Verfahren eingebunden werden und welche Möglichkeiten außerhalb des rechtlich-institutionellen Rahmens bestehen, soll im folgenden Abschnitt dargestellt werden.

8.2 Ökonomische Instrumente im Hochwasserrisikomanagement

Für den Einsatz ökonomischer Instrumente gibt es im Hochwasserrisikomanagement zwei Ansatzpunkte: Zum einen der Ausgleich ungleich verteilter Nutzen und Kosten von Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen Ober- und Unterliegern, Flussanliegern und Nicht-Anliegern und zum anderen die Gestaltung der Anreizsituation für die Nutzer überschwemmungsgefährdeter Gebiete - mit der Zielrichtung einer langfristigen Reduzierung des Schadenspotenzials. Diese beiden Problemstellungen sind eng verknüpft und beeinflussen die Chancen, nachhaltige Maßnahmen eines vorsorgenden Hochwasserschutzes in der Praxis realisieren zu können. Hinsichtlich der einzelnen Säulen des integrierten Hochwasserschutzes lassen sich u.a. folgende Einflüsse bestehender ökonomischer Anreizstrukturen ausmachen:

Hochwasserflächenmanagement (Flächenvorsorge, Wasserrückhaltung)

- Gemeinden haben aufgrund der ihnen zufallenden Steuereinnahmen einen Anreiz, Wohn- und Gewerbegebiete auch in überschwemmungsgefährdeten Zonen auszuweisen und zu entwickeln. Teilweise können sie sogar direkt vom Verkauf von Grundstücken profitieren, sofern sie sich in Gemeindehand befinden.
- Renaturierungsmaßnahmen oder Deichrückverlegungen, die zu einem verbesserten Wasserrückhalt in der Fläche führen können, werden häufig in erster Linie als Nutzungs- und Entwicklungseinschränkungen (bzw. hinsichtlich ihrer Opportunitätskosten) wahrgenommen, während die indirekten Nutzen durch eine Erhöhung der Biodiversität und des Erholungspotenzials nachrangig oder gar nicht berücksichtigt werden.

Hochwasservorsorge (Bauvorsorge, Verhaltensvorsorge, Risikovorsorge)

- Das Vertrauen darauf, dass Schäden im Ernstfall durch staatliche Katastrophenhilfsgelder kompensiert werden, senkt den Anreiz zu privater Risikovorsorge – häufig offensichtlich auf null.
- Dieser Negativanreiz wird weiter verstärkt, wenn nach einem Schadensereignis (wie nach der Elbeflut im Jahr 2002 geschehen) flächendeckend staatliche Hilfen

ausgezahlt werden, von denen privat finanzierte Versicherungsleistungen dann auch noch abgezogen werden. Das ist ein klares Freifahrersignal: Wer sich privat versichert, ist der Dumme.

- Ähnliches gilt für die private Bauvorsorge. Hier zeigen sich allerdings in stark über-schwemmungsgefährdeten Gebieten (Überschwemmungswahrscheinlichkeit mindestens einmal in zehn Jahren), dass die Unversicherbarkeit bestimmter Gefährdungszonen, der glaubhafte Rückzug des Staates aus der Schadenskompensation und vor allem auch die regelmäßige Erfahrung mit Hochwassereignissen insgesamt wirksame Anreize für eine effiziente private Bauvorsorge darstellen – zumindest im Bezug auf die Dimension der regelmäßig eintretenden Hochwassereignisse. Ein 500jährliches Hochwasser an der Mosel könnte jedoch voraussichtlich trotz der dort allgemein vorhandenen guten Bauvorsorge katastrophale, privat nicht versicherte Schäden anrichten, weil es das „freiwillig“ aufrechterhaltene Vorsorgenniveau vermutlich deutlich übersteigen würde.
- Unklarheit bzw. mangelnde Information über die Gefährdungslage senkt den Anreiz zur Verhaltensvorsorge. Bei Vertrauen auf Schadenskompensationen aus Landes- oder Bundesetats haben Kommunen nicht unbedingt starke Anreize, ihre Bürger auf die Überschwemmungsgefährdung detailliert und wirksam hinzuweisen. Häufig wären mit solchen Informationen sogar unmittelbare Nutzungs- oder Entwicklungsverzichte verbunden, die den kommunalen Entscheidungsträgern aus politökonomischen Beweggründen (Wiederwahl, Lobbygruppen) nicht opportun erscheinen.
- Im Fall einer flächendeckenden privaten Hochwasserversicherungslösung hat zum einen das Versicherungsunternehmen einen ökonomischen Anreiz, seine Versicherungsnehmer über die Überschwemmungsgefahr so genau und eindrucksvoll wie möglich hinzuweisen. Zum anderen können Selbstbehaltregelungen den Anreiz zur Verhaltensvorsorge steigern.

Technischer Hochwasserschutz (Deiche, Rückhaltebecken, Flutungspolder)

- Aufgrund der Unsicherheit des tatsächlichen Eintretens eines Schadensereignisses und der damit potenziell verbundenen Schäden, stehen den aktuell zu finanzierenden Kosten einer Hochwasserschutzmaßnahme lediglich unsichere und in der Zukunft liegende Nutzen in Form vermiedener Schäden gegenüber. Die Kosten solcher Maßnahmen sind also stets greifbarer als die Nutzen. Dies führt (zusammen mit der weitverbreiteten Erwartung, dass große Schäden im Ernstfall jeweils durch den Staat kompensiert werden) dazu, dass seitens der potenziell besser zu schützenden Flussanlieger meist eine geringe Bereitschaft besteht, Hochwasserschutzanlagen selbstständig zu finanzieren. Technische Hochwasserschutzanlagen können daher in der Regel nur mit erheblichen Zuschüssen aus überregional erhobenen Steuermitteln errichtet werden, obwohl der Kreis der Begünstigten räumlich klar begrenzt ist.

- Zudem sind auch die Wirkungen bestimmter Hochwasserschutzmaßnahmen (wie die Wirkung eines speziellen Flutungspolders) unsicher in dem Sinne, dass sie von der jeweiligen Genese und dem Ausmaß des Hochwasserereignisses abhängen. Es lassen sich daher nur näherungsweise Wahrscheinlichkeitsaussagen darüber treffen, welche Nutzenwirkungen von der Anlage und dem Einsatz der Schutzmaßnahme zu erwarten sind.
- Die Kosten beispielsweise der Anlage eines Flutungspolders entstehen kleinräumig konzentriert, während die Nutzen weit verteilt und mit zunehmender Entfernung häufig nur noch in geringem Ausmaß in einem großen Raum am Unterlauf des Flusses anfallen. Die Verfügungsmacht über die Nutzung der für die Wasserretention geeigneten Grundstücke liegt in den Händen von Eigentümern und Pächtern vor Ort, die auf die kommunalen Entscheidungen üblicherweise einen größeren Einfluss ausüben als die (größere) Gruppe weit verstreuter, potenziell profitierender Unterlieger.

In diesem Abschnitt sollen vor dem Hintergrund der Analyse der bestehenden ökonomischen Anreizstrukturen Vorschläge zur Korrektur bzw. Verbesserung dieser Anreizstrukturen entworfen werden, die in Richtung auf eine langfristige Reduzierung der Schadenspotenziale wirken und eine überregionale, kooperative Planung nachhaltiger Hochwasserschutz- und vorsorgemaßnahmen fördern.

8.2.1 Strukturierung des Anreiz- und Kompensationsproblems

Die ursprünglich natürlichen Überschwemmungsgebiete der Flüsse werden durch verschiedene Akteure in vielfältiger Weise genutzt. Privathaushalte, Unternehmen, Landwirte, Verkehrs- und Infrastrukturunternehmen, Wasserkraftnutzer, Fischereibetriebe sowie Erholungssuchende nutzen Wohn-, Industrie- und Gewerbegebäude und -einrichtungen, Straßen, Eisenbahnlinien, Energie-, Wasser- und Kommunikationsinfrastruktur, Acker-, Grünland- und Waldflächen, Uferwege und Naturschutzgebiete. Diese Nutzungen sind für eine Verbesserung der Katastrophenvorsorge oder des Naturschutzes nicht einfach wegzudefinieren oder zu verbieten, sondern genießen einen politisch und zum großen Teil auch rechtlich abgesicherten Bestandsschutz (BMU 2002).

Große Teile der Siedlungs- und Gewerbeflächen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten sind durch Deiche geschützt. Im Fall großer Hochwasserereignisse versagen die für niedrigere Niveaus ausgelegten Schutzeinrichtungen und das Land, die Häuser, Betriebsgebäude und Infrastruktureinrichtungen hinter den Deichen werden überflutet, wobei gegebenenfalls Schäden katastrophalen Ausmaßes entstehen können.

In der dynamischen Betrachtung zeigen sich u.a. zwei kritische Entwicklungslinien: Zum einen verdichten sich die Hinweise, dass es durch den gegenwärtig wirksamen Prozess der Klimaveränderung in Zukunft häufiger zu Extremwetterereignissen und in der Folge zu häufigeren und extremeren Flusshochwassern kommen wird. Durch diese Entwicklung werden die bisher getroffenen Schutz- und Vorsorgemaßnahmen

entwertet: Ein bisher für ein hundertjährliches Hochwasser ausgelegtes Hochwasserschutzbauwerk schützt in den kommenden Jahren möglicherweise nur noch vor einem Hochwasserereignis mit geringerer Jährlichkeit. Zur Aufrechterhaltung des bisherigen Schutzniveaus sind daher zusätzliche Anstrengungen erforderlich (Kron 2004).

Zum Zweiten haben die Nutzer der natürlichen Überschwemmungsgebiete in den letzten Jahrzehnten in den überschwemmungsgefährdeten Gebieten immer mehr Werte angesammelt: Das Schadenspotenzial in diesen Gebieten ist stark gestiegen. Sollen in Zukunft Hochwasserschäden vermindert werden, muss diese Entwicklung durch verstärkte Vorsorgemaßnahmen und Lenkung der weiteren In-Nutzung-Nahme der natürlichen Überschwemmungsgebiete gebremst oder umgekehrt werden.

Maßnahmen zur Erhöhung des Schutzniveaus (z.B. durch Deicherhöhung oder die Anlage von Rückhaltepoldern) und zur Verbesserung der Vorsorge (z.B. Eigenvorsorge durch angepasstes Bauen) bedeuten aber gegenüber der gegenwärtigen Situation zusätzliche Investitionen bzw. Mehrkosten. Nutzen ergeben sich durch die Verringerung von Schäden bei Hochwasser – und bei einigen der Maßnahmen (wie z.B. Renaturierung von Retentionsflächen) auch durch Zusatznutzen, wie der Erhöhung der Biodiversität. Lokal konzipierte Hochwasserschutzbauwerke können positive oder negative Wirkungen auf einige oder alle Unterlieger haben – einige in begrenztem Umfang auch auf die Oberlieger. Die vielfältigen hydrologischen Wirkungen, sozioökonomischen Kosten und Nutzen von Hochwasserschutz- und -vorsorgemaßnahmen sind in den vorhergehenden Kapiteln bereits eingehend erörtert worden.

In diesem Arbeitsabschnitt geht es um die Frage, wie die Kosten und Nutzen eines zusätzlichen Hochwasserschutzes und einer verbesserten Vorsorge gegenwärtig verteilt werden, bzw. wie sie unter den Kriterien der ökonomischen Effizienz, der sozialen Gerechtigkeit und der individuellen oder kommunalen Selbstbestimmung zukünftig verteilt werden müssten, könnten oder sollten.

Dabei geht es um verschiedene *Kompensationsgegenstände* (z.B. ein zusätzlicher Schutz oder eine zusätzliche Gefährdung). Der Kompensationsbedarf fällt in verschiedenen *zeitlichen Phasen* (Vorsorge-, Hochwasser- und Schadensregulierungsphase) des Hochwasserereignisses an. Eine Kompensation kann mit Hilfe verschiedener *Instrumente* (z.B. finanzielle Transfers, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, Versicherungsleistungen) zwischen den verschiedenen potenziellen *Kompensationspartnern* (z.B. Kommunen, Länder) geleistet werden, die sich dabei vielfältiger *institutioneller Regelungen* (z.B. Gesetzgebung, Verwaltungsvereinbarungen, Zweckverbandssatzungen – vgl. Abschnitt 8.1) bedienen können. Das Ausmaß und die Richtung der Kompensation bzw. das Zustanekommen oder Nicht-Zustandekommen von Kooperationen kann ferner mit unterschiedlichen *Erklärungsmustern* (z.B. Theorie grenzüberschreitender externer Effekte, Institutionenökonomie, Spieltheorie) analysiert bzw. begründet werden.

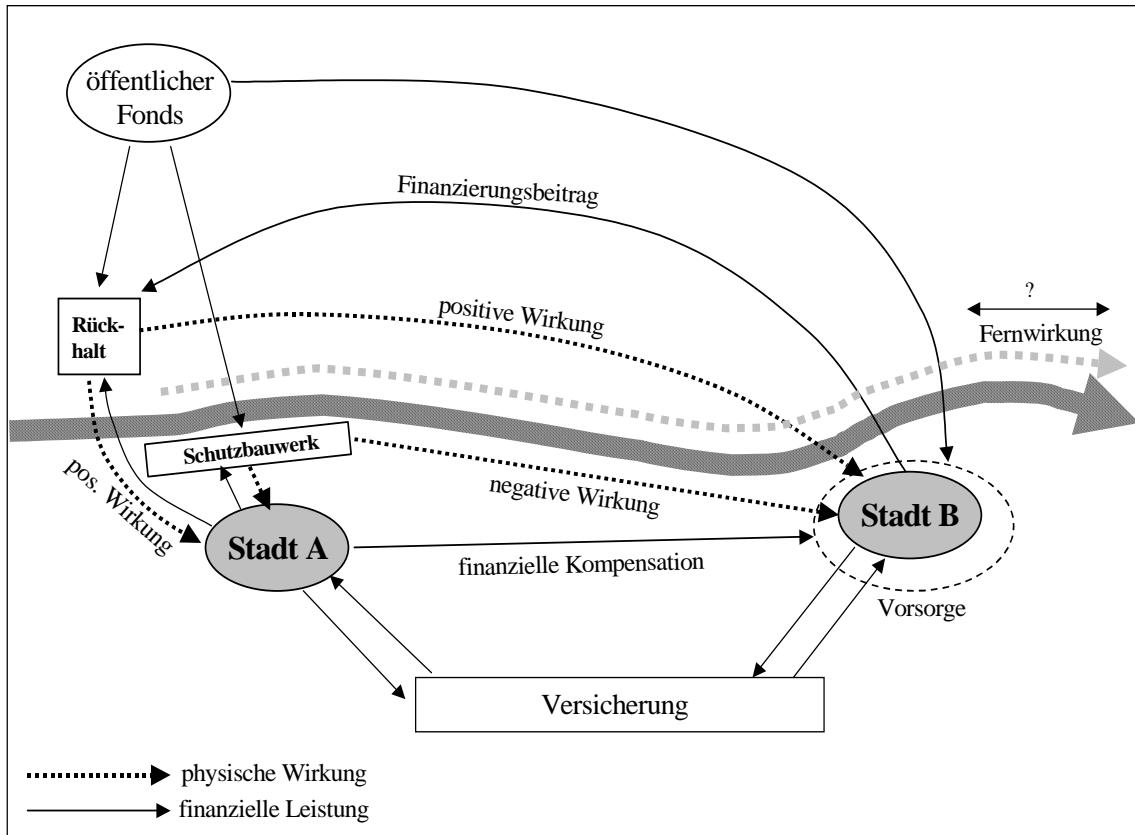


Abbildung 15: Potenzielle Kompensationszusammenhänge von Hochwasserschutz- und -vorsorgemaßnahmen (eigene Darstellung IÖW)

Abbildung 15 gibt einen ersten Eindruck von der Komplexität der potenziellen Kompensationszusammenhänge am Beispiel der Errichtung oder des Ausbaus eines Hochwasserschutzbauwerkes, das lokal (für Stadt A) positive Schutzwirkung entfaltet, für die Unterlieger (Stadt B) jedoch durch die Verringerung des Wasserrückhalts im Fall eines Extremhochwassers eine Erhöhung der Hochwassergefährdung bedeutet. Baut Stadt A beispielsweise vorhandene Deichanlagen, die für die in einem ausgedehnten ehemaligen Auengebiet liegenden städtischen Flächen bisher Schutz vor 50jährlichen Ereignissen gewährt haben, auf das Niveau eines 100jährlichen Hochwassers aus, wird Stadt B im Fall eines 100jährlichen Ereignisses voraussichtlich stärker überflutet als es in der früheren Situation der Fall gewesen wäre (und im Fall eines 50jährlichen Ereignisses stärker als wenn Stadt A überhaupt keine Deichanlagen unterhalten hätte). Stadt B muss also bei der Gestaltung ihrer Hochwasserschutz- und -vorsorgestrategie die Strategie von Stadt A berücksichtigen, während umgekehrt A unabhängig von B planen kann (sofern gesetzliche oder andere institutionelle Regelungen dem nicht entgegenstehen).

Aus ökonomischer Perspektive beeinflussen die Effekte der Handlungen von A den Nutzen von B, umgekehrt sind die Handlungen von B aber weitgehend irrelevant für A. Es entsteht also beispielsweise durch den Deichbau der Stadt A ein negativer externer Effekt für die Bewohner von Stadt B. Baut Stadt A dagegen statt eines zusätzlichen Deiches ein zusätzliches Hochwasserrückhaltebecken oder schafft es

zusätzlichen Retentionsraum durch die Rückverlegung eines Deiches, entsteht statt eines negativen ein positiver externer Effekt, weil Stadt B von dem zusätzlichen Rückhaltevolumen im Hochwasserfall mitprofitieren kann. Ferner können durch Renaturierung von Auenlandschaften nach Deichrückverlegungen zusätzliche Nutzen in Form von Erholungsnutzen oder Nutzen aus dem Wissen um die Erhöhung der Biodiversität entstehen, die nicht nur für die Bewohner von Stadt A und B, sondern möglicherweise auch für die Bevölkerung außerhalb der potenziellen Überschwemmungsflächen anfallen.

Die Abbildung wird im folgenden Text zur Veranschaulichung der vorgeschlagenen Systematisierung des Problemzusammenhangs verwendet.

Zur Übersicht über die verschiedenen Kompensationsgegenstände werden diese zunächst in drei zeitliche Betrachtungsphasen eingeordnet:

- Vorsorgephase,
- Hochwasserphase,
- Schadensregulierungsphase.

Entsprechend dieser drei Phasen werden folgende potenzielle Kompensationsfelder bzw. Kompensationsgegenstände unterschieden:

Vorsorgephase

Lokal konzipierte Schutz- oder Vorsorgemaßnahmen können unterstrom zu einer Erhöhung des Überschwemmungsrisikos führen. Ein Beispiel dafür ist der oben in Zusammenhang mit Abbildung 15 angesprochene Deichbau bzw. eine Erhöhung bestehender Deiche auf ein höheres Schutzniveau bezüglich der Stadt A. Eine solche Maßnahme wird häufig lokal geplant, ohne Unterlieger in die Planungen einzubeziehen. Es entsteht durch die Beschränkung des Retentionsraums jedoch ein *negativer externer Effekt* im Bezug auf das Schutzniveau der Unterlieger.

Es gibt jedoch auch eine Reihe lokal wirksamer Schutz- und Vorsorgemaßnahmen, die sich *positiv* auf das Schutzniveau der Unterlieger auswirken – beispielsweise Deichrückverlegungen, Renaturierung von Auenflächen oder die Anlage von Flutungspoldern.

Es gibt jedoch auch von vornehmerein *überregional konzipierte Vorsorgemaßnahmen*, deren Wirkung in erster Linie auf eine Verbesserung des Schutzes zahlreicher Unterlieger abzielt (z.B. Anlage von Flutungspoldern, Hochwasserrückhaltebecken). Hierbei kommt es häufig zu Konflikten mit lokalen Akteuren, da der größte Teil der Nutzen oft außerhalb derjenigen Kommune entsteht, auf deren Gebiet die Maßnahme umgesetzt wird und die häufig zumindest einen Teil der direkten und indirekten Kosten der Umsetzung zu tragen hat (s. hierzu das in Kapitel 9.3 diskutierte Fallbeispiel zur Anlage des Polders Trebur).

Individuelle Schutzmaßnahmen, die in erster Linie das individuelle Schadensrisiko vermindern (wie z.B. durch Bauvorsorge) haben in vielen Fällen keine negativen externen Effekte auf andere Akteure im Überschwemmungsgebiet. Ihre Umsetzung ist daher unter diesem Gesichtspunkt nicht konfliktträchtig. Im Fall privater Öltanks oder der Lagerung gefährlicher Stoffe in Unternehmen kann das Ausmaß der individuellen Bauvorsorge jedoch durchaus externe Effekte auf zahlreiche Unterlieger haben - so werden beispielsweise bis zu 75 Prozent der Gebäudeschäden im Hochwasserfall durch ausgelaufenes Heizöl verursacht (Rechenberg 2005). Hierbei könnten gesetzliche Auflagen oder Verbote Abhilfe schaffen. Der Entwurf des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes sah beispielsweise ein Verbot von Ölheizungen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten vor. Nach Intervention einzelner Ländervertreter wurde dieser Passus jedoch wieder gestrichen bzw. nur auf den Neubau von Ölheizungsanlagen in festgesetzten Überschwemmungsgebieten bezogen. Bei Altanlagen müssen die vorhandenen Tanks nun lediglich gesichert werden, was jedoch bei großen Überstauhöhen ein Auslaufen nicht in jedem Fall verhindern kann (Rechenberg 2005, 7).

Individuelle Schutzmaßnahmen werden insgesamt selten für extreme Hochwasserereignisse ausgelegt, weil entweder das Bewusstsein für die bestehende Hochwassergefährdung nicht ausreichend ausgeprägt ist, im Ernstfall auf die Kompensation aus staatlichen Hilfsfonds vertraut wird, die verbleibende eigene Lebensspanne oder örtliche Verweildauer kürzer als das laufende Hochwasserwiederkehrintervall eingeschätzt wird oder aber die für die Realisierung notwendigen finanziellen Mittel individuell nicht aufgebracht werden können. So werden in Abwesenheit eines flächendeckenden Hochwasserversicherungssystems viele der eigentlich individuell zu vermeidenden Risiken sozialisiert.

Die *Erhöhung des Risikobewusstseins* ist daher eine weitere wichtige Hochwasserschutzmaßnahme. Nur wenn sich die potenziell betroffenen Akteure in den überschwemmungsgefährdeten Gebieten ihrer Gefährdung bewusst sind, werden sie bereit sein, individuelle oder gemeinschaftliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in Angriff zu nehmen und gegebenenfalls auch mitzufinanzieren. Wie weiter oben bereits angesprochen, haben kommunale Entscheidungsträger aus politikökonomischer Sicht nicht in jedem Fall starke Anreize, das Risikobewusstsein ihrer Einwohner zu schärfen. So können durch entsprechend wirksame Aufklärungsanstrengungen die Werte von Grundstücken und Gebäuden auch auf dem Immobilienmarkt sichtbar vermindert werden – oder potenzielle Investoren nehmen Abstand von der Erschließung eines bekanntermaßen hochwassergefährdeten Gewerbegebietes.

Einen Anreiz zur Förderung des Risikobewusstseins haben in erster Linie diejenigen Instanzen, die nach einem Hochwasser die durch mangelnde Vorsorge entstandenen Schäden zu kompensieren haben, und die bei einer besseren Vorsorge Schadensregulierungsleistungen einsparen könnten. In der gegenwärtigen Praxis sind das in Deutschland in erster Linie der Bund, die Länder und einzelne Versicherungen.

Eng damit verknüpft ist der Ausbau von *Frühwarnsystemen zur Hochwasservorhersage*. Diese daten- und modellgestützten Systeme können einerseits genutzt werden zur Simulation möglicher Hochwasserereignisse – und damit als Informationsgrundlage zu einer Erhöhung des Risikobewusstseins dienen. Zum anderen können mit Hilfe dieser Systeme im Hochwasserfall die Vorwarnzeiten erhöht und damit die kurzfristigen Vorsorge- und Anpassungsmöglichkeiten im ganzen Flussgebiet erweitert werden. Beispielsweise können durch die Nutzung präziser und glaubwürdiger Hochwasservorhersagen Personen, bewegliche Güter und Vieh rechtzeitig aus den gefährdeten Gebieten bzw. auf ein nicht überschwemmungsgefährdetes Gebäude- oder Geländeniveau gebracht und der potenzielle Schaden damit in der Regel deutlich vermindert werden.

Bei allen diesen Maßnahmen stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien die Kosten auf die verschiedenen Akteure im Flussgebiet verteilt werden sollten und wie sich die Kostenträgerschaft in der Praxis bisher darstellt.

Hochwasserphase

Während der akuten Hochwasserphase wird kurzfristig Personal für den Hochwasserschutzeinsatz benötigt (z.B. freiwillige Helfer, technisches Hilfswerk, Feuerwehr, öffentliche Bedienstete, in einigen Fällen auch Bundeswehr). Außerdem besteht Bedarf an Material und Maschinen (z.B. Säcke, Sand, Baumaterial, Baufahrzeuge, Transportfahrzeuge). Und schließlich müssen kurzfristig finanziellen Mittel für den unmittelbaren Ankauf von Material und Dienstleistungen bereitgestellt werden.

Die Hilfseinsätze bewirken überwiegend lokale Nutzen – beispielsweise in Form vermiedener Personen- und Vermögensschäden durch das erfolgreiche Verteidigen eines nicht ausreichend ausgelegten oder unterhaltenen Schutzdeiches. Spontane Hilfeleistung und freiwilliger Einsatz stehen bei diesen Katastropheneinsätzen häufig im Vordergrund. Oft werden aber nicht allein Helfer, Material und Maschinen aus den unmittelbar betroffenen Kommunen vor Ort eingesetzt, sondern überregional auch professionelle Hilfskräfte aus dem Katastrophenschutz zusammengezogen. So waren bei der Oderflut 1997 etwa 15.000 und bei der Elbeflut 2002 über 32.000 Soldaten und Reservisten der Bundeswehr im Einsatz (Deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem 2002; Netzzeitung 2002; einsatz.bundeswehr.de 2006).⁸³ Die Kosten für Katastrophenhilfseinsätze werden in Regel aus Bundes- und Landeshaushalten sowie den Haushalten der beteiligten Hilfsorganisationen bestritten und den unmittelbar betroffenen Kommunen nicht in Rechnung gestellt. Sie werden allgemein verstanden als solidarische gemeinschaftliche Hilfsleistung gegenüber den von den

⁸³ Netzzeitung (2002): Böhmer fordert Finanzierung indirekter Hochwasserschäden. <http://www.netzeitung.de/spezial/dieflut/210561.html>, Zugriff 3.5.2006; Deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem (2002): Größter Einsatz in der Geschichte der Bundeswehr beendet. <http://www.denis.bund.de/aktuelles/02009/index.html>, Zugriff 3.5.2006; einsatz.bundeswehr.de (2006): Die Bundeswehr an der Katastrophenfront. <http://www.einsatz.bundeswehr.de/C1256F1D0022A5C2/CurrentBaseLink/W26BFC7S409INFODE>, Zugriff 3.5.2006.

Naturgewalten überraschten Flussanliegern, wie sie voraussichtlich ebenso den Opfern von Sturmfluten, Erdbeben oder Vulkanausbrüchen zuteil würde.

Allerdings sind im Bezug auf Flusshochwasser die Gefährdungszonen häufig seit vielen Jahrhunderten bekannt und in aktuellen Gefährdungskarten dokumentiert. Trotzdem werden in überschwemmungsgefährdeten Gebieten weiterhin Häuser und Betriebe in einer Weise gebaut und Altbestände in einer Weise unterhalten, die der bekannten Gefährdungslage nicht ausreichend Rechnung trägt. Das Vertrauen darauf, dass die gesellschaftliche Gemeinschaft im Ernstfall alles unternehmen wird, um wirksame Katastrophenhilfe zu leisten, stärkt den Anreiz, weiterhin zusätzliche Werte in die überschwemmungsgefährdeten Gebiete hineinzutragen, mangelhafte Eigenvorsorge zu betreiben und die Vermögenswerte unzureichend zu versichern.

Im Rahmen einer allgemeinen Pflichtversicherung gegenüber Elementarschäden könnten auch die Kosten für die Bereitstellung von Katastrophenhilfe von der Versicherung übernommen werden. Der Einbezug auch dieser Kosten in die Berechnung der nach Gefährdungszonen gestaffelten Versicherungsprämien würde dann den Anreiz zur Begrenzung des Schadenspotenzials verursachergerecht weiter erhöhen.

Schadenregulierungsphase

Nach dem Ablauen des Hochwassers werden die Sachschäden an Privathäusern und Einrichtungen, Betriebsgebäuden und -einrichtungen, landwirtschaftlichen Böden, Ernten, Nutztieren, der öffentlicher Infrastruktur sowie an Hochwasserschutzbauwerken und anderen wasserbaulichen Einrichtungen sichtbar. Möglicherweise sind Personenschäden zu beklagen. Mittel- oder langfristig können bei den Betroffenen oder auch den Helfern gesundheitliche oder psychische Beeinträchtigungen zu Tage treten. Ferner können auch an Kulturgütern oder natürlichen Biotopen intangible Schäden entstehen.

Durch die Unterbrechung von Infrastruktureinrichtungen (wie z.B. Straßen oder Bahnlinien) oder auch den Ausfall von überschwemmten Zulieferbetrieben kann es neben den unmittelbaren Sachschäden auch bei nicht im unmittelbaren Überschwemmungsgebiet gelegenen Betrieben zu Wertschöpfungsverlusten kommen.

Nicht immer werden die Schäden umfassend erhoben – zum einen wegen des dazu notwendigen verwaltungstechnischen Erfassungsaufwandes, zum anderen auch aufgrund methodischer Erfassungsprobleme (vgl. dazu auch die Kapitel 4 bis 7). Trotzdem stellt sich nach einer Katastrophe die aus der Perspektive der Betroffenen häufig sehr drängende Frage, wer die Beseitigung der Schäden, die Wiederbeschaffung zerstörter Vermögensgüter und die Wiederherstellung beschädigter Einrichtungen finanziieren soll oder kann.

In der Praxis beteiligen sich häufig eine ganze Reihe von Akteuren an der Schadenregulierung: Private Versicherungen im Rahmen der abgeschlossenen Versicherungsverträge, Kommunal-, Landes-, Bundes- und EU-Haushalte über Katastrophenhilfesfonds, Steuererleichterungen und Aufbauhilfen, spendenfinanzierte Hilfsorganisationen, direkte Einzelspenden und die Geschädigten selbst mit Leistun-

gen aus eigenen Mitteln. Im Fall des Elbe-Hochwassers von 2002 waren nur 19 Prozent der Schäden (ca. 1,7 Mrd. Euro) versichert (Schwarze & Wagner 2006, 225). Über 7 Mrd. Euro wurden aus EU-, Bundes- und Landeshaushalten zur Verfügung gestellt (Bundesregierung 2003). Das private Spendenaufkommen erreichte ca. 350 Mio. Euro (VENRO 2005). Der Großteil der Schäden wurde also von der Allgemeinheit übernommen und über das Steuersystem auf die Steuerzahler umgelegt.

Nur ein relativ geringer Teil der Schäden konnte auf Grundlage von Versicherungsprämienzahlungen durch die hochwassergefährdeten Haushalte reguliert werden. Es ist davon auszugehen, dass die Schadenskompensationsleistungen durch die beteiligten Versicherungsunternehmen nicht allein aus dem kapitalisierten Aufkommen der Hochwasserpoliken finanziert werden konnten, sondern innerhalb der Unternehmen ein Ausgleich mit anderen Risiken stattfand. Es hat damit auch unter den Versicherten ein Transfer zugunsten der Geschädigten in den hochwassergefährdeten Gebieten stattgefunden, denn allein aus deren Prämienzahlungen wären die Summen für die Schadensregulierung nicht aufzubringen gewesen. Im Nachgang der Schadensregulierung wurden die Prämien für Policen, die Hochwasserrisiken mit abdecken, erhöht und die Größe der nicht versicherbaren Zonen ausgeweitet (Petrow et al. 2003, 63ff).

Es stellt sich dabei natürlich die Frage nach der Alternative: Wer würde es normativ befürworten, die Geschädigten mit der Vernichtung ihres Vermögens buchstäblich „im Regen stehen zu lassen“? Sicherlich kein Politiker – egal auf welcher Entscheidungsebene – und sicherlich auch kaum ein anderer Bürger, egal ob Flussanlieger oder nicht. Auf finanzielle Hilfe aus Effizienz- und Steuerungsgründen gänzlich zu verzichten, ist also keine echte Alternative zum gegenwärtig praktizierten System. Trotzdem muss sich die Gesellschaft Gedanken darüber machen, wie ein weiteres Anwachsen des Schadenspotenzials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten verhindert werden kann – auch und gerade angesichts der mit dem Klimawandel voraussichtlich wachsenden Hochwassergefährdung. Ökonomische Instrumente, die auf eine Umgestaltung der gegenwärtig vorhandenen Anreizsituationen hinwirken können, werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt und diskutiert.

Potenzielle Kooperations- oder Kompensationspartner

Kooperations- oder Kompensationslösungen im Hochwasserrisikomanagement können angestrebt werden zum einen zwischen den potenziell Betroffenen, den zur Erhöhung oder Verminderung des Schadensrisikos Beitragenden und den tatsächlich Geschädigten. Darunter können sich Einzelpersonen, Unternehmen, Verbände, Kommunen, Kreise, Länder oder Staaten befinden. Weitere mögliche Akteure sind Versicherungen und die Versicherungsprämienzahler, staatliche ad hoc Katastrophenhilfefonds, staatliche Fonds mit planmäßigem Finanzierungskonzept, europäische Fonds und damit Steuerzahler sowie schließlich spendenfinanzierte Hilfsorganisationen und private Einzelspender.

Wie anhand der Abbildung 15 erläutert, können lokal konzipierte Hochwasserschutzmaßnahmen für weiter entfernte Unterlieger sowohl positive als auch negative

Wirkungen haben. Im Falle positiver Wirkungen in Form einer Erhöhung des Schutzniveaus auch unterstrom wäre ein *finanzieller Beitrag* der Unterlieger zu den Baukosten am Oberlauf denkbar. Dies geschieht in der Praxis beispielsweise in teileinzugsgebietsbezogenen Hochwasserzweckverbänden, in denen Hochwasserrückhaltebecken oder Flutungspolder gemeinsam geplant werden. Häufig zahlen dann die begünstigten Unterlieger relativ große Finanzierungsbeiträge, wenn die Nutzen überwiegend unterstrom entstehen, während Flächeninanspruchnahme und Baukosten in erster Linie am Oberlauf anfallen (vgl. hierzu auch das Beispiel des Zweckverbandes Elsenz-Schwarzbach in Kapitel 8.1 sowie das Fallbeispiel Trebur in Kapitel 9.2).

Ein Problem bei der Festlegung der Beiträge innerhalb solcher Zweckverbände besteht in der Abschätzung der relativen Nutzenanteile der verschiedenen Anliegerkommunen. Hierbei werden häufig verschiedene Bemessungsgrößen zu Indices zusammengefasst, um verschiedene Aspekte der Schutzwirkung bzw. der Reduzierung des Schadenspotenzials abzubilden. Herangezogen werden beispielsweise der Umfang überschwemmungsgefährdeter Flächen, die potenziellen Überstauhöhen, Einwohnerzahl, Vermögenswerte und Wertschöpfung in den gefährdeten Gebieten, das anhand von Schadensfunktionen berechnete gesamte Schadenspotenzial oder auch der Anteil der Länge der Fließgewässerstrecke (vgl. Abschnitt 8.1).

Ist es schon in räumlich eng zusammenliegenden Gebieten häufig nicht einfach, einen Konsens hinsichtlich der Kostenverteilung herzustellen, stellt sich die Lage bei großen Flussgebieten mit weit voneinander entfernt liegenden Kostenträgern und Begünstigten ungleich schwieriger dar. Das in Kapitel 9.2 ausführlicher erläuterte Beispiel des bisher nicht realisierten Flutungspolders in der hessischen Gemeinde Trebur zeigt, dass insbesondere bei grenzüberschreitenden Effekten (in diesem Fall zwischen den Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und den Niederlanden) die Kooperationsbereitschaft der Anlieger häufig begrenzt ist.

Typischerweise fallen die Kosten einer Rückhaltemaßnahme lokal begrenzt an – in Form von Baukosten, Flächennutzungsverzichten oder –einschränkungen, während die Nutzen in einem weiträumigen Gebiet entlang des gesamten Unterlaufs realisiert werden, möglicherweise außerdem mit der Entfernung abnehmend. Es müssten sich also zahlreiche Unterliegerkommunen über einen als gerecht empfundenen Verteilungsschlüssel für die anteilig zu tragenden Erstellungskosten verständigen und einen Konsens mit der Oberliegerkommune hinsichtlich des Finanzierungsbeitrages und sonstiger Kompensationsmaßnahmen herstellen. Da das betreffende Projekt mit Sicherheit nicht die einzige mögliche und sinnvolle Hochwasserschutzmaßnahme für die hochwassergefährdeten Unterliegerkommunen darstellt, ist zusätzlich ein Konsens hinsichtlich der Auswahl der zu realisierenden Projekte zu finden, die für verschiedene Unterlieger unterschiedliche Wirkungen haben können und zudem mit Prognoseunsicherheiten behaftet sind. Ein solcher komplexer Abstimmungsprozess verursacht für die Beteiligten in der Regel nicht unerhebliche *Transaktionskosten*, die der Aufnahme von überregionalen Verhandlungen häufig als erste Hürde im Wege stehen.

Ähnliche Probleme bestehen im Fall negativer Wirkungen lokaler Hochwasserschutzmaßnahmen auf Unterlieger. Wie im Beispiel der Stadt A am Anfang dieses Kapitels angesprochen, kann beispielsweise der Bau oder Ausbau eines Hochwasserschutzdeiches das Überschwemmungsrisiko für die Unterlieger erhöhen. Dies hat sich beispielsweise beim Frühjahrshochwasser 2006 gezeigt: Nachdem in Sachsen und Sachsen-Anhalt in Reaktion auf die Deichbrüche im Zuge des Sommerhochwassers 2002 an der Elbe vorhandene Deiche erhöht und ertüchtigt worden waren (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft 2005), fielen die Überschwemmungen in Niedersachsen diesmal gravierender aus als damals (Rast 2006). Nun wird kaum jemand den Sachsen das Recht bestreiten, sich mit Hilfe zuverlässiger Deiche vor Überschwemmungen schützen zu wollen. Trotzdem verdeutlicht das Beispiel, dass eine Erhöhung des Schutzniveaus oberstrom zu einer Verringerung des Schutzniveaus unterstrom führen kann.⁸⁴

Wie im vorhergehenden Abschnitt 8.1 dargelegt, sind Maßnahmen, die den Wasserstand vermindern und unterstrom zu zusätzlichen Gefährdungen führen, prinzipiell gesetzliche Grenzen gesetzt – die bisher allerdings noch nicht zu durchgreifenden Änderungen in der weiterhin überwiegend lokal orientierten Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen geführt haben. So ist beispielsweise noch kein Fall bekannt, bei dem ein Unterlieger juristisch gegen eine Deichertüchtigung oder -erhöhung oberstrom vorgegangen wäre – obwohl dadurch sein Schutzniveau zumindest bei großen Hochwassern beeinträchtigt wird. Bei der Neuanlage von Deichen kann jedoch nach dem Wasserhaushaltsgesetz die Gewährleistung eines äquivalenten Wasserstandes in unmittelbarer Nähe zum rückhaltvermindernden Eingriff gefordert werden. Dadurch könnte also eine *physische Kompensation* der ansonsten durch die Maßnahme potentiell schlechter gestellten Unterlieger erreicht werden – wenn das Wasserhaushaltsgesetz tatsächlich in dieser Konsequenz umgesetzt würde. Ähnliches gilt für Verschlechterungen aus naturschutzfachlicher Sicht. Hierfür sind äquivalente *Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen* an anderer Stelle umzusetzen.

Neben physisch wirksamen Kompensationsmaßnahmen wären auch finanzielle Leistungen denkbar, mit denen schlechter gestellte Unterlieger durch die Oberlieger kompensiert werden könnten. Die Unterlieger könnten solche *finanziellen Kompensationsleistungen bzw. Entschädigungen* dann entweder zur Erhöhung des eigenen Schutzniveaus, zur Intensivierung der Bauvorsorge oder zur Kompensation von tatsächlich anfallenden Schäden einsetzen. Solche finanziellen Leistungen zur Kompensation negativer Effekte auf Unterlieger sind in der Realität allerdings bisher nicht zu beobachten. Sie unterliegen ähnlichen Transaktionskostenproblemen wie die oben angesprochenen Kompensationsleistungen für positive Effekte. Verschärfend kommt in diesem Fall jedoch zusätzlich das unmittelbare und zum Teil existenzielle Interesse

⁸⁴ Vgl. hierzu jedoch die einschränkende Bewertung im Bezug auf das Hochwasserereignis 2006 – hierbei lag eine grundsätzlich andere Genese zugrunde als im Jahr 2002. Dies führte u.a. zu eingeschränkten Steuerungsmöglichkeiten im Bezug auf die Havelpolder. Vgl. dazu auch Kapitel 8.1, zweiter Absatz.

der Akteure vor Ort hinzu (z.B. im Fall einer Deicherhöhung), während die dadurch potenziell Benachteiligten weiträumig verteilt und die negativen Effekte der Maßnahme nicht immer eindeutig festzustellen und zuzuordnen sind.

Unsicherheit bezüglich der Maßnahmenwirkungen

Welche Auswirkungen hat die Erhöhung eines Deiches oder die Anlage eines Flutungspolders und was ist ein äquivalenter Wasserrückhalt? Dies sind keine trivialen Fragen, denn jeder Eingriff in das Abflussgeschehen hat komplexe Wirkungen auf Laufzeit, Dauer, Fülle und Scheitel der Hochwasserwelle (vgl. Tabelle 2 in Kapitel 3.4), die außerdem je nach Hochwassergenese und Intensität des Ereignisses unterschiedlich ausgeprägt sind.

Mit der betrachteten *Skalenebene* variiert die Komplexität der Wirkungszusammenhänge und damit auch die Unsicherheit hinsichtlich des Eintretens der zu prognostizierenden Maßnahmeneffekte. Auf kleinräumiger Ebene sind Wirkungsprognosen im Bezug auf einzelne Hochwasserschutzmaßnahmen noch relativ einfach möglich. Je größer und heterogener ein Teil- oder Gesamteinzugsgebiet beschaffen ist, desto vielfältiger sind jedoch die Kombinationsmöglichkeiten räumlich verteilter einzelner Hochwasserschutzmaßnahmen und desto komplexer gestaltet sich die Analyse von Maßnahmenwirkungen auf der Meso- und Makroebene (regionale und überregionale Ebene). Mit der Präzision wachsen außerdem die Kosten zur Durchführung der gewünschten Analysen (Deyle et al. 1998, 122-139, 148-150).

Aussagen über die Wirkungen bestimmter Hochwasserschutzmaßnahmen (und ebenso über „äquivalente“ Maßnahmen zu ihrer Kompensation) sind also immer mit Wahrscheinlichkeitsbewertungen verbunden, die im Bezug auf das nächste bevorstehende tatsächliche Hochwasserereignis mit erheblicher Unsicherheit verbunden sind. Für die Kompensation von Eingriffen in das Abflussgeschehen müssen hydrologische und hydraulische Modellsimulationen durchgeführt werden, die unter Einbezug meteorologischer Wahrscheinlichkeitsaussagen die Wirkung der verschiedenen Planungsoptionen abschätzen. Denkbare Indikatoren für die Äquivalenz von Rückhaltemaßnahmen könnten sein: Volumen des Wasserrückhalts (dies allein genommen wäre allerdings eine voraussichtlich zu starke Vereinfachung) oder die mögliche „mittlere“ Scheitelabsenkung im Bezug auf verschiedene, mit meteorologischen Wahrscheinlichkeiten gewichtete Hochwassergenesen und -intensitäten.

Ergänzend zu den wahrscheinlichkeitsgewichteten mittleren Scheitelabsenkungen sollte als Maß der Unsicherheit auch die Varianz der Effekte auf das Hochwassergeschehen betrachtet werden – wobei eine hohe Varianz bei gleicher mittlerer Rückhaltewirkung zu einer „Abwertung“ der betreffenden Maßnahme (bzw. dem zur Kompensation zur Verfügung gestellten Rückhaltevolumen) führen würde, sofern die Akteure und Entscheidungsträger risikoavers sind.

Die Varianz der Wirkungen von Einzelmaßnahmen lässt sich jedoch reduzieren, wenn verschiedene im Flussgebiet räumlich verteilte Einzelmaßnahmen integriert gesteuert werden. So wirken Flutungspolder und Hochwasserrückhaltebecken in der Regel

dann am stärksten (und sind z.T. auch nur dann technisch überhaupt einsetzbar), wenn sie im gleichen räumlichen Teilbereich des Flussgebietes liegen, in dem die hochwasserauslösenden Niederschläge niedergegangen sind. Wie im Fallbeispiel in Kapitel 9.2 analysiert wird, würde ein am unteren Oberrhein (in der hessischen Gemeinde Trebur) angelegter Flutungspolder für die Rheinanlieger in Nordrhein-Westfalen am stärksten wirken, wenn die Hochwassergenese hauptsächlich am Oberrhein stattgefunden hat. Im Bezug auf alle verschiedenen möglichen Hochwassergenesen besteht also eine recht hohe Varianz der Maßnahmewirkung im Bezug auf die Anlieger des Niederrheins. Eine abgestimmte Steuerung, die auch Rückhaltungen an Main, Lahn und Mosel einbezieht, hätte als integrierte Gesamtmaßnahme eine deutlich geringere Wirkungsvarianz als wenn die möglichen Rückhaltemaßnahmen nur jeweils einzeln betrachtet werden.

8.2.2 Ökonomische Instrumente

Im Hochwasserrisikomanagement können eine Reihe ökonomischer Instrumente eingesetzt werden, um einerseits Hochwasserschutz sicherzustellen und andererseits auf die Entwicklung des Schadenspotenzials Einfluss zu nehmen. Eine Reihe von Instrumenten wird in der Praxis bereits eingesetzt – in erster Linie Subventionen bzw. Zuschüsse aus überregionalen Etats, mit denen lokal oder regional orientierte Hochwasserschutzmaßnahmen mitfinanziert werden. Ferner sind in begrenztem Ausmaß Umsiedelungsprämien an Haushalte gezahlt worden, die bereit waren, freiwillig aus überschwemmungsgefährdeten Gebieten herauszuziehen. Überregionale Kompensationsfonds sind eingerichtet worden, die allerdings in erster Linie zur Schadensregulierung und weniger zur Steuerung einer Reduzierung von Schadenspotenzialen genutzt werden. Abschnitt 8.2.2.1 erörtert zunächst diese bereits genutzten Instrumente. Der darauf folgende Abschnitt 8.2.2.2 stellt einige innovative Ansätze vor. Diese beiden Ebenen sind nicht frei von Überschneidungen. So gibt es auch in Deutschland bereits Ansätze von privaten Versicherungslösungen. Die Versicherungslösungen sind dabei trotzdem in den Abschnitt zu den innovativen Instrumenten eingruppiert, weil hier in erster Linie die in Deutschland noch nicht realisierte Elementarschadenpflichtversicherung diskutiert wird. Ferner werden eine Flächenversiegelungs- und Bodenverdichtungsabgabe sowie die Konzeption einer Zertifikatlösung (zum Handel mit Retentionsvolumenzertifikaten) erörtert.

8.2.2.1 Bereits eingesetzte ökonomische Instrumente

Subventionen

Zur Erhöhung der Anreize für hochwasserrisikominimierendes Verhalten kann eine staatliche Subventionierung bestimmter Nutzungen oder Maßnahmenumsetzungen sinnvoll sein, wenn diese ansonsten aufgrund adverser Anreizstrukturen nicht realisiert würden. Kommunen sehen sich oft nicht in der Lage, die Kosten von Hochwasserschutzmaßnahmen allein zu tragen. Daher werden sie häufig zum Großteil aus überregionalen Haushalten übernommen (Landes-, Bundes- oder EU-Haushalt). Die

Förderbeträge erreichen dabei üblicherweise zwischen 70 und 90 Prozent der Gesamtkosten.

Es werden also zur Verbesserung des Hochwasserschutzes staatliche Subventionen eingesetzt, die aus allgemeinen Steuermitteln stammen. Damit findet ein finanzieller Transfer von Seiten der von Hochwasser nicht gefährdeten Teile der Bevölkerung zu Gunsten der Bewohner und sonstigen Nutzer ehemals natürlicher Überschwemmungsgebiete statt. Die überschwemmungsgefährdeten Nutzungen werden also aufgrund politischer Entscheidungen weit über das Niveau hinaus geschützt, das die Flussanlieger durch das Aufbringen eigener Mittel selbständig zu schützen bereit sind.

Ein Teil der dadurch entstehenden Nutzen kommt jedoch auch Akteuren außerhalb der überschwemmungsgefährdeten Gebieten zugute – beispielsweise den Nutzern von flussnah angelegten Verkehrsinfrastruktureinrichtungen. Im Fall der Förderung von Renaturierungsmaßnahmen – beispielsweise über agrarumweltpolitisch motivierte Grünlandprämien oder die Förderung der Anlage von Gewässerrandstreifen – entstehen neben den positiven Effekten auf den Wasserrückhalt in der Fläche potenziell auch überregionale Zusatznutzen durch eine Erhöhung der Biodiversität und eine Verbesserung des Erholungswertes der Landschaft.⁸⁵

Teile der steuerfinanzierten Subventionen sind also durch auch außerhalb der Überschwemmungsgebiete anfallenden Nutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen zu rechtfertigen. Allerdings bleibt zu fragen, ob die gegenwärtige Praxis der Förderung von Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes in diesem Umfang sinnvoll ist, da sie die Anreizsituation zur Ansiedlung oder zur Aufrechterhaltung von Nutzungen in ehemals natürlichen Überschwemmungsgebieten in der Weise beeinflusst, dass das Schadenspotenzial in diesen Gebieten stärker wächst, als es ohne diese Subventionen der Fall wäre.

