

UNIVERSITÄT OSNABRÜCK



DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Masterarbeit

„Flut kontrollieren – Flut integrieren“

„Der Wandel zu einem integrativen und adaptiven Hochwassermanagement und die Rolle von Ökosystemleistungen am Beispiel des Rheins“

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science“ (M. Sc.)

Autor: Fabian Thomas, B. Sc.

Matrikelnr.: 934400

Studiengang „Umweltsysteme & Ressourcenmanagement“

Betreuer: Dr. rer. nat. Kathrin Knüppe

Prof. Dr. phil. Claudia Pahl-Wostl

am Institut für Umweltsystemforschung an der Universität Osnabrück

Datum: Osnabrück, 22. Juli 2014

Zusammenfassung

Diskurs und Praxis im Umgang mit Wasserressourcen unterliegen im Angesicht globaler Herausforderungen wie dem Klimawandel und der fortschreitenden Degradation der Ökosysteme derzeit einem Wandel. Den bisherigen Argumenten der Nutzenmaximierung und Versorgungssicherheit wird zunehmend ein Ansatz entgegengestellt, der stärker aus einer integrierten und anpassungsorientierten Perspektive formuliert ist und Themen wie Nachhaltigkeit und Unsicherheiten einbezieht. Auch der Bereich des Hochwassermanagements ist diesem transformativen Wandel unterworfen. Es gewinnen Strategien an Bedeutung, die eine Partnerschaft mit dem Fluss ins Zentrum stellen und sich weniger durch technische Strukturen auszeichnen. Die hier vorliegende Arbeit untersucht diesen Wandel im Rahmen einer Fallstudie für das Bundesland *Nordrhein-Westfalen*. Durch eine Literaturrecherche und die Entwicklung und Anwendung einer mehrstufigen Analysestrategie wird versucht zu ermitteln, ob Anzeichen für eine Transformation der gesellschaftlichen Strukturen vorliegen. Durch die Analyse der Ausprägung von Ökosystemleistungen in den Rheinauen wird weiterhin aufgeklärt, ob ein Wandel auch Einfluss auf das Ökosystem nimmt. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen diesbezüglich folgende Schlüsse zu: (i) Normative Institutionen folgen bereits einem integrierten und adaptiven Ideal; (ii) Die supranationale Ebene agiert einerseits als Impulsgeber, andererseits unterstützt ihr Einfluss die Zementierung von bestehenden Kontrollstrukturen; (iii) Zusammen mit dem föderalen Aufbau der Bundesrepublik entsteht ein Umfeld, das transformativen Wandel auch bremsen kann; (iv) Es bestehen weiterhin Konflikte und Abhängigkeiten im Bereich der Landnutzung, die einen Wandel auf der Maßnahmenebene verzögern; (v) Insgesamt bleiben die Rheinauen strukturell und funktional beeinträchtigt, sodass regulierende und unterstützende Ökosystemleistungen in ihrer Ausprägung gemindert sind.

Abstract

Global climate change and the decline of vital ecosystem functions put an unprecedented pressure on human strategies of resource management. Therefore, in the field of water management, a transformative change towards integrated and adaptive governance and management paradigms can be observed. In terms of flood management, this leads to a shift from structural flood protection measures towards a proactive and wetland-based approach. This master thesis examines a case study for *North Rhine-Westphalia*, a federal state of Germany. It tries to investigate whether such a transition is taking place and how it is affecting the condition of related river and floodplain ecosystems. For this purpose, based on a previous document research, a multi-stage analytical framework is developed and applied to relevant data. To measure the status of vital ecosystem functions in the floodplains of the Rhine, the concept of ecosystem services is used. The results of this study can be summarized as follows: (i) Normative institutions have undergone a fundamental change and incorporate the principles of integration and adaptation; (ii) The supranational level is both a point of origin of normative change as well as an inhibitor in terms of decentralization and multi-level interactions; (iii) Combined with the organization of the German federal states, an environment that may delay or even inhibit transformative change to some degree is prevailing; (iv) Additionally, different dependencies and conflicts with the field of land use prevent a shift regarding the reactivation of wetlands; (v) As a consequence, the floodplains of the Rhine are structurally and functionally compromised. Regulating as well as supporting ecosystem services are severely affected.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	01
1.1 Definition relevanter Begriffe	01
1.2 Vorstellung des weiteren Themenfeldes	02
1.3 Eingrenzung des Studienthemas	04
1.3.1 Hochwasser	04
1.3.2 Hochwassermanagement	05
1.4 Studienfokus und Aufbau	07
2. Methodik	10
2.1 Fallstudienforschung	10
2.2 Literatur- & Datenrecherche	10
3. Analytische Grundlagen	12
3.1 Das „Management & Transition Framework“	12
3.2 Analyse des Hochwassersektors	15
3.2.1 Analyse des Governanceregimes	15
3.2.2 Analyse des normativen Rahmens	16
3.2.3 Analyse der Maßnahmenebene	19
3.3 Analyse des ökologischen Regimes	21
3.3.1 Ökosystemleistungen	21
3.3.2 Ökosystemleistungen in Flussauen	23
3.3.3 Analyse der Ökosystemleistungen	25
3.3.4 Abschätzung der zukünftigen Entwicklung	27
4. Vorstellung der Fallstudie	29
4.1 Das Bundesland Nordrhein-Westfalen und das Einzugsgebiet Niederrhein	29
4.2 Entwicklung des Hochwassersektors seit 1990	32
4.2.1 Ausgangslage zu Beginn der 1990er Jahre	32
4.2.2 Die Hochwasserereignisse 1993 und 1995 und ihre Folgen	32
4.2.3 Die WRRL und das Hochwasser von 2002	33

4.2.4 Die HWRM-RL und eine neue Gesetzgebungsära in Deutschland	34
4.2.5 Ausgewählte Managementmaßnahmen am Rheinhauptlauf	34
5. Ergebnisse	36
5.1 Ergebnisse der Analyse des Hochwassersektors	36
5.1.1 Das Governanceregime in NRW	36
5.1.2 Der normative Rahmen in NRW	37
5.1.3 Die Maßnahmenebene in NRW	39
5.2 Ergebnisse der Analyse der Ökosystemleistungen	41
5.2.1 Zustand der Ökosystemleistungen in den Rheinauen	41
5.2.2 Ausblick auf die Entwicklung der Ökosystemleistungen bis 2020	45
6. Diskussion	47
6.1 Der Hochwassersektor in NRW	47
6.1.1 Das Governanceregime	47
6.1.2 Der normative Rahmen	48
6.1.3 Die Maßnahmenebene	48
6.2 Das ökologische Regime des Rheinhauptlaufs	50
6.2.1 Der Zustand der Ökosystemleistungen	50
6.2.2 Ausblick bis 2020	50
6.3 Überprüfung der Forschungshypothese	51
6.3.1 Der Wandel zu einem integrativen und adaptiven Hochwassermanagement	51
6.3.2 Der Einfluss auf das ökologische Regime	51
6.4 Fazit	53
7. Methodenkritik	54
8. Literaturverzeichnis	55

Abbildungsverzeichnis

Nr.	Titel	Seite
1	Abgewandeltes Klassendiagramm des MTF ohne Klassenattribute	12
2	Zusammenhang zwischen Ökosystemleistungen, -funktionen, -prozessen und den Umweltvariablen am Beispiel der Wasserreinhaltung	22
3	Übersicht zur räumlichen Ausdehnung des Fließgewässerökosystems Rhein und seiner Teileinzugsgebiete	31
4	Übersicht der für den Hochwassersektor relevanten Institutionen und deren Beziehungen untereinander	35

Tabellenverzeichnis

Nr.	Titel	Seite
1	Stilisierte Gegenüberstellung zweier idealtypischer Regime in Wassersystemen	03
2	Stilisierte Gegenüberstellung zweier idealtypischer Regime im Hochwassersektor	07
3	Klassenbeschreibungen des MTF mit Attributen und Beispielen	14
4	Begrifflichkeiten zur Charakterisierung von Governancestrukturen	15
5	Indikatoren zur Erfassung der vertikalen Integration	16
6	Übersicht zu den konzeptuellen Grundpfeilern eines integrativen und adaptiven Hochwassermanagements aus Sicht der Wissenschaft	17
7	Indikatoren zur Bewertung der normativen Institutionen	19
8	Indikatoren zur Bewertung der Maßnahmenebene	20
9	Indikatoren zur Bewertung der Ökosystemleistungen	25
10	Bewertungsskala für den Zustand der Ökosystemleistungen	27
11	Aspekte zur Berücksichtigung der potenziellen Entwicklung der Ökosystemleistungen bis 2020	28
12	Gewässerdaten des EZG Niederrhein	30
13	Ergebnisse für die Analyse der Hochwassergovernance in NRW	36
14	Ergebnisse für die Analyse des normativen Rahmens des Hochwassermanagements in NRW	39
15	Ergebnisse für die Analyse der Maßnahmenebene in NRW. Teil I: Struktureller und ökologischer Hochwasserschutz	40
16	Ergebnisse für die Analyse der Maßnahmenebene in NRW. Teil II: Nichtstruktureller Hochwasserschutz	41
17	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Getreide herangezogenen Indikatoren	42
18	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Fisch herangezogenen Indikatoren	42

19	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Wasserreinhaltung herangezogenen Indikatoren	43
20	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Hochwasserschutz herangezogenen Indikatoren	43
21	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Klimaregulation herangezogenen Indikatoren	44
22	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Erholung herangezogenen Indikatoren	44
23	Übersicht und Einstufung der zur Bewertung der ÖSL Habitat herangezogenen Indikatoren	44
24	Künftige Entwicklungen im Hochwassersektor mit potenziellem Einfluss auf die Ökosystemleistungen. Teil I: Natürlicher und technischer Schutz	46
25	Künftige Entwicklungen im Hochwassersektor mit potenziellem Einfluss auf die Ökosystemleistungen. Teil II: Ökologische Verbesserung bestehender Auen durch die WRRL	46

Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgruppe	IRMA	INTERREG Rhein-Maas Aktivitäten
APHW	Aktionsplan Hochwasser	IWRM	Integriertes Wasserressourcenmanagement
ASG	Interaktionskontext der Hochwasser-governance	KNEF	Konzept zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern
ASM	Interaktionskontext des Hochwassermanagements	LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
AT	Österreich	LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
AWM	Adaptives Wassermanagement	LG	Landschaftsgesetz
B	Belgien	LI	Lichtenstein
BI	Bürgerinitiative	LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz	LSG	Landschaftsschutzgebiet
BR	Bezirksregierung	LUA	Landesumweltamt
CH	Schweiz	LUX	Luxemburg
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft	LWG	Landeswassergesetz
DRV	Deichrückverlegung	MKULNV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
EEB	European Environmental Bureau	MTF	Management & Transition Framework
EFAS	European Flood Alert System	MUNLV	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
EFTA	European Free Trade Association	MURL	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft
EU	Europäische Union	NBS	Nationale Biodiversitätsstrategie
EWA	European Water Association	NGO	Nichtregierungsorganisation
EZG	(Fluss-)Einzugsgebiet	NL	Niederlande
FFH	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie	NRW	Nordrhein-Westfalen
FGE	Flussgebietseinheit	NSG	Naturschutzgebiet
FR	Frankreich	ÖSL	Ökosystemleistung
GER	Deutschland	OW	Operationelle Wirkung
HWM	Hochwassermanagement	RB	Regierungsbezirk
HWRM	Hochwasserrisikomanagement	RL	Richtlinie
HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie	RMK	Rheinministerkonferenz
HWS	Hochwasserschutz	SES	Sozialökologisches System
HWSAP	Hochwasserschutz-Aktionsprogramm	StUA	Staatliches Umweltamt
HWSG	Hochwasserschutzgesetz	ÜSG	Überschwemmungsgebiet
HWSK	Hochwasserschutzkonzept	VSG	Vogelschutzgebiet
HWSP	Hochwasserschutzprogramm	W	Wissen
I	Institution	WHG	Wasserhaushaltsgesetz
IFM	Integriertes Flutmanagement	WKG	Wasserkörpergruppe
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe	WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins	WWF	World Wide Fund For Nature

Danksagung

Jede Masterarbeit trägt die Handschrift ihres Autors und doch ist sie niemals die Arbeit eines Einzelnen. Allen Menschen, die mich bei der Bearbeitung dieser Arbeit unterstützt haben, ist diese Seite gewidmet. Ich hoffe ich kann mich zu gegebener Zeit bei ihnen allen dafür erkenntlich zeigen. Mindestens möchte ich mich an dieser Stelle bei ihnen allen bedanken.