Wenn beispielsweise ein bisher 100jährliches Schutzniveau auf ein 200jährliches erhöht wird, steigt das subjektive Sicherheitsgefühl hinter dem Deich (bzw. unterhalb der Rückhaltebecken etc.). Gleichzeitig wird von den gefährdeten Anliegern vor Ort aber nur ein geringer Prozentsatz der Kosten für die Schutzbauwerke selbst getragen. Es steigt damit gegenüber der ursprünglichen Situation (und auch gegenüber einer Situation, in der die Anlieger ihren Hochwasserschutz weitgehend selbst finanzieren müssten) der Anreiz, sich in der als sicher angenommen Zone anzusiedeln, während die Anreize zur Eigenvorsorge sinken. Ein 500jährliches Hochwasser wird daher dort mit großer Wahrscheinlichkeit auf ein deutlich höheres Schadenspotenzial treffen, als dies vor dem subventionierten Ausbau des 200jährlichen Schutzniveaus der Fall gewesen wäre.

Umsiedlungsprämien

⁸⁵ Vgl. Dehnhardt et al. 2006

Umsiedlungen stellen für die betroffenen Menschen selbst bei voller finanzieller Kompensation meist eine große psychische Belastung dar – Nachbarschaften werden auseinander gerissen, vertraute Orte gehen verloren. Bekannt sind solche Probleme in Deutschland seit Generationen im Zusammenhang mit dem Braunkohletagebau im Rheinland und in der Lausitz (vgl. Schröteler-von Brandt 2000). Auch im Zusammenhang mit Hochwassergefahren bestehen selbst bei unmittelbar durch ein zurückliegendes Hochwassereignis betroffenen Flussanliegern meist große Widerstände gegen Umsiedlungsprojekte. Allerdings kann unmittelbar nach einem katastrophalen Hochwasser und vor einem notwendigen Wiederaufbau oder Instandsetzung zerstörter oder beschädigter Gebäude mit einer etwas höheren Bereitschaft gerechnet werden, als in „schadensarmen“ Zeitphasen. Hier kann eine frühzeitige Diskussion und Vorplanung von Umsiedlungsoptionen im Ernstfall möglicherweise ein „window of opportunity“ (Zeitfenster der Möglichkeiten) aufstoßen, damit eine neue Schäden dauerhaft vermeidende Umsiedlung in Gang gebracht werden kann (Olshansky & Kartez 1998; Kuhlicke & Drünkler 2004).

Dass tatsächlich unmittelbar im Anschluss an ein Schadensereignis Umsiedlungen stattfinden, ist jedoch nach wie vor sehr selten. Meist brauchen entsprechende Verhandlungen und Planungen einige Jahre, sodass die Hochwassergeschädigten dann von zwei Neuanfängen belastet werden: Zunächst die Wiederinstandsetzung des beschädigten Hauses in der alten Lage und dann Aufbau und Bezug eines neuen Hauses an anderer, hochwassersicherer Stelle.

Beispiele für diesen Zweischritt sind durchaus zahlreich: So wurden beispielsweise in Neuhaus am Inn, angestoßen durch das etwa 100jährige Hochwasser im Jahr 1954, ab 1962 bis heute über 100 Anwesen umgesiedelt – gefördert mit Zuschüssen des Freistaats Bayern in Höhe von insgesamt etwa 10 Millionen Euro (Wasserwirtschaftsamt Passau 2004, 8). Jüngstes Beispiel ist der Umzug der Bewohner von Röderau-Süd, die im Jahr 2002 vom Elbehochwasser betroffen waren. Auch dort kam der Umsiedelungsprozess erst in Gang, nachdem die Bewohner ihre alten Häuser wieder instandgesetzt hatten.⁸⁶ In den USA stellt der 1988 erlassene „Stafford Act“ klar, dass nur dann staatliche Hilfen gewährt werden, wenn Neubauten oberhalb der Wasserstandslinie eines 100jährlichen Hochwasser errichtet werden. Ein Eigentümer, der sein bei einem Hochwasser zerstörtes Haus an gleicher Stelle wieder aufbaut, kann beim nächsten Ereignis mit keiner Entschädigung mehr rechnen (Kuhlicke & Drünkler 2005).

Ohne staatliche Förderung von Neubau und Umzug in alternative, hochwassersichere Siedlungsgebiete wäre jedoch voraussichtlich keines der bisherigen Umsiedlungsprojekte erfolgreich gewesen. Es bedarf also eines starken finanziellen Anreizes und zu-

⁸⁶ Schibilsky, M. (2003): Umzug aus Hochwassergebiet. In: Ozon Magazin vom 5.3.2003. http://www.rbb-online.de/_fernsehen/magazine/beitrag.jsp?key=rbb_beitrag_1318655.html, Zugriff 5/2006

sätzlich meist eines eindrucksvollen Schadenserlebnisses, bis Menschen bereit sind, ihre Häuser zu verlassen und an anderer Stelle neu anzufangen.

Kompensationsfonds

Eine Möglichkeit, die Transaktionskosten jeweils bilateraler Verhandlungen zu vermindern, wäre die Einrichtung eines *überregionalen Kompensationsfonds*, in den bei rückhaltvermindernden Eingriffen in das Abflussgeschehen ein Entschädigungsbetrag eingezahlt werden müsste, der an anderer Stelle dann zur Anlage oder Gewährleistung zusätzlichen Rückhalteraums eingesetzt werden könnte. Zu den Kompensation erfordernden Eingriffen könnten u.a. gezählt werden: Deicherhöhungen, Flächenversiegelungen im Einzugsgebiet, bodenverdichtende Landnutzung wie beispielsweise durch intensiven Ackerbau. Kompensiert werden könnten aus dem Fonds beispielsweise Deichrückverlegungen, Renaturierungsmaßnahmen oder auch die Bereitstellung von Flächen für Flutungspolder.

Deichneubauten und die Errichtung von Bauwerken im Abflussbereich (Häuser, Brücken, etc.) sind nach der Neufassung des Wasserhaushaltsgesetzes ohnehin kompensationspflichtig (äquivalenter Wasserrückhalt). Mit Hilfe eines überregionalen Kompensationsfonds könnte die räumliche Skala der potenziellen Kompensationsmaßnahmen jedoch erweitert werden, was zu einer flussgebietsbezogenen optimierbaren Abstimmung und Koordination von Einzelmaßnahmen genutzt werden könnte.

8.2.2.2 Innovative ökonomische Instrumente

Zertifikatlösung

Der Vorschlag der Einrichtung überregionaler Kompensationsfonds ist methodisch eng verknüpft mit der aus der umweltökonomischen Literatur und der umweltpolitischen Praxis bekannten Zertifikatlösung (Siebert 2005). In den USA findet auf Grundlage des Clean Air Acts von 1977 bereits seit fast dreißig Jahren ein kontrollierter Handel mit Zertifikaten für die Emission von Luftschadstoffen statt (Endres 1994). In Deutschland werden seit einigen Jahren im Rahmen der Raumplanung verschiedene Konzepte handelbarer Flächenausweisungsrechte diskutiert, mit denen der Zuwachs des Flächenverbrauchs begrenzt werden könnte (Dosch & Einig 2005; Jering et al. 2003). Seit Anfang 2005 wurde in der EU ein System für den Handel mit CO₂-Emissionsberechtigungen etabliert (Umweltbundesamt/ Deutsche Emissionshandelsstelle 2004). Einen interessanten Allokationsmechanismus zur Steuerung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Eingriffen in den Naturhaushalt stellt das US-amerikanische System des *wetland bankings* dar. Werden durch ein Projekt an einer Stelle Feuchtgebiete zerstört oder entwertet, müssen die Projektentwickler, vermittelt über die wetland bank, die Rehabilitation oder Schaffung von Feuchtgebieten an anderer Stelle finanzieren. Kritisch wird dabei jedoch diskutiert, ob tatsächlich eine geeignete „Währung“ gefunden werden kann, die eine Äquivalenz zwischen einerseits den Verschlechterungen und andererseits den Verbesserungen an jeweils unterschiedlichen Orten und in unterschiedlichen Habitatsdimensionen und -qualitäten

herzustellen in der Lage ist. Zentral sind also die Bewertungsprobleme hinsichtlich der Vergleichbarkeit verschiedener Verbesserungs- und Verschlechterungsmaßnahmen (Ruhl & Salzman 2005, 9 ff). Elemente dieser Lösungskonzepte könnten auf die negativen externen Effekte einer Verringerung von Rückhaltevolumen im Hochwasserfall übertragen werden.

Um die externen Effekte von Eingriffen in das natürliche Abflussgeschehen zu internalisieren, wäre die Ausgabe und der Handel von Zertifikaten denkbar, die sich beispielsweise auf das durch Hochwasserschutzmaßnahmen beeinflusste Rückhaltevolumen beziehen könnten. Für den Neubau oder die Erhöhung eines Deiches müsste die ausführende Gebietskörperschaft dann so viele Zertifikate zukaufen, wie es der damit verbundenen Einschränkung des Rückhaltevolumens entspricht. Würde dagegen ein bestehender Deich zurückverlegt, eine Auenlandschaft renaturiert oder ein Flutungspolder angelegt, könnte die betreffende Kommune Zertifikate im entsprechenden Umfang verkaufen und so zumindest einen Teil der Maßnahme finanzieren. Um eine langfristige Erweiterung des Rückhaltevolumens zu erreichen, könnten die Zertifikate so formuliert werden, dass sie pro Jahr um einen bestimmten Prozentsatz des Rückhaltevolumens vermindert werden. Kommunen, die umfangreiche Schutzeinrichtungen unterhalten, die den Rückhalt beeinträchtigen, müssten dann jährlich Zertifikate zukaufen, um ihr Schutzniveau aufrechterhalten zu können. Dieser Zukauf würde einen Ausbau von Rückhaltevolumen an einer anderen Stelle des Flussgebietes erfordern und somit insgesamt zu einer Minderung der Hochwassergefährdung beitragen.

Ein zentrales Problem – das nicht nur bezüglich einer Zertifikatlösung, sondern für alle Kompensationsmodelle besteht – liegt in der Quantifizierung der positiven oder negativen Effekte auf die Hochwassergefährdung der verschiedenen Flussanlieger. Wie weiter oben bereits dargestellt, sind die Wirkungen von Eingriffen in das natürliche Abflussgeschehen nicht immer eindeutig zu bewerten und können sich je nach Hochwassergenese und –ausprägung unterscheiden. Die externen Effekte von Hochwasserschutzmaßnahmen sind daher stets nur als Wahrscheinlichkeitsaussagen abzubilden, von denen häufig nicht sicher ist, ob sie zu Lebzeiten der beteiligten Akteure eintreten werden oder nicht. Es müssen also vereinfachte Maßzahlen bzw. aus mehreren Einzelindikatoren zusammengefasste Indices gefunden werden, die in hinreichender Korrelation zu den in Frage stehenden externen Effekten stehen. Welche Indikatoren dafür in Frage kommen, ist entweder im Einzelfall im Rahmen von Verhandlungen zwischen den unmittelbar Beteiligten zu klären – dann wäre aber eine flächendeckende Regelung nicht möglich. Oder aber es wird in einem demokratisch vermittelten Gesetzgebungsprozess eine konsensfähige Lösung von überregionaler Reichweite formuliert.

Ein weiteres der bei der Einführung einer Zertifikatlösung bestehenden Probleme liegt in der Festlegung einer angemessenen *Anfangsverteilung der Zertifikate*. Im Fall von „Rückhaltevolumen-Zertifikaten“ wäre es denkbar, vom gegenwärtigen Status quo auszugehen und damit jede zukünftige Verminderung des Rückhalteraums zu sanktionieren sowie jede Vergrößerung des Rückhalteraums zu belohnen. Eine solche

Grandfathering-Regelung würde allerdings bereits gut geschützte Kommunen bevorzugen gegenüber Kommunen, die auf Eingriffe in das natürliche Abflussgeschehen bisher weitgehend verzichtet haben.

Eine alternativ denkbare Anfangsverteilung wäre die Orientierung am potenziellen natürlichen Abflussgeschehen. Alle Nutzer von Hochwasserschutzeinrichtungen, die den natürlichen Wasserrückhalt vermindern, müssten dann entweder Zertifikate kaufen, die diese Beschränkung legitimieren oder den natürlichen Abflusszustand wiederherstellen. Städte, die große Siedlungsbereiche in potenziellen Überschwemmungsgebieten durch hohe Deiche geschützt haben, müssten dann in erheblichem Umfang Zertifikate kaufen, wenn sie das bestehende Schutzniveau aufrechterhalten wollen. Dies würde die Nutzung von Auengebieten verteuern, bzw. den Wert von flussnahen Grundstücken vermindern. Kommunen, die bisher nicht in das natürliche Abflussgeschehen eingegriffen haben und Nutzer, die sich beispielsweise durch entsprechende Bauvorsorge an das natürliche Abflussgeschehen im Hochwasserfall angepasst haben, müssten keine Zertifikate erwerben. Einer solchen Regelung würde jedoch voraussichtlich der verfassungsrechtliche Schutz des Eigentums entgegenstehen, da die bestehenden Nutzungsrechte in Auenlandschaften häufig Eigentumscharakter besitzen und ein gesetzlicher Zwang zum Kauf von Zertifikaten für die betroffenen Nutzer einer zumindest anteilmäßigen Enteignung gleichkäme. Gleichwohl verdeutlicht dieses Gedankenexperiment, dass die bestehende geschützte Bebauung oder Nutzung von natürlichen Überschwemmungsflächen negative externe Effekte auf jeweils alle Unterlieger ausübt, die aus Effizienz- und Gerechtigkeitsgesichtspunkten eigentlich verursachergerecht internalisiert werden müssten. Dass in potenziellen Überschwemmungsgebieten eine andauernde Einschränkung des natürlichen Rückhaltevolumens geduldet wird, ist unter anderem mit Gewohnheitsrechten und an lokalen Nutzungsinteressen orientierten politischen Opportunitäten zu erklären. Das Nachsehen haben in der gegenwärtigen Situation die jeweiligen Unterlieger.

Flächenversiegelungsabgabe

Ein weiterer negativer externer Effekt im Hinblick auf das Abflussgeschehen im Flussgebiet geht von der Flächenversiegelung im Zuge der Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrswegewaltung aus. Durch die verminderte Speicherung von Niederschlagswasser im Boden und den damit beschleunigten Abfluss von Oberflächenwasser, das durch die Kanalisation in die Flüsse geleitet wird, kann das Abflussgeschehen insgesamt beschleunigt und in bestimmten Fällen auch der Hochwasserscheitel erhöht werden. Neben diesen hydraulischen Effekten ist in Siedlungsgebieten aufgrund der Flächenversiegelung außerdem ein erhöhter Schadstoffeintrag in Kanalisation und Oberflächengewässer festzustellen. Und schließlich kommt aus naturschutzfachlicher Sicht die Zerschneidung oder Zerstörung von Biotopen hinzu.

Zur Internalisierung dieser negativen externen Effekte wäre eine Abgabe pro Einheit versiegelter Fläche geeignet, die nach dem Versiegelungsgrad differenziert werden könnte. Problematisch ist auch hier die genaue Quantifizierung der externen Effekte, mit der die Höhe der Abgabe zu rechtfertigen wäre. Hierbei wäre jedoch ein pauschal-

lisiertes Vorgehen denkbar – beispielsweise in Form einer ökologisch orientierten Flächennutzungssteuer, die an der bisherigen Grundsteuer anknüpft (Jering et al. 2003, 205ff).

Ansatzweise existiert eine solche Versiegelungsabgabe bereits im Rahmen der Ausgestaltung der Gebührenordnungen einzelner Wasserentsorgungsunternehmen und Zweckverbände. Dabei wird der Versiegelungsgrad eines Grundstückes zur Berechnung der zu leistenden Abwassergebühren herangezogen. Diese Gebührenordnungen sind jedoch nicht einheitlich ausgestaltet und bei weitem nicht alle beziehen den Versiegelungsgrad mit ein. Auch werden die Abwassergebühren lediglich für die Finanzierung bzw. Unterhaltung von Kanalisation und Abwasserbehandlungsanlagen erhoben. Einige Elemente des Abwassersystems können durchaus zur Verringerung von Hochwasserrisiken beitragen – z.B. Versickerungssysteme oder großzügig ausgelegte Regenwasserrückhaltebecken, die auch bei starken Regenfällen verhindern können, dass Abwasser ungeklärt in den jeweiligen Vorfluter geleitet wird. Sollen die hochwasserbezogenen externen Effekte der Flächenversiegelung voll internalisiert werden, wäre entweder ein durch Abwassergebühren finanziertes, am potenziellen natürlichen Rückhaltevermögen der versiegelten Flächen orientiertes Rückhaltevolumen auch bei Starkregenereignissen mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten (z.B. 100jährliche Ereignisse) zu gewährleisten – oder aber eine Versiegelungsabgabe zu erheben, die über einen Kompensationsfonds dazu verwendet werden könnte, an anderer Stelle im Flussgebiet ein entsprechendes Rückhaltevolumen zu schaffen.

Bodenverdichtungsabgabe

Bodenverdichtung (beispielsweise aufgrund von Landbewirtschaftung mit schweren Landmaschinen) beeinflusst das natürliche Abflussgeschehen in ähnlicher Weise wie eine Flächenversiegelung. Das Speichervermögen der oberen Bodenschichten wird vermindert und führt im Fall starker Niederschläge zu einem früher einsetzenden Oberflächenabfluss. Damit kann das Abflussgeschehen beschleunigt und die Hochwassersituation tendenziell verschärft werden.

Eine Quantifizierung sowohl der Verdichtung als auch der verbundenen Abflusseffekte ist jedoch noch schwieriger zu leisten als im Fall der Flächenversiegelung. Die Kalkulation einer verursachergerechten Bodenversiegelungsabgabe wird daher kaum flächendeckend und konsensfähig möglich sein.

Versicherungslösungen

Zur Absicherung gegenüber Hochwasserrisiken existiert grundsätzlich die Möglichkeit, sich privat gegen Hochwasserschäden zu versichern. In Deutschland haben die Versicherungen, die solche Policien anbieten, jedoch inzwischen einige extrem überschwemmungsgefährdete Zonen aus ihrem Angebot ausgeschlossen. Die Nutzer innerhalb dieser als nicht versicherbar geltenden Bereiche sind dadurch gezwungen, mögliche Schäden durch private Investitionen in entsprechende Bauvorsorgemaßnahmen abzuwenden, verbleibende Schäden selbst zu tragen bzw. ihre bestehenden Nutzungen einzuschränken oder aufzugeben (Kron 2004). Im Fall regelmäßiger Über-

schwemmungen (wie beispielsweise im Moseltal) haben sich die Anwohner häufig tatsächlich mit entsprechender Bauvorsorge angepasst und die Schäden in Überschwemmungsfällen damit auf ein Minimum reduziert. Dies zeigt, dass eine adäquate ökonomische Anreizsituation dazu in der Lage sein kann, das Schadenspotenzial tatsächlich zu reduzieren – vorausgesetzt, es besteht ein ausreichendes Gefährdungsbewusstsein (Petrow et al. 2003, 51).

In den übrigen Gefährdungszonen werden private Hochwasserversicherungen angeboten, wobei die Prämien üblicherweise nach Gefährdungsklassen abgestuft sind. Die Nachfrage nach einem solchen Versicherungsschutz ist jedoch begrenzt. Ursachen hierfür liegen unter anderem einerseits in einer nur sehr eingeschränkten subjektiven Wahrnehmung des objektiv bestehenden Hochwasserrisikos und andererseits in dem Vertrauen auf eine Kompensation der Schäden aus staatlichen Katastrophenhilfsfonds, wie sie im Nachgang großer Hochwasserereignisse tatsächlich häufig aufgelegt werden.

Seit einigen Jahren wird daher die Einführung einer Pflichtversicherung diskutiert, die meist in Form einer allgemeinen Elementarschadensversicherung vorgeschlagen wird (Schwarze & Wagner 2003). Dabei könnte durch das Zusammenfassen der Fluss-hochwasserrisiken mit den Risiken von Sturm, Hagel, Erdbeben, Lawinen, Erdrutschen, Vulkanausbrüchen und Sturmfluten der Risikoausgleich gegenüber einer reinen Hochwasserversicherung deutlich verbreitert werden. Da von mindestens einem Risiko aus diesem Gesamtpaket nahezu jeder Einwohner betroffen ist, könnte eine allgemeine Elementarschadensversicherung von einem gesellschaftlichen Solidargedanken getragen werden (Ammann 2005, 65f). Hierbei wäre ähnlich wie bei der Hochwasserversicherung eine Abstufung der Prämien nach Gefährdungsklassen denkbar und sinnvoll, um einerseits die individuellen Anreize zu risikominderndem Verhalten zu erhöhen und andererseits die Akzeptanz seitens der weniger gefährdeten Versicherungsnehmer durch entsprechend niedrigere Prämien zu steigern.

Unklarheiten bestehen allerdings noch hinsichtlich einiger rechtlicher Aspekte. Zum einen ist zu klären, ob eine allgemeine Elementarschadenversicherungspflicht verfassungs- und wettbewerbsrechtlich realisierbar ist. Auch ist zu prüfen, ob die privaten Versicherer unter Kontrahierungzwang gesetzt werden können, d.h. ob sichergestellt werden kann, dass auch die „schlechten Risiken“, also Nutzer in stark gefährdeten Zonen versichert werden können – dort allerdings mit ausreichenden Selbstbehalten, damit für die potenziell Geschädigten der Anreiz zur Bauvorsorge und damit zur Schadensminimierung erhalten bleibt. Ohne einen Kontrahierungzwang würde es für den Staat schwierig werden, sich aus der Schadensregulierung bei großen Hochwasserereignissen tatsächlich zurückzuziehen. Und schließlich ist zu erörtern, wie weit der Staat sich - möglicherweise auf der Rückversicherungsebene - beteiligen müsste, damit für die Versicherungsnehmer zwar ökonomisch anreizgerechte, aber auch sozial zumutbare Prämienhöhen angeboten werden können (vgl. Schwarze & Wagner 2003 und Schwarze & Wagner 2006).

In zahlreichen Ländern existieren bereits Pflichtversicherungen für verschiedene Elementarschadenskategorien oder Lösungen, die einer Pflichtversicherung nahe kommen – unter anderem in der Schweiz, Frankreich, Großbritannien, Spanien, der Türkei und den USA (Prettenthaler & Vettters 2005).

Frankreich⁸⁷

Die Deckung aller Sach- und Haftpflichtversicherungsverträge wurde 1982 um die Absicherung von direkten Materialschäden und Gewinnausfällen auf Seiten des Versicherungsnehmers einweitert, die von Naturkatastrophen verursacht werden (u.a. Erdbeben, Überschwemmungen, Dürren, Lawinen, Flutwellen oder Erdrutsche – nicht jedoch Windstürme, Hagel und Schnee). Voraussetzung für die Entschädigungsleistung durch die Versicherten ist allerdings, dass die Regierung für die betreffende Gemeinde den Katastrophenzustand erklärt. Dadurch, dass alle Immobilieneigentümer und Mieter eine Haftpflichtversicherung abschließen müssen, hat das französische Modell den Charakter einer Pflichtversicherung. Die staatliche Rückversicherungsanstalt bietet den privaten Erstversicherern Rückversicherungen an, wobei die Anstalt selbst auf eine unbegrenzte Staatsgarantie zurückgreifen kann.

Die Prämienrate ist für alle Versicherungsnehmer identisch, also nicht nach Gefährdungszonen gegliedert. Ein Anreiz zur Reduzierung des Schadenspotenzials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten entsteht lediglich über die vorgesehenen Selbstbehälte, die zunächst flächendeckend einheitlich sind. Eine Differenzierung nach Gefährdungszonen findet sukzessive im Nachgang von tatsächlichen Schadenseignissen statt. Je nachdem, wie häufig in der betroffenen Gemeinde seit Februar 1995 aufgrund der selben Kategorie von Naturereignis der Katastrophenzustand erklärt wurde, steigt der Selbstbehalt: ab 3 Katastrophenereignissen wird der Selbstbehalt verdoppelt, ab 4 verdreifacht und ab fünf schließlich vervierfacht. Diese Staffelung wird jedoch nur in stark überschwemmungsgefährdeten Bereichen in weniger als 100 Jahren zu einer spürbaren Erhöhung der Selbstbehalte führen.

Schweiz⁸⁸

In der Mehrzahl der Schweizer Kantone besteht die Pflicht, Gebäude gegen Feuer zu versichern – und zwar bei der jeweiligen kantonalen Gebäudeversicherung. In den übrigen Kantonen sind private Anbieter zugelassen. Alle diese Verträge beinhalten automatisch auch eine Versicherung gegen Elementarschäden (Hochwasser, Überschwemmung, Sturm, Hagel, Lawinen, Schneedruck, Felssturz, Steinschlag und Erdrutsch) – allerdings nur im Bezug auf die Gebäude. Haurat, Betriebsinventar und mobile Gegenstände können bei privaten Anbietern versichert werden. Bei Schäden oberhalb einer Gesamtschadenssumme von 250 Millionen CHF werden die Versicherungsleistungen proportional gekürzt.

⁸⁷ Darstellung nach Prettenthaler & Vettters 2005, 95ff

⁸⁸ Darstellung nach Prettenthaler, F. and N. Vettters, 98ff

Gebäude in extrem gefährdeten Zonen können von der Elementarschadenversicherung ausgeschlossen werden. Die in den verschiedenen Kantonen unterschiedliche Prämien gestaltung sieht unter anderem Prämienzuschläge für stärker gefährdete Zonen und Selbsthalte vor. Die Rückversicherung erfolgt zum über den nationalen und internationalen Rückversicherungsmarkt, bei den staatlichen Monopolversicherungen zusätzlich durch die solidarisch getragene Interkantonale Risikogemeinschaft Elementar, bei den privaten Versicherungen durch einen ähnlich aufgebauten Elementarschaden-Pool.

Die Schweizer Elementarschadenversicherer beteiligen sich in vielen Fällen aktiv bei der kantonalen Raumplanung und bei der Finanzierung von Vorsorgemaßnahmen. Allerdings geht von der Prämien gestaltung nur eine sehr begrenzte Steuerungswirkung in Richtung einer Reduzierung der Schadenspotenziale aus.

Spanien⁸⁹

In Spanien ist eine Elementarschadenversicherung (die neben verschiedenen Kategorien von Naturkatastrophen auch die Folgen von Terroranschlägen und inneren Unruhen beinhaltet) als Zusatzversicherung an verschiedene obligatorische Versicherungen gekoppelt. Damit besteht in Spanien de facto eine Pflicht zum Abschluss einer Elementarschadenversicherung. Private Versicherungen bieten in Spanien keine solchen Elementarschadenpolicen an. Das bestehende staatliche Monopol konnte gegenüber der EU-Richtlinie Schadensversicherung erfolgreich verteidigt werden, indem die Prämienzahlungen als indirekte Steuern deklariert wurden.

Die Prämien sind unabhängig von der Risikoverteilung landesweit einheitlich. Auf Wunsch kann der Versicherungswert erhöht werden, wobei bei flussnahen Objekten ein Prämienzuschlag erhoben wird. Ein Selbstbehalt ist in Höhe von 10 bis 15 Prozent der Schadenssumme vorgesehen. Die Ertragüberschüsse werden in einen speziellen Reservefonds eingezahlt. Trotz bestehender unbegrenzter Staatsgarantie musste diese seit der Einrichtung der staatlichen Elementarschadenversicherung (im Jahr 1954) noch nicht in Anspruch genommen werden, da die Einlagen des Reservefonds bisher stets ausreichten.

Insgesamt geht von diesem System nur ein sehr geringer Anreiz aus, das Schadenspotenzial zu verringern.

USA⁹⁰

In den USA existiert ein nationales Programm zur freiwilligen Hochwasserversicherung. Bei Kreditvergaben für Kauf oder Erwerb von Gebäuden in überschwemmungsgefährdeten Gebieten wird der Abschluss einer Überschwemmungsversicherung obligatorisch verlangt – allerdings nur in Gemeinden, die am National Flood Insurance Program (NFIP) teilnehmen. Wird eine Gemeinde als überschwemmungsgefährdet

⁸⁹ Darstellung nach Prettenthaler, F. and N. Vetters, 102ff

⁹⁰ Darstellung nach Prettenthaler, F. and N. Vetters, 108ff

eingestuft und nimmt nicht am NFIP teil, werden staatlich Bauzuschüsse gestrichen und einige Komponenten der Katastrophenhilfe verweigert.

Die Prämien werden nach detailliert ermittelten Gefährdungszonen gestaffelt und berücksichtigen die getroffene Bauvorsorge. Im Altbestand werden subventionierte Prämien in Höhe von 30 bis 40 Prozent der vollen Risikoprämie erhoben. Durch gezielte Bauvorsorge können bei Neubauten trotzdem in vergleichbaren Lagen niedrigere Prämien erreicht werden als bei schlechter geschützten Altbauten. Ferner sind geringe Selbstbehalte vorgesehen.

Es besteht durch die Prämiengestaltung und die Kürzungen der Bauförderung und Katastrophenhilfe bei Nichtberücksichtigung der Gefährdungslage durchaus ein Anreiz zur Reduzierung des Schadenspotenzials. Die Freiwilligkeit der Hochwasserversicherung birgt allerdings ein erhebliches Antiselektionsproblem: Nur wirklich stark gefährdete Gemeinden und Haushalte versichern sich. Dem Staat ist es nicht gelungen, sich aus der Regulierung von Überschwemmungsschäden zurückzuziehen, da es bei großen Hochwassern noch immer eine große Zahl nicht versicherter geschädigter Haushalte gibt, wovon ein erheblicher politischer Handlungsdruck ausgeht.

Reformoptionen

Denkbar wäre beispielsweise, ganze Flusseinzugsgebiete für Rückversicherer international wettbewerblich auszuschreiben und in Abhängigkeit von den statistischen Schadensrisiken einen staatlichen Anteil am Rückversicherungsrisiko in den Ausschreibungsbedingungen festzulegen. Erstversicherer müssten dann unter Kontrahierungzwang Verträge für alle Gefährdungszonen anbieten, könnten sich aber jeweils flussgebietsbezogen rückversichern.

Eine flusseinzugsgebietsbezogene Zusammenfassung der Hochwasserrisiken auf Rückversichererebene wäre insofern sinnvoll, als die Versicherungswirtschaft grundsätzlich eine wertvolle Rolle in der Mitgestaltung eines integrierten Hochwasserrisikomanagements spielen könnte. Sie handelt danach bereits in zahlreichen Fällen durch die Bereitstellung von Informationen über Schadensrisiken, die sie aus ihren Daten zu den in der Vergangenheit angefallenen versicherten Schäden georeferenziert darstellen kann. So hält das ZÜRS-System wertvolle Informationen zur Gestaltung von Gefährdungskarten bereit, die von Kommunen, Bauherren und Flächennutzern genutzt werden sollten. Allerdings wäre eine noch weitergehende Einbeziehung der Versicherungswirtschaft auch auf der Ebene der Abstimmung von Planungentscheidungen denkbar, wie dies beispielsweise in der Schweiz geschieht. Die dort unter Kontrahierungzwang stehenden Versicherer gehen teilweise so weit, Hochwasserschutzeinrichtungen wie Deiche oder Schutzmauern aus eigenen Mitteln errichten zu lassen, um in extrem gefährdeten Lagen die Schadensrisiken gezielt zu senken (die sie ansonsten tragen müssten)⁹¹. Über ein flusseinzugsgebietsbezogenes Engagement der Versicherungswirtschaft, das auf die Reduzierung der Schadensrisiken abzielt,

⁹¹ Prettenthaler, F. and N. Vettters, 98ff; sowie Prettenthaler (2006), mündl. Mitteilung.

könnte unter anderem auch ein Nutzenausgleich zwischen Ober- und Unterliegern stattfinden, der in der gegenwärtigen Situation aufgrund zahlreicher institutioneller und anreizökonomischer Hemmnisse nur in Ausnahmenfällen zustande kommt.

Ein Rückversicherer kann in Zusammenarbeit mit der Wasserwirtschaft – wie es bereits gängige Praxis ist – beispielsweise recht genau ermitteln, welche Schadensrisiken entlang des Mittel-, Nieder- und Deltarheins insgesamt bestehen und daraus ableiten, welche Rückhaltemaßnahmen am Oberrhein im Bezug auf diese überregionalen (und internationalen) Effekte besonders günstige Nutzen-Kosten-Verhältnisse aufweisen würden. Der Rückversicherer könnte direkt mit denjenigen Kommunen verhandeln, auf deren Gebiet solche Rückhaltemaßnahmen idealerweise zu realisieren wären, und die Maßnahmen bei einem Konsens über die Kompensationsbedingungen dann auch im eigenen Auftrag umsetzen lassen.

Im Hinblick auf die potenziell Geschädigten hätte der Versicherer ein Interesse an einer verbesserten Aufklärung über die Hochwasserrisiken, damit über stärkere Eigenvorsorge die zu kompensierenden Schäden im Hochwasserfall verringert werden. Hierbei wird jedoch zusätzlich eine Selbstbehaltregelung notwendig sein, um die jährlichen Prämien in hoch gefährdeten Zonen in einem zumutbaren Rahmen zu halten. Die Versicherten müssten dann zusätzlich zur Prämie eigene Mittel ansparen, um im Schadensfall den Selbstbehaltbetrug leisten zu können. Werden die Selbstbehalte in Höhe der in relativ kurzen Intervallen regelmäßig auftretenden Schäden gewählt, könnte eine Elementarschadenspolice für ein Einfamilienhaus auch in den hochgefährdeten Zonen für unter 300 Euro jährlich angeboten werden⁹².

Versicherungslösungen können die Effizienz der Hochwasserschutzmaßnahmen erhöhen und die Kooperation im Flussgebiet voranbringen, wenn sie in die Planungsprozesse des Hochwasserrisikomanagements einbezogen werden. Was jedoch dabei aus dem Blickfeld geraten kann, sind die indirekten Kosten und insbesondere auch die indirekten Nutzen von Hochwasserschutzmaßnahmen. Bei Versicherungslösungen besteht nämlich grundsätzlich die Gefahr, dass sie „auf dem ökologischen Auge blind“ sind. Die hydrologischen Effekte der Maßnahmen stehen dabei klar im Vordergrund, was leicht zu einer Favorisierung des technischen Hochwasserschutzes beispielsweise gegenüber nachhaltigen Retentionsmaßnahmen in der Fläche führen kann. Insofern muss natürlich auch eine Pflichtversicherungslösung durch staatliche Rahmensexplikation begleitet werden, um auch solche gesellschaftlichen Präferenzen in den Entscheidungsprozess einzubeziehen, die nicht unmittelbar mit einer Reduzierung des ökonomischen Schadenspotenzials verbunden sind.

Ein möglicher Einwand gegen eine allgemeine Pflichtversicherung gegen Elementarschäden besteht darin, dass dabei in einem voraussichtlich nicht unerheblichen Umfang Transfers von den insgesamt wenig gefährdeten Prämienzahlern an diejenigen Versicherungsnehmer stattfinden wird, die sich in stärker gefährdeten Regionen an-

⁹² Vgl. Schwarze und Wagner (2003).

gesiedelt haben. Dies wird nur zum Teil durch Prämiendifferenzierung und Selbstbehaltregelungen aufzufangen sein. Allerdings muss bei der Bewertung dieses Transferprozesses berücksichtigt werden, wie die bisherige Praxis des innergesellschaftlichen Risikotransfers aussieht. Tatsächlich findet gegenwärtig durch die üblicherweise nach großen Hochwasserereignissen eingerichteten Katastrophenhilfsfonds ein ähnlicher Transfer statt – mit dem Unterschied, dass es sich bei den übertragenen Mitteln nicht um planmäßig eingezahlte Versicherungsprämien, sondern um allgemeine Steuermittel handelt. Inwieweit sich die Verteilungswirkungen der beiden Risikotransfersysteme unterscheiden, hängt vom tatsächlichen Progressionsgrad des gesamten Steuersystems im Bezug auf die privaten Einkommen in Relation zur Prämiengestaltung der Elementarschadensversicherung ab. Die Versicherungsprämien steigen in der Regel mit der Summe der versicherten Werte. Nimmt man an, dass die zu versichernden Vermögenswerte mit dem privaten Einkommen steigen, könnte sich einkommensbezogen eine ähnliche Verteilungswirkung ergeben. Unterscheiden würde sich allerdings die Belastung der Versicherungsnehmer je nach Gefährdungslage. Insgesamt ergäbe sich eine Umverteilung zuungunsten stärker gefährdeter Flussanlieger, die durch die bisherige Schadenskompensationspraxis in der Vergangenheit Umverteilungsvorteile realisieren konnten.

Deutlich unterscheiden würde sich die Gestaltung der Anreizsituation im Bezug auf das Schadenspotenzial. Während von Katastrophenhilfsfonds in dynamischer Beobachtung überwiegend schadenspotenzialerhöhende oder zumindest -stabilisierende Anreize ausgehen, könnte eine allgemeine Elementarschadenversicherung mit Prämiendifferenzierung und ausgedehnten Selbstbehaltregelungen dauerhafte Anreize zu einer nachhaltigen Reduzierung der Schadenspotenziale in überschwemmungsgefährdeten Gebieten setzen. Würden zudem – wie oben beschrieben – flussgebietsbezogene Monopolver sicherer stärker in die Planungsentscheidungen eines umfassenden Hochwasserrisikomanagements eingebunden, könnte ein besserer Ausgleich von Oberlieger- und Unterliegerinteressen innerhalb des Flussgebiets erreicht werden. Ferner läge es im Eigeninteresse des Versicherers, Anstrengungen zu unternehmen, um das Risikobewusstsein bei den überschwemmungsgefährdeten Akteuren im Flussgebiet zu erhöhen die Eigenvorsorge zu fördern. Durch die mit einer Pflichtversicherungslösung geschaffene Anreizsituation käme damit eine automatische Steuerung in Richtung einer dauerhaften Reduzierung des Schadenspotenzials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten zustande. Die Übernahme der Schadensregulierung durch die Versicherung würde öffentliche Mittel freisetzen (bzw. nicht mehr abziehen), die bisher in unregelmäßigen Abständen und erheblichem Umfang in die Kompensation von Hochwasserschäden geflossen sind.

Das Pflichtversicherungssystem kann allerdings nur dann erfolgreich sein, wenn tatsächlich eine flächendeckende und angemessene Versicherung der Schadensrisiken erreicht wird.⁹³ Denn nur dann wird der Staat politisch in der Lage sein, in der Scha-

⁹³ In der Türkei hatten beispielsweise im Jahr 2005 erst 20 Prozent der Versicherungspflichtigen die seit dem Jahr 2000 obligatorische Erdbebenversicherung für Gebäude abgeschlossen. Damit steht

densregulierungsphase nach einer Hochwasserkatastrophe auf zusätzliche Finanzhilfen tatsächlich zu verzichten.

8.3 Ausblick: Institutionelle und ökonomische Reformoptionen für ein nachhaltigeres und anreizgerechtes Hochwasserrisikomanagement

In den vorhergehenden Abschnitten 8.1 und 8.2 wurden aktuell genutzte und auch zukünftig potenziell nutzbare institutionelle und ökonomische Instrumente diskutiert. Abschließend wird nun aus Sicht der AutorInnen ein konzeptioneller Ausblick formuliert, wie ein nachhaltiges und anreizgerechtes Hochwasserrisikomanagement in Zukunft gestaltet werden könnte. Dabei wird nicht davon ausgegangen, dass alle diese Vorschläge unmittelbar vollständig umzusetzen sind. Es soll damit aber eine Vision entworfen werden, die als Referenzrahmen für die Diskussion weiterer Reformschritte in Richtung eines integrierten Hochwasserrisikomanagements dienen kann.

8.3.1 Institutionelle Instrumente

Wie in Abschnitt 8.1.1 am Beispiel des Hochwasserflächenmanagements erörtert, weisen formelle Instrumente einige Vollzugsdefizite auf, die häufig auf die vorhandenen Anreizstrukturen zurückzuführen sind, die einer Anwendung und Durchsetzung verfügbarer Instrumente vielfach entgegenstehen. Aus der Perspektive eines ganzheitlichen integrierten Hochwasserrisikomanagements weist zudem der hohe Fragmentierungsgrad in der Handlungs- und Entscheidungsstruktur auf fehlende bzw. unzureichende Koordinationsschnittpunkte hin. Ausgehend von den in Kapitel 8.1 genannten Defiziten sollten:

- a) die Organisations- und Verfahrensstruktur an den biophysischen Rahmenbedingungen ausgerichtet werden,
- b) die formellen Institutionen dem Verfahren eines integrierten Hochwasserrisikomanagements angepasst werden,
- c) das Entscheidungsverfahren mittels erweiterter NKA ausgebaut werden,
- d) die bestehende Kostenverteilungsstruktur entsprechend der Ergebnisse einer erweiterten NKA zu modifizieren.

Räumliche Regelungsebene

Der Forderung, die politisch-administrativen Zuständigkeiten den naturräumlichen Rahmenbedingungen anzupassen, kann auf Grund der föderalen Struktur nur teilweise entsprochen werden. Zumindest innerhalb eines Bundeslandes sollten Institutionen beispielsweise in Form von Verbänden entsprechend den Flusseinzugsgebieten gebildet werden. Bei (bundesland-)grenzüberschreiten Flusseinzugsgebieten erfordert die Organisation des Hochwasserrisikomanagements dann eine Kooperation zwischen

die Regierung weiterhin unter erheblichem Druck, in Katastrophenfällen substanzielle Beiträge zur Schadensregulierung aus Steuermitteln zu leisten. Vgl. Prettenthaler und Vettters (2005).

den einzelnen Verbänden der verschiedenen Bundesländer. Auf dieser Ebene sollte eine übergeordnete koordinierende Instanz institutionalisiert werden, die die Abstimmung von Maßnahmen innerhalb der gesamten Flussgebietseinheit übernimmt.

Die internationalen und nationalen Schutzzkommissionen (IKSR, IKSE, etc.) können aus einer flusseinzugsgebietsbezogenen Perspektive die wissenschaftlichen Grundlagen für derartige Abstimmungsverfahren bereitstellen. Sie besitzen nicht nur die Kenntnisse zu Hochwassergefährdungen und möglichen vorbeugenden Maßnahmen im Sinne der Risikohandhabung, sondern auch hinsichtlich ökologischer Zielsetzungen, wie sie nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gefordert wird. Diese bestehenden Institutionen sollten genutzt werden, um ein überregional abgestimmtes Hochwasserrisikomanagement zu etablieren, das die Arbeit regional orientierter Managementeinheiten (z.B. Verbände auf Ebene der Bundesländer) aufeinander abstimmt und begleitet. In der folgenden Abbildung 16 sind die Flussgebietseinheiten nach den Vorgaben der WRRL dargestellt, diese räumliche Aufteilung kann auch für den Hochwasserschutz genutzt werden.

Entsprechend der naturwissenschaftlichen und politisch-administrativen Rahmenbedingungen könnte folglich eine zweistufige Organisations- und Verfahrensstruktur zum Hochwasserrisikomanagement vorgesehen werden:

- auf der regionalen Ebene kleinerer Flusseinzugsgebiete und Teileinzugsgebiete (Mesoskala),
- auf der Ebene der gesamten Flussgebietseinheit (Makroskala).

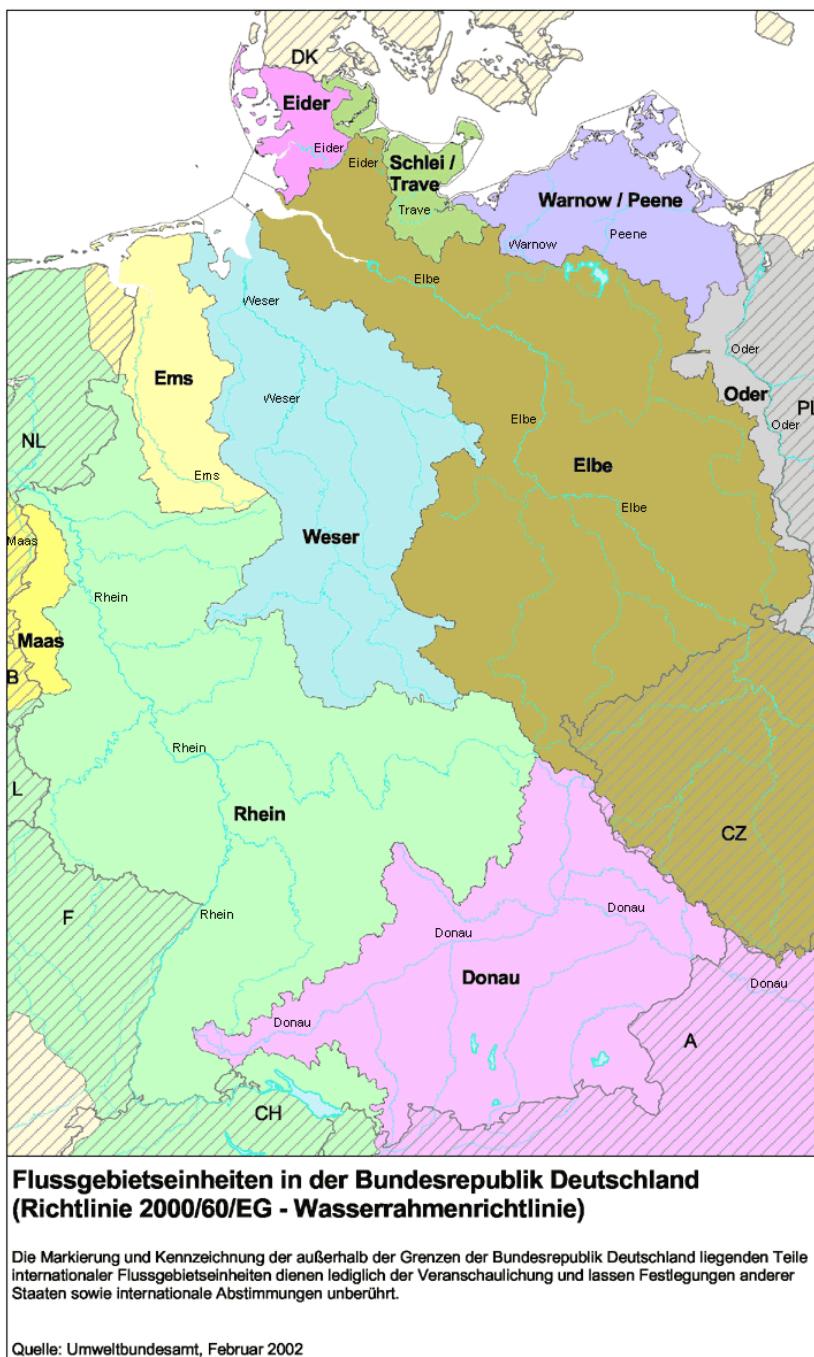


Abbildung 16: Flussgebietseinheiten nach WRRL

Formelle Institutionen

Auf der überörtlichen bzw. regionalen Ebene (Mesoskala) stehen in Form von Verbänden Organisationsformen zur Verfügung, die einem Hochwasserrisikomanagement dienlich sein können. Die bereits bestehenden Gewässer- bzw. Hochwasserschutzverbände sollten als grundlegender Baustein zur Umsetzung eines integrativen und überörtlichen bzw. regionalen Hochwasserrisikomanagements institutionalisiert bzw. erweitert werden. Durch die Wahrnehmung verschiedener Aufgaben wie Hoch-

wasserschutz und Gewässerunterhaltung können damit mögliche Informations- und Abstimmungsdefizite beseitigt werden.

Die oben dargestellten verbandlichen Maßnahmen zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes sind vielseitig, dennoch werden und können Vorsorgemaßnahmen wie bspw. Flächenmanagement nicht allein durch einen Verband wahrgenommen werden, da sie die kommunale Planungshoheit beschneiden und somit in das Selbstverwaltungsrecht der Kommune eingreifen würden. Die Kommunen als Mitglieder der Zweckverbände oder Wasser- und Bodenverbände können Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes – durch Flächenvorsorge, Wasserrückhalt in der Fläche oder Bauvorsorge – eigenständig umsetzen, um Hochwassergefährdungen zu reduzieren und auf lokaler und auch regionaler Skalenebene das Schadenspotenzial zu verringern.

Eine Erweiterung des Aufgabenspektrums innerhalb des Verbandes ist damit mittelbar über die Kommunen möglich: Die Kommunen betreiben eigenständig einen vorbeugenden überörtlich ausgerichteten Hochwasserschutz. Es wird nicht in das Recht der kommunalen Selbstverwaltung eingegriffen, sondern dieses Recht für den überörtlichen Hochwasserschutz genutzt. Diese Organisationsstruktur erhöht die lokale Wahrnehmung für die überörtlichen Belange des Hochwasserschutzes und bietet die Möglichkeit, Maßnahmen integriert abzustimmen (Hutter & Schanze 2004). Durch die verbandliche Organisationsform wird ein (Kommunikations-)Raum geschaffen, um alle relevanten öffentlichen und privaten Akteure mit einzubeziehen. Auf informeller Ebene sind in der Praxis bereits zahlreiche Vereinigungen als Kommunikations- und teilweise auch als Handlungsplattformen erfolgreich eingerichtet worden (z.B. die Hochwassernotgemeinschaft Rhein). Die Mitgliedschaft der Kommunen in einem Verband führt vor allem dazu, dass sich die Kommunen bzw. die kommunalen Entscheidungsträger aber auch (un)mittelbar die Bürger formell wie materiell als Mitglied einer Solidargemeinschaft begreifen. Diese Organisationsstruktur erzeugt zudem ein stärkeres Maß an Verbindlichkeit, indem die Umsetzung von Maßnahmen multilateral festgeschrieben werden kann.

Entscheidungsverfahren mittels erweiterter Nutzen-Kosten-Analyse

Grundlage für die Verständigung über Hochwasserrisiken und in weiteren Schritten über die Planung und Umsetzung von Maßnahmen bildet die Risikoabschätzung und Risikowahrnehmung auf der Ebene des Verbandsgebietes. Auf Basis dieser Risikoanalyse erfolgt die Festlegung von Schutzz Zielen. Traditionell wird auf dieses Verfahren verzichtet und normativ das Bemessungshochwasser vorgegeben. Neben der hydrologischen und sozioökonomischen Erfassung der Risiken sind für die Formulierung von Schutzz Zielen in Form von Eintrittswahrscheinlichkeiten auch gleichzeitig iterativ vorbeugende Maßnahmen zu eruieren und zu bewerten. Mögliche Maßnahmen sollten jedoch anhand normativ festgesetzter Schutzz Zielen bewertet werden, sondern es sollte vielmehr zwischen den Verfahrensschritten Risikobewertung und Risikohandhabung permanente Rückkopplungsprozesse initialisiert werden. Die erweiterte Nut-

zen-Kosten-Analyse (NKA) ist ein wesentliches Bewertungs- und Informationsinstrument zur Rückkopplung innerhalb des Entscheidungsprozesses (vgl. Abbildung 17).

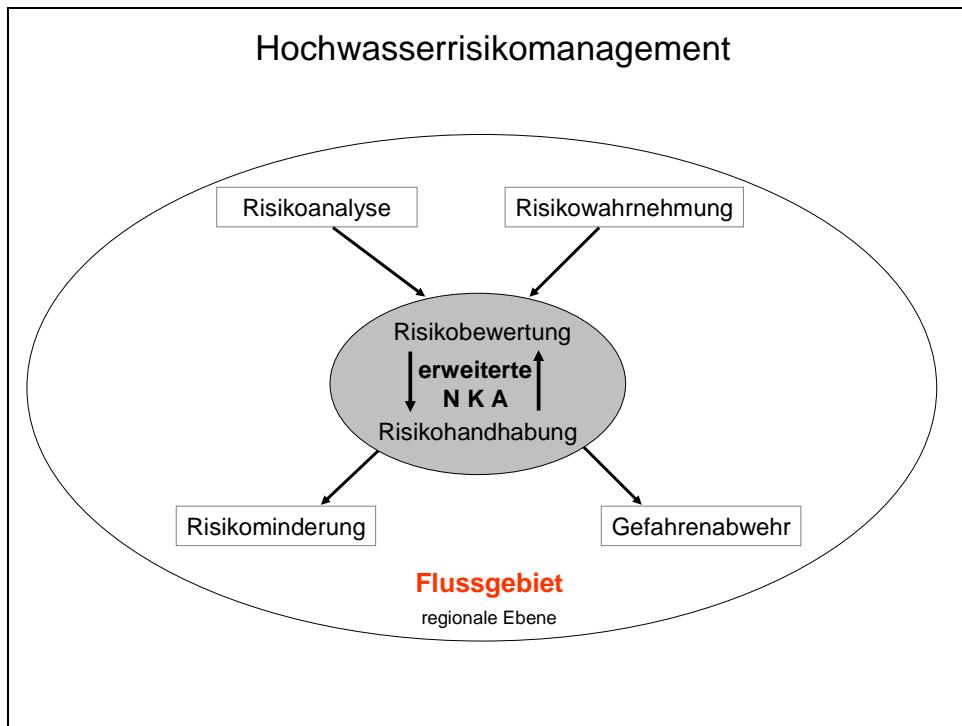


Abbildung 17: Stellung der erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse innerhalb des regionalen Hochwasserrisikomanagements (eigene Darstellung)

Die Ergebnisse einer räumlich wie inhaltlich erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse tragen sowohl zu einer erhöhten Transparenz der Verteilung von Vor- und Nachteilen als auch zu einer Erweiterung der Perspektive von Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen bei. Eine Deichrückverlegung kann nicht nur den Verlust an Nutz- bzw. Entwicklungsflächen für eine Gemeinde bedeuten, sondern auch weitere Entwicklungspotenziale - beispielsweise in Form von Erholungsnutzen freisetzen. Durch Einbindung solcher Erkenntnisse in die interkommunale Flächenpolitik könnten Synergien innerhalb des Verbandes genutzt werden. Die Gemeinde gewinnt durch die Deichrückverlegung einen verbesserten Hochwasserschutz und zusätzlich einen ökologischen Nutzen, der sowohl in Form von Erholungsnutzen auch wirtschaftlich genutzt werden kann, als auch der Umsetzung der Ziele der WRRL dient. Die unmittelbaren Nachbargemeinden und -städte können zudem an Hochwasserschutz hinzugewinnen, wenn durch die Maßnahme der Hochwasserscheitel abgesenkt wird.

Maßnahmen und Eingriffe innerhalb des Verbandesgebietes können aber auch Folgen für die gesamte Flussgebietseinheit haben. Folglich müssen diese Wirkungen im Entscheidungsverfahren einbezogen werden. Auf der makroskaligen Ebene sollten daher durch die übergeordnete Institution der (inter)nationalen Schutzkommissionen Instrumente etabliert werden, die bei positiven überregionalen Wirkungen der Maßnahmen ihre Umsetzung fördern bzw. bei negativen Wirkungen, diese sanktionieren (vgl. Abbildung 18). Dabei sollte nicht allein auf ordnungsrechtliche Instrumente ge-

setzt werden, sondern vor allem auf ökonomische Instrumente (vgl. Abschnitte 8.2 und 8.3.2 zur möglichen Stellung von Elementarschadenpflichtversicherungen).

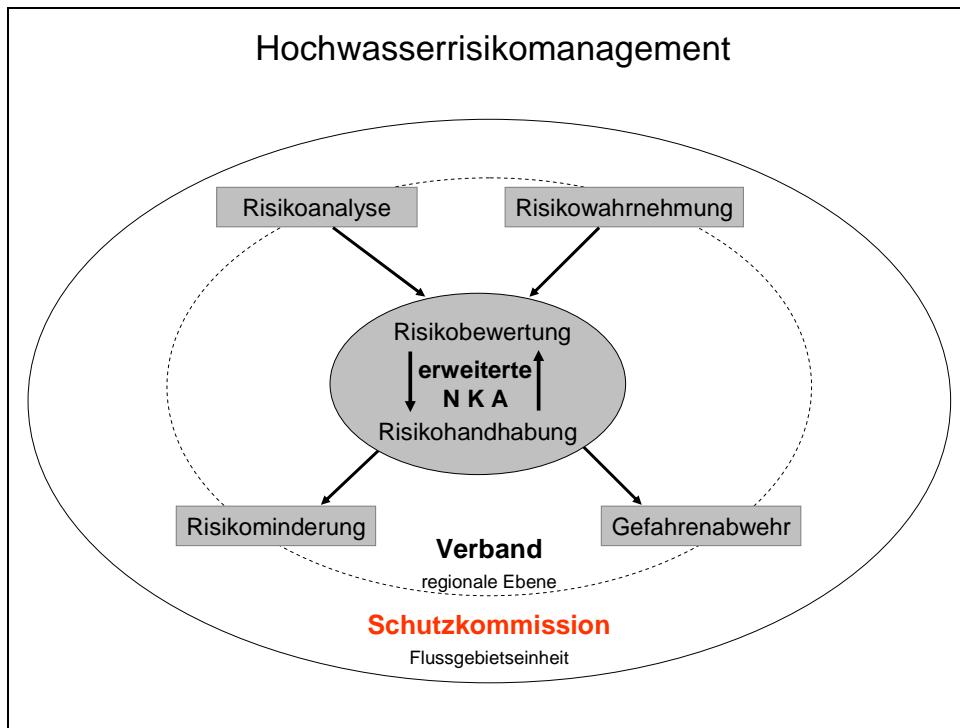


Abbildung 18: Hochwasserrisikomanagement in der gesamten Flussgebietseinheit (eigene Darstellung)

Kostenverteilungsstruktur

Aufgrund der vielfältigen Nutzungsinteressen und räumlich ungleich verteilter Kosten- und Nutzenstrukturen ist häufig von einem hohen Konfliktpotenzial auszugehen. Daher ist es wichtig, eine überregional abgestimmte Handlungsleitung bzw. Handlungsrichtung vorzugeben. Hier könnten die (integrierten) Hochwasseraktionspläne bzw. -schutzpläne eine wichtige Rolle spielen, um die formelle und materielle Komplexität zu reduzieren. In der vom Umweltbundesamt beauftragten Studie „Sichern und Wiederherstellen von Hochwasserrückhalteflächen“ wurde jedoch festgestellt, dass regionale und überregionale Konzepte wenn, dann nur über lange Zeiträume und meistens nicht vollständig umgesetzt wurden (UBA 2003, 85). Es ist davon auszugehen, dass vor allem das Problem der Kostenanlastung und damit die Frage: Wer hat wieviel zu tragen? - durch diese strategische Planung nicht gelöst werden kann und zu entsprechenden Konflikten führt.

Die vorgestellte Kostenverteilungsstruktur des Hochwasserzweckverbandes Elsenz-Schwarzbach kann als innovative Lösung angeführt werden. Sie beschränkt sich jedoch nur auf Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes und der Abschätzung direkter Effekte auf der Mesoskala.

Der Umgang mit nichttechnischen Maßnahmen, von denen zudem zahlreiche indirekte Effekte ausgehen, ist noch weitgehend ungelöst. Ein finanzieller Ausgleich könnte

durch eine Erweiterung des Kostenverteilungsschlüssels unter Einbeziehung der Ergebnisse einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse geregelt werden. Sekundäreffekte wie Nutzen in Form von Erholung, erhöhte Biodiversität oder auch eine verstärkte Nährstoffretention, aber auch Kosten in Form von Opportunitätskosten könnten integriert werden. Gerade eine erhöhte Nährstoffretention durch die Renaturierung von Auenbereichen kann außerdem dazu beitragen, Zielvorgaben der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen. Doch wie oben ausführlich dargelegt, ist zum einen eine Finanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen durch die Verbände derzeit aufgrund ihrer dazu unzureichenden finanziellen Leistungsfähigkeit nicht eigenständig zu gewährleisten. Verbände und Kommunen sind auf Fördermittel angewiesen. Zum anderen müsste die Verteilung der mit einer Maßnahmenumsetzung verbundenen Kosten stärker als bisher an der Frage orientiert werden, wem die entsprechenden Nutzen zugute kommen.

In Zeiten knapper Haushaltssachen gewinnt nicht nur die private Risikovorsorge, sondern auch die „individuelle“ Risikohandhabung an Bedeutung. Die Eigenbeteiligung an den Kosten des vorbeugenden Hochwasserschutzes müsste daher entsprechend verstärkt werden. Hochwasserschutz kann nicht allein staatliche Aufgabe sein und auch nicht von der Allgemeinheit zugunsten von einzelnen Flussanliegern in exponentieller Lage übernommen werden. Die dargestellte Finanzierungsstruktur in den Verbänden zur Gewässer- oder Deichunterhaltung bietet die Möglichkeit, die Kosten über die Erhebung von Beiträgen und Gebühren zu finanzieren. Hierzu müssten jedoch die Struktur und das Verfahren der Beitragsbemessung verbessert werden. Dabei steht häufig das Gemeinwohlinteresse im Konflikt mit dem Eigeninteresse der unmittelbaren Flussanlieger. Nach dem Vorbild der Deichverbände in NRW kann Hochwasserschutz durchaus als Aufgabe der Bürger, und nicht als rein staatliche Aufgabe begriffen werden. Entsprechend sollten die Kosten der Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes auf die Gruppe der entsprechenden „Nutzenträger“ verteilt werden – was bei Berücksichtigung beispielsweise des Biodiversitäts- und Erholungsnutzens nicht in jedem Fall nur die unmittelbaren Flussanlieger sein müssen. Dazu wäre es jedoch notwendig, eine Verfahrens- und Organisationsstruktur zu entwickeln, die die Kostenanlastung auf Grundlage der erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse regelt. Dabei sollte verstärkt auf eine dauerhaft schadenspotenzialreduzierende Umgestaltung der Anreizstrukturen gesetzt werden, wie sie beispielsweise eine Elementarschadenpflichtversicherung gewährleisten könnte (vgl. Kapitel 8.3.2) – und weniger auf ordnungspolitische Instrumente, die beständig mit gegenläufigen Anreizstrukturen zu kämpfen haben (Vgl. Kapitel 8.1).

Eine allein auf ökonomischen Anreizen basierende Kostenverteilungsstruktur würde allerdings voraussichtlich dazu führen, dass ausschließlich kostengünstige Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes umgesetzt würden. Ökologische Belange liefern Gefahr, nach gesamtgesellschaftlichen Wertvorstellungen nur unzureichend wahrgenommen zu werden. Daher müssten weiterhin und in möglicherweise verstärktem Ausmaß staatliche Fördermittel bereitgestellt werden, um Maßnahmen mit ökologischen und anderweitigen Nutzen, *die im Interesse der Allgemeinheit stehen*,

gezielt zu fördern. Die Förderung sollte sich an der Höhe des Nutzens für die Allgemeinheit orientieren.

Die Wahrnehmung verschiedener Hochwasseraspekte tangierender Aufgaben durch interkommunale Kooperationen bietet die Möglichkeit, finanzielle Mittel zu bündeln und überregional abgestimmt zu verwenden. Landes- und Regionalplanung, aber auch die Wasserwirtschaft können zwar nicht als übergeordnete Instanzen dafür Sorge tragen, dass die Gelder entsprechend der Zielvorgaben verwendet werden (Greiving 2002). Die Raumordnung bzw. Landesplanung besitzt nicht die Instrumente, um finanzielle Mittel umsetzungsorientiert zu verteilen. Die Wasserwirtschaft beschränkt sich als Fachplanung häufig nur auf ihren eigenen Wirkungskreis, vernachlässigt somit vor allem die Risikovorsorge. Diese beiden Institutionen sollten aber auf einer strategischen Ebene verstärkt zusammenarbeiten und dafür Sorge tragen, dass die Entscheidungsvorbereitung in Richtung eines abgestimmten Hochwasserrisikomanagements verläuft. Für die Umsetzung gilt es, eine stärkere Verknüpfung zwischen den formellen Instrumenten der Fachplanungen, der Raumplanung und vor allem einer überregionalen Koordination der Verbände zu schaffen.

Nach dem vorgeschlagenen zweistufigen Verfahren sollten makroskalige Wirkungen der Maßnahmen der Verbände durch die Schutzkommissionen übernommen werden. Maßnahmen mit überregionaler Wirkung sollten auf der makroskaligen Ebene der Flussgebietseinheit entsprechend ihrer Wirkungen gefördert bzw. sanktioniert werden.

In besonderen Streitfällen, in denen die lokale oder regionale Kooperationsbereitschaft im Hinblick auf eine aus überregionaler Perspektive sinnvolle Maßnahme extrem gering ausfällt, bzw. zu einer Blockade ihrer Umsetzung führt, sollten zusätzlich zu der institutionalisierten und mittelbaren Interessenvertretung über Kommunalpolitiker, Verbände und die Schutzkommissionen gezielt Gespräche zwischen direkt Betroffenen gesucht werden – beispielsweise in Form von gemeinsamen Informationsveranstaltungen, Workshops oder problembezogenen Flussanliegerforen. Diese Foren sollten die von einer Maßnahmenumsetzung (oder Nicht-Umsetzung) direkt negativ und positiv betroffenen Anlieger miteinander in Kontakt bringen und gemeinsam nach Lösungen suchen lassen. In der direkten Vermittlung von Betroffenheiten können häufig schneller Kompromisslinien gefunden werden, die von anwesenden Vertretern der überregional koordinierenden Institution dann aufgenommen werden sollten – beispielsweise in Form konkreter Kompensationsangebote an die potenziell negativ Betroffenen.

Aus der Finanzierung des Hochwasserschutzes sollte sich der Staat zugunsten alternativer, marktlicher Finanzierungskonzepte zunehmend zurückziehen. Mit den zur Verfügung stehenden fachlichen Kompetenzen sollten sich die Länder jedoch weiterhin engagieren. Dies betrifft im Besonderen Bereiche, in denen sie unterhaltungspflichtig sind und ein hohes Allgemeinwohlinteresse vorliegt. Durch eine stärkere Beteiligung der Nutzenträger an den Kosten des Hochwasserschutzes könnten auf der staatlichen Seite finanzielle Kapazitäten freigesetzt werden, die gezielt dazu genutzt werden

könnten, um Maßnahmen zu fördern, die im Allgemeinwohlinteresse Hochwasserschutz mit den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie und des Naturschutzes verknüpfen.

8.3.2 Ökonomische Instrumente

Vor dem Hintergrund der in dieser Studie vorgenommenen Analysen werden für die weitere Diskussion geeigneter ökonomischer Instrumente eines anreizgerechten und nachhaltigen Hochwasserrisikomanagements folgende Reformoptionen zur Prüfung empfohlen:

Eine Pflichtversicherung gegen Elementarschäden wäre dazu in der Lage, anreizschädliche und verteilungspolitisch fragwürdige staatliche Schadenskompensationen nach großen Hochwasserereignissen dauerhaft auszusetzen ohne dabei soziale Härten zu verursachen.

Die Versicherungsprämien sollten nach Gefährdungszonen gestaffelt werden und Rückbehaltregelungen vorsehen. Dabei könnte einerseits ein obligatorischer Rückbehalt vorgesehen werden, der den Schäden aus Hochwassern eines Wiederkehrintervalls von 10 Jahren entspricht und die Haushalte in hoch gefährdeten Zonen damit zu entsprechender Eigenvorsorge drängt. Andererseits könnten Prämienermäßigungen bei höheren Rückbehalten angeboten werden. Die Haushalte könnten damit ihre jährlichen Prämienbelastungen reduzieren und müssten dann allerdings die entsprechenden Beträge selbst ansparen (bzw. die entsprechenden Schäden aus ihrem Vermögensbestand oder laufenden Einkommen kompensieren).

Für jeweils ein ganzes Flusseinzugsgebiet sollte ein Rückversicherungsunternehmen eine Monopolstellung im Bezug auf die Rückversicherung der im Flussgebiet tätigen Erstversicherungsunternehmen erhalten. Diese „Flussgebietsmonopole“ könnten wettbewerblich ausgeschrieben werden.

Die Monopolstellung eines Rückversicherungsunternehmens im Bezug auf das gesamte Flusseinzugsgebiet ist notwendig, damit dieses Unternehmen den Anreiz hat, überregional effiziente Lösungen anzuregen und mitzufinanzieren.

Das Rückversicherungsunternehmen sollte dann sehr eng in die raum- und wasserwirtschaftlichen Planungen der jeweils zuständigen Gebietskörperschaften einbezogen werden. Eine solche Einbeziehung zu erreichen, liegt im Falle der Monopolstellung im Geschäftsinteresse des Rückversicherers, weil er so die von ihm rückversicherten Schadensrisiken verringern kann.

Wenn die nationalen und regionalen Regierungen (in der Bundesrepublik Deutschland die Bundesregierung und die Landesregierungen) sich aus der direkten Subventionierung (Bezuschussung) von Hochwasserschutzmaßnahmen vollständig zurückziehen würde, müssten die Kommunen nach alternativen Finanzierungsmöglichkeiten suchen, da sie häufig nicht in der Lage sind, größere Hochwasserschutz- oder -vorsorgeprojekte aus eigenen Mitteln zu tragen. An die Stelle der staatlichen Zu- schussgeber könnten die Rückversicherungsunternehmen treten. Das wechselseitige Anreizgefüge könnte zu einer Intensivierung der Zusammenarbeit von Versiche-

rungswirtschaft und Kommunen bzw. Verbänden führen. Die Kosten des Hochwasserrisikomanagements würden dann in erster Linie über die Versicherungsprämien finanziert werden – und nicht mehr, wie bisher, überwiegend aus allgemeinen, überregional erhobenen Steuermitteln.

Auch eine integrierte Steuerung der Hochwasserschutzvorkehrungen im gesamten Einzugsgebiet läge im unmittelbaren Geschäftsinteresse des Monopolrückversicherers. In den Abstimmungen mit den Anliegerkommunen wird die Ausgestaltung der Steuerungsprinzipien bzw. -algorithmen in Richtung auf die im Gesamteinzugsgebiet maximal mögliche Schadensreduzierung von den Versicherungsunternehmen zur Bedingung für die Bezuschussung lokal durchzuführender Investitionsprojekte gemacht werden.

Um soziale Härten bei der Prämiengestaltung zu vermeiden, könnte der Staat ab einer flussgebietsspezifisch berechneten extremen Gesamtschadenshöhe als Rückversicherer des Rückversicherungsunternehmen eintreten (z.B. im Bezug auf Schäden über 10 Mrd. € an der Elbe).

Bei der Versicherungslösung muss jedoch berücksichtigt werden, dass sie rein ökonomisch orientiert ist und in erster Linie auf eine Reduzierung der monetären Schadenspotenziale hinwirkt. Auf „ökologischem Auge“ ist die Versicherung blind, ebenso im Hinblick auf zahlreiche immaterielle Schadenspotenziale. Um die Präferenzen der Bürger auch in nicht-monetären Dimensionen von Hochwasserschutzmaßnahmen (wie den Belangen des Naturschutzes und potenziellen weiteren indirekten Nutzendimensionen) angemessen zu berücksichtigen, muss eine entsprechende staatliche Rahmensexposition geschaffen werden. Diese könnte darin bestehen, für alle geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen weitere Nutzen-Kosten-Analysen durchzuführen, die eben auch indirekte und nicht unmittelbar monetarisierbare Nutzen und Kosten einbeziehen (wie in den Kapiteln 4 bis 7 erörtert). Es sollten dann nur solche Maßnahmen durchgeführt werden, die in der erweiterten NKA ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis zeigen. Eine solche Bewertung kann von den Ergebnissen einfacherer Analysen, die sich allein auf die direkten Nutzen und Kosten beziehen, deutlich unterscheiden (vgl. hierzu auch die Fallbeispiele in Kapitel 9).

Wird die erweiterte Nutzen-Kosten-Analyse als Bewertungsmaßstab vorgeschrieben, müssen bei der Planung beispielsweise auch Biodiversitäts- oder Erholungsnutzen einbezogen werden. Da indirekte Nutzen in großen Teilen überregional und auch für Nicht-Anlieger anfallen, sollten solche Maßnahmen, die erhebliche Komponenten indirekter Nutzeffekte beinhalten, weiterhin staatliche Finanzierungszuschüsse erhalten. Da der Großteil der Hochwasserschutzinvestitionen bei der hier vorgeschlagenen Lösung privatwirtschaftlich finanziert wird, werden staatliche Haushaltsmittel frei, die bisher regelmäßig als Zuschüsse für Hochwasserschutzmaßnahmen verausgabt wurden. Und auch die ernormen Ausgaben für bisher unregelmäßig ad hoc aufgelegte Katastrophenhilfefonds würden wegfallen. Aus den freigewordenen Mitteln sollte ein nicht unerheblicher Teil weiterhin in die Bezuschussung von Hochwasserschutzmaßnahmen fließen – nun jedoch explizit zur Mitfinanzierung von Projekten, die neben

den direkten Wirkungen auf die Reduzierung der monetären Schadensrisiken erhebliche Zusatznutzen beispielsweise im Bereich der Biodiversitäts- und Erholungsnutzen erbringen.

Die notwendige und sinnvolle enge Abstimmung von Hochwasserschutz- und -vorsorgestrategien mit Zielen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie sowie des Grundwasser- und Naturschutzes ergibt sich bei einer Orientierung der Planungsent-scheidungen an den Ergebnissen erweiterter Nutzen-Kosten-Analysen von allein, da die entsprechenden indirekten Nutzenkategorien, die aus der Verbesserung des öko-logischen Zustandes des Flussgebietes entstehen, mit berücksichtigt werden.

Ergänzend sollte eine Flächenversiegelungsabgabe erhoben werden – möglicherweise auch in Form von handelbaren Flächennutzungszertifikaten. Die Abgabe sollte so gestaltet sein, dass deutliche Anreize zur Vermeidung weiterer Versiegelungen oder zur Investition in Entsiegelungsmaßnahmen entstehen. Dies würde im Bereich der hochwasserverschärfenden Beschleunigung des Oberflächenabflusses eine annährend verursachergerechte Belastung sicherstellen.

Diese Abgaben sollten kommunal erhoben und in kompensierende Rückhalte- bzw. Versickerungsmaßnahmen investiert werden. Insofern wäre darüber nachzudenken, ob nicht insgesamt die Abwassergebührenordnungen so weit umgestaltetet werden sollten, dass das generierte Aufkommen direkt über die zuständigen Abwasserent-sorger entsprechend investiert werden kann. Zielorientierung sollte dabei der poten-zielle natürliche Abfluss ohne Versiegelungsflächen sein: Jede Kommune (und über die Abwassergebühren jeder Nutzer versiegelter Flächen) sollte dafür Rechnung tra-gen, dass durch entsprechende Rückhalte- und Versickerungsmaßnahmen bezogen auf die jeweilige Siedlung die Vorfluter nicht stärker belastet werden, als dies im Zu-stand ohne Versiegelungsflächen der Fall gewesen wäre.

9 Diskussion von Erweiterungsansätzen für NKA anhand von Fallbeispielen

In diesem abschließenden Kapitel sollen die Möglichkeiten und entscheidungsrelevanten Konsequenzen erweiterter Nutzen-Kosten-Analysen (NKA) verdeutlicht werden. Ausgehend von den eingehend diskutierten Anforderungen an eine umfassende ökonomische Bewertung in verschiedenen Bewertungskontexten – charakterisiert durch die Art der Hochwasserschutzmaßnahmen, die Skalenebene oder die Bewertungsinhalte – soll im Folgenden der grundsätzliche methodische Zugang für die Erweiterung traditioneller NKA anhand konkreter Fallbeispiele aufgezeigt werden. Die Fallbeispiele sollen dabei unter anderem aufzeigen:

- welche Effekte über traditionelle Bewertungsansätze hinaus betrachtet werden müssen (z.B. indirekte Effekte, Sekundärnutzen),
- wie mit verschiedenen Schutzniveaus umgegangen werden kann
- auf welcher Skalenebene eine Bewertung und Entscheidungsfindung stattfinden kann oder sollte,
- welche zusätzlichen Datenanforderungen sich für die Bewertung ergeben und
- welche Bewertungsmethoden sich als geeignet erweisen können.

Als Fallbeispiele wurden dabei existierende Hochwasserschutzplanungen oder -projekte ausgewählt, deren Entscheidungsgrundlagen bisher auf traditionellen verkürzten Bewertungen basierten und anhand derer daher Erweiterungsmöglichkeiten im Sinne einer umfassenden NKA aufgezeigt werden können. Die Fallbeispiele sollen in erster Linie den methodischen Zugang und die Erweiterungsnotwendigkeiten verdeutlichen. Vollständige Nutzen-Kosten-Analysen mit eigener Datenerhebung konnten im Rahmen des Projektes nicht durchgeführt werden. Insofern sind die in den Fallbeispielen genannten Zahlenwerte lediglich als hypothetische (wenn auch durchaus begründete) Größenordnungen zu verstehen, in denen sich die in erweiterten Nutzen-Kosten-Analysen berücksichtigten Nutzen- und Kostenwerte bewegen können. Eine genauere Kalkulation der jeweiligen Nutzen-Kosten-Verhältnisse muss eingehenderen Studien vorbehalten bleiben.

Im ersten Fallbeispiel (Abschnitt 9.1 Deichrückverlegung Monheim) zeigt sich, dass in diesem Fall erst die Berücksichtigung von Biodiversitäts- und Erholungsnutzen dazu führt, die Deichrückverlegung mit einem auch aus lokaler Perspektive insgesamt deutlich positiven Nutzen-Verhältnis zu bewerten.

Das zweite Fallbeispiel (Abschnitt 9.2 Polder Trebur) zeigt, dass eine Beschränkung auf eine rein regional orientierte Betrachtungsskala häufig bedeutende Nutzenkomponenten ignoriert und eine Maßnahme, die lokal betrachtet (auf der Mikro- bis Mesoskala) ein ungünstiges Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweist, in ihrer überregionalen Bewertung eine eindeutig positive Bewertung erhalten kann. Dieses Beispiel weist

auch auf die derzeit vorhandenen Defizite im überregionalen Interessenausgleich hin, die mit den in Kapitel 8.3 vorgestellten Instrumenten verbessert werden könnten.

Das dritte Fallbeispiel (Abschnitt 9.3 Vorbeugender Hochwasserschutz an der Lahn) gibt Anregungen, wie die Bewertung von Maßnahmenprogrammen methodisch erweitert werden könnte, die eine Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts zum Ziel haben. Aufgrund der hier häufig im Vordergrund stehenden Biodiversitäts- und Erholungsnutzen geraten solche Maßnahmenprogramme bei praxisüblich verkürzten Nutzen-Kosten-Analysen gegenüber technisch orientierten Maßnahmenprogrammen oft ins Hintertreffen. Die Bewertung auch indirekter Nutzen und Kosten im Rahmen erweiterter Nutzen-Kosten-Analysen kann damit eine Begründung für die Einbeziehung überregionaler staatlicher Etats zur Finanzierung eines Hochwasserrisikomanagements liefern, das neben der Reduzierung von Hochwassergefährdungen auch Naturschutzaspekte und Ziele der Wasserrahmenrichtlinie berücksichtigt.

9.1 Deichrückverlegung Mohnheim

Das folgende Beispiel der bereits abgeschlossenen Deichrückverlegung am Rhein in Monheim (NRW) soll dazu dienen, Nutzen und Kosten einer Rückverlegung nicht nur (direkt) hinsichtlich des Hochwasserschutzes zu ermitteln und zu bewerten, sondern weitere indirekte Nutzen und Kosten in die Bewertung mit einfließen zu lassen. Die Entscheidung, diese Maßnahme näher zu betrachten und Möglichkeiten einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse aufzuzeigen, lag in der vom Land NRW geäußerte Zielsetzung – der Schaffung weiterer naturnaher Überschwemmungsflächen.⁹⁴ Mit Hilfe der hier vorgestellten erweiterten NKA konnte die Vorteilhaftigkeit der Maßnahme im Nachhinein bestätigt werden und somit die politische Entscheidung untermauert werden.

Die im Vorfeld der Umsetzung der Deichrückverlegung erfolgten Wirkungsbetrachtungen bezogen sich auf unterschiedliche Maßnahmen, die auf den Ort der Maßnahme – auf den Monheimer Rheinbogen ausgerichtet waren. Hier erfolgte im Zuge der Umweltverträglichkeitsprüfung eine Bewertung der ökologischen und sozialen Auswirkungen, Effekte auf das Teilsystem Niederrhein wurden in die Bewertung nicht einbezogen. Der Vorteilsnachweis für die Deichrückverlegung wurde im Rahmen der UVP-Bewertung erbracht. Die hier folgende Nutzen-Kosten-Analyse und damit die monetäre Bewertung verschiedener Varianten soll auch die ökonomische Vorteilhaftigkeit prüfen.

Zur Disposition standen zwei Alternativen, um den lokalen Hochwasserschutz für die Stadt Monheim zu gewährleisten.

⁹⁴ Der Maßnahmenplanung liegt damit eine mehrdimensionale Zielsetzung – eine der Erweiterungsansätze von NKA – zugrunde.

- a) Sanierung und Anpassung des Altdeiches an das geforderte Schutzniveau
- b) Deichrückverlegung (DRV)

Die Bewertung der Varianten – Sanierung und Anpassung des Altdeiches an das geforderte Schutzniveau und die Deichrückverlegung (DRV) – bieten sich an, um das methodische Vorgehen einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse zu erläutern.

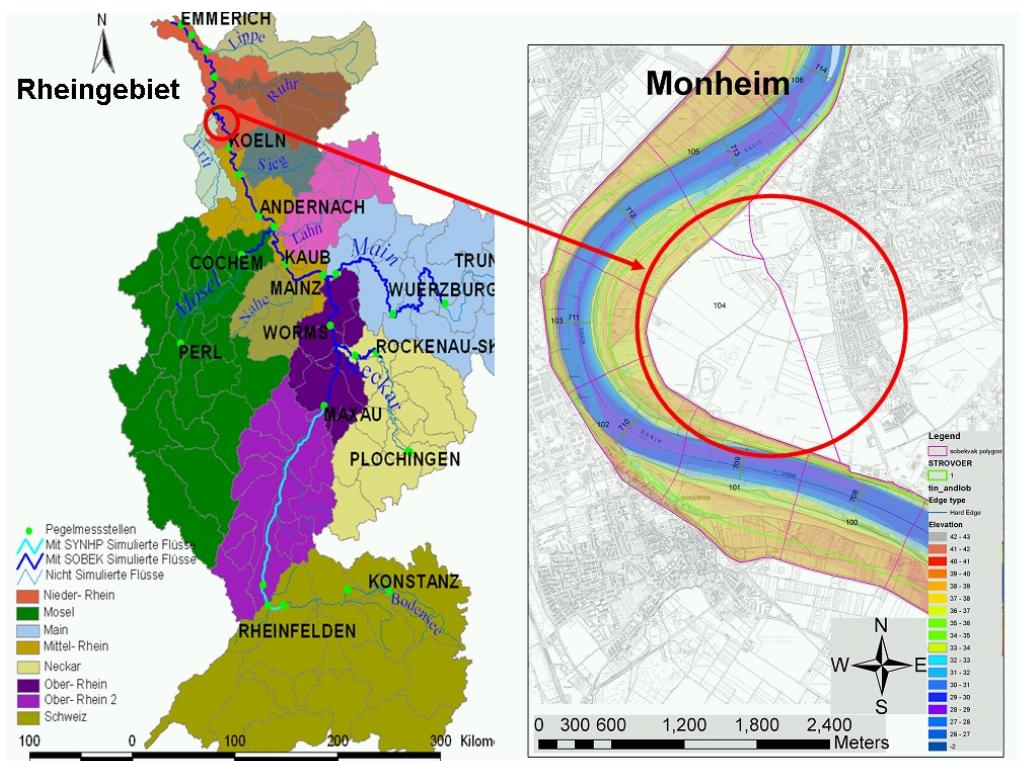


Abbildung 19: Lage des Monheimer Rheinbogens (BfG)

In der Bestandanalyse zum Generalplan Hochwasserschutz am Niederrhein (StUA Düsseldorf, 1990) wurde festgestellt, dass die Deichsicherheit im Bereich Monheim sowohl nicht mehr den Regeln der Technik entsprach als auch für das anzusetzende Bemessungshochwasser (BHW) einen zu geringen Freibord besaß. Ziel war es, den Hochwasserschutz der Stadt Monheim nach dem festgelegten BHW HQ 200 – entspricht 11,90 m am Pegel Köln – zu gewährleisten.

Bereits vor diesen Ereignissen wurde vom StUA Düsseldorf im Generalplan Hochwasserschutz am Niederrhein ausdrücklich auch eine Deichrückverlegung bei Monheim befürwortet. Im Anschluss an die Hochwasserereignisse von 1993 und 1995 am Rhein wurde die Möglichkeit der Deichrückverlegung konkret in Erwägung gezogen.⁹⁵

Die Rückverlegung in Monheim ist eine von 11 geplanten Rückhaltemaßnahmen am Niederrhein. Nach einem Gutachten der Universität Karlsruhe sei bei Durchsetzung

⁹⁵Staatliches Umweltamt Krefeld

aller 11 Maßnahmen am Niederrhein eine Wasserspiegelsenkung von 10 cm und eine Verzögerung der Welle von 12 h an der deutsch/ niederländischen Grenze zu erwarten (Universität Karlsruhe Institut für Wasserbau und Kulturtechnik 1995).⁹⁶

Nach Aussagen des StUA Krefeld war die Wirkung der Deichrückverlegung auf den überregionalen Hochwasserschutz schwer abzuschätzen, sodass im Wesentlichen das lokale Hochwasserschutzniveau im Vordergrund stand. Daher sind zu Beginn die Hochwasserschutzmaßnahmen primär unter der Maßgabe der Gewährleistung des geforderten Hochwasserschutzgrades für die Stadt Monheim eruiert worden.⁹⁷

Es standen vier unterschiedliche Deichtrassen mit gleichem Schutzniveau zur Disposition, um das lokale Sicherheitsniveau zu erreichen. Die unterschiedlichen Varianten wurden auf Grundlage wasserbaulicher, ökologischer und landschaftlicher Anforderungen sowie der bestehenden Nutzungsstruktur im Untersuchungsgebiet gewählt. Es handelte es sich bei diesen Varianten um drei Deichrückverlegungen unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung und um die Variante der Sanierung des alten Banndeiches.

In der notwendigen Umweltverträglichkeitsstudie⁹⁸ wurden die sozialen und ökologischen Auswirkungen der unterschiedlichen *realistischen* Lösungsvarianten ermittelt und gegeneinander abgewogen. Anhand der unterschiedlichen ökologischen Wertigkeit der Einzelflächen im Untersuchungsgebiet und des durch die jeweiligen Varianten quantitativ und qualitativ erzeugten Flächenverbrauchs wurde der Einfluss auf die UVP-Schutzgüter (§2 UVPG) bewertet. Aus der UVP ging hervor, dass die Sanierung und damit die Anpassung des alten Banndeiches an das vorgegebene Schutzniveau zu favorisieren sei. Um das politisch motivierte Ziel der Rückdeichung unter Gewährleistung des Hochwasserschutzes von HQ₂₀₀ für die Stadt Monheim dennoch zu erreichen, ist ein Entwicklungskonzept für die neue Deichvorlandfläche erarbeitet worden. Diese konkrete Entwicklungsplanung ist als Bewertungsmaßstab mit in das Bewertungsverfahren einer erneuten UVP eingeflossen. Unter Einbeziehung des Entwicklungskonzeptes erwies sich die Rückverlegung als vorteilhafteste Variante im Rahmen der ökologischen und sozialen Wirkungsanalyse. Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, welche der beiden Varianten unter nutzen-kosten-analytischen Gesichtspunkten sich als vorteilhaft erweisen würde.

9.1.1 Darstellung der Maßnahmen zur Deichrückverlegung

Durch die Rückverlegung des Deiches im Bereich der Stadt Monheim wurde eine Polsterfläche von ca. 185 ha zurückgewonnen, die ein Retentionsvolumen von ca. 8 Mio. m³ aufweist. Mit der Rückverlegung des Deiches wurde nicht nur eine zusätzli-

⁹⁶Die Aussagen zu den hydrologischen Wirkungen sind aber nur unter generalisierten hydrologischen/ hydraulischen Annahmen – wie beispielsweise der Hochwassergenese – zu treffen.

⁹⁷Staatliches Umweltamt Krefeld (20.03.06)

⁹⁸Vergleiche Anforderungen des §31 WHG i.V.m. §3 UVPG.

che Überschwemmungsfläche geschaffen, sondern ein Flutpolder der sich zunächst entgegen der Fließrichtung füllt und somit ein hohes Retentionspotenzial besitzt.

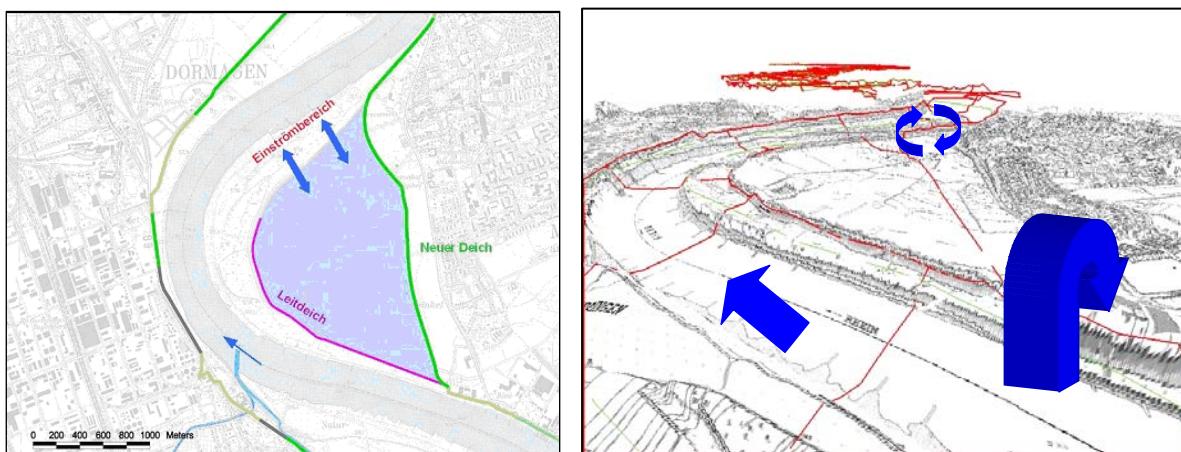


Abbildung 20: Fließwege im Bereich Monheim (LUA-NRW & BfG).

Die Variante DRV beinhaltet als Maßnahmen die Rückverlegung und den Teilrückbau des alten Banndeiches und die Sanierung eines Teiles des Altdeiches, der weiterhin als Leitdeich fungiert. Der Deich wurde entsprechend dem geforderten Regelprofil des „Generalplans Hochwasserschutz am Niederrhein“ errichtet (Staatliches Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Düsseldorf 1990). In einem Teilbereich war die Erreichung dieses Schutzzieles durch Erhöhung des Deiches aufgrund fehlender räumlicher Ausdehnungsmöglichkeiten – Bebauung landseitig am Deichfuß – nur über die Errichtung einer Spundwand möglich. Ein Teil des vorhandenen Deiches, der nur als Leitdeich fungierte, musste an das Bemessungshochwasser (BHW) angepasst werden.

Aufgrund der topographischen und geologischen Lage der Stadt Monheim waren einige tiefer gelegene Siedlungsgebiete bereits vor der Deichrückverlegung durch einen hohen Grundwasserspiegel gefährdet bzw. betroffen. Die Verlegung des Deiches erhöhte die Gefährdung weiter, sodass eine entsprechende Gegenmaßnahme – Bau einer bis zu 30 m tiefen Spundwand – ergriffen wurde, um vorrangig den Monheimer Stadtteil Zaunswinkel zu schützen und somit eine erhöhte Gefährdung durch Höchstgrundwasserstände zu verhindern.

Gesamtkosten und -verteilung

Die Stadt Monheim ist für die Deichunterhaltung bzw. den Neubau zuständig (§108 LWG NRW). Die Verteilung der Kosten wurde vertraglich zwischen der Stadt Monheim, dem Land NRW und der EU (IRMA) geregelt.⁹⁹ Im Rahmen des Interreg IRMA-Programms wurde die Deichrückverlegung von der EU mit 5,6 Mio. € unterstützt.¹⁰⁰

⁹⁹ Die Einzelheiten des Vertrages sind nicht bekannt.

¹⁰⁰ http://www.irma-programme.org/b_projects/list_germany.htm

Die Gesamtkosten des Projektes beliefen sich auf ca. 36 Mio. €, davon wurden ca. 2 Mio. € an Entschädigungen gezahlt (überwiegend an die Bayer AG als Haupteigentümer) und rund 7,8 Mio. € für den Ankauf weiterer privater Flächen (darunter auch bebaute Flächen).¹⁰¹

Vergleich der zwei Varianten mittels erweiterter NKA

Im Bereich des Hochwasserschutzes werden NKA zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen vorrangig zur Bewertung von technischen Schutzmaßnahmen herangezogen. In der Regel wird die jeweilige zu bewertende Maßnahme dem Status quo als Referenzfall gegenübergestellt. Dieses *With-Without Prinzip* (Soll-Ist-Vergleich) wird im Beispiel der Deichrückverlegung Monheim modifiziert, indem ein direkter Vergleich zwischen den zur Disposition stehenden Maßnahmen gezogen wird. Grundlegend hätte auch der Status quo nach Nutzen und Kosten bewertet werden müssen. Somit wäre auch die normative Vorgabe des Hochwasserschutzgrades zu hinterfragen.¹⁰² Denn das Nutzen-Kosten-Verhältnis für den Status quo würde zum einen, die Notwendigkeit zur Ergreifung von Maßnahmen klären bzw. begründen und zum anderen die relative Vorteilhaftigkeit der zwei zu vergleichenden Maßnahme verdeutlichen. Das Ergebnis könnte unter Umständen dazu führen, keine der beiden Maßnahmen aus einer erweiterten ökonomischer Sicht zu realisieren. Aufgrund der bereits realisierten Maßnahme werden im Folgenden aber nur die beiden zur Disposition stehenden Maßnahmen bewertet und verglichen. Es ist immer zu beachten, dass im politisch-administrativen System eine NKA nicht das alleinige Entscheidungskriterium ist, die politisch-administrativen Rahmenbedingungen (constraints) sind zu berücksichtigen. Die rechtlichen Vorgaben zum Hochwasserschutz bzw. zum festgelegten lokalen Schutzniveau werden entsprechend hier nicht hinterfragt – ein absoluter nutzen-kosten-analytischer Vorteilsnachweis wird somit nicht erbracht. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass das normativ vorgegebene Schutzziel für die Stadt Monheim gerechtfertigt ist, da der Schutz von Menschenleben oberste Priorität hat. Geschlossene Siedlungen stellen die Objektkategorie mit dem höchsten Schutzniveau dar (Dallhammer 2005, 36). Entsprechend dieser Annahmen gilt die Frage zu beantworten: mit welchen Mitteln das (eindimensionale) Ziel zu erreichen ist. Die erweiterte NKA bietet sich hier als Instrument zur Entscheidungsvorbereitung an, um die Auswirkungen der unterschiedlichen Maßnahmenpakete umfassend auf der monetären Ebene zu bewerten und zu vergleichen.

Die folgende Darstellung einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse im Bereich des Hochwasserschutzes ist im Besonderen auf die Erweiterung der räumlichen Betrach-

¹⁰¹ Die finanzielle Unterstützung durch die EU und den Bund kann als ein ausschlaggebender Punkt zu Realisierung aufgefasst werden. Damit wird die Argumentation aus Kap. 8.1 unterstützt, dass die Schaffung von zusätzlichen Retentionsräumen aufgrund der hohen finanziellen Aufwendungen in der Regel entsprechender Anreize von außen bedarf.

¹⁰² Nach DIN 1970 heißt es: „Die jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der Ereignisse, für das eine Hochwasserschutzmaßnahme angestrebt wird, ist nach wirtschaftlichen, ökologischen und weiteren Gesichtspunkten festzulegen.“ (Zit. Nach Buck 2003)

tungsebene als auch auf die Ermittlung und Bewertung von indirekten Effekten ausgerichtet.

Das im Mai 2005 verabschiedete Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes fordert explizit die Umsetzung eines flussgebietsbezogenen Hochwasserschutzes. Diese Forderung setzt voraus, dass geplante Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkungen nicht nur auf der räumlichen Mikroebene (lokale Ebene), sondern auch auf regionaler bzw. überregionaler Ebene ermittelt werden.

Die Wirkungen der DRV und der Sanierung des Altdeiches werden daher hier nicht nur lokal für die Stadt Monheim ermittelt und bewertet, sondern auch für die stromaufwärts gelegene Stadt Köln. Die positiven Auswirkungen auf die Unterlieger, wie beispielsweise auf Düsseldorf, wurden hier nicht monetär bewertet.¹⁰³

Die theoretische Darstellung einer erweiterten NKA hat zudem gezeigt, dass nicht nur räumlich die Bewertung zu erweitern ist, sondern auch hinsichtlich Sekundäreffekte von Maßnahmen, wie die Wirkung auf Natur und Umwelt einzubeziehen.

Aufgrund der zahlreichen Effekte, die mit der Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen verbunden sind, ist eine strikte Kategorisierung der Maßnahmen in direkte und indirekte Kosten sowie Nutzen nur unter Festsetzung verschiedener Annahmen möglich.

Für dieses Fallbeispiel werden entsprechend der vorgegebenen Zielstellung – den Hochwasserschutz für die Stadt Monheim zu gewährleisten – die Maßnahmenkosten und –nutzen, die unmittelbar auf das Ziel ausgerichtet sind, als direkte Kosten und Nutzen definiert. Vor- und Nachteile, die nicht unmittelbar den lokalen Hochwasserschutz betreffen, werden als indirekte Wirkungen mit entsprechenden Kosten und Nutzen behandelt bzw. bewertet.

Dennoch ist darauf zu verweisen, dass Hochwasserschutzmaßnahmen Folgemaßnahmen erforderlich machen, die keine direkte Wirkung auf den Hochwasserschutz besitzen, aber Grundvoraussetzungen für die Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahme sind. Derartige notwendige Folgen können hierbei hydrologische oder topographische, aber auch gesellschaftliche Erfordernisse sein. Die Umsetzung von raumwirksamen Maßnahmen ist im Besonderen vom politisch-administrativen Kontext abhängig, d.h. Maßnahmen sind nur dann umsetzbar, wenn den institutionellen Anforderungen entsprochen wird. Entsprechend dieser Argumentation werden die notwendigen gesetzlich geforderten Folgemaßnahmen (Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen) ohne direkte Wirkung auf den Hochwasserschutz in ihrer monetären Größe dennoch als direkte Kosten bzw. Nutzen quantifiziert, da ein starker innerer Zusammenhang zwischen den Einzelmaßnahmen besteht.

¹⁰³ Im Anhang (Seite 14) ist die hydrologisch/hydraulische Wirkung der Deichrückverlegung auf den Wasserstand auch für Düsseldorf durch die BfG ermittelt worden. Für Düsseldorf ist damit zu erwarten, dass die erwarteten Wasserstandsabsenkungen im Dezimeterbereich liegen. Diese Effekte sind monetär zu bewerten und entsprechend in die Nutzen-Kosten-Analyse mit aufzunehmen.

Des Weiteren sind verschiedene Kosten- und Nutzenarten zu differenzieren. Bei den Kosten sind die Investitionskosten, die Re-Investitionskosten, die Unterhaltungskosten und die ereignisabhängigen Kosten zu ermitteln. Auf der Seite der Nutzen sind einerseits die ereignisabhängigen Nutzen von Bedeutung. Ereignisabhängige Kosten und Nutzen treten bei der Flutung des neuen Deichvorlandes beim Erreichen eines bestimmten Wasserstandes innerhalb der Maßnahme auf. Andererseits sind Nutzen zu quantifizieren, die auch ohne Flutung bestehen. Hier ist in diesem Beispiel vorrangig der Erholungsnutzen zu nennen.

Da die Nutzen und Kosten der Maßnahmen zeitlich auseinander fallen, sind sie mittels finanzmathematischer Aufbereitung auf einen einheitlichen Bezugszeitpunkt zu beziehen. Während die einmaligen Investitionskosten unverändert in die NKA eingehen, werden die Unterhaltungskosten und die ereignisabhängigen Kosten und Nutzen auf den Bezugszeitpunkt diskontiert (Gocht 2004).

9.1.2 Ermittlung der Kosten Deichrückverlegung und Sanierung Altdeich

Direkte Kosten

Die direkten Kosten werden als finanzielle Aufwendungen definiert, die unmittelbar zur Umsetzung des Ziels bestimmt sind. Gemäß den Aussagen des STUA Krefeld war das primäre Ziel die Gewährleistung des Hochwasserschutzes entsprechend des vorgegebenen Schutzgrades für die Stadt Monheim. Die hierbei ermittelten Kosten zeigt Tabelle 4.

Die Kosten für eine Deichsanierung und die Anpassung des Altdeiches an das geordnete Schutzniveau würden sich nach Einschätzung der Stadt Monheim dagegen auf rund 19 Mio. € belaufen. Da die Sanierung des Deiches aufgrund der fehlenden Standsicherheit geleistet werden musste, sind die ohne Erhöhung des Deiches anfallenden Sanierungskosten nicht in die monetäre Bewertung aufzunehmen, sondern nur die Kosten einzustellen, die für die Anpassung an das HQ₂₀₀ Schutzniveau angefallen sind. Daher ergeben sich die Kosten für eine Deicherhöhung aus den Gesamtkosten von 19 Mio. € abzugliedert der so genannten indisponiblen Ersatzanteile.¹⁰⁴ Es wird davon ausgegangen, dass für die Erhöhung lediglich Kosten von 7,6 Mio. € anzusetzen sind (40% der Gesamtkosten).