An erster Stelle möchte ich Prof. Dr. Claudia Pahl-Wostl und Dr. Kathrin Knüppe nennen. Sie haben mein Interesse am Thema geweckt, mir diese Arbeit überhaupt ermöglicht und mich schließlich auch bei der Bearbeitung durch ihren Rat und ihre Geduld unterstützt.

Das ganze Institut für Umweltsystemforschung hat mir eine hervorragende Ausbildung ermöglicht, und mit all seinen Mitarbeitern, Vorlesungen und Seminaren meine persönliche Entwicklung gefördert. Besonders gilt dies für die Menschen, die gemeinsam mit mir studiert haben.

Von unschätzbarem Wert waren schließlich auch all die Menschen, die mich täglich umgeben. Da ich an dieser Stelle niemals alle aufzählen könnte, möchte ich hier darauf verzichten einzelne Personen zu nennen. Ich denke jeder kann nachvollziehen, wie wichtig Familie, Freunde und Mitbewohner für das Gelingen eines solchen Projektes sein können.

Abschließend noch ein Dank der mir besonders am Herzen liegt. Leider erfordert es ein solch umfangreiches Vorhaben auch, Abstriche zu machen. All denen, für die ich in den letzten Wochen und Monaten keine Zeit hatte, sei an dieser Stelle gesagt: Ich gelobe Besserung!

Osnabrück im Juli 2014

1 Einleitung

Dieses Kapitel führt zunächst eine Reihe von Begriffen ein, die im Rahmen dieser Studie häufiger Verwendung finden und allesamt einen systemorientierten Hintergrund haben. Es folgt die Vorstellung des Themenfeldes *Wasserressourcenmanagement* und eine Verortung dieser Studie im Bereich des *Hochwassermanagements*. Der letzte Teil erläutert die Forschungsfragen, begründet die Forschungshypothese und skizziert den Ablauf der Studie und die verwendeten Methoden. Es gilt allgemein die Konvention, dass Eigennamen stets und Fachbegriffe bis zu ihrer Erläuterung *kursiv* gehalten werden (gilt nicht für Abkürzungen).

1.1 Definition relevanter Begriffe

Der Begriff *Wassersystem* beschreibt die systematische und modellhafte Abbildung aller mit der Nutzung der Ressource Wasser durch den Menschen verbundenen Strukturen, Prozesse und Zusammenhänge. Es handelt sich per Definition um ein *sozialökologisches System* (SES – engl. *social-ecological system*) (Berkes & Folke 1998). Der gesellschaftliche Teil des Systems (auch *soziales System*, *soziale Sphäre*) beinhaltet alle Akteure, Institutionen, Interaktionen und Erkenntnisse, die den Umgang mit der Ressource Wasser aus Sicht des Menschen charakterisieren. Der ökologische Teil des Systems (auch *Ökosystem*, *Ökosphäre*) repräsentiert die im Rahmen der Ressourcennutzung involvierten Ökosysteme. In dieser Studie ist der ökologische Rahmen durch ein *Flusseinzugsgebiet* (EZG) gegeben. Beide Teilsysteme sind fest miteinander verbunden und üben wechselseitig Einfluss aufeinander aus (Folke et al. 2003). Sie bilden gemeinsam ein *komplex-adaptives System*, dessen Verhalten sich nicht anhand der Einzelteile erklären lässt, sondern wesentlich durch Wechselwirkungen der Elemente untereinander und Einflüsse von außen bestimmt wird (Pahl-Wostl 2007b).

Die soziale Sphäre lässt sich in die Bereiche *Governance* (engl. *Regierung* oder *Steuerung*) und *Management* unterteilen. Ersterer beinhaltet die Formulierung und Implementierung von Richtlinien, unterhalb derer das eigentliche Management operiert; während Zweiterer alle Strukturen und Prozesse umfasst, die direkt mit der Nutzung der Ressource in Verbindung stehen (Pahl-Wostl 2009). Hierzu zählen beispielsweise die Überwachung der Ökosysteme oder die Maßnahmenentwicklung und deren Umsetzung.

Der Begriff *Regime* bezeichnet die komplexe Gesamtheit aller strukturellen Elemente (z.B. Technologien, Akteure, Institutionen, Landschaften, etc.) und Prozesse (z.B. Managementpraktiken, Informationsflüsse, Ökosystemprozesse), die für das Funktionieren des Wassersystems zum betrachteten Zeitpunkt essentiell sind (Pahl-Wostl 2009). Äquivalent bezeichnen die Ausdrücke *ökologisches Regime*, *Governanceregime* und *Managementregime* die Summen der repräsentativen Elemente und Prozesse innerhalb der jeweiligen Teilsysteme. Das *soziale Regime* (bestehend aus Governance- und Managementregime) wird als *Wassersektor* bezeichnet. Der *Hochwassersektor* ist ein Teilbereich des Wassersektors und beschreibt denjenigen Ausschnitt des sozialen Systems, der für den Umgang mit dem Phänomen Hochwasser verantwortlich ist.

Ein Regime ist zwar stabil, aber niemals statisch und stets einer dynamischen Veränderung unterworfen (Scheffer 2009). Als *Transformation* (auch *Regime Shift*) bezeichnet man die kontinuierliche oder abrupte, aber stets dauerhafte Veränderung eines Regimes, bei der sich wesentliche strukturelle Eigenschaften verändern (Pahl-Wostl 2009, Scheffer 2009, Scheffer et al. 2001). Sie kann sowohl durch interne Auslöser als auch durch externe Treiber hervorgerufen werden (Scheffer 2009, Folke et al.

2004). Als *Resilienz* bezeichnet man in diesem Zusammenhang die Fähigkeit eines Systems, sein aktuelles Regime aufrechtzuerhalten (**Walker et al. 2004, Holling 1973**). Ein wichtiger Mechanismus ist hier die *Adaption*, die Anpassung an wechselnde Rahmenbedingungen durch die Veränderung einzelner Prozesse. Ökologische Systeme weisen in ihrem natürlichen Zustand von sich aus eine hohe Resilienz auf, während in sozialen Systemen eine solche durch die Akteure geschaffen werden muss (**Scheffer 2009**). Ein Maß für diese Fähigkeit ist die *Adaptabilität*. Mit der *Transformativität* wird hingegen das Potenzial gemessen, ob die Akteure als Antwort auf veränderte Rahmenbedingungen das Regime auch strukturell verändern können. Zusammenfassend definiert Pahl-Wostl (**2009**) die *adaptive Kapazität* als ein Maß für die Befähigung komplexer Ressourcensysteme, als Antwort auf vollzogene oder erwartete Veränderungen der natürlichen oder gesellschaftlichen Umgebung, einzelne Prozesse anzupassen (Adaption) und falls nötig strukturelle Veränderungen herbeizuführen (Transformation).

1.2 Vorstellung des weiteren Themenfeldes

Wasser ist eine natürliche Ressource deren Bedeutung für den Menschen nur schwer zu überschätzen ist (**MA 2005b**). Fast alle unserer Lebensbereiche stehen direkt oder indirekt mit der Nutzung dieser Ressource in Verbindung. Jeder einzelne Mensch ist ultimativ auf den Zugang zu Wasser angewiesen. Aus diesem Grund ist der Wassersektor vieler Staaten traditionell durch ein Regime gekennzeichnet, das versucht die größtmögliche Kontrolle auf das Wassersystem auszuüben und es auf die Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse zu optimieren (**Pahl-Wostl 2007a**). Governance und Management sind dabei sektoral ausgerichtet, hierarchisch und zentral organisiert und operieren eher reaktiv (**Molle 2009**). Technische und infrastrukturbasierte Lösungen stellen das Mittel der Wahl dar, um eine möglichst reibungslose Bereitstellung der Ressource zu garantieren und eine langfristige Versorgungssicherheit herzustellen (**Gleick 2000**). Dieser Ansatz ermöglichte in der Vergangenheit eine stetige Verbesserung der Nutzungseffizienz und des Ressourcenoutputs, sodass das einsetzende Bevölkerungswachstum innerhalb der menschlichen Gesellschaft unterstützt werden konnte. Aus heutiger Perspektive jedoch, erscheint ein solches Kontrollregime nachteilhaft. Die einseitige Optimierungsstrategie und die fragmentierten Steuerungsprozesse werden der komplex-adaptiven Natur der Wassersysteme nicht gerecht und beeinträchtigen die Prozesse innerhalb der Ökosphäre (**Rogers & Hall 2003**). Es kommt zu einem Verlust ihrer Resilienz, sodass das Eintreten nachteiliger Transformationsprozesse begünstigt wird (**Folke et al. 2002, 2004**). Diesen Prozess nehmen die Menschen als fortschreitende Degradation der Ökosysteme wahr, die langfristig mit einer Verringerung des Ressourcenoutputs und dem Verlust wichtiger *Ökosystemfunktionen* einhergeht (**Vörösmarty et al. 2010, Foley et al. 2005, Crutzen 2002, Vitousek et al. 1997**). Ein weiterer Schwachpunkt des Kontrollansatzes sind die zur Planung der Maßnahmen benötigten Vorhersagen über das künftige Systemverhalten. Hier verdeutlicht beispielsweise der Diskurs zum Klimawandel, dass es den Menschen an Wissen fehlt, um ausreichend sichere Vorhersagen überhaupt treffen zu können (**IPCC 2014, Pahl-Wostl 2007c**). Komplex-adaptive Systeme generieren auf verschiedene Arten *Unsicherheiten*, deren Bewältigung ein hohes Maß an adaptiver Kapazität erfordert und die sich einer Kontrolle in den meisten Fällen entziehen (**Pahl-Wostl et al. 2007a**). Aus diesem Grund verfehlen Kontrollregime ihre Ziele häufig dann, wenn unvorhersehbarer Wandel zu viel Einfluss ausübt.

Als Antwort auf diese Erkenntnisse und nicht zuletzt aufgrund starker Argumente aus den Reihen der wissenschaftlichen Gemeinschaft (**IPCC 2014, MA 2005a**), zeichnet sich langsam ein Umdenken im Umgang mit der Ressource Wasser ab. Es wird versucht einen Transformationsprozess anzustoßen, der zu einem weniger kontrollorientierten Ansatz führen soll. Ein konzeptueller Grundstein dafür wurde Anfang der 90er Jahre mit der Vorstellung des *Integrierten Wasserressourcenmanagements*

Einleitung

(IWRM) (GWP 2000) auf den Umweltkonferenzen in Dublin und Rio de Janeiro gelegt. IWRM nimmt eine holistische Perspektive ein und will dadurch der komplex-adaptiven Natur der Wassersysteme gerecht werden. Dafür sieht es beispielsweise die Etablierung eines sektor- und skalenübergreifenden Handlungsrahmens oder die verstärkte Berücksichtigung natürlicher Belange vor. Die bisher strikt getrennten Bereiche der Wassernutzung und die Schnittstellen mit der Nutzung anderer natürlicher Ressourcen sollen gemeinsam – integriert – betrachtet werden. Biswas (2004) listet bis zu 35 Elemente auf, die nach diesem Konzept in einer solchen, integrierten Herangehensweise Berücksichtigung finden sollten. IWRM liefert jedoch weder konkrete Handlungsanleitungen noch bietet es Ansätze zum Umgang mit Unsicherheiten, sodass viele Autoren eine praktische Anwendbarkeit bezweifeln (Kluge 2005, Lankford & Cour 2005, Medema & Jeffrey 2005, Bouwer 2000). Mit dem *adaptiven Wassermanagement* (AWM) (Pahl-Wostl & Sendzimir 2005, Pahl-Wostl 2007a) existiert heute ein erweiterter Ansatz, der über das Prinzip der Integration hinausgeht. Er ist stark durch Erkenntnisse bezüglich sozialer Netzwerke (Folke et al. 2005), informeller Akteure (Ostrom et al. 2006) und sozialer Lernprozesse (Pahl-Wostl 2009, Pahl-Wostl et al. 2007a, 2007b) geprägt. Den Kern des Konzeptes bildet die Überlegung, dass die adaptive Kapazität eines Wassersystems wesentlich durch Lernprozesse beeinflusst werden kann. Das Lernen soll beim AWM als iterativer Prozess in das Management eingebunden werden, der stetig aus erfolgten Handlungen Wissen ableitet und dieses für die Planung zukünftiger Handlungen heranzieht. So kann durch Anstoßen positiver Wandlungsprozesse sowohl dem Problem der Nachhaltigkeit als auch den Unsicherheiten komplex-adaptiver Systeme begegnet werden. Beachtet werden muss dabei die Tatsache, dass relevantes Wissen auf multiplen räumlichen und hierarchischen Skalen und sowohl in formellen als auch informellen Umgebungen gewonnen wird. Ein im Sinne des AWM geformtes Regime versucht ein möglichst attraktives Umfeld für solche Lernprozesse zu schaffen. Dazu fördert es über die Defragmentierung der Steuerungs- und Handlungsebenen hinaus auch deren Vernetzung und versucht Wissen möglichst umfassend zu gewinnen und verteilen.