¹⁰⁴ Die indisponiblen Ersatzanteile sind die Kosten, die zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit der Deiche in ihrem bisherigen Zustand aufgewendet werden müssen.

Tabelle 4: Kosten der Deichrückverlegung

Kosten	in Mio. €
Deichbau	~14
Grundwasserschutz	~4
Grunderwerb	~8
Entschädigung der Grundstücke von Deichhinterland zu Deichvorland	~2
Umbau Wasserwerk Bayer AG	~3
Landschaftsgärtnerische Arbeiten	~2
Planungskosten	~1
Verschiedenes	~2
Projektkosten	~36

(Stadt Monheim 2006)¹⁰⁵

Investitionskosten und ereignisabhängige Kosten

Die Kosten für den Deichbau beinhalten den Bau des neuen Banndeiches, die Teilabtragung des alten Banndeiches sowie die Teilsanierung des Altdeiches (heute Leitdeich).

Mit der Deichrückverlegung sind Flächennutzungen im vormals geschützten Deichhinterland nicht mehr bzw. nur eingeschränkt möglich, entsprechend sind Kosten für Entschädigung und Grunderwerb als direkte Kosten heranzuziehen. Hierzu zählen in diesem Fall auch die Kosten für die Anpassung vorhandener Einrichtungen - Wasserwerk Bayer AG - an die geänderte Situation.

Entschädigt wurden die Grundstückseigentümer (die Bayer AG) für die Flächennutzungseinschränkungen infolge der periodisch auftretenden Überschwemmungen. In der einmaligen Entschädigung sind die Wertminderung, Ertragseinbußen und Erschwernisse vorrangig für die landwirtschaftliche Nutzfläche enthalten. Im Rahmen der DRV erfolgte eine Umwandlung von 158.300 m² Acker in Grünland.

Nach Berechnungen der BfG wird das tiefere Vorland innerhalb der Maßnahme fast jedes Jahr (bei einem MHQ = Mittleres jährliches Hochwasser) geflutet. Die Weiden werden ab einem 2-jährlichen Hochwasser- und die Ackerflächen circa ab einem 7-jährlichen Hochwassereignis überströmt. Mit der Flutung sind nicht nur landwirtschaftliche Nutzflächen betroffen, sondern auch die vorhandene Infrastruktur, wie z.B. Wege. Die Kosten bspw. für die Instandsetzung (Reinigung) der Infrastruktur nach einem HW-Ereignis wurden aufgrund unzureichender Daten nicht ermittelt. Es

¹⁰⁵ Kostenaufstellung der Stadt Monheim – Rainer Fester Abt. Abwasser- und Deichangelegenheiten Stadt Monheim (gerundet).

handelt sich hier ausschließlich um Wege und nicht um Straßen mit lokaler oder sogar überregionaler Bedeutung. Entsprechend sind auch keine Kosten für mögliche Verkehrsunterbrechungen zu ermitteln.

Diese Einschränkungen der Nutzung in Folge der Flutung des Deichvorlandes entsprechen den Opportunitätskosten, sie werden als ereignisabhängige Kosten einer Flutung in diesem Fall nicht als Einzelposten aufgeführt, da sie aufgrund der gezahlten Entschädigungen mittelbar in die NKA einfließen. In der Kalkulation der Kosten von derartigen Maßnahmen gilt grundsätzlich diese Opportunitätskosten zu ermitteln, sofern nicht wie in diesem Beispiel Entschädigungen gezahlt werden, die dem Nutzungsausfall entsprechen (Dehnhardt et al. 2006).

Des Weiteren sind die Kosten für den Schutz vor Qualmwasser als direkte Kosten zu qualifizieren. Die Folgen der Hochwasserereignisse von 1994 und 1995 haben gezeigt, dass die aufgetretenen Schäden nicht durch Überflutung des Rheindeiches entstanden sind, sondern vorrangig durch aufsteigendes Grundwasser bei Hochwasser im Rhein.¹⁰⁶ Daher werden die Maßnahmen zum Schutz vor hohen Grundwassereinträgen als direkte Maßnahmen der DRV mit direkten Kosten behandelt.

Als direkte Kosten für die Deichrückverlegung werden nicht nur Kosten für den Deichbau angesetzt, sondern auch Kosten für die landschaftsbaulichen Maßnahmen. Die Wirkungen weisen keinen direkten Bezug zum gesetzten Hochwasserschutzziel auf, werden aber dennoch als direkte Kosten behandelt, da aufgrund der rechtlich vorgegebenen Regelungen die Deichrückverlegung nicht ohne Entwicklungsmaßnahmen entsprechend dem Entwicklungskonzept umgesetzt worden wäre. Das bedeutet, dass auch hier vor allem die politisch-administrativen Regelungen im Sinne der UVP vorgegeben sind (vgl. §31 Abs. 2 WHG). Die einzelnen Teilmaßnahmen bezogen sich vor allem auf die ökologische Entwicklung. Sie umfassten Maßnahmen wie Initialpflanzungen und Umwidmung von Ackerland in Grünland, vor allem im Bereich der Flutmulde. Die entsprechend geforderten landschaftspflegerischen Maßnahmen beinhalteten bspw. die Pflanzung von ca. 716 Bäumen und 35.000 m² Gehölzpflanzungen.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Stadt Monheim – Rainer Fester Abt. Abwasser- und Deichangelegenheiten

¹⁰⁷ Dieser Aussagen basieren auf dem Erläuterungsbericht zum Entwicklungskonzept „Monheimer Rheinbogen“ –Alternativvariante 1997).

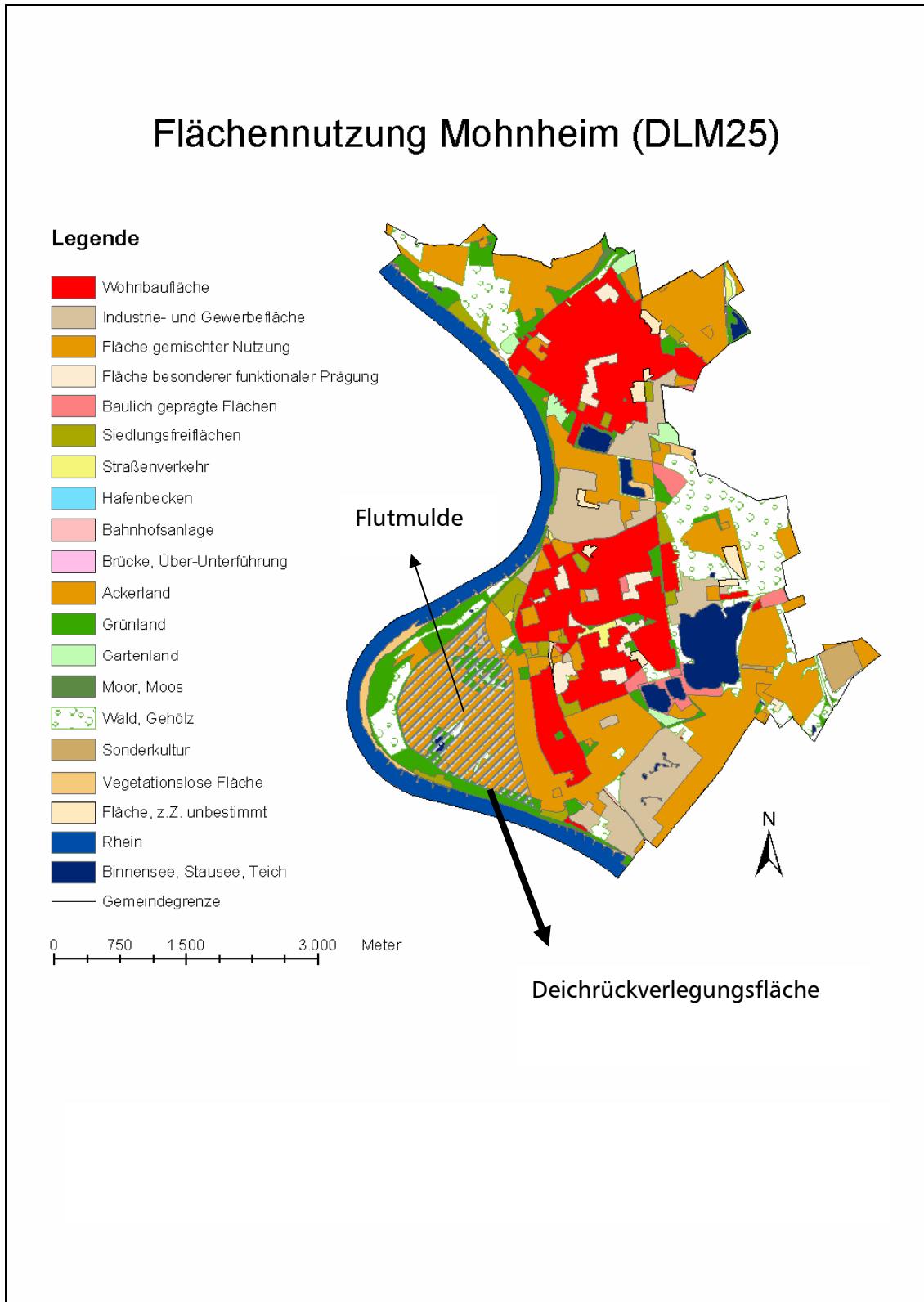


Abbildung 21: Flächennutzung in der Stadt Monheim vor Deichrückverlegung (ATKIS)

Unterhaltungskosten

Nach den gesetzlichen Bestimmungen in Nordrhein-Westfalen ist die Stadt Monheim für den Deich zwischen Rhein-km 708,1 bis 713,9 rechtsrheinisch - Monheimer Rheinbogen – unterhaltungspflichtig (vgl. §108 LWG NRW). Die Kosten für die Unter-

haltung des zurückverlegten Deiches beliefen sich im Jahr 2005 auf 93.000 €, zwar verringert sich durch die Deichrückverlegung die Länge des Deiches, dennoch ist von der Stadt auch der weiterhin bestehende Leitdeich zu unterhalten. Dementsprechend erhöhen sich die Unterhaltungskosten gegenüber der möglichen Varianten Sanierung und Erhöhung des Altdeiches. Es wurde von der Stadt Monheim abgeschätzt, dass sich die Unterhaltungskosten für den Altdeich pro Jahr auf rund 80.000 € belaufen würden.

Tabelle 5: Unterhaltungskosten für rückverlegten Deich

Laufende Kosten	pro Jahr	Prozentsatz
Personalkosten	18.000 €	19,35 %
Sachkosten	15.000 €	16,13 %
Betriebshofskosten	60.000 €	64,52 %
Gesamtkosten	93.000 €	100,00 %

(Stadt Monheim 2006)¹⁰⁸

Um die von der Stadt Monheim zu leistenden Unterhaltungskosten von 93.000 €, sowohl für den rückverlegten Deich wie für den weiterhin bestehenden Leitdeich in die NKA einfließen zu lassen, sind die laufenden Kosten finanzmathematisch aufzubereiten. Periodisch auftretende Kosten und Nutzen sind auf den Bezugszeitpunkt der Inbetriebnahme 2002 zu diskontieren.

Entsprechend der LAWA-Leitlinie zur dynamischen Kostenvergleichsrechnung (LAWA 2005) wird für den rückverlegten wie für den sanierten Teilbereich des alten Banndeiches eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 100 Jahren angenommen. Bezugszeitpunkt ist das Jahr 2002, Fertigstellung der Deichrückverlegung war Ende November 2001.¹⁰⁹ Die Unterhaltskosten von 2005 sind auf das Preisniveau von 2002 (erstes Betriebsjahr) anzupassen. Es wird von einer durchschnittlichen jährlichen Preissteigerungsrate von 1,5 % ausgegangen.¹¹⁰

Folglich ist von Unterhaltungskosten im Jahr 2002 für die DRV von **88.752 €** und für den sanierten Altdeich von **76.346 €** auszugehen. Diese jährliche finanzielle Belastung ist auf die Nutzungsdauer von 100 Jahren zu diskontieren. Der Kostenbarwert wird in Form einer gleichförmigen Kostenreihe mit einem Zinssatz von 3% auf die Nutzungsdauer von 100 Jahren diskontiert. (LAWA 2005). Der ermittelte Kostenbarwert wird anschließend der Nutzen-Kosten-Analyse zugeführt.

¹⁰⁸ Kostenabschätzung der Stadt Monheim – Rainer Fester Abt. Abwasser- und Deichangelegenheiten Stadt Monheim.

¹⁰⁹ Baubeginn war der 13. Juni 2000, bereits im Jahr darauf war die Deichrückverlegung vollzogen.

¹¹⁰ Nach Verbraucherpreisindex stiegen die Preise zwischen 2002 und 2005 im Jahr durchschnittlich um 1,52 % (Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2006).

Berechnung Diskontierungsfaktor (DFAKR):

$$\text{DFAKRP}_{(r;i;n)} = (1+r)^n - 1 \quad \text{DFAKR} = 31,5989$$

i = Zinssatz= 3%

n = Zeitraum= 100 Jahre

Tabelle 6: Unterhaltungskosten

	Unterhaltungskosten (2002)	Kostenbarwert
DRV	88.752 €	~2,8 Mio. €
Saniertes Deich	76.346 €	~2,4 Mio. €

(Eigene Berechnungen)

Indirekte Kosten: Opportunitätskosten aufgrund entgangener Entwicklungsmöglichkeiten

Die Deichrückverlegung war nicht nur im Generalplan Hochwasser NRW befürwortet worden, sondern der Rückgewinnungsraum war im Gebietsentwicklungsplan '99 (GEP) des Regierungsbezirkes Düsseldorf bereits gesichert – d.h., dem Wasserrückhalt entgegenstehenden Nutzungen waren untersagt. Der heutige Vorlandbereich (Rückverlegungsfläche) wurde zudem als Teilbereich zum Schutz der Landschaft und der landschaftsorientierten Erholung / Schutz der Natur ausgewiesen. Die Fläche ist Teil des grünen Entwicklungsbannes Rhein (Gebietsentwicklungsplan Regierungsbezirk Düsseldorf 99). Daher werden im Folgenden sowohl für die DRV wie für die Sanierung des Altdeiches keine Opportunitätskosten für entgangene (regionale) Entwicklungsmöglichkeiten angesetzt.

9.1.3 Ermittlung der Nutzen Deichrückverlegung und Sanierung Altdeich

Direkter Nutzen

Die im Folgenden dargestellten Berechnungen zur Schadenserwartung und zur Ermittlung des Nutzen aus vermiedenen Schäden basieren einerseits auf der hydrologischen Analyse der BfG für den Systemzustand 2005, andererseits wurden die erwarteten Sachschäden für Monheim aus der Studie „Hochwasserschadenspotentiale am Rhein in NRW“ entnommen¹¹¹.

Das Bemessungshochwasser für beide Varianten – Sanierung des Altdeiches und Deichrückverlegung – ist bzw. wäre auf das geforderte BHW (+ 1 m Freibord) ausge-

¹¹¹ Die sozioökonomischen bzw. hydrologischen Daten aus der MURL-Studie bzw. aus den Berechnungen der BfG differieren hinsichtlich der Analysezeitpunkte 2000 bzw. 2005 und hinsichtlich des Systemzustandes des Rheins in den Jahren 1995 und 2005. Trotz dieser Differenzen wird davon ausgegangen, dass die Folgen für das Ergebnis dieses Fallbeispiels vernachlässigbar sind. Ziel dieses Fallbeispiels ist es primär, die Methodik einer erweiterten NKA zu demonstrieren.

richtet. Dies entspricht einem Pegelstand in Köln von 11,90 m und einem Wiederkehrintervall von ca. HQ 200. Folglich sind beide Schutzvarianten hinsichtlich des Nutzens in Form vermiedener Schäden gleich zu beurteilen. Um die beiden Varianten dennoch hinsichtlich der Schadensminderung vergleichen zu können, müsste das jeweilige Restrisiko, d.h. die Schadenserwartungen bei Überschreiten des Schutzniveaus HQ 200 ermittelt werden (Gewässerdirektion-Donau/Bodensee 2001). Dies würde aber eine detaillierte Berechnung erforderlich machen, die so nicht zu leisten war¹¹². Die beiden Varianten unterscheiden sich aber hinsichtlich der zu erwartenden Wasserstandsabsenkungen, während die Sanierung des Altdeichs keine Veränderungen zum Status quo zeigt, wird durch die DRV der Wasserspiegel lokal deutlich verringert. Nach Berechnungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde ist für beide Hochwassergenesisen von 1988 und 1995 folgende maximale Wasserstandsabsenkungen (bei angegebenen HW-Jährlichkeiten) errechnet worden.

Tabelle 7: Wasserstandsabsenkung in Monheim durch DRV

Modell-Hochwasser	Max W-Absenkung [cm]	
	Monheim HW 88	Monheim HW 95
Köln HQ 100	33	45
Köln HQ 200	37	14

(BfG 2005)

Um die aus dem gewährleisteten Schutzniveau resultierenden vermiedenen Schäden für die Stadt Monheim zu ermitteln, wird auf Ergebnisse aus der Studie „Hochwasserschadenspotentiale am Rhein in Nordrhein-Westfalen“ (MURL NRW 2000) zurückgegriffen. In dieser Studie sind nicht nur die Schadenspotenziale, sondern auch die zu erwartenden absoluten Sachschäden und Wertschöpfungsverluste für die Rheinanlieger monetär ermittelt worden. An Hand sektoraler Schadensfunktionen wurde der zu erwartende Sachschaden auf der kommunalen Ebene abgeschätzt. Diese Schadensabschätzungen liegen für die Wiederkehrintervalle HQ₁₀₀, HQ₂₀₀ und HQ₅₀₀ vor.¹¹³

Folgende Tabelle 8 gibt einen Überblick über die abgeschätzten Sachschäden für unterschiedliche Wiederkehrintervalle, jeweils mit und ohne Hochwasserschutzmaßnahmen. In die Modellierung wurden bestehende bzw. geplante Hochwasserschutzeinrichtungen auf Grundlage der Generalpläne „Hochwasserschutz am Niederrhein“ (Regierungsbezirk Düsseldorf) und „Hochwasserschutz am Rhein im Regierungsbezirk Köln“ sowie des „Hochwasserschutzkonzeptes der Stadt Köln“ einbezogen. Ermittelt

¹¹² Bezug auf die jeweilige Wirkung auf das Restrisiko wird hier nicht vorgenommen, da eine Abschätzung der hydrologischen/hydraulischen und sozioökonomischen Wirkungen bei Überschreiten des BHW nicht möglich war. Zudem steht im Zentrum vor allem die Erweiterung hinsichtlich der Bewertung von Sekundäreffekten.

¹¹³ Sowohl aufgrund der Unsicherheiten hinsichtlich des Einflusses des Wasserstandes (Einstauhöhe und Einstaufläche) auf die Schadenshöhe als auch aufgrund der fehlenden Belastungsparameter wie beispielsweise Fließgeschwindigkeit oder Vorwarnzeit ist nur eine Grundtendenz der Schadensentwicklung bzw. der zu erwartenden Schadensminderung möglich.

wurden hier die Schäden und Schadenspotenziale, die trotz bestehender Hochwasserschutzanlagen in NRW für die einzelnen Kommunen zu erwarten sind. Es wurden hier die Schadenspotenziale und zu erwartenden Schäden für verschiedene Wiederkehrintervalle abgeschätzt. Die Auswirkungen einer Deichrückverlegung entlang des Monheimer Rheinbogens wurden in dieser Studie nicht untersucht.

Tabelle 8: Erwartete Sachschäden in Monheim mit Hochwasserschutzmaßnahmen entlang des Rheins in NRW [in Mio. €]

mit Hochwasserschutzmaßnahmen	Gesamtschaden	EW	HD	LW	LWB	ST	VB	VN	WK
HQ 100	8,59	0,00	1,43	0,00	0,26	1,59	0,00	0,00	5,32
HQ 200	9,25	0,00	1,48	0,00	0,26	1,59	0,00	0,00	5,93
HQ 500	207,48	5,01	17,54	0,77	0,92	22,75	18,56	0,00	141,93

(MURL 2000)

LW	landwirtschaftliche Gebäude und Betriebsfläche
LWB	landwirtschaftliche Böden (Nutzfläche)
EW	Energie- und Wasserversorgung
VB	Produzierendes Gewerbe
HD	Handel und Dienstleistungen
VN	Verkehr und Nachrichtenwesen
ST	Staat einschließlich öffentlicher Tiefbau
WK	Wohnkapital

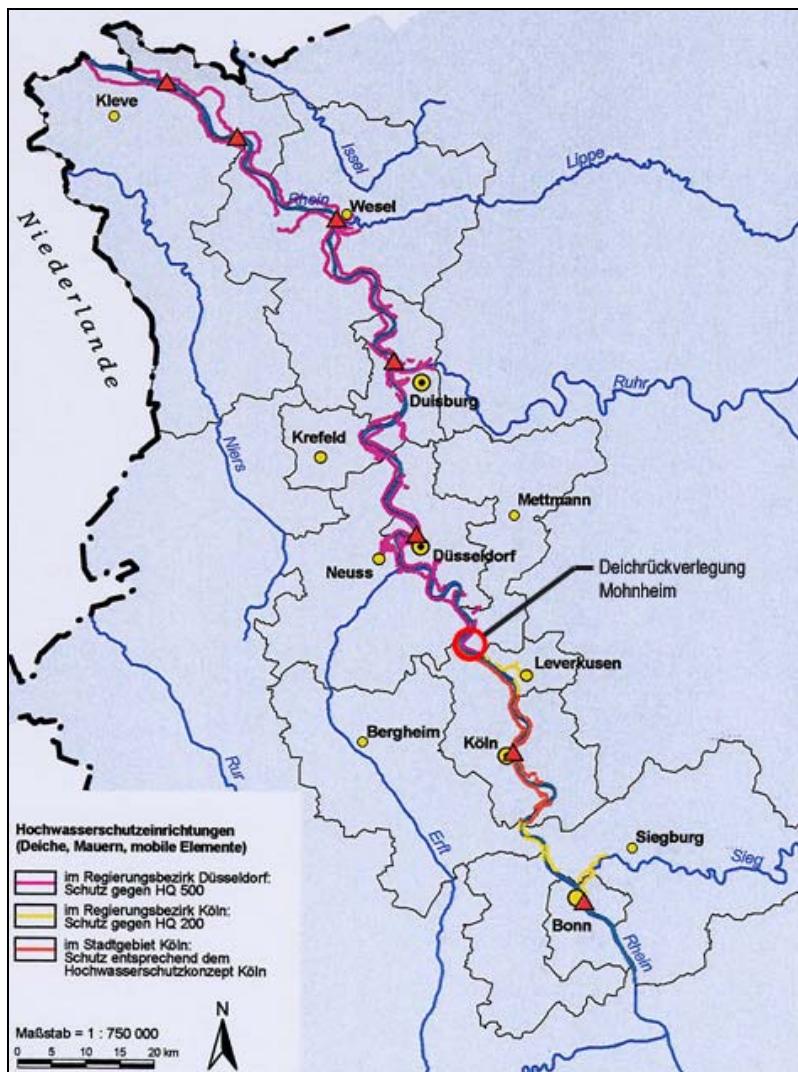


Abbildung 22: Hochwasserschutzeinrichtungen nach Studie
„Hochwasserschadenspotenziale am Rhein in NRW“
(MURL NRW 2000)

Die in dieser Studie ermittelten Schäden in Monheim für ein HQ₂₀₀ Ereignis mit bestehenden Hochwasserschutzmaßnahmen in NRW wird hier zu Grunde gelegt, um den verhinderten Schaden durch die DRV als auch durch die Sanierung des Altdeichs zu ermitteln. Der ermittelte Sachschaden in Monheim für ein HQ₂₀₀ Ereignis von 9,25 Mio. € zeigt somit den Status quo vor der Deichrückverlegung an und wird folgend als Referenz herangezogen.

Um den verhinderten Schaden als Nutzen in die Nutzen-Kosten-Analyse einfließen zu lassen, ist es notwendig den Schadenserwartungswert zu berechnen, d.h. die Eintrittswahrscheinlichkeit mit dem jeweiligen Schadensausmaß zu verknüpfen. Die durchschnittliche jährliche Schadenserwartung ist für Ereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit höher HQ₂₀₀ zu ermitteln und entsprechend als Nutzenbarwert für die angenommene Nutzungsdauer von 100 Jahren einzustellen. Der Schadenserwartung für den in der Betrachtung stehenden Horizont der Eintrittswahrscheinlichkeit

HQ_{200} entspricht der Summe der durchschnittlichen jährlichen Schäden im betrachteten Zeitraum vom Auftreten erster Schäden (P_0) bis zum vorgegebenen Schutzniveau (P_{Max}) von HQ_{200} (Schmidtke 1995, 154).¹¹⁴ In der folgenden Darstellung ist die Schadenserwartung für HQ_{100} und HQ_{200} auf der Grundlage der NRW-Studie dargestellt.

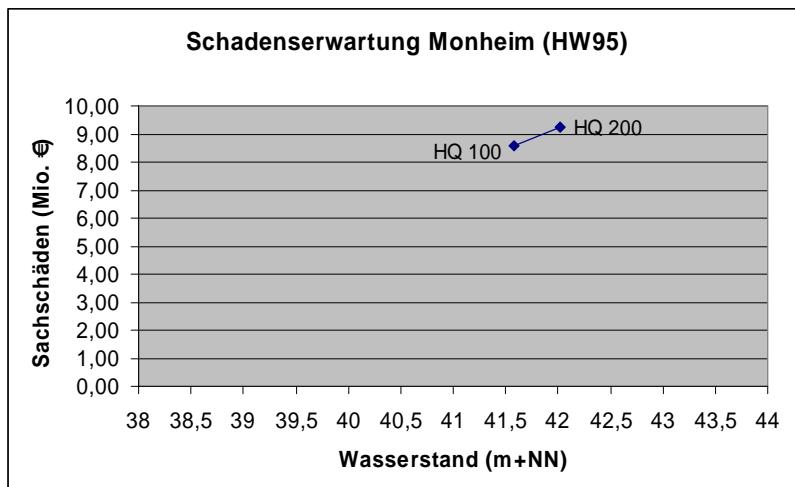


Abbildung 23: Schadenserwartung Monheim
(MURL NRW 2000b)

Aufgrund der nur unzureichend vorhandenen Schadensdaten und der entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeiten wird hier nicht auf den *durchschnittlichen* jährlichen Schadenserwartungswert für alle Hochwasserereignisse größer HQ_{200} abgestellt. Stattdessen wird lediglich der Schadenserwartungswert für ein 200 jährliches Hochwasser als Untergrenze herangezogen. Zu beachten ist, dass hier mögliche Schäden bzw. entsprechende gewichtete Schadenserwartungswerte die unterhalb des HQ_{200} Schutzniveaus auftreten nicht mit einbezogen werden.¹¹⁵

Tabelle 9: Sachschäden nach Wahrscheinlichkeit und Wasserstand entsprechend der Hochwasser-
genesen 1988 bzw. 1995

	Wahrscheinlichkeit P(1/a)	Wasserstand ¹ HW 88 [m+NN]	Wasserstand ¹ HW 95 [m+NN]	Gesamtschaden ² [Mio. €]
Monheim	0,01	41,42	41,58	8,59
Monheim	0,005	41,87	42,02	9,25

(¹Berechnung: BfG 2005 & ²Berechnung: MURL 2000)

¹¹⁴ Es ist nicht bekannt, ab welcher Jährlichkeit mit ersten Schäden zu rechnen ist. Hierzu wäre eine hydraulische 2-D-Modellierung notwendig, die im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden kann.

¹¹⁵ Der durchschnittliche jährliche Schadenserwartungswert für das Wahrscheinlichkeitsintervall (Delta P = P_i - P_{i-1}) bzw. für das Abflusswiederkehrintervall zwischen HQ_{100} und HQ_{200} beträgt 44.600 €

Die aus der NRW-Studie entnommene Höhe erwarteter Sachschäden in Monheim für ein Hochwasserereignis mit einem Wiederkehrintervall von HQ₂₀₀ belief sich auf ca. 9,25 Mio. €, gewichtet mit der Eintrittswahrscheinlichkeit P (1/200) betrug für die Stadt Monheim vor der Deichrückverlegung die Schadenserwartung für das gewählte Referenzereignis HQ₂₀₀ **46.250 €¹¹⁶**. Dieser Schadenserwartungswert ist als Nutzen in Form vermiedener Schäden zu werten. Entsprechend der angenommenen Nutzungsdauer von 100 Jahren ist der Nutzenbarwert zu ermitteln. Der Nutzenbarwert wird mittels progressiv steigender Zahlenreihe (*Nutzenreihen*) diskontiert. Es wird angenommen, dass das Schadenspotenzial mit einer realen Steigerungsrate von 1 % trotz vermehrter Anstrengungen im Hochwasservorsorgebereich wächst (RWTH 2003).

$$\text{DFAKRP}_{(r;i;n)} = (1+r)^* \frac{(1+i)^n - (1+r)^n}{(1+i)^n * (i - r)}$$

r = Steigerungsrate = 1 %

i = Zinssatz = 3 %

n = Zeitraum = 100 Jahre

$$\text{DFAKRP}_{(r;i;n)} = 43,3927$$

$$\text{DFAKRP}_{(r;i;n)} * 46.250 \text{ €} = \underline{\underline{2.006.912,375 \text{ €}}}$$

Der aus den vermiedenen Schäden resultierende Nutzenbarwert bezogen auf vermiedene Sachschäden für beide Varianten beträgt zum Bezugszeitpunkt 2002 **ca. 2,0 Mio. €**.

Lokal vermiedene Wertschöpfungsverluste

Neben den Sachschäden wurden in der NRW-Studie auch die zu erwartenden Wertschöpfungsverluste¹¹⁷ ermittelt. Entsprechend der oben dargestellten Methodik sind auch die Schadenserwartung und der jeweilige Nutzenbarwert berechnet worden. Da beide Varianten einen Hochwasserschutzgrad von HQ₂₀₀ bieten, ist folglich der entsprechende Nutzenbarwert von **350.000 €** für beide Varianten einzustellen.

¹¹⁶Vergleiche zum methodischen Vorgehen (Gocht 2004; Elsner et al. 2005)

¹¹⁷Auf Grundlage der sektorspezifischen Bruttowertschöpfung und der entsprechende Anzahl der Beschäftigten wird unter der Annahme, dass die Wertschöpfung pro Kopf der Beschäftigten gleich verteilt ist, auf der Gemeindeebene die Wertschöpfung pro Beschäftigten ermittelt. Der Wertschöpfungsverlust wurde über die Ausfallzeiten bestimmt. Für ein 200jährliches Hochwasserereignis wird eine Ausfallzeit von einem Monat (30/365) angenommen. Mögliche Wertschöpfungsverluste die außerhalb der Überschwemmungsgebiete auftreten beispielsweise durch Zuliefererverzögerungen wurde nicht ermittelt. Langfristige Prosperitätsschäden sind abgeschätzt worden. Es handelt sich daher um eine sehr konservative Annahme (MURL NRW 2000b)

Tabelle 10: Wertschöpfungsverluste Monheim

Monheim	Lastfall	Wertschöpfungsverluste (Mio. €)	Schadenserwartung (€)	Nutzenbarwert (Mio. €)
	HQ 100	1,07	10.700	0,46
	HQ 200	1,59	7.950	0,35
	HQ 300	29,55	59.100	2,56

Quelle: Berechnungen IÖW

Indirekter Nutzen

Schadensminderung Köln

Als direkter Nutzen wurden unter anderem die vermiedenen Schäden in Monheim quantifiziert, die Deichrückverlegung hat zudem auch unmittelbare Auswirkungen auf die Schadenserwartung oberhalb und unterhalb von Monheim. Diese Wirkung bzw. dieser Nutzen wird als indirekt definiert, weil eine mögliche Schadensminderung beispielsweise in Köln oder Düsseldorf nicht Ziel der Maßnahme war. In der folgenden Tabelle ist die Schadenserwartung entsprechend dem Wasserstand für Köln ohne die Deichrückverlegung in Monheim dargestellt.

Tabelle 11: Schadenserwartung Köln

	Wiederkehr-intervall HQ	Eintrittswahrscheinlichkeit P(1/a)	Pegelstand W (m+NN)	Abfluss Q (m³/s)	Einstaufläche (ha)	Gesamtschaden (Mio. €)
Köln	100	0,01	46,26	11.700	2.897	286,58
Köln	200	0,005	46,76	12.600	3.899	627,20
Köln	500	0,002	47,45	14.000	10.182	2831,33

(MURL 2000)

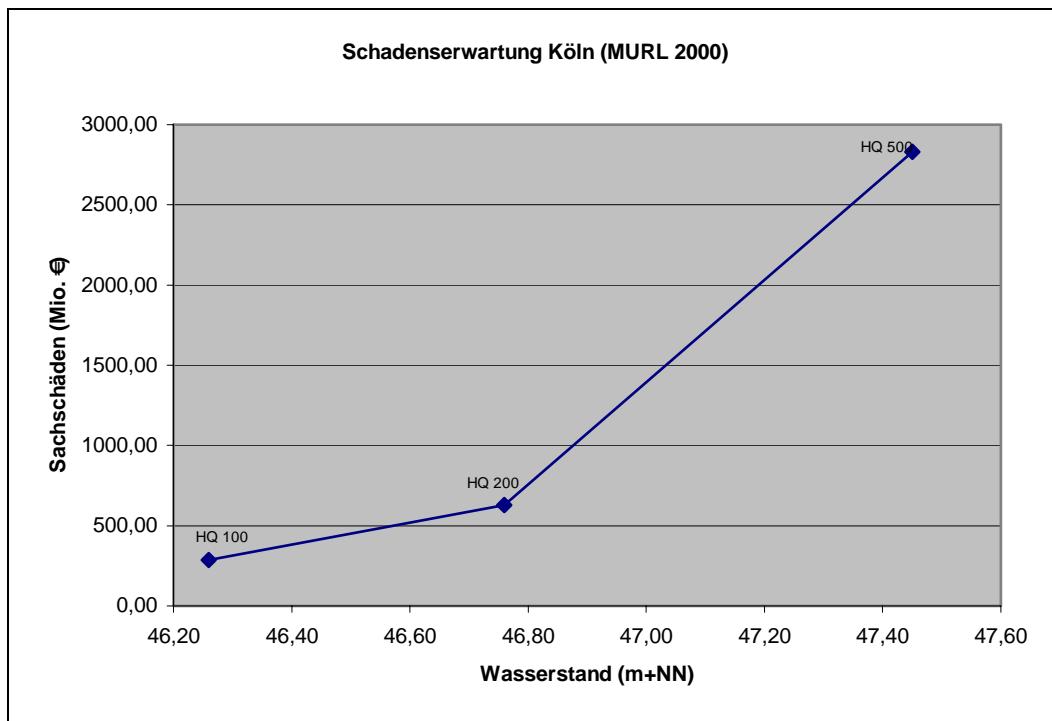


Abbildung 24: Schadenserwartung Köln (MURL 2000)

Für diese Untersuchung ist der Bereich zwischen einem 200- und einem 500-jährlichen Hochwasser zu beachten. Anhand der Schadenskurve ist zu erkennen, dass Sachschäden, ausgelöst durch ein deutlich über dem 200-jährlichen Ereignis liegendes Hochwasser, im Verhältnis zum Wasserstand wesentlich schneller ansteigen. Damit dürfte deutlich sein, dass Wasserstandsminderungen während eines HW-Ereignisses im Bereich HQ₂₀₀-HQ₅₀₀ größere Schadensminderungen erbringen als bei häufigeren Hochwassern (bspw. HQ₅₀). Diese Tatsache begründet auch die Steuerung von Maßnahmen bzw. deren Wirkungsbeginn erst bei eher geringen Wahrscheinlichkeiten.

Nach Berechnungen der BfG sind aufgrund der Deichrückverlegung bei Monheim folgenden Wasserstandsabsenkungen in Köln für die HW-Genesen (HW) von 1988 und 1995 zu erwarten. Zudem beziehen sich die abgeschätzten max. Wasserstandsabsenkungen auf unterschiedliche Modellhochwasser, bzw. deren Wiederkehrintervalle:

- a) für Wiederkehrintervalle von HQ₁₀₀ und HQ₂₀₀ bezogen auf den Pegel Köln,
- b) für Wiederkehrintervalle von HQ₁₀₀ und HQ₂₀₀ bezogen auf den Pegel Worms.

Für die Abschätzung der Schadensminderung durch die Deichrückverlegung wird die Annahme getroffen, dass die Schadensminderungen durch Wasserstandsabsenkungen weitgehend linear verlaufen. Folgender pragmatischer Ansatz wird verwendet:

Schadendifferenz X1:

$$X1 = \text{Sachschaden bei HQ}_{200} - \text{Sachschaden bei HQ}_{100}$$

Wasserstandsdifferenz Y1:

$$Y1 = \text{Wasserstand bei HQ 200} - \text{Wasserstand bei HQ}_{100}$$

Sachsenschadendifferenz je cm Wasserstandsminderung im 100 bis 200 jährlichen Abflussbereich

$$Z1 = \text{jährlichen Abflussbereich: } Z1 = X1/Y1$$

Angewendet auf die bekannten Schadensschätzungen stellt sich die konkrete Berechnung folgend dar:

$$X1 = 627,20 \text{ Mio. €} - 286,58 \text{ Mio. €} = 340,62 \text{ Mio. €}$$

$$Y1 = 46,76 \text{ cm} - 46,26 = 50 \text{ cm}$$

$$Z1 = 340,6 : 50 = 6,812 \text{ Mio. €/cm}$$

Damit kann für Köln eine Sach-Schadensminimierung bei einem 200-jährlichen HW-Ereignis von ~ 6,8 Mio. € je Zentimeter Wasserstandsabsenkung angesetzt werden. Entsprechend der ermittelten Wasserstandsabsenkung von 3 cm bei einem Hochwassereignis HQ₂₀₀ (HW 1988) beträgt die maximale Schadensminderung 20,4 Mio. € in Köln. Entsprechend der beiden betrachteten Hochwassergesenen variiert die mögliche Schadensminderung für ein HQ₂₀₀ Ereignis in Köln.

Tabelle 12: Wasserstandsabsenkung in Köln aufgrund der Deichrückverlegung Monheim

Modell-Hochwasser	Bereich Pegel Köln			
	Max. W-Absenkung (cm) (HW 88)	Max. W-Absenkung (cm) (HW 95)	Max. Sachsenschadensminderung [Mio. €] (HW 88)	Max. Sachsenschadensminderung [Mio. €] (HW 95)
Köln HQ 100	3	4	20,4	27,2
Köln HQ 200	3	2	20,4	13,6
Worms HQ 100	3	2	20,4	13,6
Worms HQ 200	3	10	20,4	68,1

(Quelle: BfG)

Um die mögliche Schadensminderung für beide Hochwassergesenen bezogen auf das HQ₂₀₀ Köln abzuschätzen, wurde pragmatisch der Mittelwert aus den zu erwartenden Schadensminderungen für die beiden typisierten Hochwasser von 88 und 95 gebildet.

Somit ist von einer durchschnittlichen Schadensminderung von 17 Mio. € auszugehen. Folgend verringert sich der Schadenserwartungswert für ein HQ₂₀₀ Ereignis um 85.000 €. Entsprechend der Argumentation zur Abschätzung der Schadenserwartung in Monheim wird dieser Wert als untere Grenze der Schadenserwartung angenommen. Der Nutzenbarwert errechnet sich nach den finanzmathematischen Parametern – Zinssatz i (3 % p.a real); Steigerungsrate r (1 %); Nutzungsdauer 100 Jahre und dem Diskontierungsfaktor für progressiv steigende Zahlenreihen DFAKRP_(r;i;n)=43,3927.

Der Nutzenbarwert in Form vermiedener Sachschäden in Köln für dieses betrachtete Hochwasser beträgt ca. 3,7 Mio. €. Das Verfahren wurde simultan für die Abschätzung der vermiedenen Wertschöpfungsverluste herangezogen. Die Minderung der zu erwartenden Wertschöpfungsverluste für ein HQ₂₀₀ Ereignis beträgt 3,1 Mio. €, die jährliche Schadenserwartung verringert sich damit um 15.500 €, der entsprechende Nutzenbarwert beläuft sich auf ca. 673.000 €.

Tabelle 13: Nutzenbarwert aus verringerten Schäden in Köln

	Verringelter Schadenserwartungswert HQ 200 Köln	Nutzenbarwert HQ 200
Sachschäden	85.000 €	3,7 Mio. €
Wertschöpfungsverluste	15.500 €	0,673 Mio. €

(MURL 2000 & eigene Berechnungen IÖW)

Ökologischer Nutzen

Überschwemmungsaue stellen eine Reihe ökologischer Leistungen zur Verfügung, die mit einem Nutzen für die Gesellschaft verbunden sind. So leisten sie durch ihre Wasserrückhaltekapazität nicht nur einen Beitrag zur Reduzierung des Überschwemmungsrisikos (hydrologische Funktion), sondern halten – bei entsprechender Nutzung bzw. Gestaltung der Überschwemmungsfläche – auch Nährstoffe und Sedimente zurück und können damit flussabwärts die Wasserqualität verbessern (biochemische Funktion). Darüber hinaus haben sie einen hohen ökologischen Wert und tragen zur Arten- und Habitatvielfalt („Biodiversität“) bei (ökologische Funktion). Neben diesen sog. indirekten Leistungen von Feuchtgebieten erhöht sich durch die Verbesserung des Erlebniswertes der Landschaft das Erholungspotenzial.

Der Nutzen von Überschwemmungsgebieten besteht demnach nicht nur in dem ökonomischen Nutzen eines reduzierten Überschwemmungsrisikos (abzüglich der Herstellungskosten), sondern sollte auch die ökologischen Nutzen (Wasserqualität, Biodiversität) umfassen. Aufgrund besserer Standortbedingungen erfolgt ein Nährstoffrückhalt – durch die Prozesse der Denitrifikation und Sedimentation – hauptsächlich im Auenbereich, und hierbei vor allem in naturnahen Auenbereichen (Auwäldern, Sukzessionsflächen), weniger auf Grünland. Teilflächen des Monheimer Rheinbogens werden jährlich überschwemmt, sodass von einem erhöhten Nährstoff-

rückhalt und damit von Auswirkungen auf die Wasserqualität ausgegangen werden kann. Aufgrund der geringen Fläche, die regelmäßig überflutet wird, wird im Folgenden die Nährstoffretention in der Bewertung jedoch vernachlässigt.

Ermittlung des ökonomischen Wertes einer erhöhten ‚Biodiversität‘

Der ökonomische Wert ökologischer Leistungen kann grundsätzlich über die Ermittlung der gesellschaftlichen Wertschätzung mit Hilfe einer Kontingenten Bewertung (KB) eingeschätzt werden.¹¹⁸ Es ist jedoch darauf zu verweisen, dass die Erhöhung der ‚Biodiversität‘, wenn sie nicht konkreter gefasst wird, einer Bewertung nur begrenzt zugeführt werden kann. Im Grundsatz wäre es erforderlich die ‚Biodiversität‘ zu differenzieren und vor allem mit dem Aspekt der Knaptheit in Verbindung zu bringen. Da aufgrund des hohen Zeit- und Kostenaufwands eine Primärstudie in diesem Rahmen nicht möglich war, wird der ökonomische Wert mittels eines Benefit Transfer (BT) eingeschätzt.¹¹⁹ Als Referenzstudie wird dabei eine Untersuchung an der Elbe herangezogen (Meyerhoff & Dehnhardt 2002). Die Anwendung eines BT wird hier als zulässig erachtet, da es sich um vergleichbare Maßnahmen und ein vergleichbares Umweltgut handelt, nämlich der Erhöhung der ‚Biodiversität‘ infolge Deichrückverlegung. Der Maßnahmenraum ist an der Elbe allerdings viel größer, d.h. hier wurde nicht eine einzelne lokale Maßnahme bewertet, sondern viele Maßnahmen im Gesamtraum der Stromlandschaft Elbe. Daher ist davon auszugehen, dass die Wertschätzung zur Renaturierung weiter Teile der Elbe höher ist, als für eine lokale Maßnahme am Rhein. Des Weiteren sind die sozioökonomischen Charakteristika im Untersuchungsraum unterschiedlich, im Besondern ist das Haushaltseinkommen in NRW wesentlich höher als in den ostdeutschen Bundesländern.

Bei der Einschätzung der Wertschätzung für die Deichrückverlegung in Monheim wurde unter Zugrundelegen der angeführten Annahmen wie folgt vorgegangen. Die ermittelte Zahlungsbereitschaft in Euro je Haushalt (HH) und Jahr aus der Elbe-Studie (Wertschätzung von Maßnahmen zur Erhöhung der biologischen Vielfalt, in erster Linie durch Deichrückverlegung) wurde entsprechend zunächst über das HH-Einkommen ($WTP_{pp} = WTP_{ss} * \text{Einkommen}_p / \text{Einkommen}_s$) angepasst (adjusted BT). Weiter erfolgte eine Hochrechnung aufgrund einer angenommenen Marktgröße, d.h. der Anzahl der von der Maßnahme betroffenen HH. An der Elbe wurde die Gesamtwertschätzung über die Anzahl der HH im gesamten Einzugsgebiet hochgerechnet. Im Falle Monheim wird die Marktgröße (Anzahl betroffener HH) aus den angrenzenden Landkreisen und kreisfreien Städten abgeleitet, die zum Einzugsgebiet von Monheim gerechnet werden können. Die Zahlungsbereitschaft für die Maßnahmen in Monheim kann gegenüber den Ergebnissen der Elbestudie als deutlich geringer angenommen werden, da es sich in Monheim um eine Maßnahme mit eher lokaler Bedeutung han-

¹¹⁸ Die Kontingente Bewertung (Contingent Valuation Method) ist ein weit verbreitetes umweltökonomisches Bewertungsverfahren zur Einschätzung des ökonomischen Wertes von Umweltgütern. Auf Grundlage strukturierter Interviews werden dabei Personen nach ihrer Zahlungsbereitschaft für die Herbeiführung (oder Abwehr) einer Umweltveränderung gefragt.

¹¹⁹ Zur Vorgehensweise und Diskussion einer Anwendung des BT vgl. z.B. Dehnhardt et al. 2006

delt, während die Elbe (inter)nationale Bedeutung genießt (vor allem auch aufgrund ökologischer Faktoren) und zudem mehrere Maßnahmen bewertet wurden. Die ökologische Wirkung des Monheimer Rheinbogens ist dagegen eher begrenzt. Aus diesen Gründen wird von einer Zahlungsbereitschaft ausgegangen, die lediglich ein Viertel derjenigen an der Elbe ausmacht. Entsprechend dieser konservativen Annahmen wird von einer Zahlungsbereitschaft von 3,16 €/ HH*a ausgegangen. Der so ermittelte monetäre Nutzen gibt die Dimension des jährlichen Nutzens aus einer Verbesserung der ‚Biodiversität‘ wieder. Hochgerechnet auf die Haushalte im Untersuchungsgebiet beträgt der *jährliche monetäre Nutzen 3.378.378 €/a.*¹²⁰ Dieser Nutzen wird nicht auf die Nutzungsdauer des Deiches – 100 Jahre – diskontiert, sondern lediglich auf 20 Jahre, da die Präferenzentscheidung einer zukünftigen Generation nicht abgeschätzt werden kann (entsprechend ist hier auch keine Steigerungsrate eingeflossen). Der Zinssatz beträgt 3%. Der unter diesen Annahmen errechnete *Nutzenbarwert* beträgt ca. **50,3 Mio. €**

Ermittlung des ökonomischen Wertes eines erhöhten Erholungspotenzials

Nach Aussagen des örtlichen Tourismusvereins „Marke Monheim e.V.“¹²¹ wird der Monheimer Rheinbogen nicht nur von der Monheimer Bevölkerung genutzt, sondern auch sehr stark von Bürgern aus den anliegenden Gemeinden und Städten frequentiert (vgl. Tabelle 14). Nach Einschätzung der Geschäftsführerin kommen die Naherholer vorwiegend aus den Kreisen bzw. kreisfreien Städten Solingen, Düsseldorf, Leverkusen, Remscheid Wuppertal, Köln (Erfahrungsbericht). Der Monheimer Rheinbogen wurde bereits vor der Deichrückverlegung auch zur Naherholung genutzt, aber nicht so stark frequentiert wie heute. Es wird davon ausgegangen, dass 10% der Bevölkerung aus den umliegenden Kreisen bzw. kreisfreien Städten den Monheimer Rheinbogen zur Naherholung bereits vor der DRV genutzt haben. Aufgrund entsprechender Aussagen der Stadt Monheim wird davon ausgegangen, dass rund 5 % mehr Besucher aus den ermittelten Kreisen bzw. kreisfreien Städten pro Jahr den Monheimer Rheinbogen nach der Deichrückverlegung besuchen. Der monetäre Nutzen der Erholung wird über die Reiskostenmethode ermittelt. Die innerhalb dieser Methodik weiterhin getroffenen Annahmen sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

¹²⁰ Der entsprechende jährliche Nutzen aufgrund einer Maßnahmenumsetzung an der Elbe (als Resultat der Hochrechnung der ermittelten ZB in € je HH und Jahr mit der Anzahl der HH im Elbeinzugsgebiet) betrug dagegen ca. **84,8 Mio. €**

¹²¹ Frau Bosbach Geschäftsführerin „Marke Monheim“ (10.05.05); Herrn Homeyer - Öffentlichkeitsarbeit der Stadt Monheim (10.05.05)

Tabelle 14: Reisekostenermittlung für Monheimer Rheinbogen

Betroffene Landkreise bzw. kreisfreie Städte	Personen / HH	Einwohner	Anzahl HH	Anzahl Besuche	Entfernung	Kilometerkosten		Reisekosten gesamt
	2003	LDS NRW 2004			km	€/ km	€/ Fahrt	€/ a
Düsseldorf	1,83	571.150	312.104	28.558	22,7	0,4	9,08	259.302
Remscheid	2,03	117.293	57.780	5.865	43,1	0,4	17,24	101.107
Solingen	2,01	164.419	81.800	8.221	22,1	0,4	8,84	72.673
Wuppertal	2,04	361.098	177.009	18.055	40,1	0,4	16,04	289.601
Mettmann	2,13	506.383	237.738	25.319	32,3	0,4	12,92	327.123
Leverkusen	2,07	161.490	78.014	8.075	14,4	0,4	5,76	46.509
Rhein.-Berg.Kreis	2,21	279.069	126.276	13.953	30,6	0,4	12,24	170.790
Summe			1.070.722					1.267.105

(Eigene Berechnungen IÖW)

Die ermittelten Gesamtreisekosten werden analog dem Vorgehen zur Berechnung des Biodiversitätsnutzens unter den gleichen finanzmathematischen Parametern auf 20 Jahre diskontiert. Für den Erholungsnutzen kann ein Nutzenbarwert von **18,9 Mio. €** angesetzt werden.

9.1.4 NKA – Resultat

Aus der Erweiterung der Betrachtung und Ermittlung wird deutlich, dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis sich nach einer Ausdehnung der räumlichen Skala und Bewertung von Sekundäreffekten für die Deichrückverlegungsvariante als äußerst positiv darstellt, während die Sanierung des Altdeiches ein negatives Nutzen-Kosten-Verhältnis aufzeigen würde. Die vom Land NRW verfolgte und umgesetzte Strategie erweist sich damit ex-post auch als die unter einer erweiterten Nutzen-Kosten-Betrachtung Vorteilhaftere. In der folgenden Tabelle 15 sind die Kosten der Deichrückverlegung und der Erhöhung des Altdeiches gegenübergestellt. Von den angegebenen Investitionskosten für die Sanierung und Erhöhung des Altdeiches sind, wie oben bereits erläutert, die indisponiblen Ersatzanteile abgezogen worden und somit nur die Kosten für die Anpassung des Deiches an das geforderte Schutzniveau einbezogen.

Tabelle 15: Kostenvergleich der Maßnahmenvarianten

Kosten	Erhöhung Altdeich in €	Deichrückverlegung in €
Investitionskosten Erhöhung Altdeich	7.600.000	36.000.000
Unterhaltungskosten (Kostenbarwert)	2.400.000	2.800.000
Projektkostenbarwert	10.000.000	38.800.000

(Eigene Berechnungen IÖW)

Die durch die DRV zu erwartende Vermeidung von Schäden in Köln hat sich sehr positiv auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis ausgewirkt, zumal in Köln die vermiedenen Schäden weitaus höher sind als am Ort der Maßnahme selbst. Würde man die Betrachtung auch auf die Unterlieger wie zum Beispiel Düsseldorf ausdehnen, ist anhand der Berechnungen der BfG (siehe Anhang) davon auszugehen, dass sich der Nutzen in Form vermiedener Schäden um ein Vielfaches erhöhen wird. Trotz der fehlenden Einbeziehung wird anhand dieses Fallbeispiels deutlich, wie wichtig es ist, die räumliche Perspektive zu erweitern.

Auch die Integration der ökologischen Effekte und des Erholungsnutzens in die Bewertung wirkt sich im Fall der DRV positiv auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis aus. Im Besonderen ist das erhöhte Erholungspotenzial hervorzuheben, das auch von der Stadt Monheim bestätigt wurde.

Tabelle 16: Nutzenvergleich der Maßnahmenvarianten

Nutzen	Erhöhung Altdeich in €	Deichrückverlegung in €
Vermiedene Schäden Monheim (Nutzenbarwert)	2.000.000	2.000.000
Vermiedene Wertschöpfungsverluste Monheim (Nutzenbarwert)	350.000	350.000
Vermiedene Sachschäden Köln Nutzenbarwert	0	3.700.000
Vermiedene Wertschöpfungsverluste Köln (Nutzenbarwert)	0	673.000
Erholungsnutzen	0	18.900.000
Biodiversität	0	50.300.000
Nährstoffretention	0	0
Projektnutzenbarwert	2.350.000	75.923.000

(Eigene Berechnungen IÖW)

Tabelle 17: Nutzen-Kosten-Verhältnis

	Erhöhung des Altdeiches	Deichrückverlegung
Projektkostenbarwert	10.000.000 €	38.800.000 €
Projektnutzenbarwert	2.350.000 €	75.923.000 €
Nutzen-Kosten-Verhältnis	0,24	1,96

(Eigene Berechnungen IÖW)

Es ist festzuhalten, dass die Erhöhung des Altdeiches für die Stadt Monheim ein negatives Nutzen und Kosten Verhältnis aufweisen würde. Aber auch die Sanierungskosten für den Altdeich übersteigen den Nutzen bei weitem (NKV von 0,15). Das NKV würde sich aber bei Berücksichtigung vermiedener intangibler Schäden, wie bei-

spielsweise Angst und Stress verbessern (vgl. hier Kapitel 1). Des Weiteren ist darauf zu verweisen, dass mögliche vermiedene indirekte wirtschaftliche Schäden, die beispielsweise durch Verkehrs- und Zulieferunterbrechungen aber auch möglich zu erwartende langfristige Prosperitätsschäden in der Region nicht berechnet wurden. Daher kann der hier ermittelte Nutzenbarwert lediglich als Untergrenze gewertet werden.

Die Ergebnisse sind unter den getroffenen Annahmen zu werten. In die Diskontierung ist jeweils nur ein Zinssatz von 3% eingeflossen. Die mögliche Spannbreite der zu erwartenden Ergebnisse und die Robustheit der Aussage wäre in der Folge mittels einer Sensitivitätsanalyse zu überprüfen, innerhalb derer beeinflussende Annahmen, wie z.B. der zugrunde gelegte Zinssatz, variiert werden könnten.

Es ist weiterhin zu beachten, dass der Ermittlung und Bewertung des Nutzens aus einer Erhöhung der ‚Biodiversität‘ und des Erholungsnutzens verschiedene Annahmen zugrunde gelegt sind und darüber hinaus umweltökonomische Bewertungsansätze auch nach wie vor mit Unsicherheiten behaftet sind. Die monetäre Bewertung mit Hilfe eines Benefit Transfer ist jedoch geeignet, um die Größenordnung der Wertschätzung für die mit einer Maßnahmenumsetzung verbundenen Nutzen abzuschätzen. Exaktere Ergebnisse ließen sich sicherlich mit einer – zeit- und kostenaufwendigen – Primärstudie zur Ermittlung individueller Präferenzen für eine erhöhte Biodiversität im Rahmen einer Kontingenten Bewertung im Untersuchungsgebiet ermitteln. Dies konnte aber im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden und wird auch im Rahmen der behördlichen Hochwasserschutzplanung nicht zu leisten sein. Im Rahmen des hier angewandten Verfahrens des Benefit Transfers wurden die ermittelten individuellen Präferenzen aus der Elbe-Studie modifiziert, d.h. entsprechend den sozioökonomischen Rahmenbedingungen im Untersuchungsgebiet angepasst und übertragen (adjusted BT). Der Benefit Transfer bietet sich an, um zeit- und kostenaufwendige Primärstudien zu umgehen und dennoch operationalisierbare Ergebnisse zu erhalten.

Ziel dieses Fallbeispiels ist es vorrangig, methodische Möglichkeiten für eine Erweiterung der NKA und die Veränderung in der Bewertung der Nutzen-Kosten-Relationen verschiedener Strategien durch die Einbeziehung indirekter Effekte aufzuzeigen.

Insgesamt wurden jedoch bei der Einschätzung des Nutzens jeweils konservative Annahmen zugrunde gelegt und zudem die Fernwirkung lediglich im Hinblick auf die Stadt Köln einbezogen. Es ist daher davon auszugehen, dass die Tendenz der Ergebnisse – ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Deichrückverlegung – Bestand hat.

9.2 *Polder Trebur*

Die zentrale Fragestellung dieses Fallbeispiels ist: Wie verändert sich die Bewertung einer Maßnahme, wenn die räumliche Betrachtungsskala variiert wird? Dazu wird die in einer bisher dazu vorliegenden Studie nur lokal bis regional vorgenommene Bewer-

tung erweitert um eine überregionale Betrachtung der Auswirkungen auf weit entfernte Unterlieger. Daraus sollen Schlussfolgerungen im Hinblick darauf abgeleitet werden, wie weit der potenzielle Wirkungsraum von Hochwasserschutzmaßnahmen im Einzelfall betrachtet werden sollte und welche institutionellen und ökonomischen Aspekte bei der Maßnahmenplanung zu beachten sind.

Gegenstand des Fallbeispiels „Polder Trebur“ ist ein seit vielen Jahren diskutierter Flutungspolder am nördlichen Oberrhein, rechtsrheinisch zwischen Neckar und Main gelegen (~ Rheinkilometer 487). Die potenziellen Wirkungen einer Flutung dieser Polderflächen bei größeren Hochwasserereignissen wurde bisher nur bis zur hessischen Landesgrenze beurteilt. Eine vorliegende Studie des Hessischen Umweltministeriums ermittelte eine durchaus erhebliche Wirkung auf die Pegelstände unterhalb des potenziellen Polders. Angesichts des bisher nur relativ kleinräumig regional betrachteten Schadensminderungspotenzials ergab sich in der ökonomischen Bewertung des Vorhabens ein negatives Nutzen-Kosten-Verhältnis. In Bezug auf die monetarisierten direkten Maßnahmeneffekte. Da es von Seiten der Bevölkerung vor Ort starke Widerstände gegen die Anlage eines Flotpolders in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft gibt, wurden die Pläne bisher nicht umgesetzt.

Die 1994 im Auftrag des damaligen Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten durchgeföhrte *Studie „Hochwasserschutz am Rhein – Variantenuntersuchung“* untersuchte verschiedene Optionen zur Gestaltung von Flutpoldern entlang des Rheins. Die Abschätzung der hydrologischen und sozioökonomischen Auswirkungen beschränkte sich räumlich auf die hessische Rheinstrecke (Rheingau und Gebirgsstrecke). Das Vorwort der Studie vermerkte damals allerdings bereits ergänzend: „Retentionssmaßnahmen im Hessischen Ried werden jedoch auch in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen Hochwasserschäden mindern.“ Potenzielle positive Effekte für die niederländischen Rheinanlieger wurden nicht angesprochen, wären jedoch ebenfalls zu erwarten.

Die Stauregelung des Oberrheins nach 1955 hatte die Hochwassergefahr in Hessen deutlich erhöht. Gemeinsam mit den Ländern Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sowie in Zusammenarbeit mit Frankreich wurden seit den 1980er Jahren Bau- und Regelungsmaßnahmen durchgeführt, die den hessischen Rheinanliegern oberhalb der Mainmündung wieder Schutz vor Hochwassern eines 200jährlichen Niveaus gewähren sollte. Unterhalb der Mainmündung jedoch ist ein solcher Schutz schwieriger herzustellen, da hier aufgrund der Enge des Flusstales kein ausreichender Raum für den Deichbau zur Verfügung steht. Dort entstehen Schäden bereits ab Hochwassern 25jährlicher Wiederkehr. Dies war der Anlass, weitergehende Maßnahmen zu untersuchen, die den Schutz dieser hochwassergefährdeten Gebiete verbessern würden.

In der angesprochenen Studie des hessischen Umweltministeriums (Hessisches Ministerium für Umwelt Energie -und Bundesangelegenheiten 1994) wurde eine ganze Reihe von Maßnahmen in verschiedenen Kombinationen im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf Schadenspotenziale, Naturhaushalt und Erholungswerte untersucht. Für

das hier diskutierte Fallbeispiel wurde nur eine der in der Studie betrachteten Maßnahmenkombinationen herausgegriffen, nämlich die Anlage des Polders Trebur, bestehend aus den Teilflächen „Trebur Süd“ und „Südlich Hessenaue“ (Module 1a und 3a, bzw. Variante E2 in der Systematik der Studie).

Die Studie von 1994 bewertete die sozioökonomischen Maßnahmenwirkungen nur auf hessischem Gebiet. Die Ergebnisse dieser Bewertung werden hier zusammenfassend noch einmal dargestellt und in einem zweiten Schritt durch eine Analyse der Fernwirkungen auf Unterlieger in Köln ergänzt. Hierzu werden die Simulationsergebnisse verwendet, die von der BfG für dieses Fallbeispiel errechnet wurden.

Hydrologische Wirkungen der Maßnahme

In der Studie wurden die Maßnahmenwirkungen jeweils auf den Pegel Mainz bezogen. In unserer Bearbeitung des Fallbeispiels Trebur wird der Pegel Köln hinzugenommen.

Die Flächen innerhalb des potenziellen Polders werden hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Durch bereits vorhandene Sommerdeiche kann die Fläche bereits jetzt als Überflutungs-, bzw. Retentionsgebiet genutzt werden. Das Gebiet im Bereich der Siedlung Trebur, nachfolgend Polder Trebur genannt, stellt in der betrachteten Variante circa 60 Millionen m³ Retentionsvolumen zur Verfügung. Die Schwelle des Einlaufbauwerks wurde so ausgelegt, dass der Polder im Fall von Hochwasserereignissen ab einem 100jährlichen Niveau geflutet werden kann.

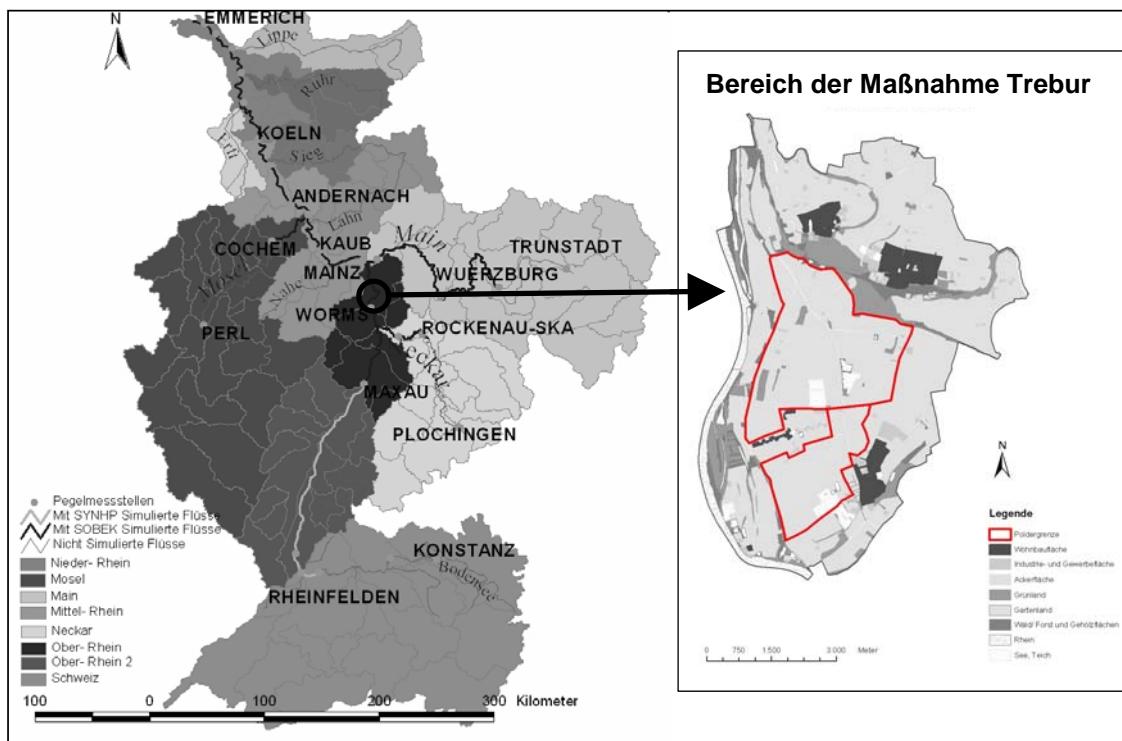


Abbildung 25: Lage der Maßnahme „Polder Trebur“ (Darstellung: BfG / IÖW)

Ein Grundwasseranstieg von 3 bis 4 m ist bei Flutung des Polders im Bereich Astheim und Trebur möglich, Qualmwasser kann bis zu 800 m hinter dem Deich austreten. Die Maßnahme wird im Modell durch ein Einlaufbauwerk gesteuert, welches ab einem Wasserstand von 86,14 m+NN über eine Breite von 250 m das Wasser in den bei 4 m Wassertiefe ungefähr 60 Millionen m³ Volumen umfassenden Retentionsraum einströmen lässt.

In Tabelle 15 sind die durch die Maßnahmen erreichbaren Wasserstandsabsenkungen für die Bereiche Trebur und Köln in verschiedenen Simulationsvarianten dargestellt. Für die Simulationen wurden zwei verschiedene Hochwassergenesen verwendet, die hydrologisch sinnvoll auf 100 und 200jährliche Ereignisse für die Zielpegel Worms und Köln vergrößert wurden: Das Hochwasser von 1988, das schwerpunktmäßig am Mittel-, bzw. nördlichen Oberrhein entstanden war und das Hochwasser von 1995, das hauptsächlich für den Niederrhein, also unterhalb von Trebur von Bedeutung war. Dabei stellt sich natürlich die Frage, im Hinblick auf welches Ziel Trebur im Extremhochwasserfall gesteuert werden soll: Aus der Perspektive der Mittelrhein- oder der Niederrheinanlieger? Um die unterschiedlichen Steuerungsmöglichkeiten abzubilden, wurden hier die 100 und 200jährlichen Hochwasserereignisse jeweils einmal nach dem Pegel Köln und einmal nach dem nahe oberhalb von Trebur gelegenen Pegel Worms gesteuert.

Für den Bereich Köln ist die Flutung des Polders Trebur bei Hochwassern, die hauptsächlich im Bereich von Ober- und Mittelrhein entstehen, effektiver als bei Hochwassern, die in erster Linie unterhalb von Trebur entstehen. Es kann zwar auch bei solchen Genesen mit dem Blick auf den Pegel Köln gesteuert werden, die erzielbare Verminderung des Scheitels fällt allerdings geringer aus.

Für die im Folgenden dargestellten ökonomischen Berechnungen wurde angenommen, dass beide Hochwassergenesen mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten.

Tabelle 18: Auswirkung der Maßnahmen im Bereich Trebur bei den Modellhochwassern

	Maximale Wasserstandsabsenkung [cm]			
	Bereich Trebur		Bereich Köln	
Modell-Hochwasser	HW88	HW95	HW88	HW95
Köln HQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	4	15	3
Köln HQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	9	15	5
Worms HQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	13	10	14	7
Worms HQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	18	19	18	13

Quelle: BfG

Sozioökonomische Auswirkungen der Maßnahme „Polder Trebur“

Da für dieses Fallbeispiel im Rahmen dieses Forschungsvorhabens keine Primärdatenerhebung möglich war, wurden hier die Daten zu Landnutzungen und Maßnahmenkosten aus der hessischen Studie von 1994 verwendet. Um die Daten in sich konsistent zu belassen, wurden sie nicht in das Jahr 2006 fortgeschrieben. Insofern ist die hier vorgestellte sozioökonomische Bewertung nur als Modellrechnung zu verstehen, die nicht den Anspruch erhebt, die tatsächlichen Planungs-, Bau- und Schadenskosten in für das Jahr 2006 realistischen Werten abzubilden.

Direkte Kosten

Die Herstellungskosten für die Maßnahme „Polder Trebur“ würden nach Berechnungen anhand der Studie von 1994 etwa 115 Millionen Euro betragen. Zur Berechnung wurde die in der Studie analysierte Variante E2 herangezogen, wobei die damals berücksichtigte Instandsetzung von 64 km Sommerdeichen an anderen Flussabschnitten herausgerechnet wurde. Die hier betrachtete isolierte Ertüchtigung des Polders Trebur (Teilpolder 1a und 3a) als Flutungspolder erfordert nach dieser Rechnung den Bau von etwa 25 km Winterdeichen. Dies entspricht in etwa auch dem aus den vorliegenden Karten abzuleitenden Gesamtumfang der Polderflächen. Für das Herausrechnen der Kosten der hier nicht berücksichtigten Anteile des Maßnahmenpaketes E2 wurde angenommen, dass Sommerdeiche geringere Dimensionen haben und daher ein Kostenverhältnis von ungefähr 1:2 für Sommer- gegenüber Winterdeich gilt. Außerdem wurde angenommen, dass die Kosten für Sondermaßnahmen aus dem Bereich Grundwasser voll für die Herstellung des Polders Trebur, die Kosten für Grunderwerb zur Hälfte und die Regulierungsbauwerke, wasserbaulichen Begleitmaßnahmen, Landschaftspflege und Nebenkosten zu einem Drittel auf Trebur bezogen anfallen.

Daraus ergeben sich direkte Gesamtkosten von:

	Millionen Euro
Deichbau (25 km Winterdeiche)	80,2
Grunderwerb	3,2
Sondermaßnahmen Grundwasser	4,5
Regulierungsbauwerke	4,6
wasserbauliche Begleitmaßnahmen	3,0
Landschaftspflege	0,9
Nebenkosten	18,3
 Gesamtkosten	 114,7

Indirekte Kosten

Bei einer Flutung des Polders Trebur Süd/Hessenaue (1a/3a) wären etwa 81 landwirtschaftliche Betriebe betroffen, die 817 Hektar bewirtschaften. Der überwiegende Teil der Flächen wird als Acker genutzt (762 ha), der kleinere Teil als Grünland (55 ha). Das jährliche Einkommenspotenzial aus der landwirtschaftlichen Nutzung beträgt ca. 763.000 Euro. Daraus wurden mittlere jährliche landwirtschaftliche Flutschäden bei Polderbetrieb von 28.000 Euro berechnet, woraus sich bei 3% Realzinssatz und 1% Kostensteigerung pro Jahr ein Kostenbarwert von 1,2 Millionen Euro ergibt (bezogen auf 100 Jahre Nutzungsdauer).

Aufgrund der nur einmal in 100 Jahren vorgesehenen Flutung der Polderflächen wurde kein Wertverlust hinsichtlich der landwirtschaftlichen Flächen angesetzt, die gegenwärtig überwiegend ackerbaulich genutzt werden. In gewissem Umfang könnten durch die Anlage des Polders Entwicklungsmöglichkeiten hinsichtlich beispielsweise eines Ausbaus der Tierhaltung (einschließlich des Baus von Stall- und Wirtschaftsgebäuden) im Bereich des Polders eingeschränkt sein. Diese Einschränkungen wurden hier ebenso vernachlässigt wie die einmal in 100 Jahren auftretenden Umwegkosten hinsichtlich der Nutzung der innerhalb der Polderflächen liegenden Wege.

Der Erholungswert der Landschaft im Bereich des Polders Trebur wird nach Einschätzung der hessischen Studie in der Bauphase des notwendigen Deiches und der Ein- und Auslassbauwerke beeinträchtigt. Die damit verbundenen Nutzeneinbußen wurden hier nicht quantifiziert, da sie im Verhältnis zur Gesamtnutzungsdauer sehr gering ausfallen. Ebenso vernachlässigt wurde der einmal in 100 Jahren zu befürchtenden Verlust an Biodiversität, der mit einer Flutung ohne ökologische Vorflutung (wie hier angenommen) insbesondere im Bezug auf die in den Polderflächen zum Flutungszeitpunkt sich aufhaltenden Tiere verbunden sein kann. Ebenso wurde die potentielle Schadstoffbelastung der Polderflächen im Fall der Flutung nicht berücksichtigt. Hier wird mit einer weiteren Verbesserung der Rheinwasserqualität gerechnet – auch im Zuge der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Nicht berücksichtigt wurde damit allerdings der Fall einer Verschmutzung des Rheinwassers durch möglicherweise überflutete Industrie- und Gewerbegebiete, bei denen gegebenenfalls Schadstoffe in den hochwasserführende Fluss gelangen könnten. Hier wurde von einem wirkungsvollen Überflutungsschutz bzw. einer entsprechenden Vorsorge im Bezug auf diese Anlagen ausgegangen. Daher wird hier langfristig eine Belastung unterhalb der geltenden Grenzwerte angenommen.

Direkte Nutzen

Die mittlere jährliche Schadenserwartung liegt in der betrachteten Region im Rheingau bei etwa 2 Millionen Euro. Nicht einbezogen sind diese Schadenserwartung die Mehraufwendungen der Deutschen Bahn, Katastrophenaufwand und die Unterliegerschäden außerhalb des hessischen Betrachtungsgebietes. Durch den Einsatz des Polders Trebur kann diese mittlere jährliche Schadenserwartung nach den Berechnungen der hessischen Studie um ca. 460.000 Euro vermindert werden. Der Nutzenbarwert der Maßnahmenumsetzung liegt bei einer kalkulierten Lebensdauer von 100 Jahren,

einem Realzinssatz von 3 Prozent und einer einprozentigen jährlichen Steigerung des Schadenspotenzials bei 20,0 Millionen Euro.

Nicht berücksichtigt wurden hier vermiedene Wertschöpfungsverluste und vermiedene intangible Schäden (wie vermiedene Gesundheitsschäden, Traumatisierungen, Umweltschäden und Schäden an Kulturgütern).

Erweiterung um überregionale direkte Nutzen

Wird die Betrachtung nun über den hessischen Teil des Rheingaus erweitert, kommen die potenziellen vermiedenen Schäden u.a. in Köln hinzu. Die mögliche Sachschadensminderung liegt bei einem 100jährlichen Hochwasser am Pegel Köln je nach Hochwassergenese zwischen 20,4 und 102,2 Millionen Euro, bei einem 200jährigen Hochwasser am Pegel Köln zwischen 31,4 und 102,2 Millionen Euro. Unter der Annahme, dass die betrachteten Modellhochwasserereignisse mit jeweils 50prozentiger Wahrscheinlichkeit eintreten, ergibt sich bezogen auf Köln für das Wahrscheinlichkeitsintervall zwischen einem 100 und einem 200jährlichen Hochwasser ein Nutzenbarwert von 13,9 Millionen Euro (bei einem Realzinssatz von 3% und einer angenommenen jährlichen Steigerungsrate des Schadenspotenzials von 1%). Die Effekte einer Flutung des Polders bei einem 500jährlichen Hochwasser wurden hier nicht berechnet. Hierzu müssten sämtliche Flächen, die bei einem solchen Ereignis überflutet würden (auch am Oberrhein), berücksichtigt werden. Für die weiteren Nutzen-Kosten-Berechnungen wurde hypothetisch angenommen, dass der Polder Trebur auch bei einem Hochwasser diesen Ausmaßes noch zu einer ähnlichen Reduzierung des Hochwasserscheitels beitragen könnte wie bei einem 200jährlichen Ereignis. Da die Schäden bei noch höheren Wasserständen als es dem 200jährlichen Hochwasser entspricht stark (exponentiell) steigen, wurde hier angenommen, dass die Schadensreduzierung durch Einsatz des Polders Trebur im Wahrscheinlichkeitsintervall zwischen einem 200 und einem 500jährlichen Hochwasserereignis das Niveau der Schadensreduzierung im 200-jährlichen Fall erreicht. Daraus ergibt sich für dieses Wahrscheinlichkeitsintervall ein Nutzenbarwert von 8,7 Millionen Euro, für das Intervall zwischen 100 und 500jährlichen Ereignissen damit insgesamt 22,6 Millionen Euro Nutzenbarwert allein bezogen auf die in Köln vermiedenen Sachschäden¹²².

Natürlich würden bei einem Einsatz des Polders Trebur im Fall von großen Hochwassern Nutzen in Form von vermiedenen Schäden nicht nur in Köln, sondern zahlreichen weiteren Unterliegern anfallen – u.a. in Mainz, Koblenz, Bonn, Leverkusen, Düsseldorf, usw. – um nur einige der größeren deutschen Rheinanliegerstädte zu nennen. Die hier nur für Köln ausgewiesene Fernwirkung würde bei einer umfassenden Betrachtung aller Anlieger (bis hin zu den niederländischen Anliegern) einen noch deutlich höheren Nutzenbarwert ergeben. Eine überschlägige Berechnung der durch den Bau des Polders Trebur in den Rheinland-Pfälzischen und Nordrhein-Westfälischen

¹²² Zur Berechnung der Nutzenbarwerte vgl. die verwendete Formel im Fallbeispiel Monheim.

Rheinanliegerstädten zu vermeidenden Schäden (Sachschäden und Wertschöpfungsverluste) ergibt einen Nutzenbarwert von mindestens 146 Millionen Euro.

Der Einbezug der Effekte auf weiter entfernt liegende Unterlieger ergibt also selbst bei sehr konservativer Schätzung (unter Vernachlässigung u.a. der niederländischen Rheinanlieger und erheblicher Teile der zu vermeidenden Schäden) einen mindestens siebenfach höheren Nutzenbarwert als die Betrachtung allein der Effekte auf die hessischen Rheinanlieger.

Weitere indirekte Nutzen

Neben den im vorhergehenden Abschnitt monetär bewerteten direkten Nutzen der Polderflutung können durch die Anlage des Polders weitere indirekte Nutzen entstehen. Beispielsweise kann eine Extensivierung von angekauften Ackerflächen Nutzen aufgrund einer Erhöhung der Biodiversität erbringen. Der Erholungswert kann möglicherweise langfristig gesteigert werden, wenn zumindest Teilbereiche der Polderflächen renaturiert werden. Vernachlässigt wurden hier auch bezüglich der überregionalen Wirkungen vermiedene intangible Schäden (wie beispielsweise vermiedene Gesundheitsschäden).

Nutzen-Kosten-Bewertung

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis verbessert sich durch eine Erweiterung der Betrachtungsskala von 0,2:1 bei nur regionaler Betrachtung auf 1,3:1 bei überregionaler Perspektive. Während das Projekt bei einem Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0,2:1 nicht lohnend gewesen wäre, bedeutet ein Verhältnis von 1,3:1, dass durch Bau des Polders Trebur mehr Nutzen als Kosten anfallen würden. Bei der Bewertung dieser Verhältniszahl ist zu berücksichtigen, dass bei der Berechnung bedeutende Anteile der potenziell zu vermeidenden Schäden (und damit der potenziellen Nutzen) vernachlässigt wurden. Anhand dieser konservativen Schätzung konnte jedoch gezeigt werden, wie sich die Beurteilung eines bisher in erster Linie lokal bewerteten Projektes durch die Berücksichtigung überregionaler Nutzen verändern kann.

Institutionelle Probleme

Eine besondere Schwierigkeit liegt bei diesem Fallbeispiel darin, dass Nutzen zwar in großer Höhe, aber nicht dort anfallen, wo die Kosten der Maßnahme entstehen. Die Höhe der zu vermeidenden Schäden bei überregionaler Betrachtung zeigt aber, dass eigentlich eine große Bereitschaft seitens der Unterlieger bestehen müsste, die im Bereich des Polders Trebur im Hochwasserfall entstehenden Schäden zu kompensieren. Tatsächlich bemüht sich das Land Nordrhein-Westfalen seit bereits einigen Jahren, Hessen zur Realisierung des Polderprojektes zu bewegen.¹²³ Dies hat aber in Verhandlungen mit dem Land Hessen bisher zu keinem Erfolg geführt. Einer der Gründe für die harte Haltung der hessischen Stellen liegt in der vehementen Gegenwehr von Seiten der unmittelbaren Anwohner in Trebur. Hier ist die Frage zu stellen, ob das

¹²³ Landtag von Nordrhein-Westfalen 1998

Ausmaß der den Anwohnern bisher angebotenen Kompensations- bzw. Entschädigungsbeträge in einem angemessenen Verhältnis zu den anfallenden Kosten und Nutzen der Polderflutung stehen. Auch wäre es denkbar, direkte Verhandlungen zwischen den beteiligten Akteuren anzuregen. Ob die Ablehnung in gleicher Vehemenz bestehen bliebe, wenn die Betroffenen direkt miteinander reden würden – diese Frage könnte beispielsweise ein Forum zwischen Anwohnern, Landwirten und Interessenvertretern aus Trebur und von Anliegern am Niederrhein (z.B. mit Anwohnern und Gewerbetreibenden in Mainz, Bonn und Köln) klären.

9.3 Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Hessischen Lahn

Skizzierung der Studie

Das Projekt zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn (Laufzeit 2000 / 2001) war eines von 150 Projekten im Rahmen des Aktionsprogramms IRMA, finanziert aus der Gemeinschaftsinitiative INTERREG IIC der Europäischen Union (Lang & Tönsmann 2002). Es bestand aus zwei Teilen: der wissenschaftlichen Erarbeitung einer Rahmenplanung für den Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn sowie gleichzeitig der Umsetzung von insgesamt acht Teilprojekten an konkreten Standorten im Einzugsgebiet der Lahn – z.B. Renaturierungen, Aktivierung von Retentionsräumen, Deichrückverlegungen. Bei der wissenschaftlichen Rahmenplanung hingegen handelt es sich nicht um eine Maßnahmenplanung für bestimmte Standorte; da die Maßnahmen der Rahmenplanung sehr vereinfacht im hydrologischen Modell abgebildet werden, sind Aussagen zu den Auswirkungen daher auch nur in allgemeiner Form möglich.

Vor dem Hintergrund der drei Säulen einer umfassenden Hochwasserschutzstrategie (LAWA 1995) sollte die Rahmenplanung mit einer Abkehr der bisherigen technisch orientierten Hochwasserschutzkonzepte mit großen Hochwasserrückhaltebecken verbunden sein. Entsprechend bestand die zentrale Fragestellung des Projektes in der Ermittlung des maximalen Rückhalts – ohne den Einsatz von Hochwasserrückhaltebecken – durch Maßnahmen des *natürlichen Wasserrückhalts* (wie z.B. die Vergrößerung von Retentionsflächen an der Lahn) und *weitergehender Hochwasservorsorge* – unter Berücksichtigung hydrologischer, hydraulischer, ökologischer und monetärer Gesichtspunkte. Im Focus der Hochwasserschutzplanung und auch der Bewertung der entsprechenden Effekte standen demnach ausschließlich Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes.

Für die Bewertung unterschiedlicher Maßnahmen wurden verschiedene Systemzustände zusammengestellt und für diese die Wirkungen, und zwar hydrologische und sozioökonomische Effekte, bewertet. Neben den betrachteten Systemzuständen ‚Istzustand 1998‘, ‚potenziell natürlicher Zustand‘ (ohne anthropogene Einflüsse) und ‚Entwicklung ohne Hochwasserschutzmaßnahmen‘ (basierend vor allem auf einer Abschätzung der Siedlungs- und Gewerbelebenentwicklung) wurden verschiedene Maßnahmeoptionen aus dem Bereich des natürlichen Wasserrückhalts (siehe Kasten) in ihren Auswirkungen bewertet. Darüber hinaus wurden die Effekte einer Umsetzung der acht Teilprojekte, größerer Niederschlagshöhen sowie einer Kombination wirksamer Systemzustände betrachtet. Auf Grundlage der hydraulischen Modellierung wurde letztlich ein Ausführungsvorschlag als Kombination verschiedener Maßnahmen zusammengestellt, der vor allem in der Umsetzung überörtlicher Maßnahmen mit Wirkungen für alle Unterlieger – in Ergänzung mit lokalen Maßnahmen der Flächen- und Bauvorsorge – besteht.

Zielstellung: Ermittlung des maximalen Rückhaltes – ohne den Einsatz technischen Hochwasserrückhaltes – durch Maßnahmen des dezentralen, natürlichen Wasserrückhaltes im Einzugsgebiet der hessischen Lahn

Angestrebtes Schutzniveau: kein normatives Ziel festgelegt

Betrachtete Systemzustände: Istzustand 1998, potenziell natürlicher Zustand, Entwicklung ohne Hochwasserschutzmaßnahmen, Abkopplung versiegelter Flächen vom Kanalnetz, Regenwasserrückhalt in urbanen Gebieten, Rückhalte in Nebentälern, Maßnahmen an Deichen, Verstärkung der Retention in der Aue, Gewässerrenaturierung, Änderung der Flächennutzung außerhalb der Ortslage, Umsetzung der acht Teilprojekte, größere Niederschlagshöhen, Kombination wirksamer Systemzustände

Varianten: Maximal- und Realszenario (unterschiedlicher Umfang der Umsetzung einzelner Maßnahmen)

Bewertete Effekte: Reduzierung der Abflussscheitel (in %) und des Volumens der Hochwasserwelle (in Mio. m³); direkte Kosten (in €); Umweltwirkungen (fünfstufig – qualitativ); Konflikte mit Raumplanung (fünfstufig – qualitativ)

Betrachtete Jährlichkeiten: HQ 10, 20, 50, 100

Skalenebene: Effekte an hessischer Landesgrenze (≈ Limburg), z.T. lokal differenziert

Finanzierung: Projekt im Rahmen des Aktionsprogramms IRMA; Finanzierung durch die EU: 50% der Planungskosten, 25% der Baukosten; Kofinanzierung durch das hessische Landesprogramm „Naturnahe Gewässer“

Im Rahmen der Studie bewertete Effekte

Grundsätzlich wurden für die einzelnen Systemzustände jeweils zwei verschiedene Szenarien – ein Real- und ein Maximalszenario – zur Einschätzung der Effekte definiert. Hinsichtlich der betrachteten Hochwasserereignisse wurden die Wirkungen für verschiedene Jährlichkeiten (HQ 10, 20, 50, 100) eingeschätzt, d.h. die Bewertung deckte sowohl kleine, häufige als auch seltenere Hochwasser ab. Im Ergebnis zeigte sich entsprechend auch eine starke Abhängigkeit der Effektivität der jeweiligen Maßnahmen von der Jährlichkeit der Abflüsse. Auf Grundlage der Flussgebietsmodellierung wurden als direkte Wirkungen die *hydrologischen Parameter* Reduzierung der Abflussscheitel (in m³/s und %) sowie Reduktion des Volumens (zusätzliches Rückhaltevolumen in den einzelnen Systemzuständen in Mio. m³) als so genannte hydrologische Effektivität quantifiziert. Als Bezugspunkt wurde für den Großteil der Maßnahmen dabei die Reduzierung an der hessischen Landesgrenze gewählt (zum Teil wurden auch lokale Effekte differenziert betrachtet), für den Ausführungsvorschlag wurden zusätzlich die Auswirkungen auf das Rheinhochwasser am Pegel Köln abgeschätzt. Die hydraulischen Effekte werden damit im Wesentlichen auf der Mesoskala abgebildet, für den Ausführungsvorschlag auch auf der Makroebene.

Daneben wurden die direkten Kosten der Maßnahmen (bezogen auf ein HQ₁₀₀ an der hessischen Landesgrenze) eingeschätzt. In der vergleichenden Bewertung der Maßnahmen wurden diese allerdings zum Teil nur anteilig berücksichtigt, indem danach differenziert wurde, welcher Anteil (geschätzt) jeweils dem Hochwasserschutz und nicht der primären Zielsetzung zugerechnet werden kann. So wurden beispielsweise

für Gewässerrenaturierungen, deren primäres Ziel eher in einer ökologischen Aufwertung der Talaue bestehen, lediglich 20% der Kosten dem Hochwasserschutz zugerechnet oder aber Flächenentsiegelungen (primäres Ziel: Schonung der Trinkwasserressourcen) mit nur 10% berücksichtigt.

Als indirekte Wirkungen wurden für die Rahmenplanung die Auswirkungen auf den Naturhaushalt anhand qualitativer Kriterien eingeschätzt. Für drei Teilprojekte wurden dagegen die ökologischen Wirkungen einzelner Maßnahmen (z.B. Rückverlegung von Deichen, Gewässerrenaturierung) anhand definierter ökologischer Bewertungskriterien vertiefend bewertet. Eine verallgemeinernde Bewertung von Maßnahmewirkungen ist der Studie zufolge nicht möglich, da die ökologische Wirkung ganz entscheidend von den Voraussetzungen (z.B. Gewässermorphologie) und den begleitenden Maßnahmen (z.B. Extensivierung) abhängt. Beispielsweise kann durch eine entsprechende Nutzung von Überflutungsflächen erreicht werden, dass diese als temporärer Speicher für Nähr- und Schadstoffe dienen und nicht zu einer zusätzlichen Belastungsquelle werden. Insofern bedarf es immer einer Einzelfallprüfung. Als weitere indirekte Wirkung wurden letztendlich die verschiedenen Systemzustände auch aus raumplanerischer Sicht in fünf Stufen bewertet.

Im Ergebnis können mit dem Ausführungsvorschlag (als Kombination der untersuchten Maßnahmen des natürlichen Wasserrückhalts insgesamt) die Hochwasserscheitel lediglich um 13-16% (an der Landesgrenze Rheinland-Pfalz) reduziert werden. Vor allem für Extremereignisse sind damit ergänzende Maßnahmen der Hochwasservorsorge aber auch aus dem Bereich des technischen Hochwasserschutzes notwendig.

Abwägungstatbestände und Effekte einer erweiterten Betrachtung

Zusammenfassend wurden in der Studie zur Lahn die hydrologische Wirkung (Scheitelabfluss in m³/s, Zeit nach Ereignisbeginn, Fülle in Mio. m³) sowie die direkten Kosten für HQ 100 an der Landesgrenze betrachtet; die Umweltauswirkungen sowie die raumplanerischen Wirkungen wurden jeweils in einer 5-stufigen Skala qualitativ bewertet. Die hydrologischen Wirkungen zeigen dabei starke Differenzierungen innerhalb des Einzugsgebietes. So kann die positive Wirkung im Sinne reduzierter Scheitel in Einzelfällen lokal, d.h. direkt unterhalb der Maßnahme relativ hoch, an der Landesgrenze als gemeinsamen Bezugspunkt jedoch kaum noch nachweisbar sein (dies gilt z.B. für Maßnahmen des Regenwasserrückhaltes oder Deichrückverlegungen).

	negative Effekte für den Hochwasserschutz		
	positive Effekte / Verringerung Hochwasserschäden		
	hat (nicht primär hochwasserrelevanten) Einfluss		
+	erhöhend, verlängernd		
-	verringern, erniedrigend		
?	Wirkung nicht ganz eindeutig / bedingt wirksam		
o	keine Auswirkungen		
Q	Quantitative Bewertung der Wirkungen		
M	Monetäre Bewertung der Wirkungen		
D	Qualitative Bewertung der Wirkungen		

	MIKROSKALA / MESOSKALA										Ökonomische Bewertung			
	Betrachtung unterschiedlicher Hochwasserereignisse (HQ 1, 2, 10, 20, 50, 100)					Indirekte Wirkungen				Kosten		Nutzen		
	HQ	Skala	Fülle	Scheitel	Minderung Schadens-ausmaß	Veränderung Grundwasser-spiegel	Veränderung Ökosystem	Veränderung soziökonom. Nutzungen	Erhöhung Hochwasserbe wusstsein	direkte Kosten	indirekte Kosten	direkte Nutzen / verm. direkte Schäden	direkte Nutzen / verm. indirekte Schäden	indirekte Nutzen
Entwicklung ohne HWMaßnahmen (Flächennutzungsänderungen)			Q	Q										
	100	Mündung Rhein	+1,01%	+3,5%										
Wasserrückhalt im Einzugsgebiet							D			M				D
Abkopplung versiegelter Flächen vom Kanalnetz			Q	Q										
	alle	Landes-grenze RP	o	0,05-0,2%			positiv			Erstellungs-kosten				
Regenwasserrückhalt in Siedlungsgebieten				Q			D			M				D
	100	unterhalb einzel. Orte	grün	50-60%			positiv			Erstellungs-kosten				
	100	Mündung Rhein	grün	1,30%						Erstellungs-kosten				
Änderung der Flächennutzung außerhalb Ortslagen			Q	Q			D			M				D
	alle	Nebenge-wässer	grün	bis 6%			o			Baumaß-nahmen				
	100	Mündung Rhein	grün	2,30%										
Wasserrückhalt im Gewässernetz														
Gewässerrenaturierung			Q	Q						M				D
	alle	regional	-	6-17%			positiv			Initial- und Renat.-kosten				
	100	Landes-grenze RP	grün	2,5-5,5%			positiv							
Rückverlegung / Absenkung von Deichen			Q	Q			D			M				D
	100	lokal	o	3%			positiv			Erdbau-/ Ent-schäd.kosten				
	alle	Landes-grenze RP	o	o			positiv			Erdbau-/ Ent-schäd.kosten				
Verstärkung der Retention in Talaue			Q	Q			D			M				D
	alle	lokal, regional	o	5,4-7,4			o			Initialpfl., Flächenkauf				
	100	Landes-grenze RP	o	0,8-1,5%										
Technischer Hochwasserschutz														
Rückhalte in Nebentälern			-	Q			D			M				D
	kleine, häufige			grün			o / negativ			Investitions-/ Betriebskosten				
	>10			bis 17%										
		Landes-grenze RP		+1%										
MAKROSKALA														
Betrachtung unterschiedlicher Modellhochwasser (1984, 1993, 1995, 1998) an vier verschiedenen Rheinpegeln														
Ausführungsvorschlag (Kombination aller Maßnahmen)				bis 1 cm	Verzöge-rung bis 4 h					Erstellungs-kosten				

Abbildung 26: Bewertung direkter und indirekter Effekte im Fallbeispiel Lahn (eigene Zusammenstellung)

Die Abbildung 26 gibt einen Überblick über die betrachteten Maßnahmen und bewerteten (bzw. nicht bewerteten) Effekte. Eine Nutzen-Kosten-Abwägung der Maßnahmenalternativen wurde im Rahmen der Studie nicht durchgeführt, sondern vielmehr das Verhältnis von Kosten im Vergleich zur hydrologischen Wirkung der einzelnen Maßnahmen bewertet. Ziel der Studie war auch nicht primär die Auswahl einer unter nutzen-kosten-analytischen Gesichtspunkten optimalen Maßnahmenkombination oder Variante beispielsweise im Hinblick auf ein anzustrebendes Schutzniveau für differenzierte Standorte zu bestimmen, sondern vielmehr die Wirkungen dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen, verteilt über das gesamte Einzugsgebiet der Lahn, aufzuzeigen.

Im Folgenden werden die wesentlichen Ansatzpunkte im Sinne einer erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse für die Lahnstudie aufgezeigt.

- Einbeziehung aller *direkten* und *indirekten* Effekte der betrachteten Maßnahmen.

In der Studie wurden lediglich die (direkten) hydrologischen Wirkungen betrachtet und berechnet. Wie in Abbildung 5 dargestellt sind daneben sowohl direkte Wirkungen mit Blick auf primär sozioökonomische Parameter als auch indirekte Wirkungen auf hydrologische und sozioökonomische Parameter zu betrachten. So wirken zum Beispiel Maßnahmen der Hochwasservorsorge (wie die Bauvorsorge) direkt auf die Verminderung des Schadensausmaßes im Ereignisfall. Erste Ansatzpunkte zur Berücksichtigung derartiger Effekte sind auf Grundlage der Berechnungen der BfG im Rahmen der Fallstudie zu finden. In der Abbildung 26 ist für den Ausführungsvorschlag eine (potenzielle) positive Wirkung auf das Schadensausmaß durch die durch die Maßnahmen induzierte zeitlich Verzögerung des Wellenscheitels vermerkt. Die bis zu 4-stündige Verzögerung im Anstieg des Wellenscheitels wirkt sich allerdings nur positiv aus, wenn sie mit entsprechenden Reaktionen auf das drohende Hochwasser, d.h. Maßnahmen der Verhaltensvorsorge, verbunden sind. Derartige Effekte sind für eine umfassende NKA zu erfassen und in monetäre Einheiten zu überführen. Im Bereich der indirekten Effekte fehlt die Berücksichtigung beispielsweise von möglichen Veränderungen des Grundwasserspiegels, wie die Gefahr von Qualmwasser bei Deichrückverlegungen, aber auch die Quantifizierung und ökonomische Bewertung von Veränderungen sozioökonomischer Nutzungen – gerade bei den flächenwirksamen Maßnahmen.

Neben den hydrologischen Wirkungen wurden lediglich die direkten Kosten der Maßnahmen quantifiziert. Der direkte Nutzen der Maßnahmen im Sinne vermiedener Schäden hingegen wurde nicht bewertet. Da die Scheitelabflussreduzierungen für alle Maßnahmen vergleichend für die hessische Landesgrenze, aber auch für einige Pegel oberhalb, vorliegen, könnte der Nutzen alternativer Maßnahmen beispielsweise für verschiedene Standorte an der Lahn vergleichend bewertet werden. Hierzu müssten jedoch die Schadenspotenziale vorliegen. Indirekte Wirkungen wurden jenseits qualitativer Einschätzungen der Umweltwirkungen gar nicht monetär bewertet. Veränderte sozioökonomische Nutzungen sind beispielsweise mit Opportunitätskosten verbunden. Für Gewässerrenaturierungen, Deichrückverlegungen und Ausweitung von Retentionsräumen kann darüber hinaus der ökonomische Wert besserter ökologischer Leistungen bedeutend sein. Da die ökologischen

Wirkungen sehr stark von den Standortbedingungen abhängig sind, könnte eine ökonomische Nutzenbewertung dazu beitragen, optimale Standorte für die Maßnahmenumsetzung zu bestimmen.

In der vorliegenden Studie wurden bei Maßnahmen, deren primäre Zielsetzung nicht vorergründig im Schutz vor Hochwasser sondern vielmehr in der Bereitstellung ökologischer Zusatznutzen (z.B. bei Gewässerrenaturierungen) liegt, die Kosten nur anteilig berücksichtigt (siehe oben). Für die Durchführung einer NKA würde dies bedeuten, dass im Falle einer monetären Bewertung bereitgestellter ökologischer Leistungen diese auch entsprechend anteilig in die NKA einfließen dürften. In der Tat ist die Differenzierung zwischen hochwasserschutzrelevanten und ökologischen Wirkungen in der Regel sehr schwierig und auch nicht unbedingt sinnvoll, haben doch beispielsweise Deichrückverlegungen neben direkten hydraulischen Wirkungen – wie in Kap. 4 erläutert – auch darüber hinaus gehende Effekte auf sozioökonomische Parameter (erhöhtes Risikobewusstsein, verminderter Anwachsen des Schadenspotenzials) und damit auch indirekt hochwasserschutzrelevante Wirkungen. Im Grundsatz ist es daher nicht sinnvoll, zwischen verschiedenen Zielsystemen zu differenzieren. Das bedeutet, dass nicht nur die vollständigen Kosten sondern auch die ökonomischen Nutzen derartiger Maßnahmen in der NKA eingebunden werden sollten.

- Wahl des *Bezugsrahmens* und der *Skalenebene*

Bei der Lahnstudie handelt es sich nicht um ein Hochwasserschutzkonzept, dessen Ziel sich auf den Schutz eines bestimmten Ortes vor einem Hochwasser bestimmter Jährlichkeiten bezieht (beispielsweise der Schutz der Stadt Limburg bis zu einem HQ 100), sondern um eine Wirkungsabschätzung dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen ohne normative Zielstellung. Dies ist noch keine hinreichende Grundlage für die Durchführung einer NKA. Im Grundsatz werden im Rahmen einer NKA immer mit / ohne – Vergleiche im Hinblick auf ein definiertes Projektziel durchgeführt, d.h. die Nutzen und Kosten eines Status quo mit denen nach Durchführung der Maßnahme verglichen und nicht die Situation (zeitlich) vor und nach Durchführung der Maßnahmen. Darüber hinaus wäre es möglich, verschiedene Varianten im Zuge einer NKA miteinander zu vergleichen – allerdings immer auch mit Blick auf die ohne-Situation. Hier wäre beispielsweise ein NK-Vergleich mit einem eher technisch orientierten Hochwasserkonzept bezogen auf ein bestimmtes Schutzziel möglich.