Tabelle 1 stellt die beiden beschriebenen Regime gegenüber und liefert eine Übersicht ihrer wesentlichen Merkmale. An dieser Stelle soll ausdrücklich erwähnt werden, dass es sich um idealisierte Vorstellungen handelt, die in ihrer Reinform nicht oder nur selten in der Realität zu finden sind. Vielmehr zeichnet sich jede Region, jeder Staat oder jedes Einzugsgebiet durch eine individuelle Kombination der Merkmale aus (Kuks 2005). Das Regime der Integration und Adaption muss als wissenschaftlich untermauerte Zielvorstellung gelten, die am Ende eines langwierigen Prozesses steht, der auch mit dem Umbau anderer Bereiche der sozialen Sphäre einhergehen muss (z.B. Management von Land- und Energieressourcen, Wachstumsmaxime, etc.).

Tabelle 1. Stilisierte Gegenüberstellung zweier idealtypischer Regime in Wassersystemen (verändert nach Pahl-Wostl et al. 2007a).

Regime des Wassersystems	Kontrolle & Vorhersage	Integration & Adaption
Governanceregime	Zentral, hierarchisch, wenig Partizipationsmöglichkeiten	Polyzentral, horizontal, viele Partizipationsmöglichkeiten
Managementregime	Sektorale Trennung, fragmentierte Handlungsebenen, einseitiger Informationsfluss, massive Infrastruktur, Kostenreduktion, verwertungsorientiert	Intersektoral, multiple Handlungsebenen, einzugsgebietsbezogen, umfassender Informationsfluss, dezentrale und angemessene Infrastruktur, Risikomanagement, nachhaltig
Ökologisches Regime	Optimiert auf die Bedürfnisbefriedigung, geringe Diversität (Leistungen, Arten, Habitat)	Optimiert auf Langfristigkeit und Widerstandsfähigkeit, hohe Diversität (Leistungen, Arten, Habitat)

Einleitung

1.3 Eingrenzung des Studienthemas

Diese Studie legt ihren Fokus auf einen einzelnen Ausschnitt des Wassersektors und die ihm innewohnende Ausprägung des in Kapitel 1.2 beschriebenen Transformationsprozesses. Der Hochwassersektor definiert durch seine Institutionen und Handlungsmaxime, in welcher Weise der Mensch dem Phänomen *Hochwasser* begegnet. Er ist mit den meisten anderen Bereichen der Wassernutzung eng verzahnt. Oberste Priorität hat der Schutz des Menschen vor den potenziellen Auswirkungen auftretender Hochwasserereignisse.

1.3.1 Hochwasser

Unter dem Begriff *Hochwasser* versteht man im Allgemeinen „*die Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist*“ (EC 2007). Diese intuitive Definition verschleiert jedoch, dass Hochwasser und die daraus resultierenden Überflutungen, natürliche und damit „normale“ Prozesse darstellen (Grünewald 2005). Innerhalb der für diese Studie relevanten *Fließgewässerökosysteme* vollziehen sie sich in regelmäßigen Abständen und in unterschiedlicher Intensität (Poff et al. 1997). Dynamische Abflussverhältnisse sind die treibende Kraft vieler Prozesse innerhalb der Ökosysteme (Junk et al. 1989). Sie sind ein wesentlicher Grund für den natürlichen Reichtum innerhalb der Flüsse und ihrer Auen:

- Hochwasser steigert die Produktivität des Gewässers (Welcomme 1979, Bayley 1988) und der Flussauen (Mitsch & Gosselink 2000, Junk et al. 1989)
- Hochwasser fördert die Erneuerung des Grundwassers (Patt 2005)
- Hochwasser erhöht die Strukturdiversität im Gewässer und innerhalb der Flussauen (Patt 2005, Jungwirth 1981)
- Hochwasser erhöht die Biodiversität im Gewässer (Fausch & Bestgren 1997, Bayley 1995, Taylor & Miller 1990, Gale 1986) und in den Flussauen (WBGU 1997, Sommer 1985)
- Hochwasser begünstigt das Entstehen von Schadstoffsenken in den Flussauen (Mitsch 1994, Dugan 1993)
- Hochwasser ermöglicht eine dynamische Längs- und Quervernetzung innerhalb des Fließgewässers (Minshall et al. 1985, Vannote et al. 1980)

Ihre zerstörerischen Eigenschaften entwickeln Flutereignisse durch anthropogenes Wirken. Erst das Siedeln und Wirtschaften in überflutungsgefährdeten Gebieten ermöglicht, dass der Mensch mit dem Hochwasser in Berührung kommt. Ausbaumaßnahmen und Hochwasserschutzeinrichtungen verringern zwar die Häufigkeit, verstärken aber die Dimension und das Schadenspotenzial der einzelnen Ereignisse (Deutsch 2007, Sartor 2001, Williams 1998). Es bietet sich daher an, eine gewässer- und ereignisspezifische Definition anzuwenden: „[Hochwasser ist die] *zeitlich begrenzte Anschwellung in einem oberirdischen Gewässer, die einen bestimmten, von der Aussage abhängigen Wert, überschreitet*.“ (DIN 1991). Hier wird deutlich, dass der Titel „*Hochwasser*“ für hohe Wasserstände eines Fließgewässers auch davon abhängt, ob Menschen betroffen sind bzw. Schutzmaßnahmen existieren oder ob die natürliche Umgebung einen Abfluss bzw. eine Speicherung des Wassers ermöglichen kann.

Zu den wesentlichen natürlichen Faktoren bei der Entstehung von Hochwasser zählen neben den hydrometeorologischen Bedingungen die Gebiets- und Gewässerparameter. Zunächst ist entscheidend, wie viel Wasser in welcher räumlichen und zeitlichen Verteilung auf die Oberfläche gelangt. Je nach den Oberflächeneigenschaften (sog. *Standortwasserbilanz*) kann das Wasser daraufhin entweder verdampfen, versickern, abfließen oder von Pflanzen aufgenommen werden (Dyck & Peschke 1997). Zusammen mit der Größe und Topografie des Einzugsgebietes ist die relative Ausprägung dieser Prozesse dafür verantwortlich, wie schnell das Wasser einen Gewässerlauf erreicht und zu einem Anstieg

Einleitung

des Pegels führt. Weiterhin kann sich auch ein hoher Grundwasserpegel verschärfend auf ein Hochwasserereignis auswirken.

Die anthropogenen Faktoren lassen sich drei Kategorien zuordnen: Gewässerausbau, Veränderung der Rückhaltekapazität und Veränderung der Niederschlagsregime. Der kanalartige und deichbewährte Ausbau von Gewässern verringert die Möglichkeiten des Wasserkörpers und seiner angrenzenden Auen, Wasser zu speichern (**Schoof 1980**). Zusammen mit der erhöhten Fließgeschwindigkeit führt dies zu einer Verschärfung der Hochwassersituation in flussabwärts gelegenen Gebieten. Die Verringerung der Rückhaltekapazität im Einzugsgebiet geschieht vor allem durch land- und forstwirtschaftliche Nutzung und eine voranschreitende Oberflächenversiegelung. Diese Prozesse tendieren dazu, die Standortwasserbilanz zugunsten eines höheren Abflusses zu verändern (**Katzenmaier et al. 2001, Tourbier 2001, Brun & Band 2000, Van der Ploeg 1999**). Auch Entwaldung kann zu einer Verschlechterung der Abflusssituation beitragen, wobei der Einfluss von Wäldern auf Hochwasserereignisse kontrovers diskutiert wird (**Bradshaw et al. 2007, FOA & CIFOR 2005**). Der letzte Wirkungszusammenhang – die Veränderung der Niederschlagsregime – ist bisher am wenigsten erforscht. Fest steht, dass der Klimawandel die Wahrscheinlichkeit für Hochwasserereignisse durch steigende Meeresspiegel und veränderte Niederschlagsmuster in einigen Gegenden der Welt steigert (**IPCC 2014**).

Bei den Auswirkungen von Flutereignissen auf menschliche Gesellschaften ist ein zweigeteilter Trend beobachtbar. Durch ein verbessertes Hochwassermanagement konnte in den letzten Jahren die Zahl der Toten konsequent gesenkt werden. Seither steigen jedoch die Sachschäden (**Mitchell 2003**). Allein das Junihochwasser in Zentraleuropa im Jahre 2013 verursachte einen wirtschaftlichen Schaden von 11,7 Milliarden Euro (**Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft 2014**). Der Grund für die steigenden Schäden liegt in der Tatsache, dass trotz des Wissens um die Gefahren in den hochwassergefährdeten Gebieten weiterhin Werte konzentriert werden (**Williams 1998, Farber 1993**). In den durch Deiche geschützten Bereichen kann ein „*Prozess des Vergessens*“ (**Deutsch 2007**) einsetzen, der zur Ausblendung der Risiken führt. Eine Untersuchung aus dem Jahr 2003 (**Hall et al. 2003**) bezifferte den Wert der privaten, öffentlichen und kommerziellen Liegenschaften in den Auengebieten Großbritanniens auf mehr als 150 Milliarden US\$. Doch auch Menschenleben werden weiterhin durch Flutkatastrophen in Mitleidenschaft gezogen. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren jedes Jahr mindestens 30 Millionen Menschen einer Überflutung ausgesetzt (**Mohapatra & Singh 2003**) – allein zwischen 1990 und 2000 gab es mehr als 100000 Todesopfer (**Jonkman 2005**). Wenig entwickelte Staaten und sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen leiden besonders stark unter den Folgen von Hochwasser (**Ahmad 2003**).

1.3.2 Hochwassermanagement

Äquivalent zum Wassersektor allgemein lässt sich auch im Umgang mit dem Phänomen Hochwasser ein beginnender Transformationsprozess ausmachen. Das etablierte Kontrollregime versucht die Hochwasserdynamik zu beherrschen und den Menschen vor dem Wasser zu schützen (**Deutsch 2007, Kuks 2005, Smits et al. 2000**). Realisiert wird dieses Schutzversprechen durch technische Maßnahmen (z.B. Deiche, Laufbegradigungen oder Rückhaltebecken), die strukturelle Eingriffe in den Flussauen und im Einzugsgebiet nach sich ziehen (**Grünwald 2005, Nilsson et al. 2005**). Üblicherweise orientiert sich die Planung solcher Bauten dabei an Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Hochwassersituation. Weiterhin sind Governance und Management in den Rahmen des Wassersektors eingebettet und damit räumlich wie funktional gleichermaßen fragmentiert. Nicht die ökologische Ausdehnung des Gewässers, sondern künstlich geschaffene, administrative Grenzen und Gebietskörperschaften setzen den Rahmen für Richtlinien und Maßnahmen (**Kruse 2010**). Eine geringe intersektorale und skalenübergreifende Vernetzung der Steuerungs- und Handlungsebenen verringern deren Effektivität und Wirksamkeit zusätzlich. Entstanden ist dieser Ansatz in der Zeit der Industrialisie-