Die betrachteten Hochwasserschutzmaßnahmen im Einzugsgebiet der hessischen Lahn weisen stark räumlich differenzierte Nutzen- und Kostenkomponenten auf. Zum Teil sind die Maßnahmen mit einem hohen lokalen Nutzen verbunden (sowohl hinsichtlich hochwasserschutzrelevanter als auch ökosystemarer Wirkungen), der allerdings beispielsweise an der Landesgrenze kaum noch nachweisbar ist.

Fazit

Hervorzuheben ist, dass im Rahmen der Lahnstudie im Gegensatz zu den meisten Hochwasserschutzkonzeptionen der Schwerpunkt auf die Bewertung der Effekte eines Wasser-rückhaltes in der Fläche und im Gewässer, d.h. auf Maßnahmen jenseits des technischen Hochwasserschutzes, gelegt wurde. Alternative Maßnahmen wurden für verschiedene Ab-flüsse in ihren Wirkungen auf unterschiedlichen Skalenebenen beleuchtet und – zumindest

in ihren hydrologischen Effekten – quantifiziert. Eine Bewertung der Wirkungen derartiger Hochwasserschutzmaßnahmen ist die Grundvoraussetzung zu deren Einbindung in eine umfassende Hochwasserschutzstrategie bzw. auch eine erweiterte NKA im hier diskutierten Sinne. Auch wurden in der Studie ein handhabbarer Ansatz zum Umgang mit mehreren Zielsystemen aufgezeigt, d.h. zur Frage, inwieweit nicht primär hochwasserschutzrelevante Maßnahmenwirkungen in die Bewertung eingebunden werden können (wenn zum Beispiel Gewässerrenaturierungen primär ökologische, aber nur untergeordnet hochwasserschutzrelevante Effekte haben).

Für die Durchführung einer erweiterten NKA auf Grundlage der Lahnstudie würden sich folgende Ansatzpunkte zur Erweiterung ergeben: Neben den direkten Kosten müssten zunächst auch die indirekten Kosten (z.B. Opportunitätskosten), direkte Nutzen (in Form vermiedener Schäden) wie auch indirekte Nutzen (z.B. ökologische Effekte) quantifiziert und ökonomisch bewertet werden. Bei Vorhandensein entsprechender Schadenspotenziale für die betrachteten Standorte könnten aufgrund der bewerteten hydrologischen Effekte die jeweils zu vermeidenden Schäden quantifiziert werden. Die ökonomische Bewertung der indirekten Effekte würde jedoch eine Konkretisierung der Maßnahmenstandorte notwendig machen.

Für eine NKA müssten diese Effekte weiterhin für eine definierte Maßnahmenkombination bezogen auf ein bestimmtes Schutzziel bzw. für verschiedene gesamthafte Strategien vergleichend bewertet werden. Interessant wäre die Einbettung in und der Vergleich von alternativen Hochwasserschutzstrategien, einerseits mit Orientierung auf technische Maßnahmen, andererseits mit Einbindung der betrachteten dezentralen Hochwasserschutzmaßnahmen, z.B. bezogen auf einen Punkt an der Lahn (zur Abbildung der Effekte auf regionaler Ebene) und vergleichend dazu bezogen auf die Stadt Köln (zur Abbildung überregionaler Effekte). So könnte eine auf technische Maßnahmen orientierte Strategie in ihren Nutzen-Kosten-Aspekten direkt mit der hier diskutierten ganzheitlicheren Strategie vergleichend bewertet werden.

10 Literatur

- Ammann, W. J. (2005): Integriertes Risikomanagement bei Naturkatastrophen. In: Steininger, K. W.; Steinreiber, C. & Ritz, C. (Hrsg., 2005): *Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen*. Berlin.
- Beyene, M. (1992): *Ein Informationssystem für die Abschätzung von Hochwasserschadenspotentialen*. Aachen: Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.
- BMU (2002): *5-Punkte-Programm der Bundesregierung*. Stand: 15. September 2002, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Brombach, H.J. (2001): Hochwasserschutzmaßnahmen. In: Patt, H. (Hrsg., 2001): *Hochwasserhandbuch*. Berlin: Springer Verlag.
- Bronstert, A. (2004): *Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder*, Institut für Geoökologie, Universität Potsdam.
- Brösse, Ulrich (1995): Funktionen in Raumordnung und Landesplanung. In: ARL (Hrsg., 1995): *Handwörterbuch der Raumordnung*. Hannover: ARL, S. 353-356.
- Brouwer, R. & van Ek, R. (2004): Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. *Ecological Economics*. 50, S. 1-21.
- Buck, W. (2003): Festlegung des Hochwasserschutzgrades. ATV-DVWK Seminar "Hochwasserrückhaltebecken" 8./9. Oktober 2003, Erfurt.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2006): Mengensteuerung der Siedlungsflächenentwicklung durch Plan und Zertifikat. *Informationen zur Raumentwicklung*. 4/5, S. 251ff.
- Bundesregierung (2003): *Jahresbericht der Bundesregierung zum Stand der deutschen Einheit 2003*. Berlin.
- BWK (2001): *Hochwasserschadenspotenziale*. Düsseldorf, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V.
- CEDIM (2005): *Glossar - Begriffe und Definitionen aus den Risikowissenschaften*: Center for Disaster Management and Risk Reduce Technology - Universität Karlsruhe.
- Cholewa, W. (Hrsg.) (2003): *Baugesetzbuch (Kommentar)*: Beck Juristischer Verlag.
- Corell, Cathrin (1996): Schaffung und Bewahrung von Retentionsraum zum Zwecke des Hochwasserschutzes. *Umweltplanungsrecht (UPR)*. 7, S. 243-253.
- Dallhammer, Wolf-Dieter (2005): Aktueller Diskussionsstand zum Hochwasserschutzrecht in Bund und Ländern. In: Köck, W. (Hrsg., 2005): *Rechtliche Aspekte des vorbeugenden Hochwasserschutzes*. Baden-Baden: NOMOS, S. 45-60.
- Dehnhardt, A. (2002): Der ökonomische Wert der Elbauen als Nährstoffsenke: Die indirekte Bewertung ökologischer Leistungen. In: Dehnhardt, Alexandra & Meyerhoff, Jürgen (Hrsg., 2002): *Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungsaue*n. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk KG, S. 185-218.
- Dehnhardt, A. (2004): *Ökonomische Bewertung von Maßnahmen im Rahmen des Flusseinzugsgebietsmanagements: Die Nutzenseite*. Tagungsband "Interdisziplinäre Methoden des Flussgebietsmanagements" März 2004: IfGIprints 21, Institut für Geoinformatik, Universität Münster.
- Dehnhardt, A.; Hirschfeld, J. & Petschow, U. (2006): Sozioökonomie. In: Dietrich, J. & Schumann, A. (Hrsg., 2006): *Flussgebietsmanagement für die Werra*. Berlin: Weissensee-Verlag.
- Deutscher Bundestag (2004): *Entwurf eines Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes, Drucksache 15/3510*. Berlin.
- Deyle, R.E.; French, S.P.; Olshansky, R. B. et al. (1998): Hazard Assessment: The Factual Basis for Planning and Mitigation. In: Burby, R. J. (Hrsg., 1998): *Cooperation with Nature. Confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities*. Washington, D.C.

- Dosch, F. & Einig, K. (2005): Mengensteuerung der Siedlungsflächenentwicklung durch Plan und Zertifikat - Einführung. In: (Hrsg., 2005): *Informationen zur Raumentwicklung*: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. 4/5, S. VI-VIII.
- Ebbing, P (2004): *Die Abwälzung wasserverbandlicher Kosten nordrhein-westfälischer Gemeinden auf Dritte*. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag.
- Egli, T. (2000): *Gefahrenkarten für die Bauvorsorge und Notfallplanung*. Workshoppaper: Vorbeugender Hochwasserschutz auf kommunaler Ebene, Dresden: Institut für ökologische Raumentwicklung & Umweltbundesamt Berlin.
- Elsner, W.; Otte, Ch. & Yu, I. (2005): *Klimawandel und regionale Wirtschaft*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Endres, A. (1994): Umweltzertifikate: Eine marktwirtschaftliche Alternative im Widerstreit. In: Endres, A.; Rehbinder, E. & Schwarze, R. (Hrsg., 1994): *Umweltzertifikate und Kompen-sationslösungen aus ökonomischer und juristischer Sicht*. Bonn.
- Ernst, Werner (1995): Raumordnung. In: ARL (Hrsg., 1995): *Handwörterbuch der Raumordnung*. Hannover: ARL, S. 753-758.
- Fachkommission "Städtebau", der ARGEBAU (2003): *Handlungsanleitung für den Einsatz rechtlicher und technischer Instrumente zum Hochwasserschutz*.
- Ferner, H. (2005): *Baugesetzbuch-Handkommentar*. Baden-Baden: Nomos Verlag.
- Gabriel, S. (2006): *Wir müssen mit solchen Fluten leben*. Interview in der Sächsischen Zeitung vom 18.04.2006, Dresden.
- Gewässerdirektion-Donau/Bodensee (2001): *Abschließendes Gesamtkonzept für den Hochwasserschutz im Donautal zwischen Ertingen-Binzwangen und Ulm/Iller�ündung*. Wasserwirtschaftsverwaltung, Wasserwirtschaftsverwaltung - Integriertes Donau-Programm.
- Gewässerdirektion Donau / Bodensee (2002): *Integriertes Donauprogramm - Abschließendes Gesamtkonzept für den Hochwasserschutz im Donautal von Herbertingen-Hindersingen bis Donaueschingen und im Bregtal von Donaueschingen bis Wolterdingen*, Gewässerdirektion Donau/Bodensee.
- Gewässerdirektion Donau / Bodensee (2003): *Integriertes Donauprogramm. Risikoanalyse Donau: Hochwasserschadensminderung an der baden-württembergischen Donau. Zusammenfassung der Ergebnisse*.
- Gocht, M. (2004): Nutzen-Kosten-Analyse. In: Bronstert, A. (Hrsg., 2004): *Möglichkeiten zur Minderung des Hochwasserrisikos durch Nutzung von Flutpoldern an Havel und Oder*. Potsdam: Universität Potsdam. 15.
- Green, C.H. & Penning-Rowsell, Edmund (1985): Evaluating the intangible Benefits and costs of a Flood Alleviation Proposal. S. 229-248.
- Greiving, S. (2001): Raumordnung, Regionalplanung und kooperative Regionalentwicklung und ihre Aufgaben beim Risikomanagement der Naturgefahr Hochwasser. UBA-Texte. 01/14, S. 42-54.
- Greiving, S. (2002): *Planung und Katastrophenvorsorge - Verknüpfung über Verfahren und organisatorische Regelungen*. 2. Forum Katastrophenvorsorge. Tagungsband., Leipzig: DKKV.
- Gruber, M. (1994): *Die kommunalisierte Raumplanung*. Braunschweig: ARL-Hannover.
- Harro, B. (2001): *Die Aufgaben der öffentlich-rechtlichen Wasserverbände*: Vortrag im Rahmen der Umweltrechtstage Bonn. www.irwe.uni-bonn.de/veranstaltungen/bode.doc.
- Heiland, P. (2002): *Vorsorgender Hochwasserschutz durch Raumordnung, interregionale Kooperation und ökonomischen Lastenausgleich*. Darmstadt: Institut WAR.
- Hessisches Ministerium für Umwelt Energie -und Bundesangelegenheiten (1994): *Hochwasserschutz am Rhein - Varianten Untersuchung*. Wiesbaden.
- Hirschfeld, J.; Dehnhardt, A. & Dietrich, J. (2005): Socioeconomic analysis within an interdisciplinary spatial decision support system for an integrated management of River Werra. *LIMNOLOGICA*. 35 (3), S. 234-244.
- Hutter, Gerard & Schanze, Jochen (2004): Potenziale kooperativen Lernens für das Hochwasserrisikomanagement - am Beispiel der Vorsorge gegenüber Sturzfluten im Flussgebiet der

- Weißenitz. *Praxis Kultur- und Sozialgeographie*. 32 (Von der Analyse natürlicher Prozesse zur gesellschaftlichen Praxis.), S. 63-86.
- IKONE (2002): *Hochwassermanagement - Partnerschaft für Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge*. Bersigheim, Gewässerdirektion Neckar.
- IKSD (2004): *Action Programme for Sustainable Flood protection in the Danube River Basin*. Wien, Internationale Schutzkommision zum Schutz der Donau.
- IKSE (2003): *Aktionsplan Hochwasserschutz Elbe*. Magdeburg, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe.
- IKSO (1996): *Vertrag über die Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung*. Wroclaw, Internationale Kommission zum Schutz der Oder.
- IKSO (2004): *Aktionsprogramm Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Oder*. Wroclaw, Internationale Kommission zum Schutz der Oder.
- IKSR (1998): *Aktionsplan Hochwasser*. Rotterdam, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe.
- IKSR (1999a): *Übereinkommen zum Schutz des Rheins*. Bern, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
- IKSR (1999b): *Wirkungsabschätzung von Wasserrückhalt im Einzugsgebiet des Rheins*. Koblenz.
- IKSR (2000): *Kriterien für die Bestimmung und Darstellung der Überschwemmungsgefährdung und Schadenrisiken*. Koblenz, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
- IKSR (2001): *Vorgehensweise zur Ermittlung der hochwassergefährdeten Flächen, Vorgehensweise zur Ermittlung der möglichen Vermögensschäden*. Abschlussbericht. Wiesbaden Heidelberg, Nijmegen, München, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
- IKSR (2002): *Hochwasservorsorge - Maßnahmen und ihre Wirksamkeit*. Koblenz, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
- IRMA (2002): *Evaluation of floodplain management strategies: the added value of wetlands*, IRMA-SPONGE Project 8.
- Jering, A.; Lindemann, H.-H. & Seidel, W. (2003): *Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr - Materialband*. Berlin: Umweltbundesamt. UBA Texte 90/2003.
- Jonkman, S.N. (2002): *The impacts of floods: considering the estimation of direct economic damage and loss of life*. Proceedings NCR-days 2002.
- Kern, M. (2005): *Hochwasserschutz im Bauplanungsrecht unter besonderer Berücksichtigung des Regierungsentwurfs eines Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes*: Universität München, Dissertation.
- Kiese, M. & Leineweber, B. (2001): *Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung. Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotentials in der Unterweserregion*. Hannover: Abteilung Wirtschaftsgeographie an der Universität Hannover.
- Kleeberg, H. B. & Rother, K.-H. (1996): *Hochwasserflächenmanagement in Flußeinzugsgebieten. Wasser & Boden*. 48 (2), S. 24-32.
- Kment, Martin (2005): Das Gebot der interkommunalen Abstimmung als Abwehrrecht. *Umwelt- und Planungsrecht*. S. 95 - 116.
- Köck, W. (Hrsg.) (2005): *Rechtliche Aspekte des vorbeugenden Hochwasserschutzes*. Leipziger Schriften zum Umwelt- und Planungsrecht. Baden-Baden: Nomos Verlag.
- Kotulla, M. (2006): Das Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. NVwZ. Heft 2, S. 129-135.
- Kron, W. (2004): Naturkatastrophen nehmen zu - Schadenstrends und Risikovorsorge. In: Fuhrmann, P. & Hutter, C.-P. (Hrsg., 2004): *Klimaschutz und Hochwasservorsorge - Zusammenhänge und Konsequenzen für die regionale Planungspraxis*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, S. 75-102.
- Kuhlicke, C. & Drünkler, D. (2004): Vorsorge durch Raumplanung. *Raumforschung und Raumordnung*. (3), S. 169-176.
- Kuhlicke, C. & Drünkler, D. (2005): Vorsorge durch Raumplanung? Das Problem der Prävention in zeitlicher und raumplanerischer Hinsicht: Eine Lösungsskizze. *Raumforschung und Raumordnung (RuR)*.

- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2003): *Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hochwasser-Aktionsplänen*. Düsseldorf: LAWA.
- Landtag von Nordrhein-Westfalen (1998): Landtag intern. 17. Ausgabe vom 10.11.1998.
- Lang, Tobias & Tönsmann, Frank (2002): *Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn*: Kasseler Wasserbau-Forschungsberichte und - Materialien.
- LAWA (1995): *Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz*. Stuttgart, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- LAWA (1999): *Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hochwasseraktionsplänen*, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- LAWA (2000): *Wirksamkeit von Hochwasservorsorge- und Hochwasserschutzmaßnahmen*. Berlin, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- LAWA (2005): *Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen*. Berlin, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- Luhmann, Hans-Jochen (2005): Soziale Dämme vor Folgen des Klimawandels. *Zeitschrift für Rechtspolitik* (ZRP). 22, S. 248-256.
- MAFF (2001): *Flood and Coastal Defence Project Appraisal Guidance - Economic Appraisal*. London, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food - UK, London.
- Merz, B.; Kreibich, H.; Thielen, A. et al. (2004): Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. *Natural Hazards and Earth System Science*. 4, S. 153-163.
- Merz, B.; Kreibich, H.; Thielen, A.; Schmidtke, R. (2004): Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. (2004) 4, S. 153-163.
- Meyer, V. (2005): *Methoden der Sturmflut-Schadenspotenzialanalyse an der deutschen Nordseeküste*. Leipzig-Halle: UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH.
- Meyerhoff, J. (2002): Der Nutzen aus einem verbesserten Schutz biologischer Vielfalt in den Elbeauen: Ergebnisse einer Kontingenzen Bewertung. In: Dehnhardt, A. & Meyerhoff, J. (Hrsg., 2002): *Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe*. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.
- Meyerhoff, J. & Dehnhardt, A. (2002): Die ökonomische Bewertung von Feuchtgebieten. In: Dehnhardt, Alexandra & Meyerhoff, Jürgen (Hrsg., 2002): *Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungssauen*: Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG, S. 141-153.
- Monsees, J. (2005): Operationalisierungsprobleme einer vergleichenden Institutionenanalyse zur Gewässerunterhaltung. *ICAR Discussion Papers, Humboldt Universität Berlin*. 6/2005, S. 26 S.
- Moss, T. (Hrsg.) (2003): *Das Flussgebiet als Handlungsraum. Institutionenwandel durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie aus raumwissenschaftlichen Perspektiven*. Stadt- und Regionalwissenschaften/Urban and Regional Sciences. Münster: Lit-Verlag.
- MURL (2000): *Potenzielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW*: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein Westfalen.
- MURL NRW (2000a): *HWSCalc, Abschätzung von Hochwasserschadenspotenzialen*. Aachen, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.
- MURL NRW (2000b): *Potenzielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW*: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein Westfalen.
- North, Douglass (1992): *Institutionen, Institutionaler Wandel und Wirtschaftsleistung*. Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Olshansky, R. B. & Kartez, J. D. (1998): Managing Land Use to Build Resilience. In: Burby, R. J. (Hrsg., 1998): *Cooperating with Nature – confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities*. Washington D.C.
- Patt, Heinz (Hrsg.) (2001): *Hochwasser-Handbuch, Auswirkungen und Schutz*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Peine, F. J. (2003): *Öffentliches Baurecht*. Tübingen.

- Penning-Rowsell, E.C. & Chatterton, J.B. (1977): *The benefit of flood alleviation*. Westmead, Farnborogh, Hanst.
- Penning-Rowsell, E.C. & Green, C. (2000): New Insights into the Appraisal of Flood-Alleviation Benefits: (1) Flood damage and Flood Loss Information. *J.CIWEM*. 14, S. 347-353.
- Petrow, T.; Thieken, A.; Kreibich, H. et al. (2003): Vorsorgende Maßnahmen zur Schadenminde-
rung. In: Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) (Hrsg., 2003): *Hochwasservorsorge in Deutschland, Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet*. Bonn, S. 34-73.
- Prettenthaler, F. & Vettler, N. (2005): Vergleich von nationalen Risikotransfermechanismen am Beispiel Hochwasser. In: Steininger, K.W.; Steinreiber, C & Ritz, C. (Hrsg., 2005): *Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen*. Berlin.
- Rapsch, Arnulf (1993): *Wasserverbandsrecht*. München: Verlag C.H. Beck.
- Rast, G. (2006): *Deiche allein verlagern das Problem*.
<http://www.wwf.de/naturschutz/lebensraeume/fluesse-auen/hochwasserschutz/hochwasser06/index.html>, Zugriffsdatum: 4/2006.
- Rechenberg, J. (2005): *Gesetzliche Grundlagen zum vorbeugenden Hochwasserschutz - Vom Fünf-Punkte-Programm zum "Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes*.
- Reese, S. (2003): *Die Vulnerabilität des schleswig holsteinischen Küstenraumes durch Sturmfluten. Fallstudien von der Nord- und Ostseeküste*. Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Reese, S.; Markau, H.-J. & Sterr, H. (2003): *Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen (MERK)*. Kiel, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste.
- Reinhardt, M. (2003): Retentionsflächen und Eigentum. *Zeitschrift für Wasserrecht*. Heft 4, S. 193-212.
- Reinhardt, M. (2004): Hochwasserschutz zwischen Enteignungsentschädigung und Amtshaf-
tung. Bau- und wasserrechtliche Grundlagen der staatlichen Haftung für Überschwem-
mungsschäden und notleidende Schutzmaßnahmen. *Natur und Recht*. 7, S. 420-429.
- Röttcher, K. & Tönsmann, F. (1999): Kosten-Nutzen-Untersuchung für Hochwasserschutzmaß-
nahmen am Beispiel der Losse (Nordhessen). *Wasser & Boden*. 53 (3), S. 34-39.
- Rühl, Ch. (2001): Rechtliche Vorgaben und Instrumente der kommunalen Hochwasserversor-
gung. *Umwelt- und Planungsrecht*. 6, S. 209-215.
- Ruhl, J. & Salzman, J. B. (2005): "No Net-Loss" – *Instrument Choice in Wetlands Protection*.
Duke Law School Science, Technology Research Paper No. 1 September 2005,
http://eprints.law.duke.edu/archive/00001238/01/No_Net_Loss.pdf.
- RWTH, Arbeitsgemeinschaft PROAQUA / Planeval / (2003): *Integriertes Donau-Programm - Risikoanalyse Donau: Hochwasserschadensminderung an der baden-württembergischen Donau, Zusammenfassung der Ergebnisse*, Gewässerdirektion Donau/Bodensee.
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2005): *Ergebnisse der landeswei-ten Priorisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen*.
http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/downloads/051206_HwskMaListe_GU_HswskRan_g_051206.pdf, Zugriffsdatum: 2/2006.
- Salzwedel, J. (2005): Finanzierung des Hochwasserschutzes - Bestandsaufnahme, Bewertung,
Perspektiven. In: Köck, W. (Hrsg., 2005): *Rechtliche Aspekte des vorbeugenden Hoch-
wasserschutzes*. Baden-Baden: Nomos Verlag.
- Schink, A. (1990): Umweltschutz - Eigentum - Enteignung - Salvatorische Klauseln. Zur Ent-
scheidung des Bundesverwaltungsgerichts vom 15. Februar 1990. *DVBl.* 150 (24), S. 1375-1386.
- Schmidtke, R. F. (1995): Sozio-ökonomische Schäden von Hochwasserkatastrophen. *Wasserbau-
Mitteilungen TU Darmstadt*. 40, S. 143-156.
- Schmidtke, R. F. (2004): *Hochwasserverschärfung und Vulnerabilität*. KLIWA - Symposium, Würzburg.

- Schröteler-von Brandt, H. (2000): Erfahrungen aus dem Rheinischen Braunkohlenrevier. *Thema – Internationale Zeitschrift für Theorie und Wissenschaft der Architektur*. 4 (2).
- Schultz, W.K. (2004): *Anforderungen an das Erstellen von Hochwasserschutzkonzepten in Baden-Württemberg*. Praktikerseminar: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in Hochwasserschutzplanungen, Stuttgart: unveröffentlicht.
- Schwarze, R. & Wagner, G. G. (2006): Versicherungspflicht gegen Elementarschäden – Ein Lehrstück für Probleme der volkswirtschaftlichen Politikberatung. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht*. 2, S. 207-234.
- Schwarze, R. & Wagner, G.G. (2003): Marktkonforme Versicherungspflicht für Naturkatastrophen - Bausteine einer Elementarschadenversicherung. *Wochenbericht des DIW Berlin*. 12/03.
- Siebert, H. (2005): *Economics of the environment*. Berlin.
- Sieder, F.; Zeitler, H & Dahme, H. (2005): *Wasserhaushaltsgesetz - Kommentar*. München: C.H. Beck-Verlag.
- Smith, K. & Ward, R. (1998): *Floods. Physical Processes and Human Impacts*. Chichester: Wiley.
- Staatliches Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft Düsseldorf (Hrsg.) (1990): *Generalplan Hochwasserschutz am Niederrhein*.
- Staatliches Umweltamt Lippstadt (2002): *Hochwasser-Aktionsplan Lippe*. Lippstadt.
- Staatskanzlei Sachsen (2002): *Schadensausgleich und Wiederaufbau*. Dresden, Freistaat Sachsen.
- Stüber, B. (2005): Städtebaurecht: Abwägungsgebot. *Deutsches Verwaltungsblatt (DVB)*. 13, S. 806-815.
- Tettinger, T.; Mann, T. & Salzwedel, J. (2000): *Wasserverbände und demokratische Legitimation*. München: Vahlen-Verlag.
- Thiele, H.D. & Wronka, T.C. (2002): Umweltgüter und ihre Bewertung: Möglichkeiten und Grenzen des Benefit Transfers. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht*. 2/2003, S. 383-404.
- UBA (2003): *Sichern und Wiederherstellen von Hochwasserrückhalteflächen*. Berlin, Umweltbundesamt, UBA-Texte 34/03.
- Umweltbundesamt/ Deutsche Emissionshandelsstelle (2004): *Klimaschutz: Der Emissionshandel im Überblick - Grundlagen und Funktionsweise*. Berlin.
- Universität Karlsruhe Institut für Wasserbau und Kulturtechnik (1995): *Hochwasserwellen am Niederrhein, Teil I Auswirkungen der in den Generalplänen ausgewiesenen Rückhalteräume bei unbeeinflußter Flutung*. Karlsruhe, Staatliches Umweltamt Krefeld, Staatliches Umweltamt Köln.
- VENRO (2005): *Zivilgesellschaft und Entwicklung*. Bonn, Verband Entwicklungspolitik deutscher Nichtregierungsorganisationen.
- Wasserwirtschaftsamt Passau (2004): *Das Hochwasser im Jahre 1954. Dokumentation über die Flutkatastrophe in der Stadt und im Landkreis Passau*. Passau.

11 Rechtsgrundlagen

Baugesetzbuch (BauGB)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Artikel 21 des Gesetzes vom 21. Juni 2005 (BGBl. I S. 1818).

Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Dezember 2004 (GVBl. 2004 S. 50).

Gesetz über den Erftverband (ErftVG)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Januar 1986 (GV.NW. S. 54), zuletzt geändert durch Gesetz vom 26. Oktober 2001 (GV.NRW S.732).

Gesetz über Wasser und Bodenverbände – Wasserverbandsgesetz (WVG)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Februar 1991 (BGBl. I S. 405), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15 Mai 2002 (BGBl. I S. 1578).

Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes

In der Fassung vom 10. Mai 2005 (BGBl. Teil 1 Nr. 26 S. 1224ff).

Landwirtschaftsgesetz (LWG)

In der Fassung der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 780-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 173 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBl. I S. 2785).

Niedersächsisches Deichgesetz (NDG)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Februar 2004 (Nds.GVBl. Nr.6/2004 S.84), geändert durch Art.3 des Gesetzes v. 5.11.2004 (Nds.GVBl. Nr.31/2004 S.417).

Raumordnungsgesetz (ROG)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081, 2102), zuletzt geändert durch Artikel 2b des Gesetzes vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1746).

Thüringer Wassergesetz (ThürWG)

In der Fassung der Neubekanntmachung vom 23. Februar 2004 (GVBl. S. 244), zuletzt geändert durch das Gesetz zur Änderung des Thüringer Kommunalabgabengesetzes und des Thüringer Wassergesetzes vom 17. Dezember 2004 (GVBl. S. 889).

Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG)

In der Fassung der Neubekanntmachung vom 23. Januar 2003 (BGBl. I S. 102), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. August 2002 (BGBl. I S. 3322) und Artikel 4 Abs. 8 des Gesetzes zur Modernisierung des Kostenrechts vom 05. Mai 2004 (BGBl. I 718).

Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002 (BGBl. I S. 3245), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1746).

Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LWG NRW)

In der Fassung vom 25. Juni 1995 (GV. NRW. S.926 / SGV. NRW. 77).

Wassergesetz für das Land Rheinland-Pfalz (WGRLP)

In der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Januar 2004 (GVBl. 2004 S. 54), zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. April 2005 (GVBl. 2005 S. 98).

12 Anhang: Hydrologisch/hydraulische Modellierungen durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde

Nutzen Kosten Analyse Hochwasserschutzmaßnahmen

Anhang

Hydrologisch/hydraulische Modellierungen durch
die Bundesanstalt für Gewässerkunde

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Engel
 Dipl.-Ing. M. Hammer

Koblenz, 2006

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	II
TABELLENVERZEICHNIS.....	II
ANLAGENVERZEICHNIS.....	II
ZUSAMMENFASSUNG	1
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2 HOCHWASSERENTSTEHUNG IM RHEINGEBIET.....	2
3 BESCHREIBUNG DES VERWENDETEN WELLENABLAUFMODELLS	3
4 MODELLHOCHWASSER	4
5 HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN (DEICHRÜCKVERLEGUNG UND STEUERBARER FLUTPOLDER).....	5
6 BESCHREIBUNG DER SIMULATION.....	7
7 BESCHREIBUNG DER AUSGEWÄHLTEN MAßNAHMEN	8
8 SIMULIERTE WIRKUNG DER HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN.....	14
9 VERWENDUNG DER DURCH DIE MAßNAHMEN BEEINFLUSSTEN WASSERSPIEGELABSSENKUNGEN	15
10 ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNG: AUSWIRKUNGEN DER VORBEUGENDEN HOCHWASSERSCHUTZMAßNAHMEN IM LAHNEINZUGSGEBIET AUF HOCHWASSERWELLEN IM RHEIN BIS LOBITH.....	18
LITERATUR	31
IKSR, 2005 HVAL- INTERN: WIRKUNG DER VON 1995 BIS 2005 UMGESETZTEN MAßNAHMEN DER KATEGORIE 1 „WASSERRÜCKHALT IM EINZUGSGEBIET“ (PAPIER DER HVAL-UNTERARBEITSGRUPPE „LÄNDER“), 2005	31
GLOSSAR	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mittlere monatliche Abflüsse (1931 / 1990) für verschiedene Rheinabschnitte	2
Abbildung 2: Flusstrecken im Wellenablaufmodell und simulierte Ganglinien an ausgewiesenen Orten.....	3
Abbildung 3: Entwicklung von Modellhochwassern	4
Abbildung 4: Maßnahmenwirkung (schwarz: Ganglinie ohne Maßnahme, rot: Ganglinie durch Maßnahme beeinflusst)	5
Abbildung 5: Lage der Maßnahme Trebur im Rheingebiet	9
Abbildung 6: Wasserstandsabsenkung im Bereich Trebur beim Modellhochwasser KölnHQ200_HW88	10
Abbildung 7: Wasserstandsabsenkung im Bereich Trebur beim Modellhochwasser KölnHQ200_HW95	10
Abbildung 8: Lage der Retentionsmaßnahme Monheim im Rheingebiet	12
Abbildung 9: Fließwege im Bereich Monheim.....	13
Abbildung 10: Einzugsgebiet des Rheins und der Lahn. Modelllayout des SOBEK-Modells Kaub-Lobith	19
Abbildung 11: Abflussganglinien der 4 Modellhochwasser für Koblenz/Rhein und Mündung der Lahn	21
Abbildung 12: Modellganglinien der Lahn an deren Mündung in den Rhein; M84 / M93 / M95 / M98	24
Abbildung 13: Modellganglinien an den Rheinpegeln Koblenz, Andernach, Köln und Lobith (NL)	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Variantenbezeichnung der Simulationen.....	7
Tabelle 2: Auswirkung der Maßnahmen im Bereich Trebur bei den Modellhochwassern	11
Tabelle 3: Auswirkung der Maßnahmen im Bereich Monheim bei den Modellhochwassern	13
Tabelle 4: Wasserstandsminderungen der Maßnahmen	14
Tabelle 5: Schadenskurve Köln (aus: Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW, Düsseldorf, Februar 2000)	15
Tabelle 6: abgeschätzte Schadensminderung im Bereich Köln.....	17
Tabelle 8: Zur Simulation ausgewählte Hochwasserwellen (historische Ereignisse) und deren Scheitelabflüsse (HQ) mit Jährlichkeit.....	20

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	BfG-Zwischenbericht: "Hochwasserschutzmaßnahmen an Fließgewässern und deren Wirkung"	36
Anlage 2	Berücksichtigung der Maßnahme Monheim im Modell	52

Zusammenfassung

1 Einleitung und Aufgabenstellung

In diesem Bericht werden die Arbeiten der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) im Forschungsvorhaben "Kosten-Nutzen-Analyse von Hochwasserschutzmaßnahmen", vom Umwelt Bundesamt (UBA), unter der Projektleitung durch das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), im Sommer 2004 ausgeschrieben, dargestellt. Zwischen IÖW und BfG wurde eine Kooperationsvereinbarung getroffen, und die BfG bearbeitete im o. g. Projekt die Teilaufgabe: Typisierung von Hochwasserschutzmaßnahmen und deren Wirkung. Hierzu wurden Hochwassertypen und deren Entstehung, sowie die Wirkung von HW-Schutzmaßnahmen in einem ersten Zwischenbericht beschrieben und in Workshops, bzw. Fachgesprächen erläutert und diskutiert.

Die Auswirkung von dezentralen Hochwasserschutzmaßnahmen auf den Hochwasserwellenablauf im Rhein wurde anhand der Dokumentation der Arbeiten zu "Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn" (Lahn-Studie) bereit gestellt. Unterstützend zur Ermittlung der Auswirkung, bzw. Schadensbeeinflussung wurden Landnutzungsdaten, Wasserstände, Poldergrenzen, etc. für die Verwendung in einem GIS geliefert.

Die Wirkung von 2 Maßnahmen am Rhein wurde anhand von 2 historischen Hochwasserereignissen und entsprechend generierten extremen Modellereignissen mit einem hydrodynamischen Modell simuliert und zur Verfügung gestellt.

Es wurde u. a. folgende Literatur zur Verfügung gestellt:

- Engel, Heinz und Hammer M., Zwischenbericht der BfG: "Hochwasserschutzmaßnahmen an Fließgewässern und deren Wirkung" (im Anhang beigefügt), 2005
- "Hochwassergefährdung am Ober- und Mittelrhein, Schadensminderung durch Rückhaltemaßnahmen" erarbeitet durch eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe, 1995
- Eberle, M., et al.: Teilbericht "Extreme Abflüsse aus dem Rheineinzugsgebiet, Niederrheinstudie, 2004
- Disse, Markus und Matthias Hammer: "Quantifizierung der Hochwassergefährdung für die Rheinanlieger unter Berücksichtigung von Deichversagen", in: Risiken durch Naturgefahren in Deutschland-Abschlussbericht des BMBF-Verbundprojektes Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen (DFNK), Dr.-Ing. Bruno Merz, Dr. Heiko Apel, GeoForschungsZentrum Potsdam Sektion 5.4, 14473 Potsdam, 21. Juni 2004
- Lang, T. und Tönsmann, F., "Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn", Kasseler Wasserbau-Forschungsberichte und –Materialien Band 17/2002, Kassel 2002
- Planungsgemeinschaft Ingenieurbüro Golücke GmbH : " Hochwasserschutz am Rhein Varianten-Untersuchung", im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, 1994; (Auszugsweise)

2 Hochwasserentstehung im Rheingebiet

Zunächst soll verdeutlicht werden, dass man für das Rheingebiet nur durch die räumliche Beschränkung eine Aussage zu der Wirkung von Maßnahmen treffen kann. Durch die Gesamtlänge von über 1.320 km, einer Einzugsgebietsgröße von circa 185.000 km² und den Höhenunterschied von dem Quellgebiet in der Schweiz bei ~ 1.800 m+NN bis auf Meeresniveau bei Amsterdam (Niederlande) stellt das System Rhein stark unterschiedliche Regime dar.

Eine zunächst grobe Unterteilung in Alpen-, Hoch-, Ober-, Mittel- und Niederrhein beschreibt den Hauptcharakter (Hochgebirgs-, Mittelgebirgs- und Flachlandfluss). Die jeweiligen Abschnitte werden von entsprechend bedeutenden Abflusslieferanten bestimmt.

Im Alpen-, Hoch- und südlichen Oberrhein wird der Hauptabfluss durch die Schneeschmelze und dadurch im Frühjahr/Sommer angesiedelt durch (Hoch-)Gebirgszuflüsse bestimmt. Der nördliche Ober- und Mittelrhein wird dann hauptsächlich von den Mittelgebirgszuflüssen (Neckar, Main, Mosel), durch Niederschlagsabführung im Winter beeinflusst.

Die Saisonalität von Hochwasserereignissen soll Abbildung 1 deutlich machen. Während etwa bis zum Mittelrhein Hochwasserereignisse hauptsächlich im Frühjahr, bzw. Sommer bedingt durch die Schneeschmelze im Hochgebirge (Alpen) auftreten, verändert sich dieses Bild weiter Flussabwärts. Ab Mittel-, bzw. am Niederrhein werden Hochwasserereignisse durch Zuflüsse aus den Mittelgebirgsflüssen im Winter bestimmt.

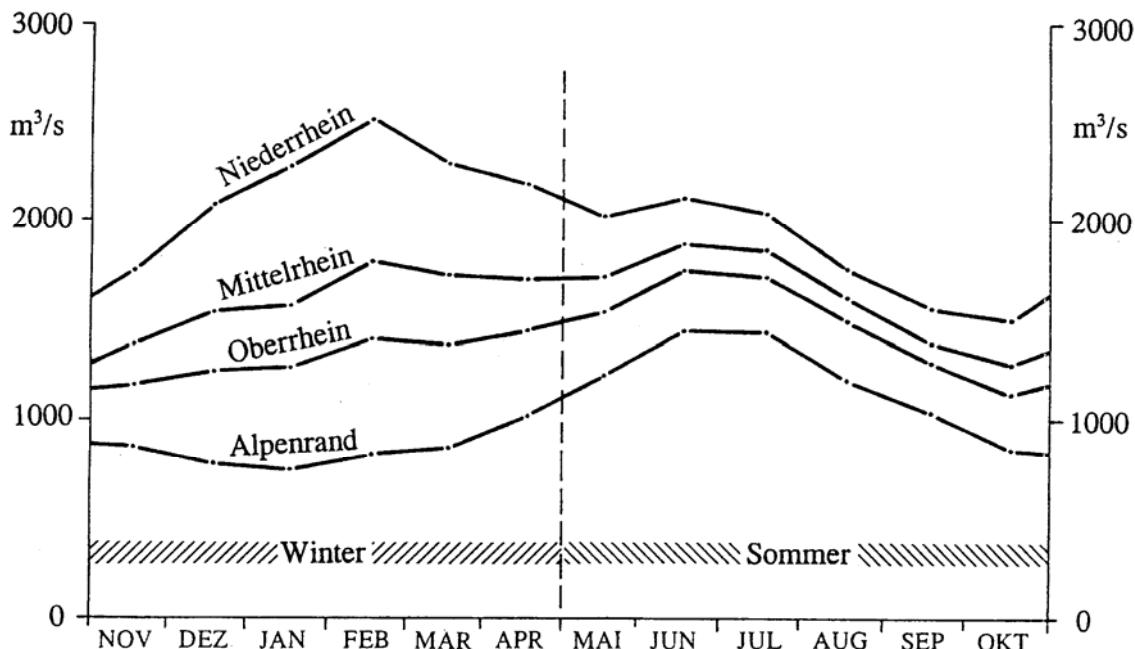


Abbildung 1: Mittlere monatliche Abflüsse (1931 / 1990) für verschiedene Rheinabschnitte

3 Beschreibung des verwendeten Wellenablaufmodells

Das eindimensionale, hydrodynamische Abflussmodell SOBEK ist eine Entwicklung von WL | Delft Hydraulics und dem Ministerium für Verkehr, öffentliche Arbeit und Wasserwirtschaft in den Niederlanden (RIZA).

Im Modell SOBEK werden die vollständigen Saint-Venant-Gleichungen gelöst. In diesen Differentialgleichungen zur Ermittlung der Spiegellinie werden Kontinuitätsgleichung und Bewegungsgleichung mit optionaler Berücksichtigung von Konvektion, Wasserspiegelgefälle, Dichte und Energieverlusten, ausgelöst durch Rauheit der Gewässersohle, Windeffekte, und weitere lokal beschränkte Einflussfaktoren, numerisch gelöst. In SOBEK wird die finite Differenzenmethode nach dem Preissmann-box-Verfahren (Delft Hydraulics 2001) verwendet. Die Berechnung der Unbekannten erfolgt implizit. Mit SOBEK können Abflüsse, Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten ermittelt werden. Die Berücksichtigung hochwassermindernder Maßnahmen erfolgt über ein eigenes Retentionsmodul. Hierbei werden instationäre Veränderungen des Hochwasserablaufs, beispielsweise verursacht durch die Füllung eines Retentionspolders, berechnet. Ein Grundwassерmodul für die Berücksichtigung von Austauschvorgängen zwischen Fluss- und Grundwasser steht ebenfalls zur Verfügung.

Im SOBEK- Gesamt- Modell des Rheins werden der Rhein und wichtige Nebenflüsse, mehr als 1500 km Flussstrecke simuliert. Die Gesamtstrecke (Maxau-Nordsee) teilt sich auf in 501 km Rhein, 202 km Neckar, 378 km Main, 141km Lahn, 242 km Mosel, 124 km Niederrhein bzw. Nederrijn/Lek, 119 km IJssel und 92 km Waal. Im SOBEK-Modell werden Retentionsmaßnahmen (steuerbar / nicht steuerbar) sowie Rückstauseeinflüsse der Nebengewässer (Neckar, Main, Lahn, Mosel) berücksichtigt. Die Modellstrecken sind in nachfolgender Abbildung dargestellt.

Das in diesem Projekt eingesetzte SOBEK-Modell für die Rheinstrecke Worms – Lobith mit den Nebenflüssen Main, Lahn und Mosel wurde aus dem Gesamt-Modell des Rheins ausgelagert.

HW1988: Historisch

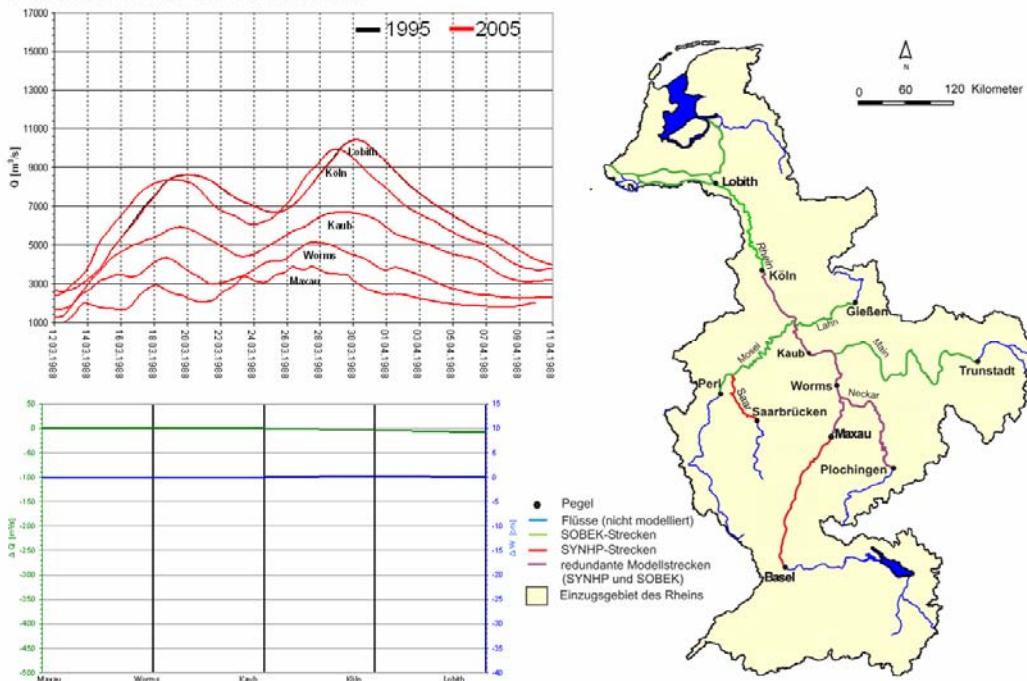


Abbildung 2: Flusstrecken im Wellenablaufmodell und simulierte Ganglinien an ausgewiesenen Orten

4 Modellhochwasser

Hochwasser am Oberrhein finden im Winter und im Frühjahr bei Schneeschmelze im Hochgebirge statt, während die Hochwasserereignisse an Mittel- und Niederrhein durch die Mittelgebirge beeinflusst, im Winter auftreten. Durch die Verwendung von 2 historischen, Ereignissen werden tatsächliche Hochwassergesetze abgebildet und sichergestellt, dass keine unsinnigen Zusammenhänge dargestellt werden. Es wurden die historischen Hochwasserereignisse Frühjahr 1988 (11.03-10.04) und Winter 1995 (11.01-01.03) ausgewählt und verwendet.

Mit den ausgewählten Ereignissen werden 2 unterschiedliche (sowohl flussabschnitts- als auch saisonal bzw. zeitbezogen) Hochwassergesetze im Rheingebiet dargestellt. Während das Ereignis 1988 für den Mittelrhein bedeutend war, betraf das Ereignis 1995 hauptsächlich den nördlichen Teil des Rheineinzugsgebiets, hier vor allem die Mosel und die Sieg.

Die Modellhochwasser werden synthetisch erzeugt. Grundlage der Modellhochwassergenerierung bildeten die genannten historischen Hochwasser. Im Zuge der Generierung wurden für jedes Ereignis sämtliche historischen Abflussganglinien der Nebenflüsse des Modells sowie die Abflussganglinien an den Modellrändern durch einen je Ereignis einheitlichen Faktor vergrößert, so dass der Scheitelabfluss des jeweiligen Hochwassers an den definierten Gewässerstationen Pegel Worms und Pegel Köln den Bereich des geforderten extremen Scheitelwerts ($\sim HQ100, \sim HQ200$) erreicht. Das zeitliche Zusammentreffen der verschiedenen Ganglinien bleibt bei dieser iterativen Methode praktisch unverändert. Folgende Größenordnung der Scheitelabflüsse galt es an den Pegeln Worms und Köln zu erreichen:

Pegel Worms: 5.500/ 6.200 m³/s
Pegel Köln: 12.000/12.900 m³/s

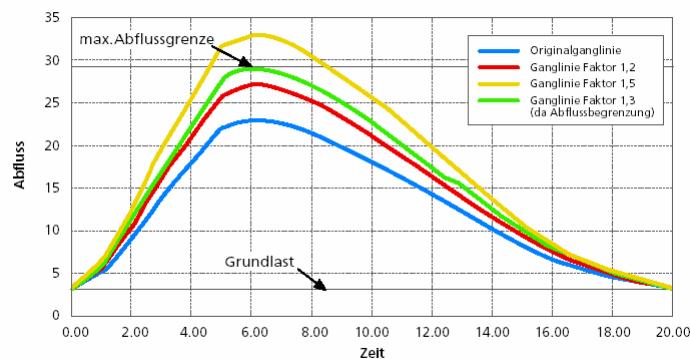


Abbildung 3: Entwicklung von Modellhochwassern

Um keine hydrologisch und hydraulisch unsinnigen Konstellationen zu erzeugen, sind einige zusätzliche Randbedingungen zu beachten. Unterhalb des Pegels Worms wurden die jeweils kleinsten Abflüsse der jeweiligen Ganglinie als spezifische Grundlast (bzw. Abflussbasis) von der Vergrößerung des Abflusses ausgenommen, um keine unrealistisch großen Abflussfüllen zu erzeugen. Zusätzlich wird zur sinnvollen Genese die sog. max. Abflussgrenze (Schwellenwert) beachtet. Dies bedeutet, dass im Rahmen der Generierung eines Modellhochwassers beim Erreichen dieser maximalen Abflussgrenze die Vergrößerung des historischen Abflusses für das betroffene Gewässer beendet wird (Abbildung 3). Sofern in diesem Iterationsschritt der erforderliche Scheitelwert an der Gewässerstation noch nicht erreicht ist, werden daraufhin lediglich die Faktoren der Gewässer weiter erhöht, deren maximal für möglich gehaltener Abfluss noch nicht erreicht ist. Bei den übrigen Gewässern verbleibt der Faktor konstant auf dem maximal möglichen Wert.

5 Hochwasserschutzmaßnahmen (Deichrückverlegung und Steuerbarer Flutpolder)

Es kann für den Hochwasserschutz zwischen 3 Maßnahmenwirkungen unterschieden werden.

- 1.) Wirkung aus Landnutzung: Bewuchs, Boden und Gelände, entsprechende Bewirtschaftung, Entsiegelung und Versickerung
- 2.) Wirkung aus dem Verhalten der Anlieger durch angepasstes Bauen, bzw. Nutzen und Hochwasserbewusstsein
- 3.) Wirkung des Gewässernetzes

Die Wirkung des Gewässernetzes (3) wird durch Renaturierung, Deich-, und sonstigen Baumaßnahmen zur Veränderung des Abflusses und des Abflusswirksamen Bereichs sowie technischen Rückhaltungen bestimmt. Der Rückhalt von Wasservolumen aus der Hochwasserwelle über die gesamte Dauer eines HW-Ereignisses ist als unbestritten positiv zu bewerten. Allerdings stehen dafür erforderliche Flächen, bzw. Volumina kaum zur Verfügung. Die temporäre (zeitl. eingeschränkte) Rückhaltung von Wasservolumen während eines Hochwassers kann sehr unterschiedliche Auswirkungen haben. Hierbei ist die Wirkung auf Nah- und Fernbereich, Laufzeit, Dauer, Fülle und Scheitel des Hochwasserereignisses zu differenzieren. Die Möglichkeit zur Steuerung einer Rückhaltung zeigt im Gegensatz zur Nicht-steuerbaren Maßnahme unterschiedliche Wirkung auf den HW-Wellenverlauf.