Einleitung

rung, als sich im Lichte der fortschreitenden Technik ein Leitbild etablieren konnte, das den Menschen als „*Beherrscher der Natur*“ betrachtet (Samuels et al. 2006). Der stetig wachsende Land- und Regungsbedarf menschlicher Lebensräume trägt bis heute dazu bei, dass der Mensch die Auen als prioritären Lebensraum betrachtet (Niemeyer-Lüllwitz & Zucchi 1985). Hier existieren fruchtbare Böden und Raum für ausgedehnte Siedlungsflächen mit hervorragender Wasserverfügbarkeit und Transportanbindung. Eine Nutzung dieser Vorzüge muss durch die Bereitstellung technischer Schutzstrukturen, eine Umwidmung der Auenflächen und eine Veränderung der Hochwasserdynamik sozusagen „erkauft“ werden. Aus diesem Grund weist ein solches Hochwasserregime ebenso schwere Defizite in den Bereichen Nachhaltigkeit und Unsicherheiten auf, wie sein Pendant im Wassersektor. Die strukturellen Schutzmaßnahmen greifen direkt in die Geomorphologie und Hydrologie der Fließgewässerökosysteme ein und unterbinden eine Reihe wichtiger *Ökosystemprozesse* (Thomas 2013, WMO 2006a, White 1945). Das Ökosystem verliert an Diversität und degradiert, sodass sich sein Wert für den Menschen kontinuierlich verringert (WMO 2006a, MA 2005b, Zedler & Kercher 2005, Sweeney et al. 2004, Bunn & Arthington 2002, Tockner & Stanford 2002, Nilsson & Berggren 2000, Richter et al. 1997, Dugan 1993). Dieser muss verlorene Leistungen zunehmend substituieren. Langfristig gehen in der Aue sogar solche Standortfaktoren verloren, die ursprünglich zu ihrer Besiedlung beigetragen haben. Es entstehen paradoxe Situationen, in denen durch Deiche geschützte Auenböden künstlich gedüngt werden, obwohl deren Teilanbindung an die Hochwasserdynamik einen ähnlichen Effekt hätte. Nicht weniger ambivalent gestaltet sich der Bereich der Unsicherheiten. Hier werden durch die lokalen Schutzmaßnahmen und die nachfolgende Versiegelung der Auenflächen sowohl die Abflussregime des Gewässerkörpers, als auch des Oberflächenabflusses dauerhaft beeinflusst. Die Komplexität der hochwasserbestimmenden Faktoren nimmt damit flussabwärts stetig zu, sodass sich deren präzise Berechnung erschwert. Auch im Rahmen des Klimawandels werden sich aller Voraussicht nach in Zukunft die Abflussregime großer Fließgewässersysteme weiter verändern (IPCC 2014). Eine Abschätzung dieser Änderung ist nahezu unmöglich und damit ein auf technischer Infrastruktur basierender Schutz schwer realisierbar (Hutter & Schanze 2008, Merz & Thielen 2005, Weichselgartner 2002). Zwar ist der Klimawandel kein exklusives Problem der Wassersysteme, dennoch liegt ein wichtiger Wirkungszusammenhang in der Umwandlung von Feuchtgebieten (z.B. Auen) zu Flächen mit positiver CO₂-Bilanz (Mitra et al. 2005, Hoffmann & Anders 1996).

Neben diesen beiden Problemdimensionen sind es vor allem die steigenden Schäden der Hochwasserereignisse, die den gesellschaftlichen Fokus auf die Notwendigkeit eines Wandels lenken. Zumindest in der Theorie wird aus dem *Hochwasserschutz* allmählich ein integriertes und adaptives *Hochwassermanagement* (Grünewald 2005). Dieses erkennt Hochwasser als natürliches und nützliches Phänomen an und betont auch die Rolle des Menschen bei der Entstehung von Flutkatastrophen. Sendzimir (2008) spricht in diesem Zusammenhang vom „*Leben mit dem Fluss*“. Nach der World Meteorological Organization (WMO 2009) muss das Ziel sein, den Verlust von Menschenleben und Werten so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig die Effizienz der wirtschaftlichen Aktivitäten in den Auenlandschaften zu erhöhen. Als sukzessive Weiterführung der Prinzipien des IWRM, versucht auch das *Integrierte Flutmanagement* (IFM) (WMO 2009) eine holistische und auf das Einzugsgebiet bezogene Perspektive (Ramsar Convention Secretariat 2007) einzunehmen. Den umfangreichen ökologischen und gesellschaftlichen Wirkungsfaktoren wird heute mit einem Risikoansatz begegnet, der nicht ausschließlich probabilistisch orientiert ist (Merz et al. 2011, Samuels et al. 2006, Schanze 2006). Das Risiko eines Hochwasserereignisses setzt sich demnach sowohl aus der Wahrscheinlichkeit seines Eintritts, als auch aus seinem Schadenspotenzial zusammen (De Bruijn et al. 2007). Ein *Risikomanagement* kann an beiden Faktoren ansetzen und zu diesem Zweck je nach Standortbedingungen unterschiedliche Maßnahmen einbeziehen (Schuchardt et al. 2008). Gebiete mit hohem Schadenspotenzial werden zwar häufig weiterhin mit technischen Maßnahmen geschützt, dennoch lässt sich mitt-

Einleitung

lerweile ein komplementärer Einsatz von nicht-strukturellen und ökologischen Maßnahmen ausmachen (Petry 2002, Assmann 2001, Green et al. 2000). Durch vorsorgende Aktivitäten im Bereich der Raumordnung, sowie die gezielte Renaturierung der Flussauen sollen anthropogene Einflüsse (z.B. Siedlungsentwicklung) minimiert und natürliche Rückhalteflächen geschaffen werden (Opperman et al. 2009, Smith & Barchiesi 2009, BUND 2002). Unter dem Leitspruch „Raum für den Fluss“ gewinnt eine solche Inanspruchnahme der natürlichen Kapazitäten zur Hochwassermediation immer stärker an Einfluss (Rijke et al. 2012). Sie verringert sowohl das Schadenspotenzial, als auch die Eintrittswahrscheinlichkeit der Hochwasserereignisse und verbessert zusätzlich die Qualität der Fließgewässerökosysteme (WMO 2012, Geilen et al. 2004 UN 2000). Weiterhin ist ein naturnahes Abflussregime auch berechenbarer, da die Auswirkungen von Unsicherheiten weniger stark ins Gewicht fallen (Poff et al. 1997). Tabelle 2 stellt den hier skizzierten Ansatz eines idealen Hochwassermanagements dem oben beschriebenen traditionellen Ansatz gegenüber.

Viele Staaten versuchen derzeit ihren Hochwassersektor aktiv umzugestalten und befinden sich in einem Transformationsprozess unterschiedlichen Ausmaßes (Hegger et al. 2013, Becker 2009, Samuels et al. 2006, Hall et al. 2003, Mohapatra & Singh 2003, Sayers et al. 2002, Kundzewicz & Takeuchi 1999). Der Ablauf des Umschwungs und die Ausrichtung und Zusammensetzung des angestrebten Hochwassermanagements können sich von Fall zu Fall stark unterscheiden. Eine ganze Reihe von sozialen und ökologischen Faktoren kann den Wandel sowohl beschleunigen als auch bremsen (Sendzimir 2008, Kundzewicz 1999). Ein starker Interessenskonflikt besteht vielerorts mit dem Sektor der Landwirtschaft (BUND & Alsace Nature 2012), sodass eine Umwidmung der Auenflächen für den natürlichen Rückhalt auf Widerstand stoßen kann. Andererseits werden auch technische Projekte zunehmend aus den Reihen der interessierten Öffentlichkeit kritisch hinterfragt (Roth & Wagner 2007, Schlepütz 2003) und eine naturnahe Ausgestaltung der Auen stößt auf wachsendes Interesse (TNS-EMNID 2008, Fordham 1993). Ein starkes Hindernis stellen weiterhin *Pfadabhängigkeiten* in den Bereichen der Schifffahrt und Siedlungswirtschaft dar. Weder die kanalisierten Flussläufe noch die menschlichen Ballungsräume lassen sich ohne Weiteres in einen naturnahen Zustand zurückführen. Selbst wenn es gelingt den Nutzungsdruck zu verringern, dauert es oft Jahre bis ein Rückbau geplant und umgesetzt ist.

Tabelle 2. Stilisierte Gegenüberstellung zweier idealtypischer Regime im Hochwassersektor (verändert nach Kruse 2010).

Regime	Hochwasserschutz	Hochwassermanagement
Governance	Zentral, hierarchisch, wenig Partizipationsmöglichkeiten	Polyzentral, horizontal, viele Partizipationsmöglichkeiten
Management	Fragmentiert, sektorbezogen, probabilistisch, reaktiv, infrastrukturbezogen	Integriert, risikobezogen, proaktiv, naturbezogen, komplementär
Handlungsmaxime	Schutz des Menschen, Nutzbarmachung der Aue	Schutz des Menschen und der Natur, Nutzung von Synergien

1.4 Studienfokus und Aufbau

Zur Untersuchung komplexer Phänomene, wie dem im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Transformationsprozess, bietet es sich an, im Rahmen einer *Fallstudie* am Einzelfall anzusetzen (Kapitel 2.1). Durch die Analyse eines kontextabhängigen und real ablaufenden Wandlungsprozesses ist es möglich, Wissen über die tiefer liegenden Zusammenhänge zu generieren. Bei einer ausreichend großen Anzahl an Fallstudien können in begrenztem Umfang auch verallgemeinerbare Aussagen getroffen werden.

Einleitung

In dieser Studie wird mit dem Bundesland *Nordrhein-Westfalen* (NRW) bzw. dem Einzugsgebiet *Niederrhein* ein einzelnes Fallbeispiel betrachtet (Kapitel 4). Im Mittelpunkt steht die Frage, ob es einen derartigen Wandlungsprozess gibt und wie weit dieser fortgeschritten ist. Dazu wird sowohl untersucht, in welcher Umgebung Richtlinien geschaffen werden (Governance), als auch in welcher Weise integrative und adaptive Prinzipien im Bereich des eigentlichen Managements Anwendung finden. Ein zweiter Teil der Studie befasst sich zusätzlich mit der Frage, ob sich der fortschreitende Paradigmenwechsel bereits auf den Zustand des Ökosystems auswirkt. Die zu Grunde gelegte **Forschungshypothese** postuliert dabei folgenden Zusammenhang:

Der Wandel zu einem integrativen und adaptiven Hochwassermanagement in Nordrhein-Westfalen wirkt sich positiv auf das ökologische Regime des Niederrheins aus.

Untermauert werden kann diese Hypothese zunächst durch eine inhaltliche Betrachtung der idealtypischen Prinzipien der Integration und Adaption. Die starke Fokussierung auf Lernprozesse, die Handlungsmaxime der Nachhaltigkeit und eine holistische Ausgangsperspektive können eine Reihe von indirekten Effekten auf das Ökosystem ausüben. Für den Grundwassersektor deckt eine vergleichende Fallstudienanalyse bereits mehrere dieser Wirkungszusammenhänge auf (**Knüppe & Pahl-Wostl 2013**):

- Einbringung ökologischer Perspektiven in verschiedene Politikfelder
- Höhere Zielvorstellungen im Umweltschutz
- Schnellere Umsetzung von Richtlinien und Maßnahmen
- Schnellere Beilegung von Konflikten
- Erhöhung des Bewusstseins für Umweltbelange

Darüber hinaus ergibt sich durch die Konsequenzen des Paradigmenwechsels auf der Maßnahmenebene auch eine Reihe von direkten Zusammenhängen:

- Die Realisierung eines proaktiven und auf der Stärkung des natürlichen Rückhalts beruhenden Managements erfolgt entweder durch den Rückbau technischer Anlagen, die mit der Degradation des Ökosystems direkt in Verbindung stehen, oder durch den Schutz noch vorhandener Auenflächen vor struktureller Veränderung (**Thomas 2013, Opperman et al. 2009, Smith & Barchiesi 2009, WMO 2006a, Duel et al. 2002, Hey & Philippi 1995**)
- Die Abkehr vom technischen Hochwasserschutz geht Hand in Hand mit einer veränderten Sicht über den Wert der Flussauen für den Menschen und kann damit auch eine Veränderung der Nutzungsformen bewirken, beispielsweise im Bereich der Land- oder der Siedlungswirtschaft (**Duel et al. 2002**)

Zur Erlangung eines der Thematik genügenden Datengrundsatzes fußt diese Studie auf einer umfangreichen Literaturrecherche (Kapitel 2.2). Ein kleinerer Prozentsatz ist durch Datenanfragen bei repräsentativen Institutionen gewonnen worden. Ziel der Recherche war die Erlangung eines umfassenden Wissens über alle Vorgänge im Hochwassersektor des Landes NRW seit 1990. Im Sinne der Betrachtung integrativer Entwicklungen wurden dafür auch unspezifische Entwicklungen im Wassersektor allgemein berücksichtigt. Ein Kapitel dieser Arbeit gibt einen kurzen narrativen Überblick zu diesen Vorgängen und liefert dem Leser einen kontextuellen Rahmen für die anschließende Analyse und Diskussion (Kapitel 4.2).