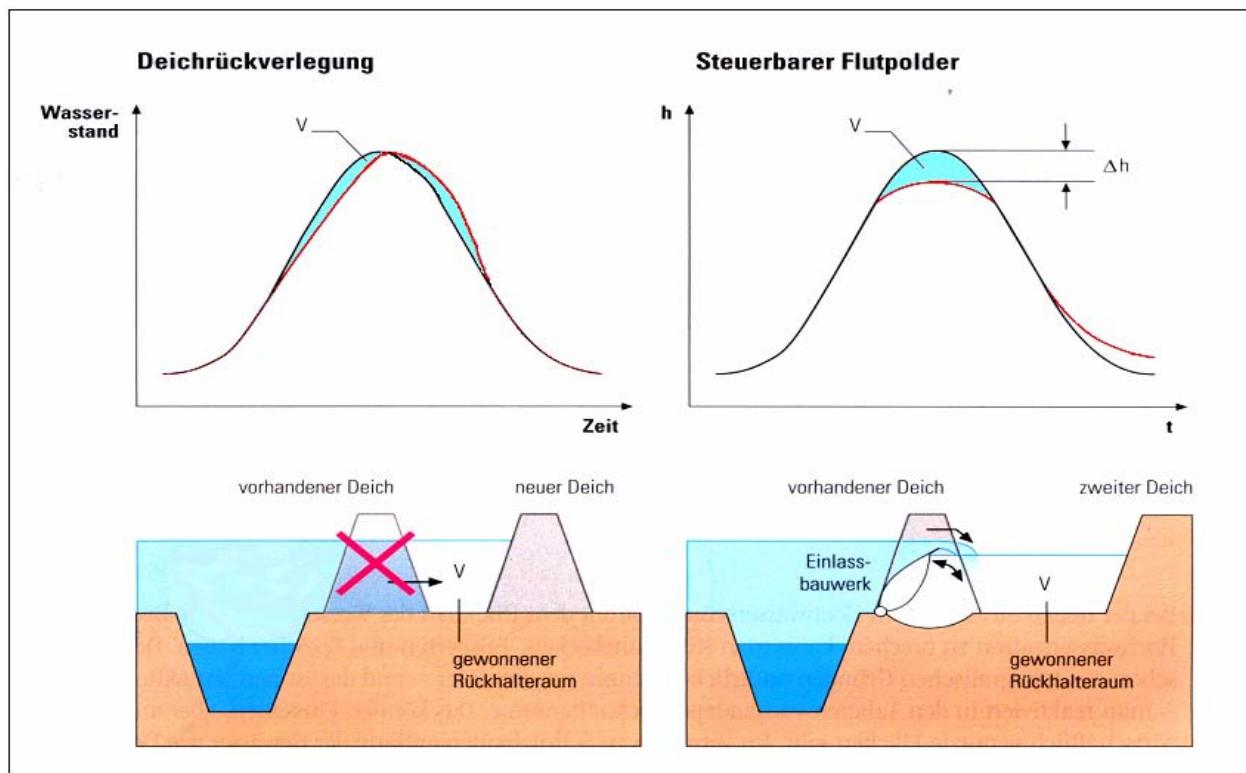


Abbildung 4: Maßnahmenwirkung (schwarz: Ganglinie ohne Maßnahme, rot: Ganglinie durch Maßnahme beeinflusst)

Anhand Abbildung 4 wird erkennbar, dass eine Deichrückverlegung (ungesteuerte Maßnahme, links) die Hochwasserwelle vor Erreichen des Scheitels abgesenkt, jedoch durch das ungesteuerte zurückführen des zwischengespeicherten Wasservolumens (hellblaue Fläche) den Wasserstand nach dem Scheitel länger auf einem hohen Niveau hält als ohne Maßnahme (schwarze Linie). Im Gegensatz dazu kann mit einem steuerbaren Einlassbauwerk (rechts) der Scheitel der Hochwasserwelle gekappt, und damit der Wasserstand stark reduziert werden.

Durch die steuerbare Rückgabe des zwischengespeicherten Wasservolumens (hellblaue Flächen), kann dies zu einem späteren Zeitpunkt geschehen, in welchem eine dadurch entstehende Wasserstandserhöhung zu keinem kritischen Wasserstand mehr führt.

Eine Deichrückverlegung (ungesteuerte Maßnahme) wirkt sich zunächst im Nahbereich und dann großräumig betrachtet nach oberstrom aus. Die Wirkung einer solchen Maßnahme wird anhand der Simulation der Maßnahme Monheim in Kapitel 7.2 dargestellt.

Die Simulation einer gesteuerten Retentionsmaßnahme, welche sich hauptsächlich nach unterstrom auswirkt, wird in Kapitel 7.1 anhand der Maßnahme Trebur dargestellt.

6 Beschreibung der Simulation

Durch die bereits mehrfach angedeutete Inhomogenität des Rheingebiets (sowohl räumlich, als auch saisonal) wurde eine räumliche Beschränkung auf 2 Gebiete, bzw. Maßnahmen für jeweils 2 Hochwassergesenen für die Beispielrechnungen gewählt. Durch die Wahl der HW-Ereignisse 1988 und 1995 bildet man bedeutende HW-Ereignisse am Mittelrhein (HW88) und am Niederrhein (HW95) ab. Somit beschreibt man 2 Hochwassergesenen, welche entsprechend in unterschiedlichen Bereichen entlang des Gewässers ihre große Wasserstände erreichten. Entsprechendes gilt für die Wahl von Ort und Art der Maßnahmen.

Für eine verständliche Beschreibung der benötigten 32 Simulationen dient nachfolgende Tabelle, in welcher die jeweiligen Varianten nach

- 1.) Hochwassergenese (historisches Ereignis 1988 oder 1995): **HW88** oder HW95
- 2.) Vergrößerungs-Ort und Jährlichkeit (Pegel Worms oder Köln und HQ100 oder HQ200): **WHQ100** oder WHQ200 oder KHQ100 oder KHQ200
- 3.) Berücksichtigten Maßnahmen (Ohne Maßnahme oder nur Trebur oder nur Monheim oder Trebur und Monheim): **O** oder T oder M oder TuM

bezeichnet sind.

Tabelle 1: Variantenbezeichnung der Simulationen

Bemessungswelle (Historisches Ereignis Ort Jährlichkeit)	Ohne Maßnahmen Trebur und Monheim	Mit Maßnahme Trebur	Mit Maßnahme Monheim	Mit Maßnahme Trebur und Monheim
HW 1988 Worms HQ100	HW88_WHQ100_O	HW88_WHQ100_T	HW88_WHQ100_M	HW88_WHQ100_TuM
HW 1988 WormsHQ200	HW88_WHQ200_O	HW88_WHQ200_T	HW88_WHQ200_M	HW88_WHQ200_TuM
HW 1988 Köln HQ100	HW88_KHQ100_O	HW88_KHQ100_T	HW88_KHQ100_M	HW88_KHQ100_TuM
HW 1988 Köln HQ200	HW88_KHQ200_O	HW88_KHQ200_T	HW88_KHQ200_M	HW88_KHQ200_TuM
HW 1995 Worms HQ100	HW95_WHQ100_O	HW95_WHQ100_T	HW95_WHQ100_M	HW95_WHQ100_TuM
HW 1995 WormsHQ200	HW95_WHQ200_O	HW95_WHQ200_T	HW95_WHQ200_M	HW95_WHQ200_TuM
HW 1995 Köln HQ100	HW95_KHQ100_O	HW95_KHQ100_T	HW95_KHQ100_M	HW95_KHQ100_TuM
HW 1995 Köln HQ200	HW95_KHQ200_O	HW95_KHQ200_T	HW95_KHQ200_M	HW95_KHQ200_TuM

Zunächst werden sämtliche Modellhochwasser ohne Berücksichtigung der Maßnahmen simuliert. Anschließend werden die 8 Modellhochwasser für jeweils eine Maßnahme und letztlich unter Berücksichtigung beider Maßnahmen simuliert.

Aus der Differenz zwischen den berechneten Ganglinien ohne Berücksichtigung der Maßnahmen und der jeweiligen Maßnahmenvariante, lässt sich die Wirkung (Abfluss-, bzw. Wasserstandsminderung) darstellen.

7 Beschreibung der ausgewählten Maßnahmen

7.1 Maßnahme: Polder Trebur

Im Bereich des nördlichen Oberrheins, zwischen den bedeutenden Rhein Nebenflüssen Neckar und Main liegt rechtsrheinisch bei ~ Rheinkm 487 eine hauptsächlich landwirtschaftlich genutzte Fläche, welche durch bereits vorhandene Sommerdeiche als Überflutungs-, bzw. Retentionsgebiet genutzt werden könnte.

Das Gebiet im Bereich der Siedlung Trebur, nachfolgend Polder Trebur genannt, stellt in der betrachteten Variante circa 60 Mio. m³ Retentionsvolumen zur Verfügung. Die Schwelle des Einlaufbauwerks wurde auf 86.14 m+NN gelegt, um eine entsprechende Steuerung bei Überschreiten einer Abfluss-Wahrscheinlichkeit (~ HQ100), bzw. Wasserstandes zu gewährleisten.

Ein mögliches Einströmen von Wasser in die Maßnahme bereits bei einem geringeren Wasserstand ist

- a.) aufgrund der Topographischen Gegebenheiten nur mit großem Aufwand (umfangreiche Erdbaumaßnahmen für Ein- und Auslaufbauwerk, und oder eventuell notwendige Pumpenbauwerke) möglich,
- b.) aufgrund der dadurch häufigeren Füllung des Retentionsraums mit entsprechenden Folgen wie: Einschränkung der Nutzung (Landwirtschaft, Flora, Fauna, Freizeitmöglichkeit, etc.), Mehrausgaben für Monitoring, bzw. Überwachung und Unterhaltung (Grundwasserspiegel, Dichtungswände, Deichbauwerke, Pump- und Regelungsbauwerke)
- c.) aufgrund einer sinnvollen und weitgehend optimierten Steuerung auf extreme HW-Ereignisse mit Wirkung auch für die Unterlieger

nicht zweckmäßig.

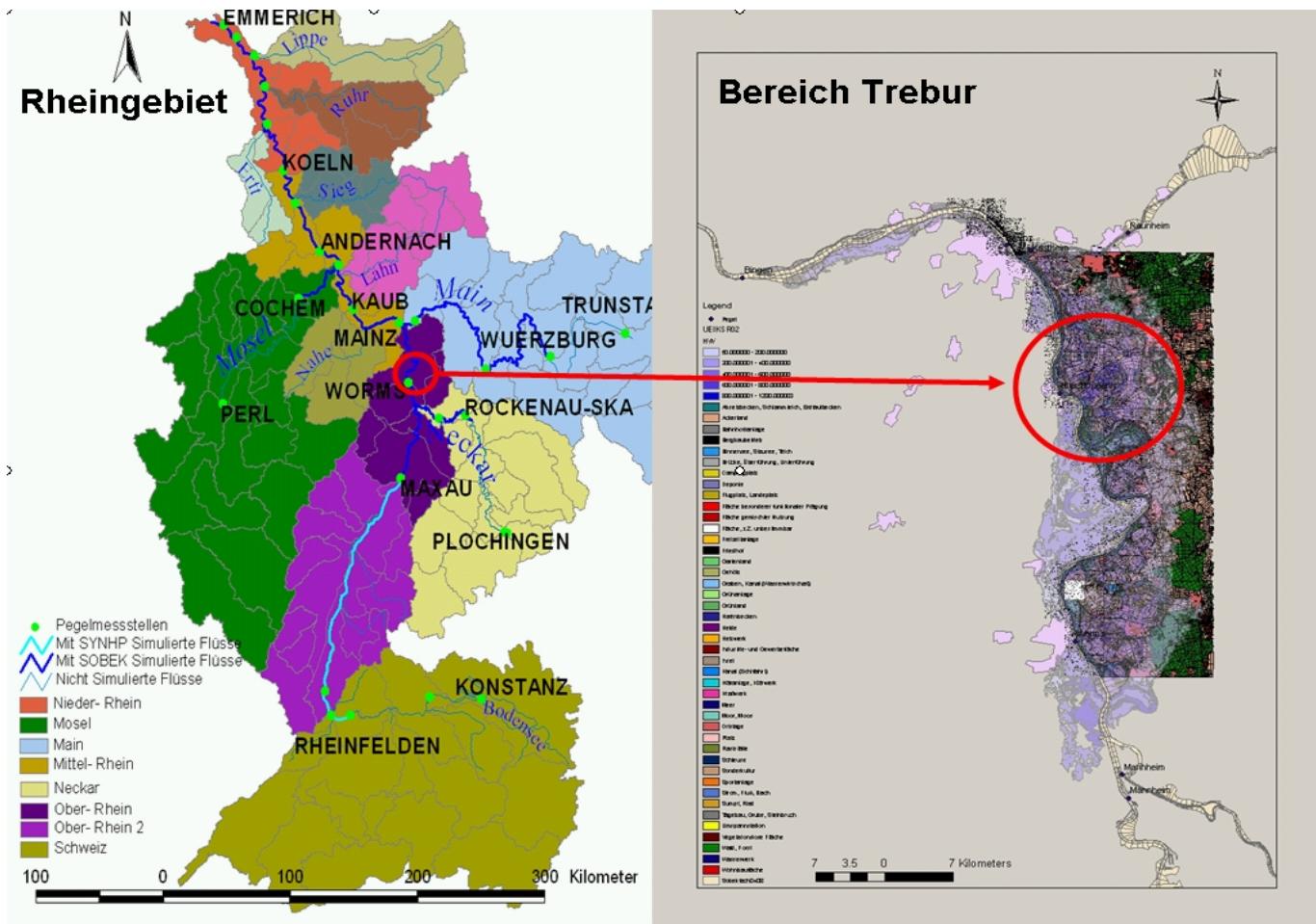


Abbildung 5: Lage der Maßnahme Trebur im Rheingebiet

Circa 57% der bewirtschafteten Fläche ist Nutzungsbeschränkt. Etwa 100 Landwirte wären bei Nutzung der angedachten Variante betroffen (45% der Betriebe). Ein GW-Anstieg von 3 bis 4m ist im Bereich Astheim und Trebur möglich, Qualmwasser kann bis 800 m ins Hinterland auftreten.

Die Maßnahme wird im Modell durch ein Einlaufbauwerk gesteuert, welches ab einem Wasserstand von 86.14 m+NN über eine Breite von 250m das Wasser in den bei 4m Wassertiefe ~ 60 Mio. m³ Volumen umfassenden, Retentionsraum einströmen lässt.

Beispielhaft ist nachfolgend in Abbildung 6 und 7 die Wirkung der Maßnahme Trebur vor Ort (Bereich Trebur) dargestellt. Es sind jeweils Wasserstandsganglinien unbeeinflusst in blau, und durch die Maßnahme beeinflusst in rot dargestellt. Die jeweiligen Wasserstandsunterschiede (=unbeeinflusst – durch Maßnahme beeinflusst) sind in grün dargestellt, und anhand der Skala rechts einzuordnen. Neben den unterschiedlichen Wasserständen und Wellenformen der 2 Hochwassergenosen, ist auch die unterschiedliche Wirkung zu erkennen.

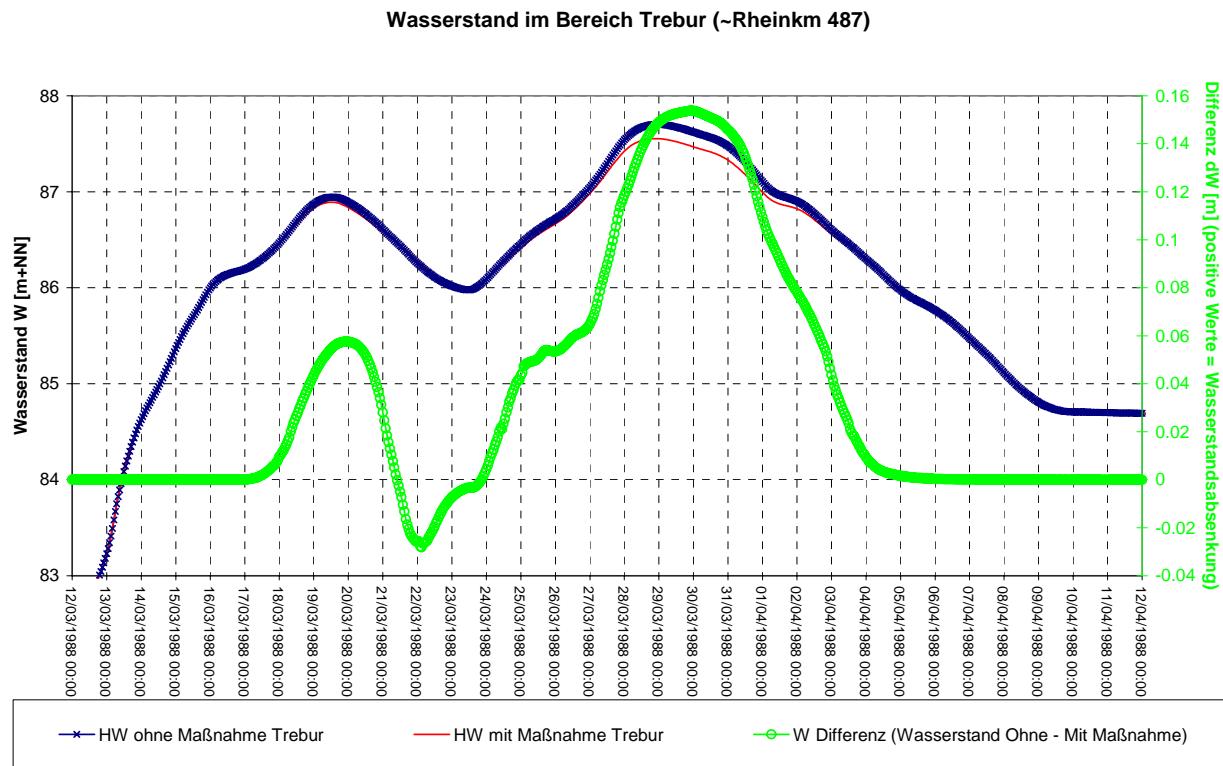


Abbildung 6: Wasserstandsabsenkung im Bereich Trebur beim Modellhochwasser KölnHQ200_HW88

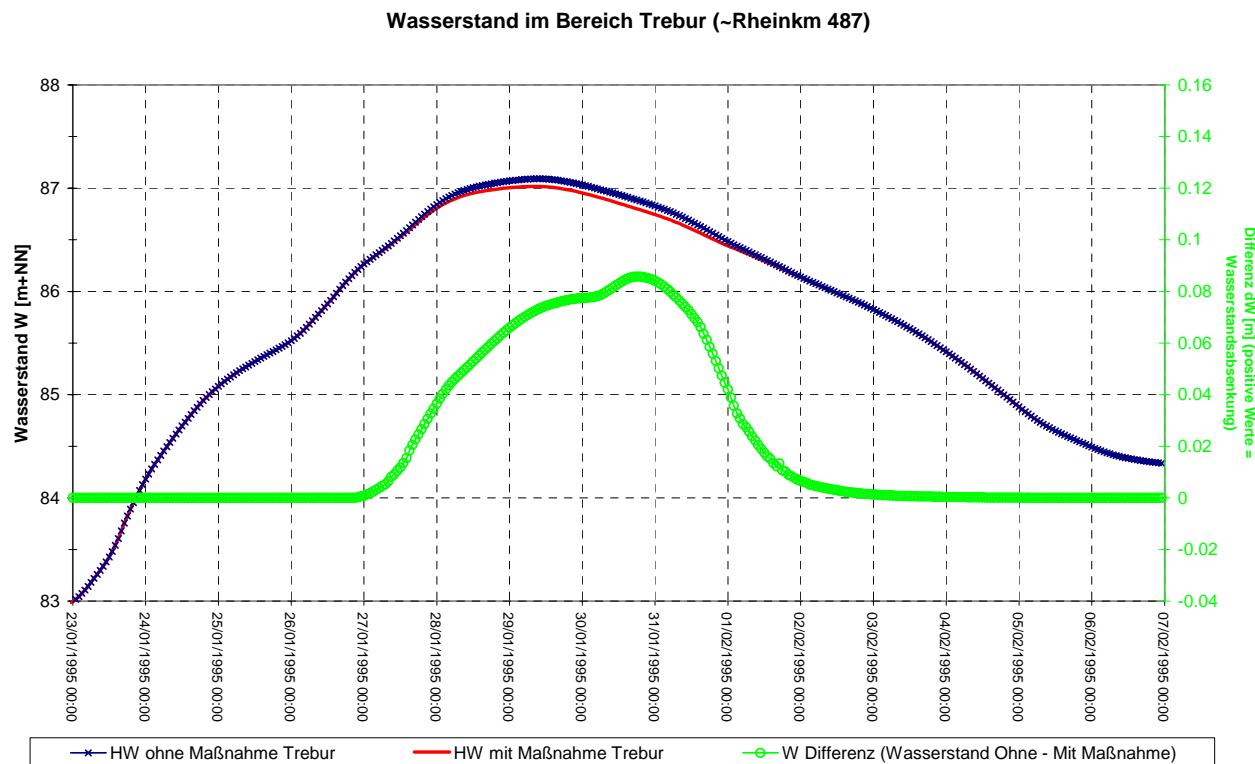


Abbildung 7: Wasserstandsabsenkung im Bereich Trebur beim Modellhochwasser KölnHQ200_HW95

In Tabelle 2 sind die Wasserstandsabsenkungen im Bereich Trebur für alle Simulationsvarianten dargestellt. Anhand der nebeneinander stehenden Hochwassergenesen (HW88 und HW95) lässt sich deutlich erkennen, dass eine sog. optimale Steuerung für ein Hochwasserereignis an einem betrachteten Ort zwar zutreffen mag, jedoch schon ein anderes Hochwasserereignis das Optimum der Steuerung in Frage stellt. Gleiches gilt für differierende Beobachtungsstellen.

Die Absenkung im Bereich Trebur für die Modellhochwasser der Genese des HW 1988 ist bis auf die Variante WormsHQ200 immer größer als die der Genese des Hochwassers 1995.

Tabelle 2: Auswirkung der Maßnahmen im Bereich Trebur bei den Modellhochwassern

Modell-Hochwasser	Max W-Absenkung [cm]	
	Trebur HW88	Trebur HW95
KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	4
KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	0
KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	15	4
WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	13	10
WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	0
WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	13	10
KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	9
KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	0
KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	15	9
WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	18	19
WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	0
WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	18	19

Die aus der Maßnahmenwirkung resultierenden Absenkungen machen deutlich, dass die circa 222 km stromab gelegene Maßnahme Monheim bei den verwendeten Simulationsvarianten keinen Einfluss auf den Bereich Trebur hat.

7.2 Maßnahme: Deichrückverlegung Monheim

Im Bereich des Niederrheins, von Rheinkilometer 708.5 – 713.5, circa 20km unterhalb des Kölner Pegels und circa 31 km oberhalb des Pegels Düsseldorf befindet sich die seit 2002 einsatzbereite „Deichrückbaumaßnahme Monheim“. Hierbei handelt es sich um eine angepasste Konstruktion eines bereits vorhandenen Schutzbauwerks. Der alte Banndeich (in der Abbildung 9 rechtsrheinisch mit der Farbe Lila dargestellt) wurde als sog. Leitdeich ausgebaut. Der Leitdeich beginnt etwa bei Rheinkm 708 und verfügt über eine Deichkronenhöhe von 44.10 bis 42.90 m+NN. Im Bereich Rheinkm 711.5 bis 713.5 wurde der Deich bis auf die ursprüngliche Gelände höhe (~ 37.37m+NN) abgetragen. Die Retentionsfläche der Maßnahme entspricht ~ 185 ha, bzw. kann temporär 8 Mio. m³ Wasser zwischenspeichern. Die Wirkung konnte erstmals im Februar 2002 bei einem Wasserstand am Pegel Köln von 5.56m +PNP beobachtet werden.

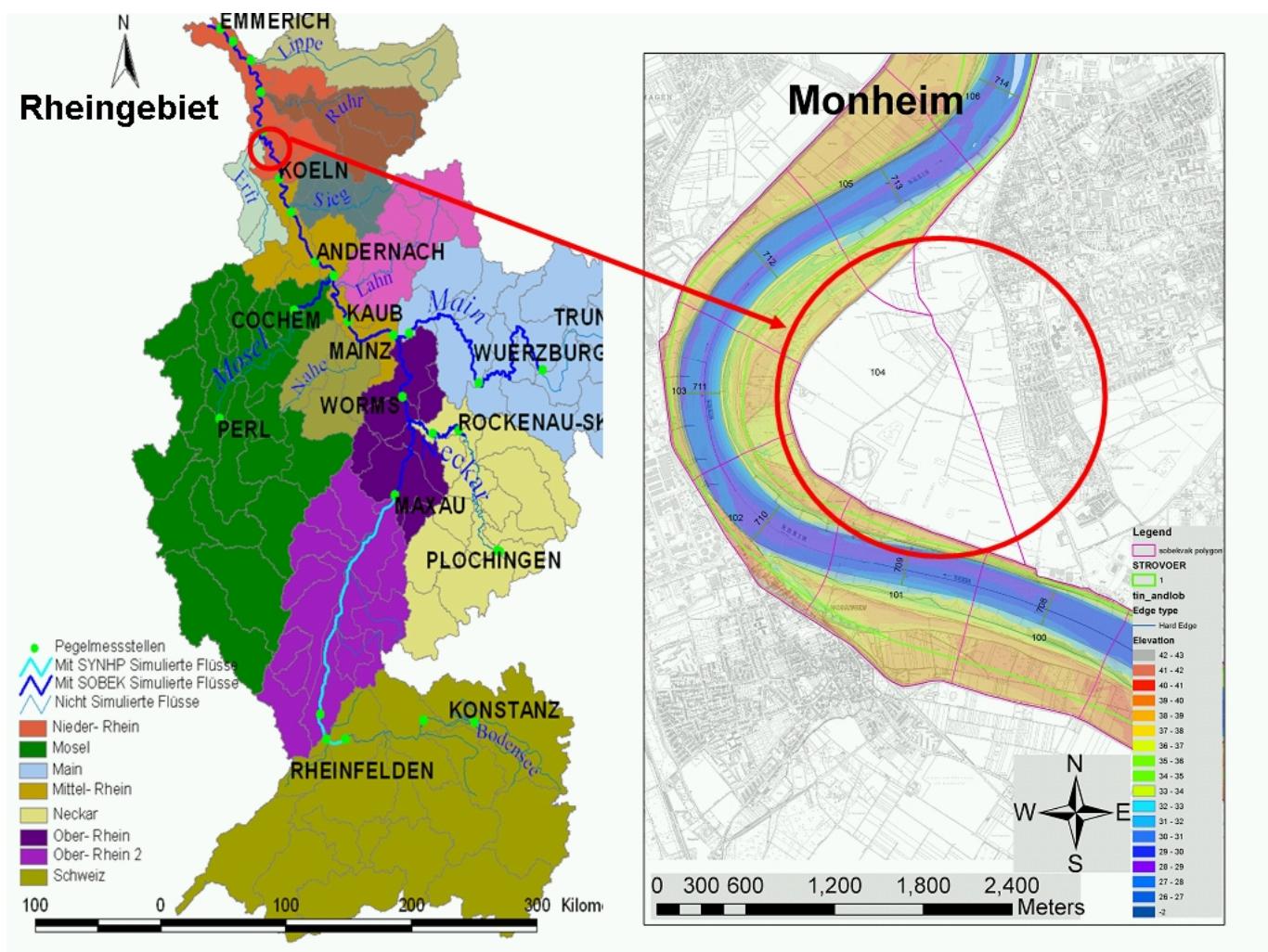


Abbildung 8: Lage der Retentionsmaßnahme Monheim im Rheingebiet

Entsprechend der Maßnahme kann Wasser zunächst ab einem Wasserstand > 37.37m+NN am mit blauen Pfeilen (Abb. 9, links) gekennzeichneten Abschnitt einströmen. Bei einem extremen Wasserstand von mehr als 42.77m+NN ab Rheinkm 708, wird der Leitdeich überströmt und damit eine Nutzung des Retentionsraumes von oberhalb möglich. Bei einer Überströmung des

Leitdeiches wird aus der vorher als Retention genutzten Maßnahme durch die Durchströmung eine sog. Abflusserweiterung.

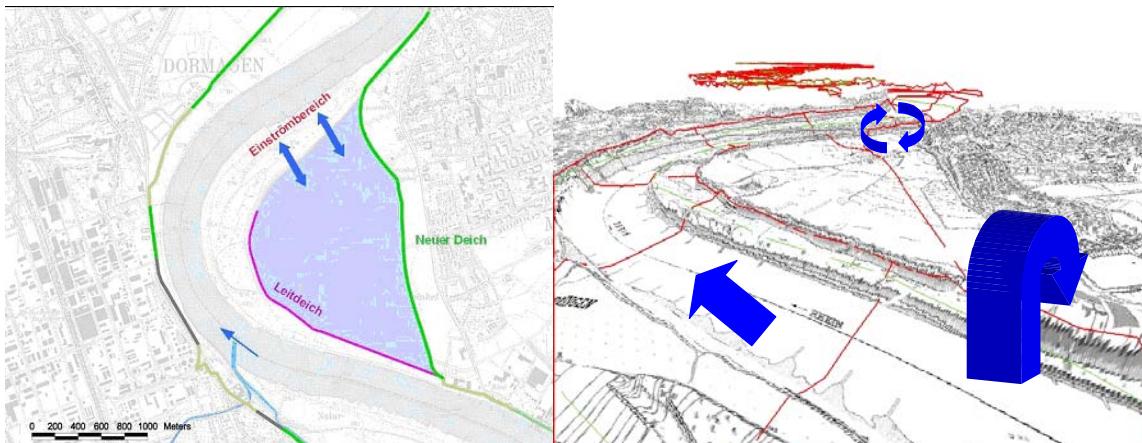


Abbildung 9: Fließwege im Bereich Monheim

In Tabelle 3 sind die Wasserstandsabsenkungen im Bereich Monheim für alle Maßnahmenvarianten dargestellt. Anhand der nebeneinander stehenden Hochwassergenesen (HW88 und HW95) lässt sich deutlich erkennen, dass die Absenkung im Bereich Monheim für die Modellhochwasser der Genese des HW 1988 fast immer bedeutender ist, als die der Modellhochwasser 95. Ausnahme bilden hier nur die auf Köln ausgerichteten HQ100 und auf Worms bezogene HQ200.

Tabelle 3: Auswirkung der Maßnahmen im Bereich Monheim bei den Modellhochwassern

Modell-Hochwasser	Max W-Absenkung [cm]	
	Monheim HW88	Monheim HW95
KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	14	2
KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	33	45
KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	33	45
WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	12	7
WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	30	21
WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	30	21
KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	13	5
KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	37	14
KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	37	14
WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	17	12
WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	30	38
WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	30	38

8 Simulierte Wirkung der Hochwasserschutzmaßnahmen

Die Wirkung der beiden Maßnahmen Trebur und Monheim für die untersuchten Modellhochwasser auf Grundlage der Genese der HW-Ereignisse 1988 und 1995 ist in nachfolgender Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Wasserstandsminderungen der Maßnahmen

Historisches Hochwasser	Modell-Hochwasser	Max W-Absenkung [cm]			
		Trebur	Köln	Monheim	Düsseldorf
HW 1988	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	15	14	12
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	3	33	26
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	15	15	33	26
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	13	14	12	11
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	3	30	24
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	13	14	30	24
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	15	13	12
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	3	37	27
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	15	15	37	27
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	18	18	17	15
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	3	30	24
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	18	18	30	24
HW 1995	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	4	3	2	2
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	4	45	31
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	4	4	45	31
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	10	7	7	7
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	2	21	18
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	10	7	21	18
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	9	5	5	5
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	2	14	12
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	9	5	14	12
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	19	13	12	13
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	0	10	38	29
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	19	22	38	29

Die wesentlich bedeutendere Wirkung des Polders Trebur ist hautsächlich durch das fast das 8fache betragende Rückhaltevolumen gegenüber Monheim zu erklären. Die Art der Maßnahme und ein davon abhängiger Wirkungsbeginn hat ebenfalls einen Einfluss auf die Wirkung.

9 Verwendung der durch die Maßnahmen beeinflussten Wasserspiegelabsenkungen

Die an den jeweiligen Stationen:

- Bereich Trebur
- Bereich Köln
- Bereich Monheim
- Bereich Düsseldorf

Aus der Simulation festgestellten Wasserspiegel-, bzw. Abflussminderungen wurden, soweit vorhanden mit sog. Schadenskurven verrechnet. In den Schadenskurven wird der zu erwartende Schaden über der Wassertiefe aufgetragen. Hierdurch ist es möglich die Wasserspiegelminderung direkt in Schadensminderung zu interpolieren.

Die hierbei vorhandenen Unsicherheiten sind ebenso wie die Unsicherheiten des Modells zu beachten. Zu beachtende Einschränkungen der Simulation sind:

- Im 1 dimensionalen Modell wird der Wasserspiegel, auch in Krümmungsbereichen, als horizontal angenommen
- Im 1- dimensionalen Modell werden Sekundärströmungen (z.Bsp. quer zur Hauptfließrichtung) vernachlässigt
- Im 1- dimensionalen Modell sind die Überflutungsbereiche jenseits der Banndeiche pragmatisch dargestellt (das betrifft Geländehöhen, Rauheit, Bebauung, etc.)

Die Schadenskurve im Bereich Köln (aus: Potentielle HW-Schäden am Rhein in NRW, 2000) ist nachfolgend in Tabelle 5 dargestellt. Die mit dem hydrodynamischen Modell für den Zustand 2005 ermittelten Wasserstands- und Abflusswerte sind farblich abgehoben in die Tabelle aufgenommen.

Tabelle 5: Schadenskurve Köln (aus: Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW, Düsseldorf, Februar 2000)

Name	HQ /ohne oder mit Hochwasserschutz	Gesamtfläche [ha]	Pegelstand W [m+NN]	Abfluss Q [m³/s]	Einstaufläche [ha]	Anteil [%]	Sachschäden [Mio. DM]
Köln	100/ohne	40,520	46.26	11700	7,690	19.0	3,186.70
Köln	200/ohne	40,520	46.76	12600	8,574	21.2	3,967.60
Köln	500/ohne	40,520	47.45	14000	10,169	25.1	5,601.40
Köln	100/mit	40,520	46.26 HW88 46.27 HW95 46.40	11700 HW88 11999 HW95 12196	2,897	7.1	560.5
Köln	200/mit	40,520	46.76 HW88 46.74 HW95 46.87	12600 HW88 12900 HW95 13109	3,899	9.6	1,226.70
Köln	500/mit	40,520	47.45	14000	10,182	25.1	5,537.60
Monheim	100/ohne	2,295			1,352	58.9	411.1
Monheim	200/ohne	2,295			1,529	66.6	481.6
Monheim	500/ohne	2,295			1,742	75.9	581.1
Monheim	100/mit	2,295	HW88 41.42 HW95 41.58	HW88 12027 HW95 12322	462	20.1	16.8
Monheim	200/mit	2,295	HW88 41.87 HW95 42.02	HW88 12923 HW95 13209	463	20.2	18.1
Monheim	500/mit	2,295			1,569	68.4	405.8

Bei der Verwendung dieser Schadensfunktion muss auf die unterschiedlichen Zustände des Gewässers zwischen 2000 und 2005 hingewiesen werden. Durch natürliche (Bsp. Sedimenttransport- Erosion, Akkumulation) und anthropogene (Bsp. Baumaßnahmen- HW-Schutz, Gerinneausbau) Änderung des betrachteten Gewässerabschnittes können differierende Wasserstände, bzw. Abflüsse auftreten.

Für die Schadenspotential-Analyse NRW wurden Geo-, und auch Extremwertdaten bezogen auf das Jahr 2000 verwendet. Für die N-K-Analyse HW-Schutzmaßnahmen wird der Zustand 2005 abgebildet. Die Unterschiede sollen am Beispiel des angesetzten Abfluss für die Hochwasserjährlichkeit 100, am Pegel Köln deutlich gemacht werden:

- HQ 100 am Pegel Köln für den Zustand 1995 = 11700 m³/s (gilt für die Untersuchung 2000),
- HQ 100 am Pegel Köln für den Zustand 2005 = 12000 m³/s

Für diese Untersuchung kann mit den vorliegenden Daten eine Abschätzung der Wirkung von Maßnahmen vorgenommen werden, wobei o. g. Unsicherheiten im Hinterkopf behalten werden müssen.

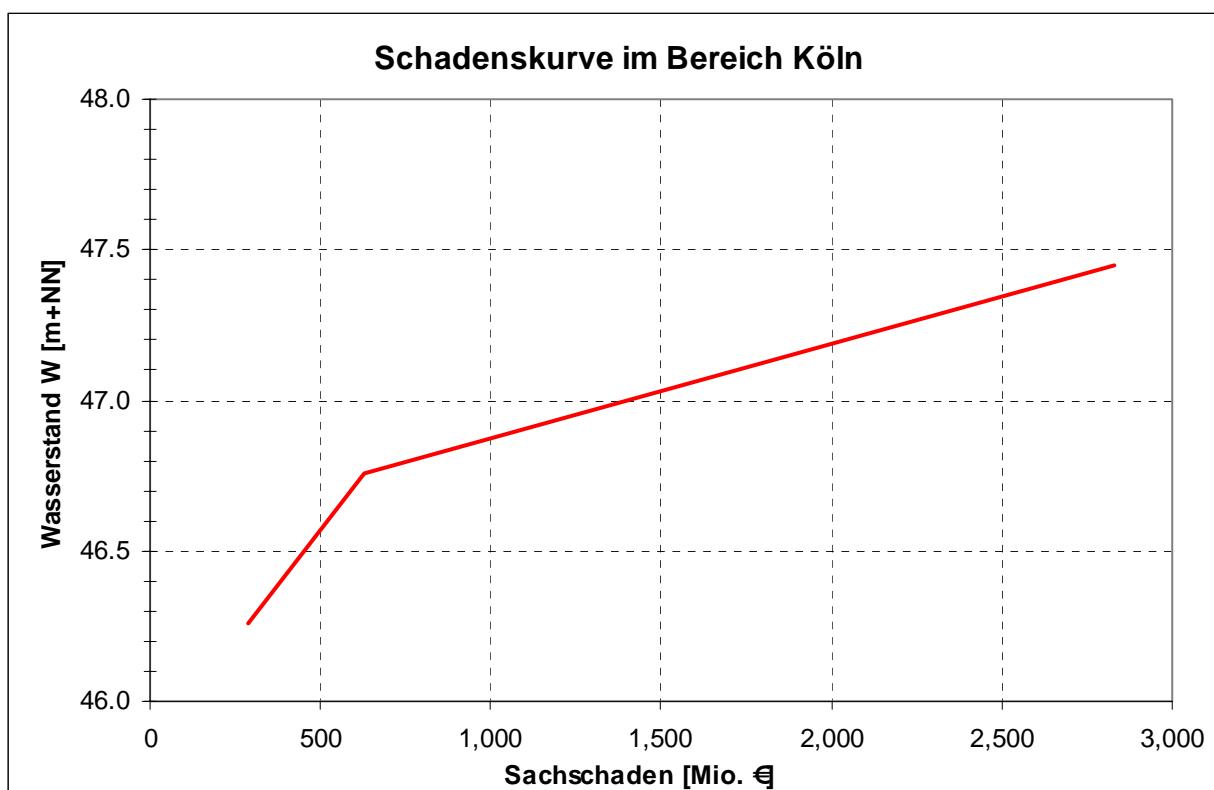


Abbildung 10: Aus: „Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW, Düsseldorf, Februar 2000“ abgeleitete Schadenskurve für den Abflussbereich HQ100 bis HQ500 und berücksichtigtem Hochwasserschutz

Für die Abschätzung wird die Annahme getroffen, dass die Schadensabminderungen durch Wasserstandsabsenkungen weitgehend linear verlaufen. Folgender, pragmatischer Ansatz wird verwendet:

X1 = Sachschaden bei HQ 200 mit HW-Schutz - Sachschaden bei HQ 100 mit HW-Schutz

Y1 = Wasserstand bei HQ 200 mit HW-Schutz - Wasserstand bei HQ 100 mit HW-Schutz

Z1= X1/Y1 : Sachschadendifferenz je cm Wasserstandsminderung im 100 bis 200 jährlichen Abflussbereich

$$X1 = 1226,7 - 560,5 = 666,2 \text{ Mio. DM} = 340,6 \text{ Mio. €}$$

$$Y_1 = 46,76 - 46,26 = 50 \text{ cm}$$

$$Z_1 = 340,6 : 50 = 6,812 \text{ Mio. €/cm}$$

Damit kann man für Köln eine Sach-Schadensminimierung bei einem 200 jährlichen HW-Ereignis von ~ 68 Mio. € je 10 cm Wasserstandsabsenkung angesetzt werden.

Für diese Untersuchung ist der Bereich zwischen einem 200 und einem 500 jährlichen Hochwasser nicht zu beachten. Anhand der Schadenskurve ist allerdings zu erkennen, das Sachschäden, ausgelöst durch ein deutlich über dem 200-jährlichen Ereignis liegenden Hochwasser im Verhältnis zum Wasserstand wesentlich schneller ansteigen. Damit dürfte deutlich sein, dass Wasserstandsminderungen während eines HW-Ereignisses im Bereich HQ200-HQ500 größere Schadensminderungen erbringen als bei Ereignissen höherer Wahrscheinlichkeit. Diese Tatsache begründet auch die Steuerung von Maßnahmen bzw. deren Wirkungsbeginn erst bei eher geringen Wahrscheinlichkeiten.

Mit den entsprechend simulierten Maßnahmenauswirkungen ergeben sich dann im Bereich Pegel Köln folgende Sachschadenminderungen:

Tabelle 6: abgeschätzte Schadensminderung im Bereich Köln

	Modell-Hochwasser	Bereich Pegel Köln	
		Max W-Absenkung [cm]	Max Sachschadensminderung [Mio. €]
HW 1988	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	102.2
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	3	20.4
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	15	102.2
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	14	95.4
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	3	20.4
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	14	95.4
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	15	102.2
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	3	20.4
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	15	102.2
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	18	122.6
HW 1995	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	3	20.4
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	18	122.6
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	3	20.4
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	4	27.2
	KölnHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	4	27.2
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	7	47.7
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	2	13.6
	WormsHQ100 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	7	47.7
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	5	34.1
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	2	13.6
	KölnHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	5	34.1
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur)	13	88.6
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Monheim)	10	68.1
	WormsHQ200 (Ohne Maßnahme - Maßnahme Trebur und Monheim)	22	149.9

10 Zusammenfassung der Untersuchung: Auswirkungen der vorbeugenden Hochwasserschutzmaßnahmen im Lahneinzugsgebiet auf Hochwasserwellen im Rhein bis Lobith

10.1 Problemstellung

Die im Einzugsgebiet der Lahn simulierten Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz beeinflussen (soweit sie Auswirkungen auf den Wellenablauf haben) nicht nur das Hochwassergeschehen vor Ort, sondern auch stromab in allen Folgegewässern. Zu untersuchen ist der Einfluss der im Lahneinzugsgebiet getroffenen Maßnahmen auf Abflüsse und Wasserstände im Rhein bis in die Niederlande.

10.2 Untersuchungsgebiet

Das Einzugsgebiet der Lahn ist Teil des Rheingebiets (Abbildung 10, links). Bei Rhein-km 585,7 (Mündung der Lahn) liegt der Flächenanteil des Lahngebietes am dort erreichten Lahneinzugsgebiet bei 5,4 %, unterhalb der Moselmündung, am Pegel Andernach (Rhein-km 613,8) bei 4,3 % und verringert sich stromab bis Lobith (Rhein-km 866), dem ersten Pegel in den Niederlanden, auf nur noch 3,7 %. Diese Anteile signalisieren, dass der Einfluss der Lahnwellen auf Hochwasser im Rhein nur marginal erwartet werden kann. Das muss bemerkenswerte Wirkungen in Einzelfällen nicht ausschließen, wobei neben Einflüssen auf den Rheinscheitel durchaus auch Wirkungen im steigenden und fallenden Wellenast zu beachten sind.

10.3 Untersuchungsverfahren

Jedes Hochwasser ist ein Unikat, d.h. es gibt nicht zwei Ereignisse, die einander gleichen. Welche Unterschiede in Wellenform und Größe im Einzelnen zu erwarten sind, folgt aus den meteorologischen und geographischen Gegebenheiten des Einzugsgebiets. Das Rheingebiet ist besonders heterogen, was sich auch an den Wellen, vor allem des Mittel- und Unterlaufes des Rheins sehr deutlich ablesen lässt. Wie gültig die Aussagen zur Wirkung von anthropogenen Beeinflussungen auf ein Flusssystem sind, ist vor allem eine Frage der für die Untersuchung verwendeten Hochwasserkonstellationen und deren Allgemeingültigkeit. – Wichtiges Instrument für Wirkungsnachweise sind Modelle, die den Hochwasserablauf in den Gewässern mathematisch simulieren. In der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) werden seit Beginn der 1970'er Jahre für derartige Untersuchungen eindimensionale Wellenablaufmodelle eingesetzt. Zu Beginn waren es Eigenentwicklungen der BfG, die später durch Übernahme und Anpassungen von Marktprodukten ersetzt wurden.

Das eindimensionale, hydronumerische Abflussmodell SOBEK ist eine Entwicklung von Delft Hydraulics und dem Staatlichen Amt für die Verwaltung der Binnengewässer und für Abwasserbehandlung (Rijkswaterstaat, RIZA) in den Niederlanden. Die Abflussberechnungen von SOBEK beruhen auf dem De Saint Venant'schen Gleichungssystem, bestehend aus der Kontinuitätsgleichung und der Bewegungsgleichung. Letztere berücksichtigt die Konvektion, das Wasserspiegelgefälle, die Dichte sowie Energieverluste durch die Rauheit der Gewässersohle, durch Windeffekte (optional) und durch weitere lokal beschränkte Einflussfaktoren (optional). Die numerische Lösung erfolgt über die finite Differenzenmethode nach dem Preissmann-box-Verfahren (Delft Hydraulics and the Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1977). Neben der Berechnung von Abflüssen, Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten ist es auch möglich, Salzintrusionsvorgänge sowie das Verhalten anderer Gewässerqualitätsparameter und den Sedimenttransport zu berechnen. Die Gewässergeometrie wird über Querprofildaten nachgebildet, wobei der Fluss in Hauptgerinne, Überflutungsbereiche 1 und 2, Buhnenfelder und Vorländer eingeteilt wird. Sommerdeiche und gesteuerte Polder werden ebenso berücksichtigt wie Sonderbauwerke (Wehre, Schleusen, Pumpwerke u.s.w.).

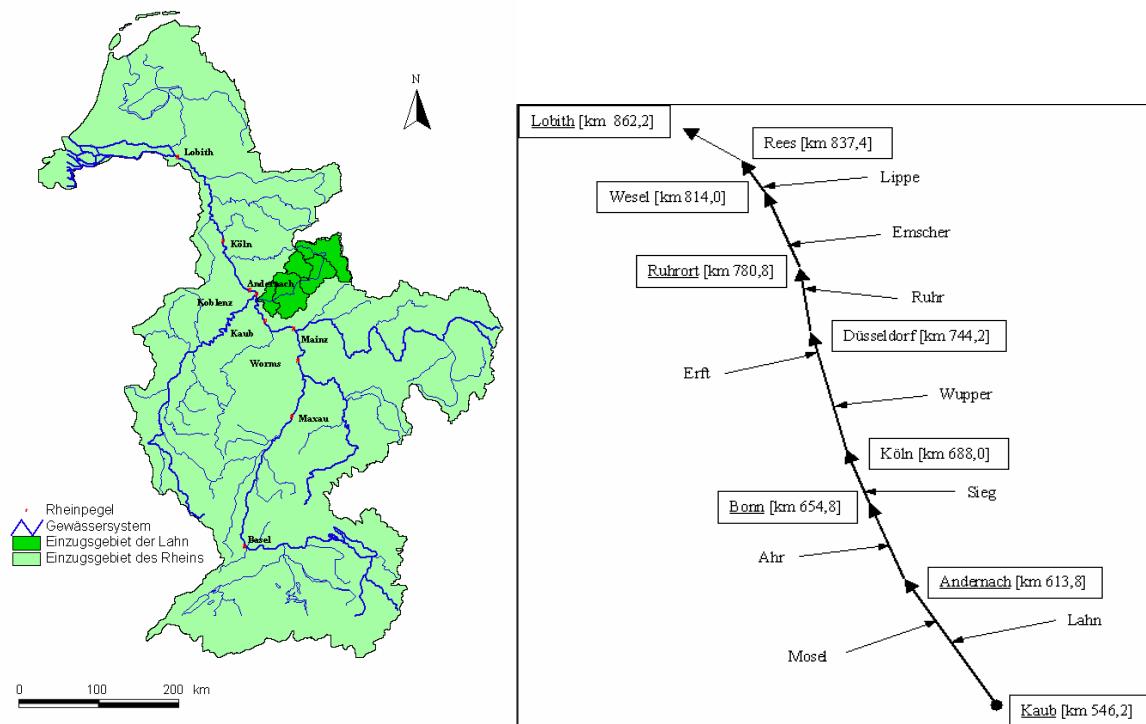


Abbildung 11: Einzugsgebiet des Rheins und der Lahn. Rechts: Modellayout des SOBEK-Modells Kaub-Lobith

Für die Untersuchungen der Auswirkung der Maßnahmen im Lahneinzugsgebiet auf den Wellenablauf im Rhein wird ein Wellenablaufmodell vom Pegel Mainz bis zum Pegel Lobith benötigt. Abbildung 10 zeigt den Aufbau des SOBEK-Modells Kaub – Lobith. Neben dem Eingangsknoten Mainz und dem Ausgangsknoten Lobith, an dem die obere Randbedingung als Abflussganglinie (Pegel Mainz) und die untere Randbedingung als Wasserstands-Abflussbeziehung (Pegel Lobith) definiert werden, sind die berücksichtigten Nebenflüsse erkennbar. Sie werden als laterale Zuflüsse in Form von historisch gemessenen Abflussganglinien berücksichtigt. Bei der Simulation der Auswirkung der Hochwasserschutzmaßnahmen im Lahneinzugsgebiet werden die historischen Ganglinien der Lahn durch simulierte Ganglinien ersetzt. Die Entwicklung des SOBEK-Modells Mainz – Lobith erfolgte im Rahmen des IRMA-Projektes „LAHoR“ (Bronstert et al., 2000).