Um die gewonnenen Daten einer vertieften Betrachtung zugänglich zu machen, wurden sie vor der eigentlichen Analyse mit Hilfe des *Management & Transition Framework* (MTF) (**Pahl-Wostl et al. 2010**) strukturiert und zueinander in Bezug gesetzt (Kapitel 3.1). Das MTF liefert eine Reihe kontextspezifischer Werkzeuge zur Analyse von Transformationsprozessen in komplexen Ressourcensysteme-

Einleitung

men und eignet sich auch zur Bearbeitung einzelner Fallbeispiele. Die in diesem Schritt gewonnenen thematischen Datenbanken sind im Anhang dieser Arbeit vollständig aufgeführt (Anhänge A, B, C).

Ausgehend von diesen Datenbanken besteht der analytische Kern der Arbeit im Entwurf und der Anwendung spezifischer Indikatoren. Die Entwicklungen im Hochwassersektor werden anhand eines dreistufigen Rahmens bewertet. Die erste Stufe erfasst das Governanceregime und beurteilt dessen *vertikale Integration* (Kapitel 3.2.1). Die zweite Stufe behandelt den normativen Rahmen unter dem das Management operiert. Hier wird überprüft, inwieweit integrative und adaptive Prinzipien ihren Weg in bestehende Gesetze und Richtlinien gefunden haben (Kapitel 3.2.2). Die letzte Stufe schließlich begibt sich auf die Ebene der Maßnahmen. Es wird untersucht, ob sich ein Paradigmenwechsel auch anhand konkreter bzw. geplanter Maßnahmenprojekte feststellen lässt (Kapitel 3.2.3). Zur Begrenzung des Studienumfangs ist dieser Teil der Analyse auf den Hauptlauf des Rheins beschränkt. Die Untersuchung des ökologischen Regimes bedient sich weiterhin dem Konzept der *Ökosystemleistungen* (ÖSL) (Kapitel 3.3.1). Diese stehen aus systemorientierter Perspektive an der Schnittstelle zwischen Mensch und Natur und ermöglichen begründete Aussagen über den Zustand des Ökosystems. In dieser Studie wird die Ausprägung sieben auentypischer ÖSL sowie potenzieller zukünftiger Entwicklungstendenzen ebenfalls nur für den Hauptlauf des Rheins untersucht (Kapitel 3.3.3, 3.3.4).

Die Ergebnisse werden in aggregierter Form in einem eigenen Kapitel (Kapitel 5) vorgestellt und im Anschluss daran umfassend diskutiert und eingeordnet (Kapitel 6). Den letzten Teil bildet ein Abschnitt mit kritischen Anmerkungen zur den verwendeten Methoden und den Limitierungen dieser Studie (Kapitel 7).

Abschließend soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass diese Studie ein Beitrag zu dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt „*WaterNeeds – How to overcome the trade-offs between human and environmental water needs in times of global change: The role of ecosystem services and hazards*“ ist. Im Rahmen dieses Projektes sollen Anforderungen an institutionelle Rahmenbedingungen und Managementansätze offengelegt werden, die eine Transformation in Richtung der nachhaltigen Bewirtschaftung von Wasserressourcen unterstützen (**WaterNeeds 2013**). Ein Fokus der Betrachtung liegt auf der Rolle von Ökosystemleistungen und Umweltgefahren. Neben der Fallstudie über den Rhein in Nordrhein-Westfalen, zu der diese Arbeit einen Teil beiträgt, sind weitere Fallstudien in den Niederlanden, Spanien, Ungarn, Südafrika, China und Australien vorgesehen.

2 Methodik

Dieses Kapitel erläutert kurz die in dieser Arbeit verwendeten wissenschaftlichen Methoden. Dabei handelt es sich neben der *Fallstudienforschung* um die Details zur Wissensbeschaffung durch Literaturrecherche und Datenanfragen.

2.1 Fallstudienforschung

Unter dem Begriff *Fallstudienforschung* versteht man die der qualitativen Sozialforschung zuzurechnende Praxis, wissenschaftliche Fragestellungen anhand von Fallbeispielen empirisch zu analysieren (**Worna 2005**). Sie steht im Gegensatz zu einem quantitativen Ansatz, der versucht allgemeingültige Erklärungen durch das Überprüfen von Hypothesen anhand einer repräsentativen Datenmenge zu entwickeln (**Stier 2013**). Das Betrachten von *Fallbeispielen* soll ermöglichen, aus den untersuchten Einzelfällen kontextabhängiges Wissen zu generieren (**Williams 2007**). Für komplexere Fragestellungen können somit theoretische Aussagen ermittelt werden, die danach der auch quantitativen Forschung als Hypothesen zugänglich sind (**Bryman 2006, Niglas 2004**). In Regel werden mehrere Fallbeispiele abgehandelt und im Nachhinein nach bestimmten Kriterien verglichen. Doch auch die Betrachtung einzelner Fälle ist möglich. Dabei muss jedoch bedacht werden, dass die ohnehin eingeschränkte Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse zusammen mit der Anzahl der Fälle weiter sinkt. Diese Tatsache und einige weitere Nachteile des Ansatzes werden innerhalb des sozialwissenschaftlichen Diskurses kontrovers thematisiert (**Flyvbjerg 2006**).

Die in dieser Arbeit abgehandelte Thematik, eignet sich aus verschiedenen Gründen für den Ansatz der Fallstudienforschung. Ressourcensysteme sind komplex-adaptive Systeme, deren Zusammenhänge nicht vollständig aufgedeckt sind. Die fokussierten Transformationsprozesse sind nicht minder komplex und ohne Präzedenzfall. Es herrscht keine Einigkeit darüber, wohin sie führen sollen, geschweige denn werden. Je nach Staat oder Region verlaufen sie anders und sie sind von einer Vielzahl gesellschaftlicher Faktoren abhängig (**Sendzimir et al. 2008, Samuels et al. 2006**). Der Ansatz am Einzelfall ermöglicht es unterschiedliche Verlaufsformen nachzuvollziehen und diese später zur Identifizierung von Gemeinsamkeiten zu vergleichen. Im Rahmen des DFG-Projektes geschieht dies anhand von sieben strategisch ausgewählten Fallstudien (**WaterNeeds 2013**). Es handelt sich um Beispiele, die sich aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften besonders für die Analyse der Thematik eignen. Für die nordrhein-westfälische Fallstudie werden diese Gründe in Kapitel 4.1 näher erläutert. Das Projekt versucht durch eine vergleichende Analyse Rahmenbedingungen zu identifizieren, die eine Transformation zu einem nachhaltigen Umgang mit Wasserressourcen unterstützen. Die hier vorliegende Arbeit leistet mit der Beschreibung und Analyse der Entwicklungsdynamik des Hochwassersektors in NRW einen Beitrag dazu. Die ursprünglich ebenfalls vorgesehene vergleichende Betrachtung einer Fallstudie in den Niederlanden ist aus zeitlichen Gründen verworfen worden.

2.2 Literatur- & Datenrecherche

Die Grundlagen, Ergebnisse und Analysen dieser Arbeit beruhen vollständig auf einer wissenschaftlichen Literatur- und Datenrecherche. Ein Großteil der verwendeten Fachliteratur wurde aus dem Internet bezogen und lediglich ein kleiner Anteil entstammt direkt aus Bibliotheken oder privatem Besitz. Alle verwendeten Quellen sind durch eine entsprechende Zitation in Autor-Jahr-Schreibweise (sog.

Harvard-Zitation) kenntlich gemacht. Bezüglich der Wissenschaftlichkeit und damit auch der Befangtheit und Wertigkeit einzelner Texte lassen sich grob drei Gruppen unterteilen. Die erste Gruppe besteht aus rein wissenschaftlich verfassten Texten. Dazu zählen Forschungsergebnisse, Kommentare und Überblicksstudien aus Fachzeitschriften, Bücher und Lehrbücher, sowie anderweitig veröffentlichte Studien. Die Befangtheit und Wertigkeit dieser Art von Quellen kann im Vergleich zu den anderen Gruppen als gering bzw. hoch eingestuft werden. Wann immer möglich, wurde Literatur aus dieser Gruppe verwendet. Einige der zitierten Dokumente lassen sich jedoch einer zweiten Gruppe zuordnen. Es handelt sich dabei um offizielle Veröffentlichungen aus den Bereichen Politik, Wasserwirtschaft, Gewässerökologie und Hochwasserschutz. Dazu zählen unter anderem Gesetztestexte, Verordnungen, Verträge, Stellungnahmen, Projektpapiere, Gutachten und Verlaufsberichte. In der Regel weisen auch die Dokumente dieser Gruppe eine hohe Wertigkeit auf, jedoch kann bei einigen Publikationen eine Beeinträchtigung der Befangtheit nicht ganz ausgeschlossen werden. In solchen Fällen wurde besonders darauf geachtet, den Kontext und die Glaubwürdigkeit der Quellen mit einzubeziehen. In der letzten Gruppe sind die übrigen Materialien zusammengefasst, etwa Broschüren, Zeitungsartikel oder Texte, die auf Internetseiten veröffentlicht wurden. Neben einer geringeren wissenschaftlichen Wertigkeit und einer stärkeren Befangtheit ist hier vor allem der statische Zugang nicht immer gesichert, sodass nur selten auf diese Art von Quellen zurückgegriffen wurde.

Für die indikatorbasierten Analysen dieser Arbeit wurde aus den relevanten Publikationen eine größere Menge an Daten zum Gewässerzustand und der Ausprägung des Hochwassermanagements extrahiert. Es handelt sich beispielsweise um Statistiken zur Flächennutzung, zum Ausbaugrad oder Überwachungsdaten aus dem Bereich der Gewässerökologie. Auch hier wurde auf eine exakte Angabe der Quellen geachtet und inkonsistente oder inkompatible Datensätze nach Möglichkeit nicht verwendet. Fehlende oder unvollständige Angaben sind – falls möglich – durch offizielle Anfragen bei Behörden oder Verbänden komplettiert worden.

3 Analytische Grundlagen

Dieses Kapitel erläutert in welcher Weise die im Rahmen der Literaturrecherche gewonnenen Daten verarbeitet und bewertet worden sind. Den Einstieg macht eine Erläuterung des *Management & Transition Framework*, mit dessen Hilfe die Daten strukturiert und indiziert wurden. Es folgt jeweils ein Abschnitt zur Analyse des Hochwassersektors und des ökologischen Regimes.

3.1 Das „Management & Transition Framework“

Das *Management & Transition Framework* (MTF) ist ein Werkzeug zur Analyse von Transformationsprozessen innerhalb komplexer Ressourcensysteme (**Pahl-Wostl et al 2010, Knieper et al. 2010**). Prinzipiell lässt sich mit seiner Hilfe jede Konstellation komplexer Governance- und Managementregime abbilden und untersuchen. Zu diesem Zweck liefert es eine Reihe von formellen und standardisierten Methoden zur kontextabhängigen Datenerhebung. Es eignet sich daher insbesondere für einen Einsatz in der empirischen Fallstudienforschung. Daten können mit Hilfe des MTF zunächst klassifiziert sowie attribuiert, und durch eine entsprechende Indizierung auch zueinander in Bezug gesetzt werden. Das Klassifizierungsschema und die Attribuoierungsoptionen sind modular aufgebaut und können an die Anforderungen einzelner Studien angepasst werden. Es entstehen eine oder mehrere Datenbanken die sich beliebig an die jeweilige Forschungsfrage anpassen lassen. Durch einfache oder komplexere Abfragen können auch neue Daten generiert werden. Konzeptionell fußt das MTF einerseits auf Überlegungen von Elinor Ostrom zur Rolle von Institutionen bei kollektiven Entscheidungsprozessen (**Ostrom 2005**), andererseits auch auf den Grundlagen eines integrierten und adaptiven Wassermanagements (**Pahl-Wostl 2009**).

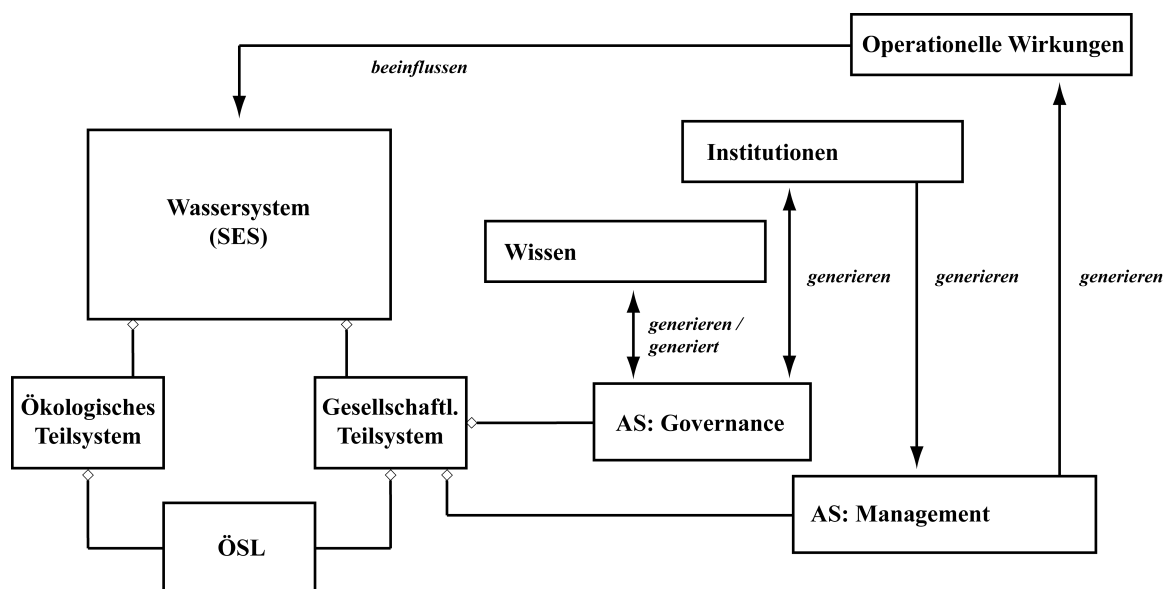


Abbildung 1. Abgewandeltes Klassendiagramm des MTF ohne Klassenattribute (verändert nach **Knüppe & Pahl-Wostl 2013, Pahl-Wostl et al. 2010**). Die Pfeile indizieren uni- bzw. bidirektionale Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen; die Raute symbolisiert eine Aggregation. Das Wassersystem besitzt ein ökologisches sowie ein gesellschaftliches Teilsystem. Beide sind durch Ökosystemleistungen miteinander verbunden (Kapitel 4.3.1). Das gesellschaftliche Teilsystem ist wesentlich durch die Interaktionskontexte (AS) geprägt. Eine AS im Bereich der Governance kann Wissen oder Institutionen hervorbringen oder aus ihnen hervorgehen. Institutionen können weiterhin AS im Bereich des Managements auslösen. Diese beeinträchtigen über ihre operationellen Wirkungen das Wassersystem als Ganzes.

Analytische Grundlagen

Die an die Bedürfnisse dieser Arbeit angepasste Version des MTF wird im Folgenden vorgestellt. Abbildung 1 zeigt eine schematische Übersicht der verwendeten Klassen und ihrer Beziehungen untereinander, während Tabelle 3 zusätzlich die gewählten Attribute einführt und Beispiele auflistet.

Den Ausgangspunkt bildet ein beliebiges Wassersystem. Dieses ist gemäß den Erläuterungen in Kapitel 1.1 als sozialökologisches System konzipiert und besitzt sowohl ein ökologisches als auch ein soziales Teilsystem. Beide Bereiche sind durch die *Ökosystemleistungen* miteinander verbunden. Nähere Erläuterungen dazu liefern die Kapitel 3.3 bzw. 3.3.1. Das MTF sieht vor, die Vorgänge innerhalb der sozialen Sphäre genauer zu kategorisieren. Jede Art der sozialen Interaktion wird als *Interaktionskontext* (AS – engl. *Action Situation*) beschrieben. Dies können beispielsweise Konferenzen, Gipfeltreffen oder Workshops sein, aber auch zeitintensivere Prozesse wie Gesetzgebungsverfahren oder Maßnahmenumsetzungen fallen unter diese Kategorie. Ein solcher Kontext kann verschiedene Resultate produzieren. Aus einer *Interaktion im Bereich der Governance* (ASG), kann entweder *Wissen* (W) gewonnen werden oder eine *Institution* (I) entstehen. Unter Wissen wird jede Art von bedeutsamen Erkenntnisgewinnen verstanden, die in irgendeiner Weise mit dem betrachteten Themengebiet in Verbindung stehen. Die Klasse der Institutionen erfasst Regelwerke, Programme, Organisationen und Entscheidungsstrukturen, die soziale Praktiken definieren und Akteuren dafür einen Handlungsrahmen zuweisen (**Young 2002**). Beide Klassen sind auch ihrerseits in der Lage, neue ASG zu generieren, sodass Kausalzusammenhänge durch die schrittweise Verkettung einzelner Elemente abgebildet werden können. Strukturiert man die Erkenntnisse der Literaturrecherche anhand dieses Schemas, ergibt sich aus diesem Zusammenspiel ein Abbild des Governanceregimes. Eine tiefergehende Analyse wird zusätzlich durch die Ebene der Attribute ermöglicht. Neben dem *Zeitraum* bzw. *Zeitpunkt* wurde stets die administrative Bezugsebene dokumentiert (*administrativer Rahmen*), sodass Aussagen über die Zentralisierung und Skalenabhängigkeit der Steuerungsprozesse getroffen werden können. Das Attribut *Akteure*, welches ausschließlich für die ASG erhoben wurde, ermöglicht Schlussfolgerungen über Zusammenhänge auf der Akteursebene.

Das Managementregime wird zur Verringerung der Komplexität dieser Studie nicht in der gleichen Detailtreue und aus einer anderen Perspektive betrachtet, als der Bereich der Governance. Zu diesem Zweck wurde als vereinfachende Annahme festgelegt, dass *Interaktionskontexte im Bereich des Managements* (ASM) einzig aus einer Institution hervorgehen können und ihrerseits auch nur *operationelle Wirkungen* (OW) entfalten. Diese Trennung ist artifiziell und entspricht nicht der Realität, da auch im Bereich des Managements Institutionen und Wissen generiert werden. Ebenso können operationelle Wirkungen bzw. Wissensgewinne neue Interaktionen anstoßen. Für die Ansprüche dieser Arbeit ist diese Ungenauigkeit jedoch vertretbar. Stattdessen sind die ASM hier als umfassende Projektdatenbank mit einer Vielzahl an spezifischen Attributen ausgestaltet. In dieser Datenbank befinden sich alle Projekte die seit 1990 im Bundesland NRW durchgeführt wurden bzw. werden oder in Zukunft durchgeführt werden sollen, und die im weitesten Sinne mit dem Bereich des Hochwassermanagements korrespondieren. Die Datenbank beinhaltet neben Projekten des technischen Hochwasserschutzes und Maßnahmen zur Auenrenaturierung auch eine Reihe von Anstrengungen aus dem Bereich des nicht-strukturellen Hochwasserschutzes. Die letzte Klasse des MTF, die operationellen Wirkungen, soll eigentlich die messbaren Effekte auf das Wassersystem abbilden. Da eine Quantifizierung der Effekte einzelner oder gebündelter Maßnahmen nahezu unmöglich ist, wurde stattdessen ein qualitativer Ansatz gewählt. Dieser erfasst den *operationellen Status* des Wassersystems aus heutiger Sicht. Die entsprechende Datenbank beinhaltet unter anderem Informationen zum Ausbaustatus des Gewässers, zu den Landnutzungsformen in der Aue oder über Möglichkeiten der Vorhersage von Hochwasserereignissen.

Analytische Grundlagen

Tabelle 3. Klassenbeschreibungen des MTF mit Attributen und Beispielen (nach **Pahl-Wostl et al. 2010**).

Name	Beschreibung	Beispiele	Attribute	Beispiele
Wassersystem	Siehe Kapitel 1.1	Das Bundesland NRW und das Fließgewässerökosystem Rhein	Adaptive Kapazität Wasserregime	-
Ökol. Teilsystem	Siehe Kapitel 1.1	Das Fließgewässerökosystem Rhein	Ökol. Regime Resilienz	-
Soz. Teilsystem	Siehe Kapitel 1.1	Das Bundesland NRW	Governanceregime Managementregime Adaptabilität Transformativität	-
Ökosystemleistung	Siehe Kapitel 3.3.1	Getreide Klimaregulation Hochwasserschutz	Beteiligte Ökosystemfunktionen Beteiligte Ökosystemprozesse	Schadstoffrückhalt Stickstofffixierung
Interaktionskontext im Bereich der Governance (ASG)	Soziale Interaktion mit einem klar definierten Ergebnis und Bezug zur Governanceebene	Konferenz Workshop Legislativprozess	Zeitraum Akteure Admin. Rahmen	2002-2004 EU, IKSR National
Institution (I)	Satz von Regeln, Entscheidungsstrukturen oder Programmen, der soziale Praktiken definiert und Akteuren Rollen zuweist	Gesetz Organisation Konzeptplanung	Zeitraum Admin. Rahmen	1990 National
Wissen (W)	Bedeutungsvolle Informationen oder Erfahrungen der Akteure	Forschungsergebnis Gutachten		
Interaktionskontext im Bereich des Managements (ASM)	Soziale Interaktion mit direkter Wirkung auf das Wassersystem	Ausweisung eines Schutzgebietes, Bau eines Deichs	Organisiert als Projektdatenbank mit spezifischen Attributen	-
Operationelle Wirkung (OW)	Eigentlich: messbare Effekte im Wassersystem; hier: Zustand des Wassersystems	Vorhandene Deiche Zustand der Aue Vorlauf der Hochwasservorhersage	Organisiert als Datenbank zum operationellen Status	-

Das dem Betrachtungsansatz ein Wassersystem und kein enger gefasstes Hochwassersystem zu Grunde gelegt wurde, ist der Tatsache geschuldet, dass eine strikte Trennung der Akteure, Richtlinien und Wirkungen nicht immer möglich ist. Die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse repräsentieren sicherlich mehr als den Hochwassersektor aber trotzdem nur einen Teil des Wassersektors.

Am Ende der Datenaufarbeitung mit Hilfe des MTF stehen für die weitere Bearbeitung der Studie folgende Datenbanken zur Verfügung:

- Je eine Datenbank zu den Interaktionen, Institutionen sowie Wissensgewinnen im Bereich der Governance (Anhang A)
- Eine Datenbank der Projekte im Hochwassermanagement (Anhang B)
- Eine Datenbank des operationellen Zustands (Anhang C)

3.2 Analyse des Hochwassersektors

Die Beurteilung, ob ein Transformationsprozess erkennbar ist und in welcher Art das Hochwasserregime heute in NRW ausgestaltet ist, erfolgt anhand drei unterschiedlicher Stufen. Die erste Stufe bezieht sich explizit auf den Bereich der Governance und erfasst in welchem Umfeld die Steuerungsprozesse dort ablaufen. Die zweite Stufe bewertet die normativen Vorgaben des Hochwassermanagements inhaltlich, und versucht dabei aufzudecken, inwieweit Prinzipien der Integration und Adaption hier Anwendung finden. Die dritte und letzte Stufe schließlich, begibt sich auf die Ebene der Maßnahmen. Sie versucht nachzuvollziehen, ob sich ein Paradigmenwechsel auch hier vollzieht.

3.2.1 Analyse des Governanceregimes

Im Rahmen der Einleitung wurde bereits erläutert, dass sich ein adaptives und integratives Governanceregime durch eine polyzentrale und horizontale Ausrichtung mit vielen Partizipationsmöglichkeiten auszeichnet. Im Gegensatz dazu, sprechen zentrierte und sektoral fragmentierte Regime mit wenig Partizipationsmöglichkeiten eher für den veralteten Kontrollansatz. Tabelle 4 beschreibt kurz den Bedeutungshorizont dieser Begriffe und stellt damit den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Indikatoren dar.

Tabelle 4. Begrifflichkeiten zur Charakterisierung von Governancestrukturen.