10.4 Modellereignisse und Szenarien

In Abstimmung mit den betroffenen Projektpartnern wurde festgelegt, dass die Maßnahmenwirkungen aus Simulationen unter Verwendung von insgesamt 4 Modellereignissen errechnet werden sollten, die sich an historischen Hochwassern orientieren (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zur Simulation ausgewählte Hochwasserwellen (historische Ereignisse) und deren Scheitelabflüsse (HQ) mit Jährlichkeit

Nr.	HW	Kalkofen/Lahn		Köln/Rhein	
		HQ in m ³ /s	Jährlichkeit	HQ in m ³ /s	Jährlichkeit
1	Febr. 1984	802	70 Jahre	8500	7 Jahre
3	Dez./Jan. 93/94	494	4 Jahre	10800	45 Jahre
4	Jan. 1995	553	8 Jahre	10900	50 Jahre
5	Okt. 1998	518	6 Jahre	7530	3,3 Jahre

Es waren Auswirkungen zu ermitteln auf die Hochwasser in ihrer natürlichen Größe, d.h. auf Ereignisse mit Scheitelabflussjährlächen von 4 bis 70 Jahren im Mündungsbereich der Lahn bzw. 7 bis 50 Jahren am Pegel Köln im Rhein.

Um eine Vorstellung des Verhältnisses der Rheinganglinien zu denen der Lahn zu vermitteln, sind in Wellen-Plots für den Pegel Koblenz (Abbildung 11) jeweils die Ganglinien der Lahn an deren Mündung eingetragen. Man erkennt einerseits sehr deutlich, wie klein der Beitrag der Lahn zum Rheinabfluss ist und wie wenig damit Veränderungen des Lahnabflusses im Rhein erkennbar werden können. Andererseits liegen Lahn- und Rheinscheitel zeitlich nah beieinander, so dass Veränderungen am Lahnscheitel auch am Rheinscheitel zu erwarten sind.

Die Plots der Abbildung 11 lassen die doch erheblichen Scheitelunterschiede der Lahn kaum hervortreten. Zudem wird der Eindruck erweckt, es handele sich um wenig ausgeprägte Scheitel. Insoweit sind die Darstellungen der Abbildung 12 und 13 besser zu einer Bewertung der jeweiligen Eigenarten geeignet. Die vier Wellen decken das Spektrum möglicher Lahnhochwasser gut ab. 1984 fand eines der größten Ereignisse statt, was den Scheitel betrifft (Tabelle 7). Ansonsten ist es mit einer Hauptwellendauer von 8 Tagen das kürzeste Ereignis. Das Ereignis mit der drittlangsten Dauer (12 Tage) hat die geringste Scheitelhöhe (HW 1995). Das längste Ereignis dieser Serie wurde 1998 gemessen (15 Tage) und 1993 wurde die relativ kurze Hauptwelle (10 Tage) von einer Vor- und Nachwelle flankiert. Damit enthält das Ereigniskollektiv eine kurze steile, zwei längere aber weniger hohe und eine mehrgipflige Welle mit Scheiteljährlächen zwischen 6 und 70 Jahren. Sie treffen im Rhein auf zwei kleine Hochwasser und die beiden extremsten, die im 20. Jahrhundert am Niederrhein abgelaufen sind. Es besteht somit berechtigte Hoffnung, dass die Ergebnisse der mit diesem Wellenkollektiv durchgeföhrten Untersuchungen einigermaßen repräsentativ sind.

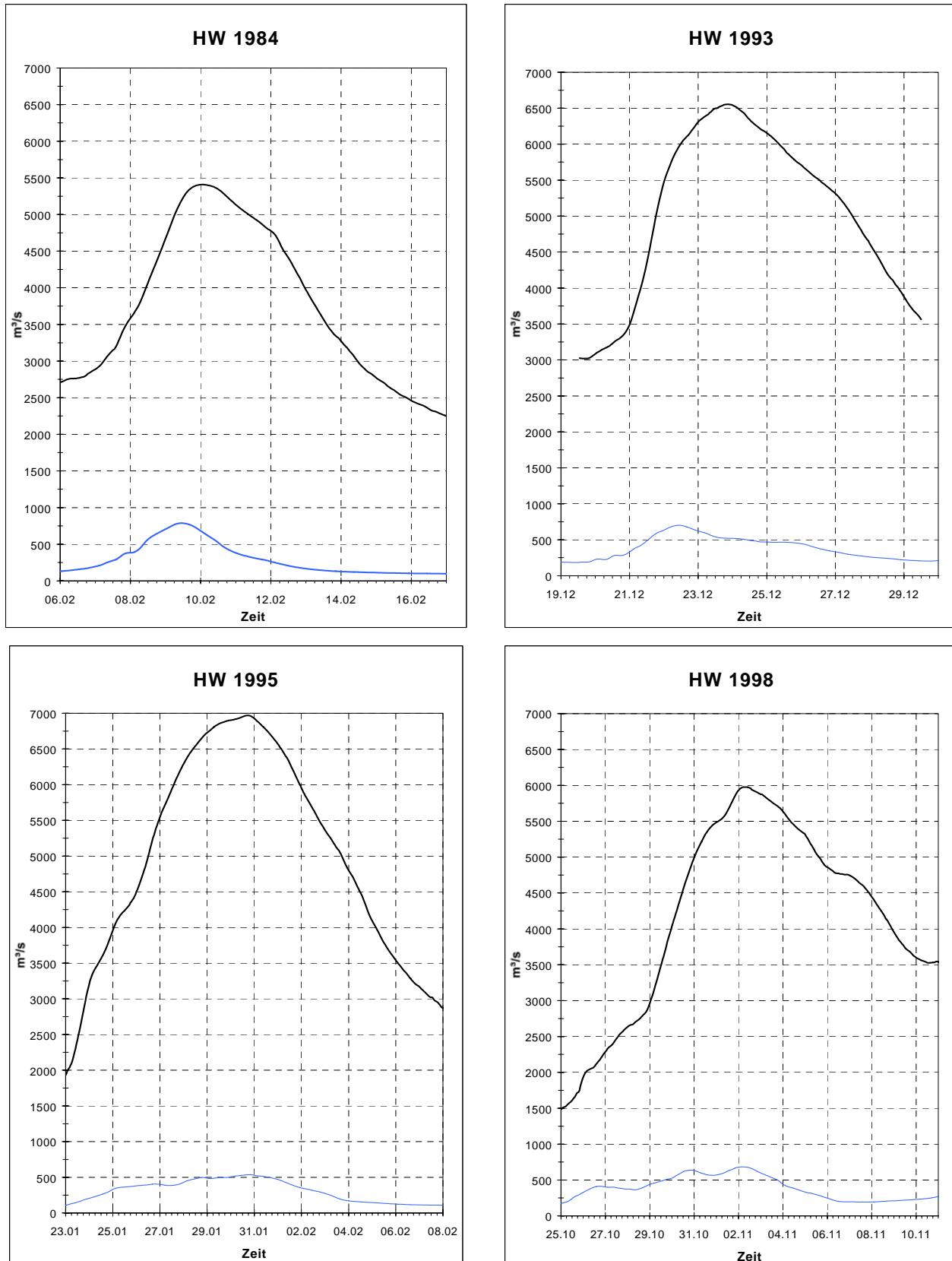


Abbildung 12: Abflussganglinien der 4 Modellhochwasser für Koblenz/Rhein und Mündung der Lahn

Die in der Bundesanstalt für Gewässerkunde zu verarbeitenden Ganglinien der Lahn an deren Mündung in den Rhein wurden am Leichtweiß-Institut für Wasserbau der TU Braunschweig mit Hilfe eines NA-Modells berechnet. Die Abbildung 12 und 13 zeigen jeweils die Modellganglinien, wie sie sich für den Grundzustand (IST 1998), den zu erwartenden Zustand im Jahre 2010 (Szenario 2010) und bezogen auf 2010 aus der Einführung verschiedener positiver Maßnahmen ergeben (Komb. 1 - 3).

Die im Lahngebiet auf den Gebietszustand im Jahre 2010 angewendeten Verbesserungen sind:

Kombination 1 (Komb 1):

Verringerung der für 2010 prognostizierten versiegelten Flächen um 20 %

maximaler Regenwasserrückhalt in Siedlungserweiterungen

Flächennutzungsänderung außerhalb von Ortslagen und zusätzlich 2 mm Rückhalt auf landwirtschaftlichen Flächen

Kombination 2 (Komb 2):

Maßnahmen gem. Komb 1

Deichrückverlegungen

mehr Talauen-Retention

Gewässerenaturierung

Kombination 3 (Komb 3):

Maßnahmen gemäß Komb 2

Rückhalte in Nebentälern

10.5 Ergebnisse

Es wird aus den Ergebnissen deutlich, dass von den angenommenen Maßnahmen abflussreduzierende Wirkungen auf die Lahnganglinien im Wellenanstieg sowie im Scheitelbereich ausgehen, denen im abfallenden Wellenast Abflussaufhöhungen gegenüberstehen. Die Reduzierungen erreichen Werte zwischen 60 und 100 m³/s, wobei die Dauer der Reduzierungen je Wellenanstieg bis zu 8 Tage betragen kann. Die Abflusserhöhungen liegen zwischen 30 und 80 m³/s. Die Scheitel der vier Wellen an der Mündung der Lahn werden durch die oberhalb eingeleiteten Maßnahmen ermäßig mit Maximalwerten zwischen 20 und 90 m³/s. Es versteht sich von selbst, dass abflussreduzierende Wirkungen auf Rheinscheitel nur eintreten werden, wenn sich das Zeitfenster der Verbesserungen in der Lahnwelle mit dem Scheitelbereich des Rheins trifft. Ist dies nicht der Fall, so wird keine positive Wirkung an Rheinscheiteln nachweisbar sein oder sogar eine negative, falls sich der ablaufende (erhöhte) Ast der Lahn zufällig auf den Rheinscheitel legt. Dabei könnte längs Rheinachse auch eine Verschiebung positiver Wirkungen auf die Rheinscheitel in negative möglich sein und umgekehrt.

Die Durchrechnung der Rheinwellen von Mainz bis Lobith unter Zugabe der Lahnwellen IST, SZENARIO und der drei Verbesserungskombinationen wurde durch Wellenausgaben an den Pegeln

Koblenz (oberhalb der Moselmündung)

Andernach (unterhalb der Moselmündung)

Köln

Rees

Lobith

dokumentiert. Die Abbildung 13 zeigt jeweils die errechneten Ganglinien und die Differenzganglinien (IST – SZENARIO sowie SZENARIO + KOMB. 1 - 3) in das gleiche Raster geplottet. – Erst die Differenzganglinien machen die erzielten Effekte deutlich. Ihre saubere Quantifizierung ist jedoch visuell kaum erreichbar. Aus diesem Grunde wurden verschiedene Größen berechnet, die zahlen gestützte Bewertungen ermöglichen. Hierfür ausgewählt wurden:

Veränderungen der Scheitelabflüsse

größte punktuelle Abflussverringerungen der Gesamt-Wellen

größte punktuelle Abflusszunahmen der Gesamt-Wellen

Änderungen der Dauer der Überschreitung bestimmter Abflüsse

Änderungen der Abflussfüllen über bestimmten Abflüssen.

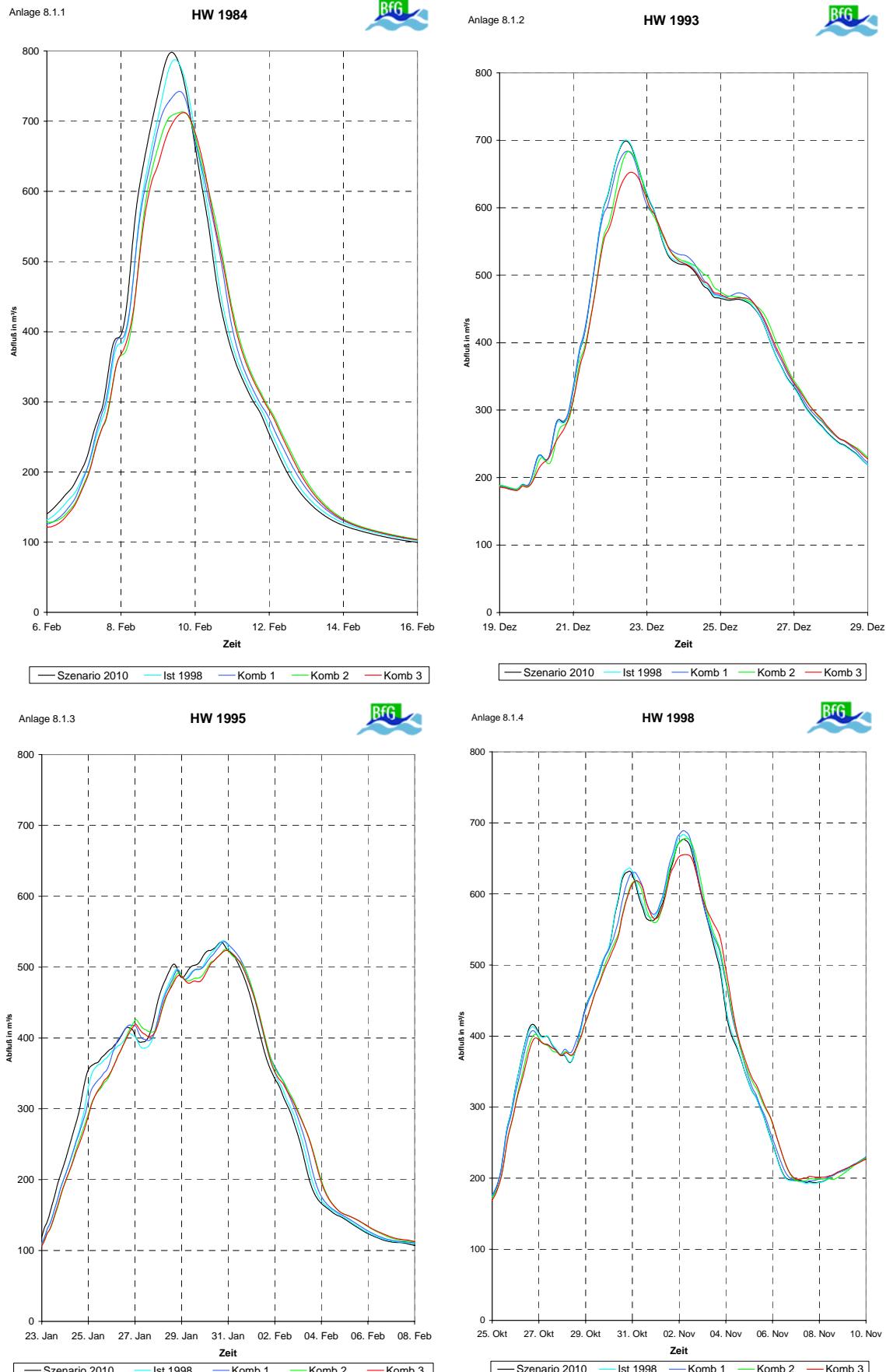
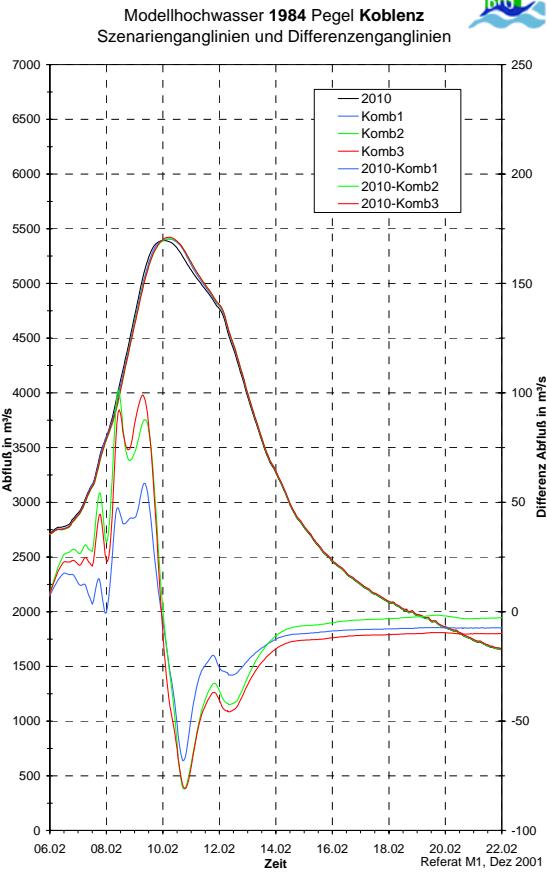
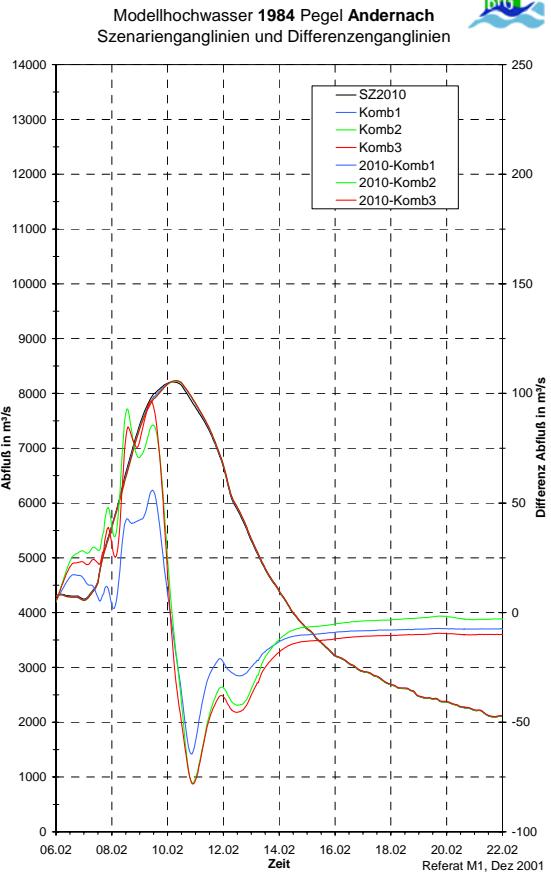


Abbildung 13: Anlagen A8. 1; Modellganglinien der Lahn an deren Mündung in den Rhein; M84 / M93 / M95 / M98

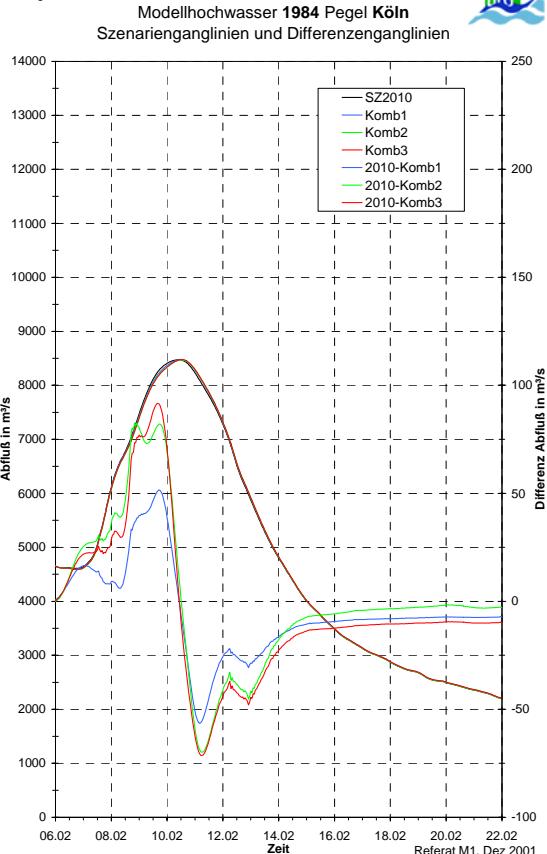
Anlage 8.2.1



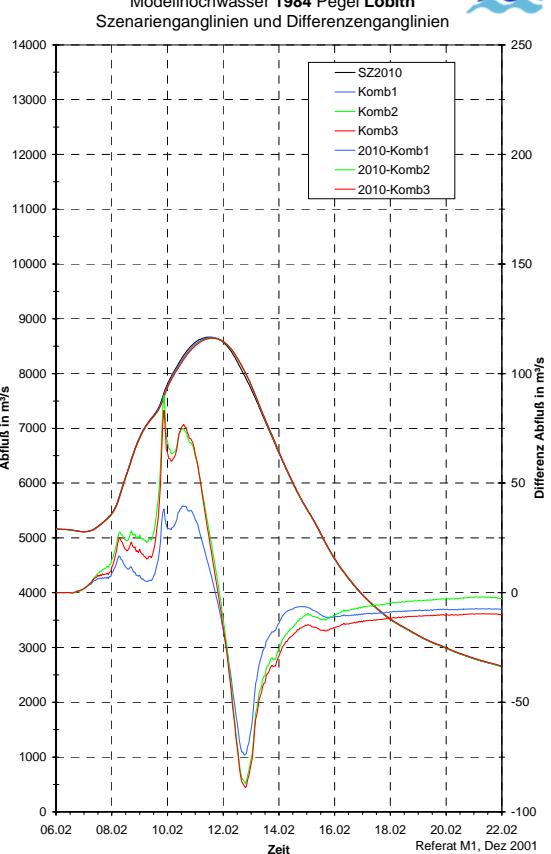
Anlage 8.2.2

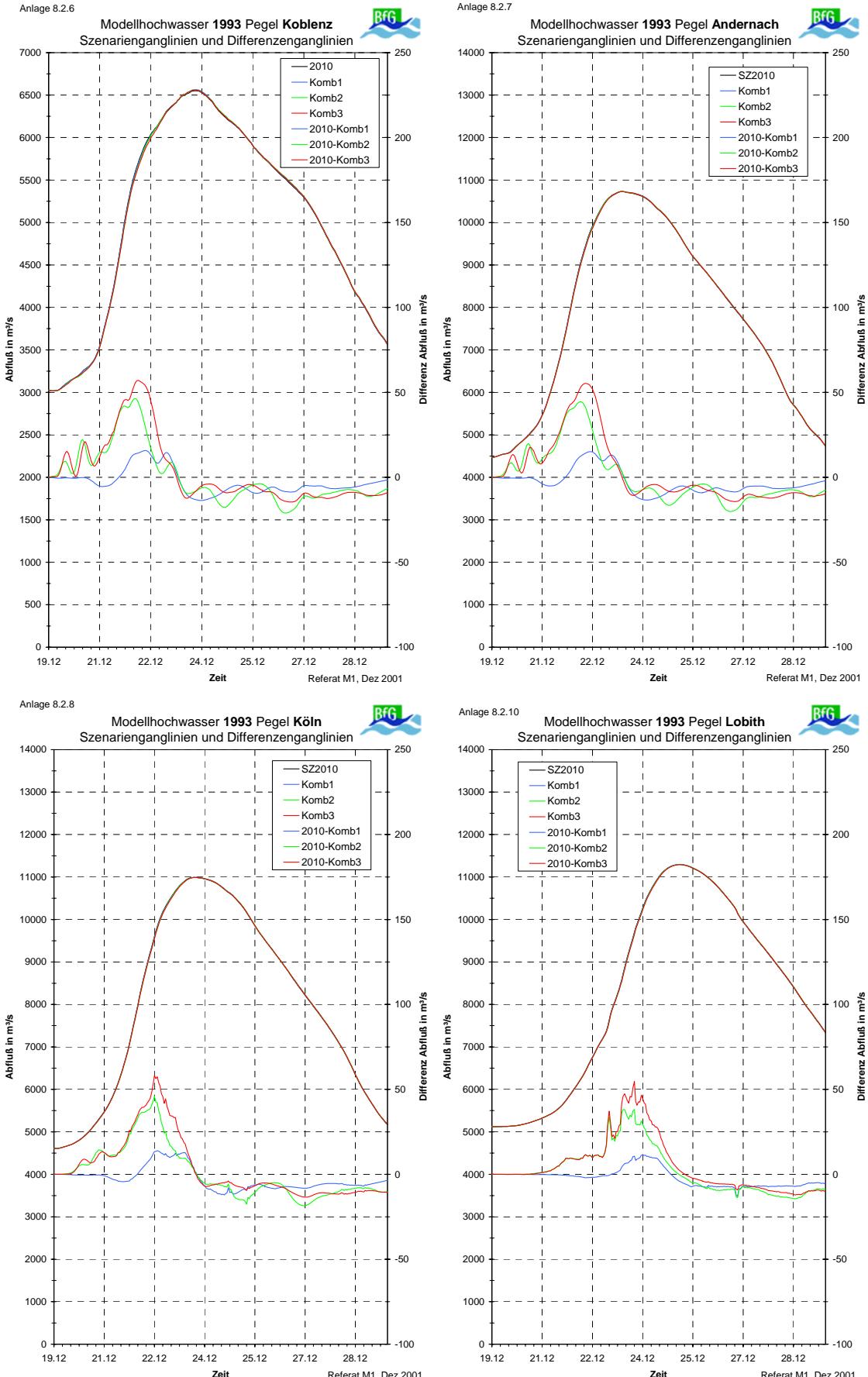


Anlage 8.2.3



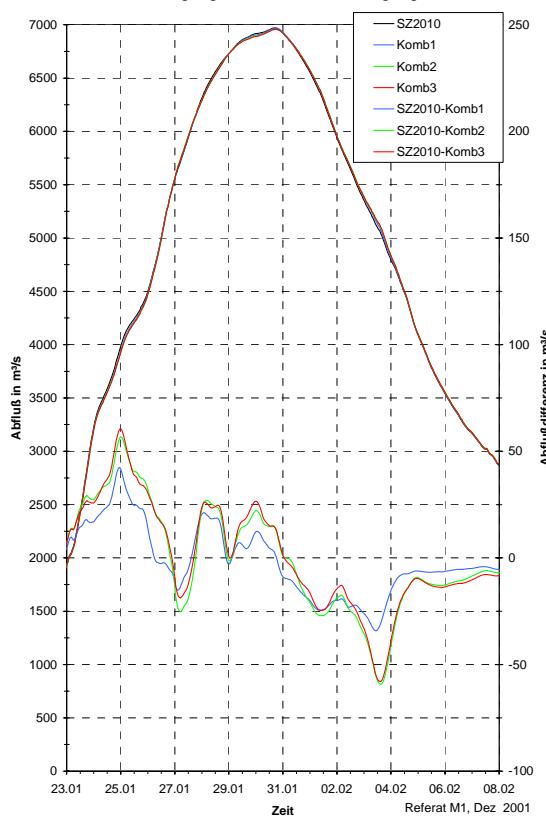
Anlage 8.2.5





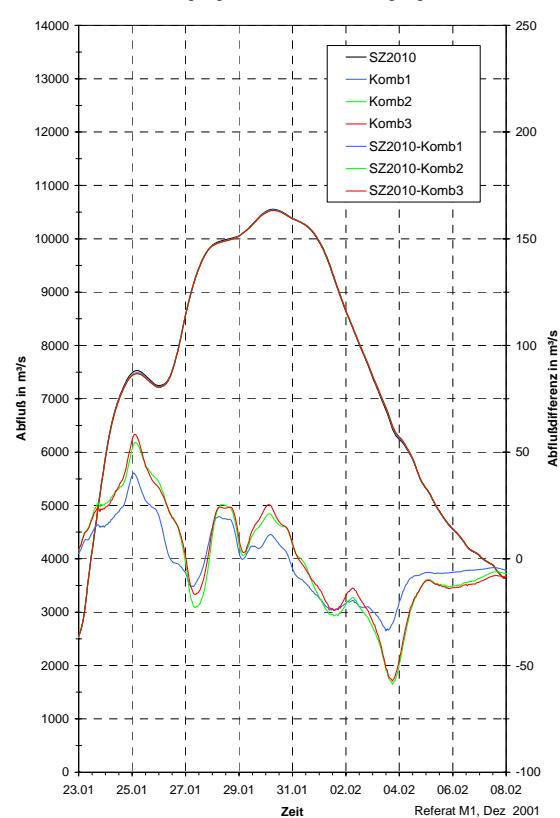
Anlage 8.2.11

Modellhochwasser 1995 Pegel Koblenz
Szenarienganglinien und Differenzganglinien



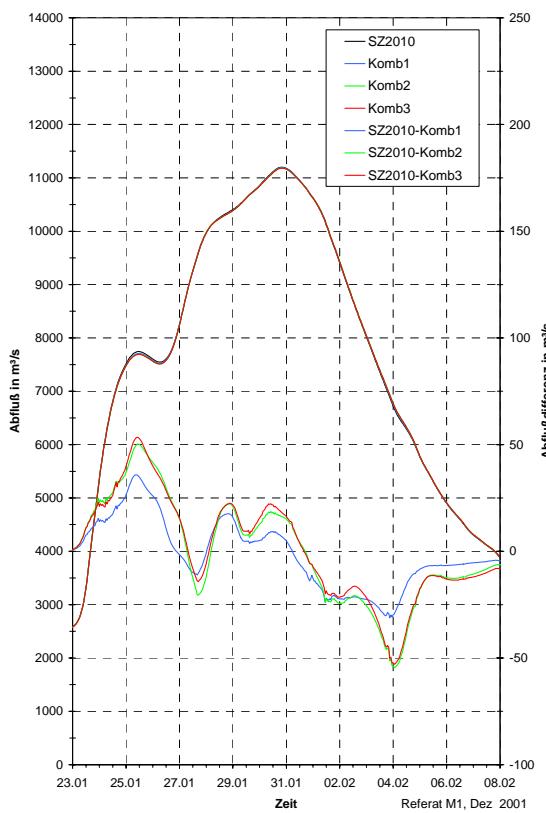
Anlage 8.2.12

Modellhochwasser 1995 Pegel Andernach
Szenarienganglinien und Differenzganglinien



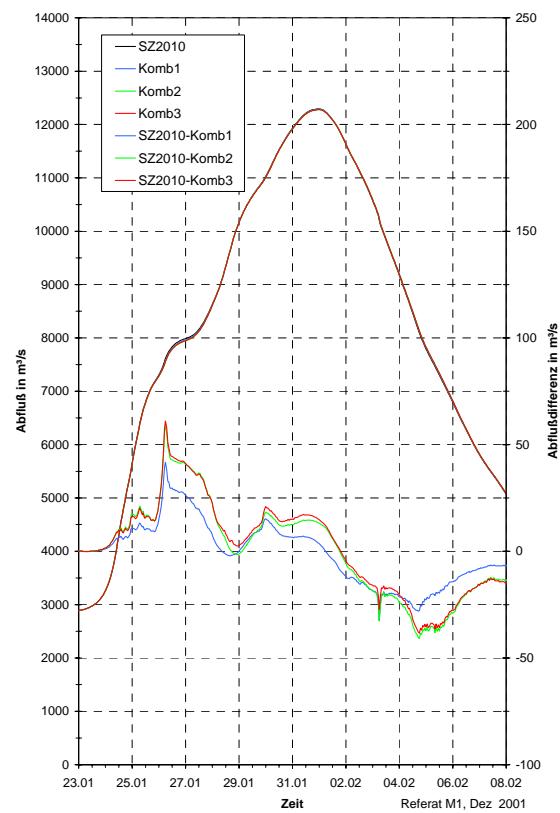
Anlage 8.2.13

Modellhochwasser 1995 Pegel Köln
Szenarienganglinien und Differenzganglinien



Anlage 8.2.15

Modellhochwasser 1995 Pegel Lobith
Szenarienganglinien und Differenzganglinien



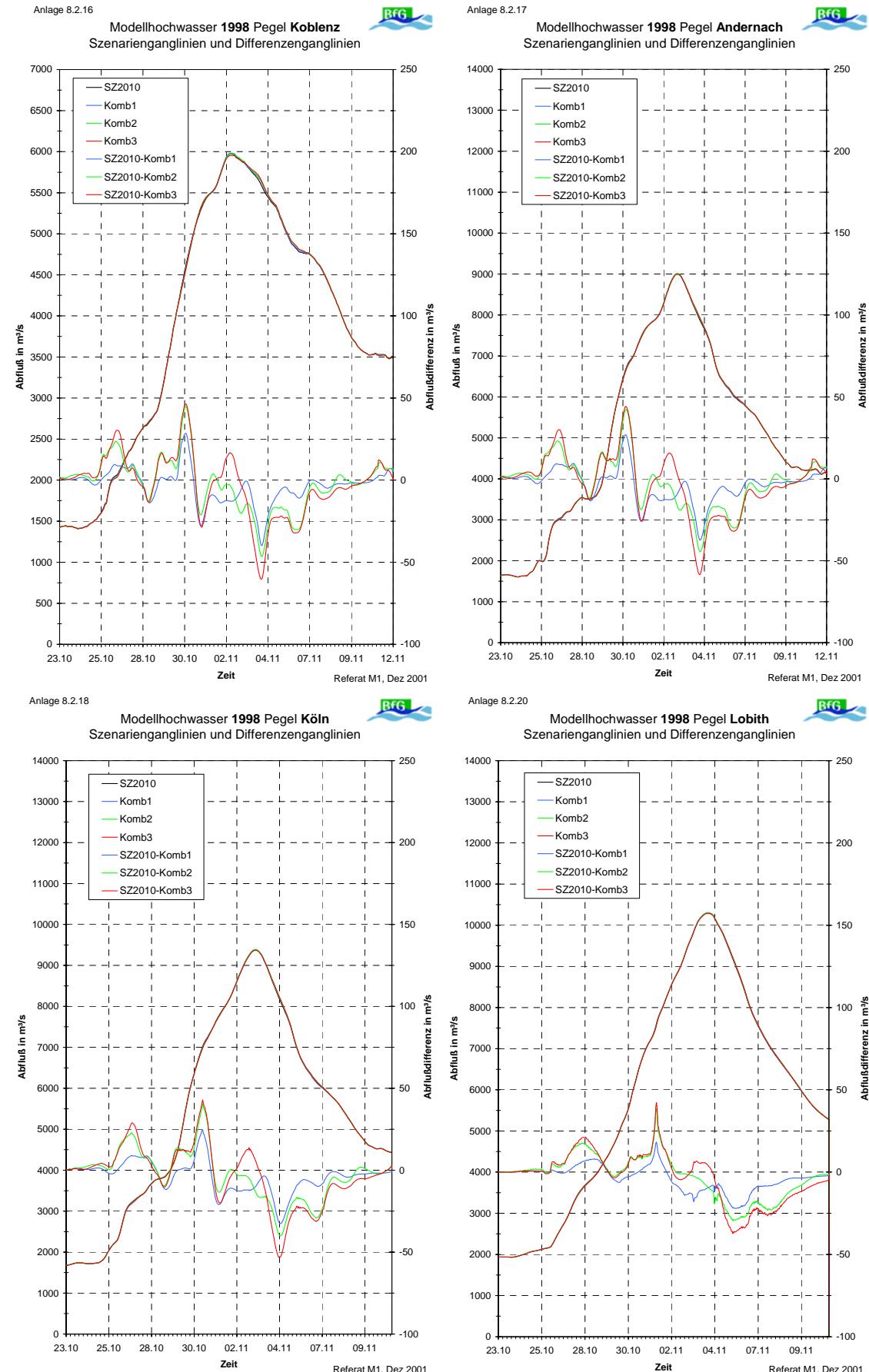


Abbildung 14: Anlagen A8. 2; Modellganglinien an den Rheinpegeln Koblenz, Andernach, Köln, Rees und Lobith (NL); M84 / M93 / M95 / M98

Unmittelbar nach der Überlagerung der Lahnabflüsse mit denen des Rheins am Pegel Koblenz sind die Rheinscheitel der Modellwellen (M84, M93, M95, M98) teilweise abgemindert und teilweise aufgehöht. Nur der Wellenscheitel M95 wird durch alle Rückhaltekombinationen günstig beeinflusst. Die Beträge sind allerdings immer gering. Sie liegen unter 20 m³/s bzw. bei maximal 2 cm. Rheinabwärts geraten die Abminderungen aus dem Lahngebiet mehr in den Scheitelbereich des Rheins, so dass schließlich in Rees und Lobith überwiegend Scheitelminderungen feststellbar sind. Sie erreichen jedoch mit höchstens 20 m³/s auch am Niederrhein kaum mehr als 1 cm Wasserstandsreduktion. Die Maximalabminderungen insgesamt liegen durchweg im ansteigenden Ast der Rheinwellen. Je nach Hochwasser und Rückhaltekombinationen sind in Koblenz Abminderungen zwischen 100 m³/s (Komb 2, Komb 3, M84) und 16 m³/s (Komb 1, M93) nachweisbar, wovon an der deutsch-niederländischen Grenze noch zwischen 85 m³/s (Komb 2, Komb 3, M84) und 10 m³/s (Komb 1, M93) verbleiben. - Im Mittel ergeben sich aus Komb 3 max. Ermäßigungen in Köln um ca. 63 m³/s und in Lobith (NL) um 60 m³/s. Die mittleren Abminderungen der Wellenscheitel betragen selbst für Komb 3 nur etwa 6 m³/s in Köln und ca. 11 m³/s im deutsch-niederländischen Grenzbereich. Die Abflusserhöhungen in den ablaufenden Wellenästen liegen im Mittel für Komb 3 bei 52 m³/s (Andernach), 47 m³/s (Köln) und 44 m³/s (Lobith).

Die Auswirkungen der Maßnahmen erschöpfen sich nicht in ermäßigten oder erhöhten Abflüssen. Sie haben auch Auswirkungen auf die Dauer der Abflüsse bzw. die Dauer der Ereignisse über bestimmten Abflüssen. Da die Benetzungsduer von Deichen oder auch die Standzeiten von Hochwassern in Bauwerken (Kellern, Wohnungen, Werkstätten u.s.f.) die Schadensgröße beeinflussen, ist die Quantifizierung dieser Größen von Bedeutung.

Da den Abminderungen in den Wellenanstiegen kleine Aufhöhungen in den abfallenden Ästen gegenüberstehen, ergeben sich für Abflüsse in den betreffenden Ganglinienbereichen in der Regel kürzere Überschreitungsdauern und auch kleinere Abflussfüllen. Daraus resultieren für tiefliegende Uferpartien hinter Deichen gegebenenfalls kürzere Pumpzeiten und geringere Pumphöhen bei der Entwässerung in den Rhein. Ein weiterer Vorteil kann sich aus den Abminderungen im Wellenanstieg für Vorhersagen und Reaktionszeiten ergeben, da die Abflussminderung automatisch zu einem späteren Wellenanstieg, evtl. auch zu einem flacheren Anstiegsgradienten führen kann.

Die ermittelbaren Zeitverschiebungen liegen für die Wellenscheitel zwischen 1 und 4 Stunden im Sinne einer Verzögerung. In gleicher Richtung werden auch die Wellenansteige verschoben, wobei die Verzögerung tendenziell etwas größer ist als die der Scheitel, allerdings immer nur bereichsweise. Den Veränderungen im ansteigenden Wellenast stehen die Änderungen bei auslaufendem Hochwasser gegenüber. Die Abflussrückgaben aus Retentionsmaßnahmen sind in der Regel geringer als die Verminderungen bei Hochwasseranlauf. Das hat Verkürzungen der Überschreitungsdauern verschiedener Abflüsse zur Folge. Verringerungen der Abflussfüllen über den vorgenannten Grenzwerten sind aber hier kaum nachweisbar.

Zusammenfassend ist festzuhalten:

Positive wie negative Einflüsse (Abflussermäßigungen und Abflussaufhöhungen), die durch die Maßnahmen zum "Vorbeugenden Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn" an der Mündung der Lahn erzeugt werden, sind im Rhein im gesamten untersuchten Abschnitt (Koblenz - Lobith) nachweisbar.

Die Wirkungsänderungen längs Rheinachse sind direkt abhängig von Größe und Dauer der in der Lahn erzeugten Einflüsse. Insoweit zeigt Komb. 3 die deutlichsten Wirkungen.

Als Folge des statistisch üblich zu erwartenden Zusammenspiels von Lahn- und Rheinhochwassern (Lahn vor Rhein) liegen die positiven Auswirkungen hauptsächlich im ansteigenden Ast der Rheinwellen. Positive Wirkungen auf die Rheinscheitel sind gering, rheinabwärts aber überwiegend gegeben. Im Bereich der Moselmündung muss auch mit Aufhöhungen der Rheinscheitel gerechnet werden. Scheitelwasserstände werden jedoch nur ausnahmsweise um mehr als 1 cm beeinflusst.

Größte positive Wasserstandsänderungen ergeben sich zu 9 cm (Koblenz) bis 4 cm (Rees). Die negativen Änderungen sind in der Regel um rund 2 cm geringer.

Als positive Wirkung der Abflussverringerungen im ansteigenden Ast der Rheinwellen ist die Tatsache zu werten, dass daraus bis zu 4-stündige Verzögerungen im Anstieg resultieren, die sich für evtl. notwendig werdende Reaktionen auf Hochwasser günstig auswirken.

Literatur

- D-NL AG Hochwasser, 2001:
Grenzüberschreitende Auswirkungen von extremem Hochwasser am Niederrhein, Abschlussbericht, 2004
- Geodan Geodesie + HKV Lijn in Water; Barneveld, H.J. und Meijer, D.G. (1997):
SOBEK-Model Andernach-Lobith, Model construction, calibration and verification RIZA-Bericht PRO42, 1997
- HKV, 2005:
SOBEK-model evaluatie actieplan Rijn – Onderzoek effect van zes uiterwaardprojecten, 2005
- Hoefsloot, F.; Immerzeel, W.; Pakes, U. und von der Veen, R. (1999):
GIS and SOBEK modelling. A manual for constructing schematizations RIZA working document 99.121X, 1999
- HSK, 1992:
Schlussbericht der Hochwasser-Studienkommission für den Rhein / Rapport Final de Commission d' Etude des Crues du Rhin, 1978.
- HSG Kaub-Rolandswerth, 1992:
Der Einfluß des Oberrheinausbau und der am Oberrhein vorgesehenen Retentionsmaßnahmen auf die Hochwasser am Mittelrhein von Kaub bis Köln, 1992
- IKSR, 1995:
Simulation des Hochwassergeschehens am Oberrhein. Wasserbaumitteilungen der TU Darmstadt Nr. 40, 1995
- IKSR, 1998:
Aktionsplan Hochwasser. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, 1998
- IKSR, 1999:
Wirkungsabschätzung von Wasserrückhalt im Einzugsgebiet des Rheins. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, 1999
- IKSR, 2001:
Umsetzung des Aktionsplans Hochwasser bis 2000. Kommission zum Schutz des Rheins, 2001
- IKSR, 2004:
Empfehlung zu den Nachweisinstrumenten für die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Reduzierung der Extremhochwasserstände. IKSR-Bericht Nr. 145, 2004
- IKSR, 2005 Hval- intern:
Wirkung der von 1995 bis 2005 umgesetzten Maßnahmen der Kategorie 1 „Wasserrückhalt im Einzugsgebiet“ (Papier der Hval-Unterarbeitsgruppe „Länder“), 2005
- KHR, 1995:
Rekonstruktion der Witterungsverhältnisse im Mittelrheingebiet von 1000 n. Chr. Bis heute anhand historischer Ereignisse, 1995

KHR, 2003:

Quantifizierung des Einflusses der Landoberfläche und der Ausbaumaßnahmen am Gewässer auf die Hochwasserbedingungen im Rheingebiet – Bericht Nr. II-18 der KHR, 2003

LfU Baden-Württemberg, 2005:

Untersuchungen zur Minderung der Hochwasserstände im Oberrhein zwischen Iffezheim und Worms durch die zwischen 1995 und 2005 zusätzlich geschaffenen Retentionsmaßnahmen. unveröffentlicht, 2005

Meulen, van der, M. (1999):

BASELINE 3.0 Gebruikerhandleiding; CSO/ESRI, 1999

Schutte, L., 2001:

RIJNLAT, Preprocessing ten behoeve van SOBEK. RIZA-Arbeitsdokument 2001.106.X, 2001

Tönsmann, F., Lang, T., 2002:

Handbuch Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn, Kasseler Wasserbau-Forschungs-berichte und – materialien, 2002

WL | Delft Hydraulics, 2001:

SOBEK River/Estuary, Technical Reference Manual, 2001

Glossar

Abflusskurve

Bezugskurve zwischen den Wasserständen und den zugehörigen Abflüssen bzw. Durchflüssen für einen bestimmten Gewässerquerschnitt (erstellt üblicherweise für Pegel), auch als W-Q-Beziehung / W-Q-Kurve bezeichnet. Die Abflusskurve basiert auf periodischen Abflussmessungen bei unterschiedlichen Abflusszuständen.

Abflussregime

Charakteristischer Gang des Abflusses eines Gewässers, bedingt durch die maßgebenden Regimefaktoren (klimatische Gegebenheiten und charakteristische Gebietsmerkmale des Einzugsgebiets)

Extremhochwasser

gemäß Definition der IKSР-Expertengruppe Hval ist für den Rhein ein *Hochwasser*, dessen Scheitelabfluss das HQ₁₀₀ (s. *Jährlichkeit*) mindestens um etwa 10 % bis 30 % überschreitet, als extrem zu bezeichnen.

Hochwasser

Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat.

Hydraulisches Modell

mathematisches Abflussmodell, das auf den hydrodynamischen Grundgleichungen (Massenbilanz, Impulsbilanz) basiert und diese mit Hilfe numerischer Nahrungsverfahren löst, daher auch als hydrodynamisch-numerisches Modell bezeichnet. Auf Grund der weitergehenden mathematischen Beschreibung besitzt ein hydraulisches Modell einen stärker konzeptionellen Charakter als ein *hydrologisches Modell*.

Hydrologisches Modell

mathematisches Abflussmodell, in dessen mathematischer Beschreibung die Impulsgleichung vernachlässigt wird. Stattdessen wird neben der Massenbilanz eine vereinfachte Volumen-Abfluss-Beziehung für Gewässerabschnitte verwendet.

Hydrologischer Pegel

Einrichtung zum Messen des Wasserstands oberirdischer Gewässer. Daten hydrologischer Pegel werden einer gewässerkundlichen Statistik unterzogen und besitzen für die hydrologische Charakterisierung des jeweiligen Gewässers eine signifikante Bedeutung.

Jährlichkeit

mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert entweder einmal erreicht oder überschreitet bzw. einmal erreicht oder unterschreitet. Die Jährlichkeit wird auch als Wiederholungszeitspanne oder Wiederkehrintervall bezeichnet.

Knotengewässer

Zuflussgewässer der im *Rückgratmodell der IKSР* modellierten Gewässer. An der Mündung dieser lateralen Zuflüsse (Modellknoten) können mit regionalen Modellen berechnete Abflussveränderungen infolge dezentraler, wasserstandsmindernder Maßnahmen in das Rückgratmodell importiert und hinsichtlich ihrer großräumigen Wirksamkeit auf die Rheinwasserstände bewertet werden.

Mathematisches Abflussmodell

vereinfachendes, aber die wesentlichen Merkmale bewahrendes Abbild eines realen Systems und der in diesem ablaufenden Prozesse (Abflussverhalten in offenen Gewässern) auf der Basis mathematischer Gleichungen. Mathematische Modelle lassen sich weitergehend differenzieren basierend auf der Art der Lösungsverfahren, der Berücksichtigung des zeitlichen Systemverhaltens etc.

Modellhochwasser

synthetisch generierte *Hochwasser*, deren Scheitelabflüsse in der Regel extremen Jährlichkeiten entsprechen. Modellhochwasser bieten die Möglichkeit, auf der Basis von Simulationsberechnungen mit mathematischen Abflussmodellen z. B. die Wirkung von Ausbau- und / oder Retentionsmaßnahmen im Bereich bis dato nicht gemessener Abflussverhältnisse abzuschätzen.

Rückgratmodell für den Rhein

mathematisches Abflussmodell des Rheins und seiner wichtigsten Nebengewässer (Neckar, Main, Mosel, Saar, Lahn) zwischen dem Pegel Basel und der Nordsee mit dessen Hilfe die Erreichung des Handlungsziels 2, Aktionsplan Hochwasser für das Jahr 2005 evaluiert wird. Es setzt sich aus den beiden Modellsystemen SYNHP (*hydrologisches Modell*; Basel – Worms) und SOBEK (*hydraulisches Modell*, Worms – Nordsee) zusammen und wird derzeit bei der LfU Baden-Württemberg (SYNHP) und der BfG und RIZA (SOBEK) vorgehalten und betrieben.

Rückhaltemaßnahmen

Künstliche Maßnahme oder natürliche Gegebenheit zur Abflusshemmung und Abflussverzögerung; unterschieden werden kann in:

- Überströmung bestehender Sommerdeiche (ungesteuerter Rückhalt)
- Rückverlegung / Beseitigung bestehender Deiche (ungesteuerter Rückhalt)
- Umwandlung von Bann- in Sommerdeiche und deren Überströmung (ungesteuerter Rückhalt)
- Landnutzungsänderung, Gewässerrenaturierung, Versickerungen (ungesteuerter Rückhalt)
- Polder (je nach Ausgestaltung des Einlassbauwerks ungesteuerter oder gesteuerter Rückhalt)
- Hochwasserrückhaltebecken, Stauseen (gesteuerter Rückhalt)
- Flusswehre, z. B. Kulturwehr Kehl/Straßburg (gesteuerter Rückhalt)
- Steuerung des Durchflusses in Seitenkanälen, z. B. Manöver / Sonderbetrieb der Rheinkraftwerke (gesteuerter Rückhalt)

Zielpegel

ausgewählte Pegelstandorte, die für definierte Rheinabschnitte repräsentativ sind. Sie dienen der detaillierten Auswertung und Untersuchung der Abfluss- und Wasserstandsreduzierung im Rahmen der Evaluierung des Handlungsziels 2 gemäß APH der IKSR sowie der Generierung extremer *Modellhochwasser* in sofern, als dass diese jeweils auf einen Zielpegel hin entwickelt werden. Dabei wird ein historisches Hochwasser so lange vergrößert, bis an dem zugehörigen Zielpegel ein definierter Scheitelabfluss (z.B. HQ₂₀₀) erreicht wird.

Zuflussknoten

auch Modellknoten; siehe *Knotengewässer*

Zwischeneinzugsgebiet

Fläche, deren Abfluss nicht unmittelbar durch einen Pegel erfasst wird. Es kann in *mathematischen Modellen* berücksichtigt werden. Die Abflusscharakteristik wird hierbei im Regelfall durch Übertragung eines örtlich benachbarten, charakteristischen Pegels bestimmt. Der Zufluss erfolgt hierbei zumeist diffus, d. h. pro lfd. m Flussabschnitt.

Teile der Definitionen sind den folgenden Veröffentlichungen entnommen:

- DIN: DIN-Taschenbuch 211 – Wasserwesen, Begriffe, 3. Auflage, 1996
- DVWK: DVWK-Schriften 127 – Numerische Modelle von Flüssen, Seen und Küstengewässern, 1999