Begriff	Beschreibung	Quellen
zentral	Autorität und Verantwortung befinden sich überwiegend in der Hand eines oder einiger weniger Akteure und liegen überwiegend auf einer einzelnen administrativen Ebene. Das Gegenstück stellt die Dezentralität dar, bei der Autorität und Verantwortung auf verschiedenen administrativen Ebenen verteilt sind und tendenziell in der Hand diverser Akteure liegen.	Andersson & Ostrom 2008 Folke et al. 2005 Ostrom 2005 Smith 1985
polyzentral	Beschreibt den Zustand einer optimalen Balance zwischen Zentralisierung und Dezentralisierung. Akteure verschiedener administrativer Ebenen sind in den Entscheidungsprozess eingebunden und interagieren auf vielfältige Arten und Weisen miteinander. Nicht gemeint ist das Fehlen klarer Weisungskompetenzen, sondern eher die optimale Verteilung solcher Kompetenzen auf unterschiedlichen Ebenen bei gleichzeitiger Beteiligung möglichst aller relevanten Akteure.	
sektoral	Handlungs- und Steuerungsprozesse sind streng nach unterschiedlichen Sektoren oder Politikfeldern aufgeteilt, die eine begrenzte Menge an Schnittstellen miteinander aufweisen und oft im Interessenskonflikt zueinander stehen. Beispielhafte Sektoren sind Hochwasserschutz, Landwirtschaft, Raumordnung, Naturschutz, etc.	Pahl-Wostl 2007a GWP 2000
horizontal	Handlungs- und Steuerungsprozesse sind weniger stark fragmentiert und werden in Zusammenarbeit der für den Handlungsgegenstand relevanten Sektoren ausgeführt. Interessenskonflikte entstehen seltener und können besser gelöst werden. Es entstehen Synergieeffekte.	
partizipativ	Beschreibt das Vorhandensein aktiver oder passiver Beteiligungsmöglichkeiten für Nicht-Regierungs-Akteure. Es kann sowohl die Öffentlichkeit gemeint sein, als auch eine Beteiligung von enger gefassten Interessensgruppen, z.B. auf Verbandsebene.	Kasimir et al. 2003 Rowe & Frewer 2000

In dieser Studie soll die *vertikale Integration* der Hochwassergovernance bestimmt werden. Sie ist ein Maß dafür, inwieweit Informationen oder auch Steuerungsanweisungen zwischen den gegebenen hierarchischen Ebenen fließen können und welche bevorzugte Richtung sie dabei einnehmen (Pahl-Wostl 2009). Sie beschreibt weiterhin, wie stark die administrativen Ebenen miteinander in Verbindung stehen und zeigt auf, welches Verhältnis *Top-Down*- und *Bottom-Up*-Prozesse zueinander ein-

Analytische Grundlagen

nehmen. Eine geringe vertikale Integration ist ein Zeichen für einen hohen Grad an Zentralisierung und / oder wenige Partizipationsmöglichkeiten.

Zur Bestimmung des Ausmaßes der vertikalen Integration wurden insgesamt 10 Indikatoren gebildet. Neun davon gehören der Dimension *Konnektivität & Zentralisierung* an. Sie erfassen, in welcher Ausprägung Prozesse auf den hierarchischen Ebenen ablaufen und welche Akteure daran beteiligt sind. Es soll bestimmt werden, ob eine Zentralisierungstendenz vorliegt und wie stark und in welche Richtungen Prozesse zwischen den Ebenen ablaufen. Darüber hinaus erfasst ein Indikator für die Dimension *Partizipation* zusätzlich, wie groß die Beteiligungsmöglichkeiten für nichtstaatliche Akteure auf den einzelnen administrativen Ebenen sind. Tabelle 5 listet alle Indikatoren auf und erläutert, welcher Erkenntnisgewinn durch sie erzielt werden kann. Sämtliche Indikatoren sind als Abfragen an die Datenbanken zum Governanceregime (Anhang A) formuliert worden.

Auf die Bestimmung des Ausmaßes der sektoralen Fragmentierung mit Hilfe des Konzeptes der *horizontalen Integration* ist im Rahmen dieser Studie verzichtet worden.

Tabelle 5. Indikatoren zur Erfassung der vertikalen Integration. Die Indikatoren sind als Abfragen an die Datenbanken zum Governanceregime formuliert worden.

Dimension	Indikator	Zusammenhang
Konnektivität & Zentralisierung	Anteil der ASG einer Ebene an der Gesamtheit aller ASG.	Misst, wie Interaktionen auf die administrativen Ebenen verteilt sind.
	Anteil der Institutionen einer Ebene an der Gesamtheit aller Institutionen.	Misst, wie Institutionen auf die administrativen Ebenen verteilt sind.
	Anteil der Erkenntnisgewinne einer Ebene an der Gesamtheit aller Erkenntnisgewinne.	Misst, wie der Gewinn von Wissen auf die administrativen Ebenen verteilt ist.
	Anteil der ASG einer Ebene mit Ergebnissen auf höheren Ebenen.	Misst, wie groß der Anteil der Interaktionen auf den administrativen Ebenen ist, die Teil eines Bottom-Up-Prozesses sind.
	Anteil der ASG einer Ebene mit Ergebnissen auf niedrigeren Ebenen.	Misst, wie groß der Anteil der Interaktionen auf den administrativen Ebenen ist, die Teil eines Top-Down-Prozesses sind.
	Anteil der Institutionen einer Ebene, die ASG auf einer höheren Ebene beeinflussen.	Misst, wie groß der normative Einfluss der administrativen Ebenen auf übergeordnete Ebenen ist.
	Anteil der Institutionen einer Ebene, die ASG auf einer niedrigeren Ebene beeinflussen.	Misst, wie groß der normative Einfluss der administrativen Ebenen auf untergeordnete Ebenen ist.
	Anteil der ASG einer Ebene, an denen Akteure einer höheren Ebene beteiligt sind.	Misst, welchen direkten Einfluss Akteure einer Ebene auf Prozesse der untergeordneten Ebenen haben.
	Anteil der ASG einer Ebene, an denen Akteure einer niedrigeren Ebene beteiligt sind.	Misst, welchen direkten Einfluss Akteure einer Ebene auf Prozesse der übergeordneten Ebenen haben.
Partizipation	Anteil der ASG einer Ebene, die nichtstaatliche Akteure partizipieren lassen.	Misst das Ausmaß partizipatorischer Prozesse bezogen auf die administrativen Ebenen.

3.2.2 Analyse des normativen Rahmens

Eine wesentliche Aufgabe des Bereiches der Governance ist die Festlegung eines normativen Rahmens, unter dem das eigentliche Management operieren kann. Es werden beispielsweise Gesetze geschaffen, die Prämissen oder Ziele vorschreiben, an denen sich das Hochwassermanagement ausricht-

Analytische Grundlagen

ten soll. Sie bestimmen auch, welches Verhältnis der Hochwassersektor zu anderen Sektoren einnimmt. Zusätzlich zur Legislative nehmen weiterhin Rahmenpläne Einfluss auf die spätere Ausprägung des Managements. In ihnen wird für einen gegebenen räumlichen oder administrativen Rahmen festgelegt, welche Maßnahmen in welchem Zeitraum umgesetzt werden sollen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.

Zur Analyse dieses normativen Rahmens muss zunächst festgestellt werden, welche konkreten Gesetze und Rahmenpläne derzeit für den Hochwassersektor gültig und relevant sind. Dies soll durch eine inhaltliche Auswertung der Datenbank zu den Institutionen geschehen (Anhang A – Tabelle A2). Sind die maßgebenden Dokumente bestimmt, können diese mit Hilfe spezifischer Indikatoren inhaltlich bewertet werden. Die Kapitel 1.1, 1.2 und 1.3 haben einen ersten Eindruck vermittelt, wie ein integratives und adaptives Hochwassermanagement aussehen kann und welchen Prinzipien es folgen sollte. Darüber hinaus liefert Tabelle 6 eine etwas detaillierte Betrachtung der zentralen Konzepte eines modernen Hochwassermanagements. Sie basiert auf den Ergebnissen einer eigens zu diesem Zweck ausgeführten Literaturrecherche.

Tabelle 6. Übersicht zu den konzeptuellen Grundpfeilern eines integrativen und adaptiven Hochwassermanagements aus Sicht der Wissenschaft. Verweise zwischen den einzelnen Konzepten sind **fett** gedruckt.

Beschreibung	Zusammenhänge	Quellen
Hochwasservorsorge, Vorsorgeprinzip		
<p>Der Bedeutungshorizont des Begriffs <i>Hochwasservorsorge</i> ist nicht einheitlich festgelegt. Im weiteren Sinne beschreibt er einen Bereich menschlichen Handelns, der versucht, das Eintreten oder die Auswirkungen der Hochwasserereignisse zu beeinflussen, indem VORHER die Initiative ergriffen wird.</p> <p>Dazu zählen Maßnahmen nicht-struktureller:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flächenvorsorge (Bauverbote in den Auen, natürlichen Wasserrückhalt erhalten und wiederherstellen, Raumordnung) • Bauvorsorge (hochwasserangepasstes Bauen) • Risikovorsorge (Versicherungen) • Verhaltensvorsorge (Aufklärung und Sensibilisierung) • Informationsvorsorge (Hochwasservorhersage) • Katastrophenvorsorge (Feuerwehr, THW, Übungen) <p>und struktureller Natur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technischer Hochwasserschutz (Deiche, Talsperren, Polder, Rückhaltebecken, Laufanpassungen) <p>Der engere Bedeutungsrahmen, der auch in dieser Arbeit zugrunde gelegt wird, schließt die technischen Maßnahmen aus. Dahinter steckt die Überlegung, dass <i>vorsorgend</i> nicht nur auf das Ereignis, sondern auch auf die Nachhaltigkeitsdimension bezogen werden muss. Aus dieser Perspektive erscheinen strukturelle Maßnahmen unangemessen, da sie zu viele Schäden in den Ökosystemen hinterlassen.</p>	<p>Das Prinzip der Vorsorge ermöglicht, trotz Unsicherheiten und Wissenslücken über die Risiken anthropogenen Wirkens, begründete Entscheidungen über den Umgang mit Hochwasser zu treffen. Im Mittelpunkt steht – im engeren Sinne – eine Absenkung der <i>Vulnerabilität</i> des Menschen. Dies kann beispielsweise durch die Schaffung natürlicher Rückhalteräume geschehen (Flächenvorsorge). Eine Verbindung mit dem Konzept des Risikomanagements besteht auf zwei Ebenen. Zum einen ist ein Risikoansatz vorsorgend, da dieser proaktiv Risiken bestimmt und versucht sie zu senken. Zum anderen lässt sich ein Risikomanagement im Sinne einer Risikominderung nur durch Maßnahmen aus dem Bereich der Vorsorge umsetzen.</p>	<p>Merz et al. 2011, Kruse 2010, DKKV 2003, Heiland 2002, IKSR 2002b, Biesecker et al. 2000</p>
Integriertes Flutmanagement (IFM), Integrationsprinzip		
<p>Die Prinzipien des integrierten Flutmanagements stehen in direktem Zusammenhang mit denen des IWRM. Prinzipiell geht es um die gemeinschaftliche und gleichwertige Betrachtung aller Dimensionen eines Hochwassersystems. Dazu zählen unter anderem:</p>	<p>Der Betrachtungsansatz versucht der Komplexität des Wassersystems und des Phänomens Hochwasser gerecht zu werden, indem eine möglichst holistische Perspektive eingenommen wird. Dieses Kon-</p>	<p>WMO 2009, WMO 2006a, WMO 2006b, Biswas 2004, GWP 2000</p>

Analytische Grundlagen

<ul style="list-style-type: none"> • Ökologische Grenzen des Wassersystems • Nachhaltigkeit • Unsicherheit & Risiko • Landmanagement • Partizipation • Sektorale Integration 	<p>zept steht daher eine Ebene über den anderen in dieser Tabelle vorgestellten Ansätzen. Die übrigen Elemente stellen Wege dar, ein IFM zu realisieren. Sie können aber auf ihre Art über IFM hinausgehen, wie auch IFM Dimensionen besitzt, die nicht mit den anderen Konzepten abgedeckt werden.</p>	
Iterativer Zyklus, Kreislaufprinzip		
<p>Die Beschäftigung mit Hochwasserereignissen kann in mehrfacher Hinsicht als prozedurale Abfolge von Maßnahmen begriffen werden, die kreisförmig miteinander in Verbindung stehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hochwasservorsorge und Hochwassernachsorge sind kreisförmig um das Hochwasserereignis angeordnet • Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes müssen stetig auf ihre Wirksamkeit hin überprüft und an die neuen Anforderungen angepasst werden • Im Rahmen eines Risikomanagements müssen Risiken stetig neu berechnet und evtl. bestehende vorsorgende Maßnahmen angepasst werden 	<p>Ein iterativer Kreislauf aus Evaluierung und Maßnahmenplanung ist eine gute Voraussetzung für soziale Lernprozesse. Ein stetiger Informationsfluss und Erkenntnisgewinn über bestehende Defizite oder Verbesserungsmöglichkeiten schafft Spielraum im Umgang mit Unsicherheiten.</p>	<p>Merz et al. 2011, BTU et al. 2008, WMO 2006b</p>
Raum für den Fluss, Prinzip des natürlichen Rückhalts		
<p>Dieses Konzept stellt die Abwehr von Hochwasser durch Speicherung des Wassers in den Flussauen und im Einzugsgebiet in den Mittelpunkt. Dazu sollen der Natur die ursprünglich für den Wasserrückhalt vorgesehenen Räume zurückgegeben werden.</p> <p>Eine Durchführung auf der Maßnahmenebene geschieht überwiegend durch Anweisungen der Raumordnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flächenumwidmung / Nutzungsextensivierung • Flächensicherung • Ausweisung von Schutzgebieten • Rückbau von technischen Maßnahmen • Renaturierung beeinträchtigter Auen • Wiederanbindung alter Gewässerabschnitte • Ungesteuerte Polder mit aktiver Renaturierung und Nutzungsextensivierung <p>Dieser auch als <i>ökologischer Hochwasserschutz</i> bezeichnete Ansatz beinhaltet hingegen keine Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • des technischen Rückhalts in der Fläche (z.B. durch Becken) • der gesteuerten Verpolderung • der ungesteuerten Verpolderung ohne Renaturierung und mit intensiver Landnutzung 	<p>Der Leitsatz <i>Raum für den Fluss</i> beschreibt im Prinzip die Inanspruchnahme und Erhaltung der Ökosystemleistung <i>Hochwasserschutz</i> durch den Menschen (Kapitel 3.3.2), und ist in vielerlei Hinsicht die beste Maßnahme für den Umgang mit Hochwasser. Sie fördert eine nachhaltige Entwicklung innerhalb der Flussauen und damit auch die Bereitstellung weiterer assoziierter Ökosystemleistungen, mindert sowohl die Eintrittswahrscheinlichkeit als auch das Schadenspotenzial der Hochwasserereignisse und verringert die Gefahren von Unsicherheiten durch eine Erhöhung der Resilienz des Ökosystems. Aus diesen Gründen basieren oft sowohl Risikoansätze als auch Vorsorgemaßnahmen auf einer Stärkung des natürlichen Rückhalts.</p>	<p>Thomas 2013, WMO 2012, Kruse 2010, Oppermann et al. 2009, WMO 2006, Geilen et al. 2004, BUND 2002, Kundzewicz 1999, Hey & Philipi 1995</p>
Risikomanagement, Risikoprinzip		
<p>Ein <i>Risiko</i> ist im Gegensatz zu einer <i>Gefahr</i> auch abhängig von gesellschaftlichen Faktoren. Im Falle von Hochwasserereignissen trägt der Mensch sowohl zu ihrer Genese als auch zur Entstehung des Schadenspotenzials bei. Das Risiko ist definiert als das Produkt aus Wahrscheinlichkeit des Ereigniseintritts und den erwarteten Schäden. Ein hohes Risiko kann sich daher sowohl aus einer hohen Wahrscheinlichkeit als auch aus einem hohen Schadenspotenzial ergeben. Es bleibt jedoch immer von einer bestimmten Ereignisstärke abhängig. Die Risiken eines hundertjährigen Hochwasserereignisses unterscheiden sich von denen eines tausendjährigen. Eine Risikominderung kann sowohl über eine Verminderung der Wahrscheinlichkeiten als auch über eine Senkung der Schadenspotenziale (<i>Vulnerabilität</i>) geschehen.</p> <p>Die Umsetzung erfolgt zunächst durch eine flächenhafte Bestim-</p>	<p>Die Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten und die Berechnung von Schadenspotenzialen sind naturgemäß mit Unsicherheiten belegt. Ist das Risikomanagement als iterativer Kreislauf angelegt, kann eine Anpassung an wechselnde Bedingungen durch Lernprozesse ermöglicht werden. Sowohl im Bezug zu Unsicherheiten als auch im Hinblick auf eine nachhaltigere Lebensweise gewinnen die vorsorgenden und auf die Stärkung des natürlichen Rückhalts bedachten Maßnahmen zunehmend an Bedeu-</p>	<p>Merz et al. 2011, Kruse 2010, De Bruijn et al. 2007, Merz & Emmermann 2005, Samuels et al. 2006, Schanze 2006, Pohl 2005, Klinke & Renn 2002, Petry 2002</p>

<p>mung der Risiken innerhalb des betrachteten EZGs. Anschließend geschieht die Umsetzung spezifischer, an das jeweilige Risiko und seine Zusammensetzung angepasster Maßnahmen. Dazu eignen sich sowohl strukturelle als auch nicht-strukturelle Ansätze. Technische Eingriffe senken die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von Ereignissen lokal, entfalten aber flussabwärts und in Bezug auf ökologische Kapazitäten starke negative Auswirkungen. Sie werden eingesetzt, wenn das Schadenspotenzial sehr hoch ist und sich eine Minderung der Wahrscheinlichkeit nicht anderweitig erreichen lässt. Nicht-strukturelle Maßnahmen können prinzipiell sowohl die Vulnerabilität senken (z.B. durch hochwassersicheres Bauen oder Landnutzungsbeschränkungen) als auch die Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Ereignisse dämpfen (z.B. durch Stärkung der natürlichen Retentionsfähigkeit).</p>	<p>tung. Diese mindern Risiken und erhalten ein naturnahes ökologisches Regime. Fraglich bleibt, welche Kriterien ein Risiko erfüllen muss, damit es technische Maßnahmen rechtfertigt.</p>	
--	---	--

Die fünf identifizierten Konzepte hängen teilweise miteinander zusammen, können jedoch in realen normativen Umgebungen unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Das *integrierte Flutmanagement* kann als den anderen Konzepten übergeordnet betrachtet werden, da es diese in sich vereint. Das *Prinzip des natürlichen Rückhalts* ist wiederum ein Mittel, um ein *Risikomanagement* oder eine flächenbasierte *Hochwasservorsorge* umzusetzen. Letztlich sind zwar alle Konzepte miteinander verwoben, dennoch besitzen sie auch immer einen Bedeutungshorizont, der nur ihnen zu eigen ist. In der Spalte *Zusammenhänge* in Tabelle 6 ist aus diesem Grund darauf geachtet worden, sowohl die Beziehung der Konzepte untereinander, als auch deren Bezug zu den übergeordneten Prinzipien der Integration und Adaption zu beleuchten.

Aufbauend auf den identifizierten Konzepten wurden 13 Indikatoren formuliert, die sich zur inhaltlichen Bewertung der normativen Institutionen eignen. Je vier Indikatoren beziehen sich auf das *Prinzip der Vorsorge* und der *Integration*, je zwei berücksichtigen einen *iterativen Kreislauf* und den *natürlichen Rückhalt* und einer erfasst schließlich, ob ein *Risikoansatz* vorgesehen ist. Damit auch dieser Teil der Analyse nicht unnötig komplex wird, sind die Indikatoren als einfache Ja/Nein-Fragen formuliert worden (Tabelle 7).

Tabelle 7. Indikatoren zur Bewertung der normativen Institutionen.

Konzept	Indikator
Hochwasservorsorge	Sind Maßnahmen der Raumordnung vorgesehen?
	Sollen Schadenspotenziale durch Versicherungen oder hochwasserangepasstes Bauen verringert werden?
	Sind Maßnahmen zur Schaffung eines höheren Hochwasserbewusstseins vorgesehen?
	Wird die Hochwasservorhersage mit einbezogen?
Integriertes Flutmanagement (IFM)	Soll die Maßnahmenplanung auf Basis von Einzugsgebieten stattfinden?
	Ist eine grenzüberschreitende Kooperation vorgesehen, falls das EZG regionale oder nationale Grenzen überschreitet?
	Ist die aktive Partizipation von Interessensgruppen vorgesehen?
	Folgt die Maßnahmenauswahl ökologischen Kriterien?
Iterativer Kreislauf	Ist eine periodische Bewertung und Anpassung der Maßnahmen vorgesehen?
	Wird der Bereich der Nachsorge mit einbezogen?
Natürlicher Rückhalt	Sind Maßnahmen zur Stärkung des natürlichen Rückhalts vorgesehen?
	Haben ökologische Maßnahmen Vorrang vor technischen Maßnahmen?
Risikoansatz	Soll die Maßnahmenplanung auf Basis einer Risikoberechnung stattfinden?

3.2.3 Analyse der Maßnahmenebene

Die dritte und letzte Stufe zur Bewertung des Hochwassersektors begibt sich auf die Ebene der Maßnahmen und überprüft ob sich auch hier ein Paradigmenwechsel abzeichnet. Sie ist eine logische Er-

Analytische Grundlagen

ganzung zur zweiten Stufe. Unabhängig davon, in welcher Weise die normative Ebene ausgeprägt ist, kann ein Wandel auf der Ebene der Maßnahmen verzögert oder gar verhindert sein. Das liegt zum einen daran, dass normative Vorgaben durch unterschiedlich komplexe Verfahren zuerst in konkrete Handlungen umgesetzt werden müssen. Ein solcher Prozess der konzeptionellen Manahmenentwicklung, ihrer rechtlichen Prüfung und abschließenden Implementierung kann mitunter Jahre in Anspruch nehmen. Zum anderen können in einigen Fällen normative Vorgaben überhaupt nicht umgesetzt werden. Die Gründe dafür reichen vom Fehlen finanzieller Mittel über Interessenskonflikte mit anderen Zielvorstellungen bis hin zu politischem oder öffentlichem Unwillen. Doch auch ein Trend in die andere Richtung ist denkbar, bei dem trotz veralteter Gesetzgebung lokal bereits vorausschauende Maßnahmen implementiert wurden. Aus diesem Grund soll durch diese Stufe der Analyse ermittelt werden, ob eine solche Entkopplung der Maßnahmenebene vorliegt und welchem der beiden idealtypischen Regime sie tendenziell näher kommt (Kap. 1.2 / 1.3). Da eine detaillierte Betrachtung aller durchgeführten Projekte in allen sieben EZG des Niederrheins den Rahmen dieser Arbeit zu weit ausgedehnt hätte, ist dieser Teil auf den Hauptlauf des Rheins im EZG *Rheingraben Nord* beschränkt (Kapitel 4.1).

Eine Unterscheidung der durchgeführten Maßnahmen geschieht anhand drei unterschiedlicher Kategorien, die vom Autor vorher im Rahmen einer Projektarbeit erarbeitet wurden (**Thomas 2013**). *Strukturelle Maßnahmen* umfassen alle baulichen und technischen Maßnahmen, die direkt in den Auen oder dem Einzugsgebiet implementiert werden und eine Veränderung hydrologischer oder geomorphologischer Prozesse zum Ziel haben. Sie unterbinden Ökosystemprozesse und führen zu einer strukturellen Veränderung des Ökosystems. Sie stellen für das traditionelle Hochwasserregime das Mittel der Wahl dar (**Kruse 2012**). *Ökologische Maßnahmen* zielen auf den Erhalt oder die Wiederherstellung der natürlichen Rückhaltekapazität der Auen. Dies kann durch den Rückbau technischer Infrastruktur, den Schutz intakter oder die Renaturierung beeinträchtigter Auengebiete erfolgen. Unter den *nicht-strukturellen* Maßnahmen werden schließlich alle weiteren Möglichkeiten zusammengefasst, die überwiegend dem Bereich der Hochwasservorsorge zugerechnet werden können. Ein modernes Hochwassermanagement ist durch einen geringeren Grad an technischen Mitteln und den komplementären Einsatz von ökologischen und nicht-strukturellen Maßnahmen gekennzeichnet (**WMO 2006, Petry 2002**).

Die Indikatoren sind als Abfragen an die Datenbanken zu den Projekten (Anhang B) bzw. zum operationellen Status (Anhang C) konzipiert worden. Sechs Indikatoren erfassen das Ausmaß der existierenden und geplanten strukturellen Schutzvorkehrungen. Ebenfalls sechs Items versuchen ein Bild der natürlichen Rückhaltekapazitäten zu gewinnen und ebenso zu erörtern, gegen welche Arten der Landnutzung diese konkurrieren müssen. Auch hier werden für die Zukunft geplante Vorhaben mit einbezogen. Schließlich erfolgt eine Abbildung des nicht-strukturellen Bereichs über acht weitere Indikatoren. Tabelle 8 listet eine Zusammenfassung aller Indikatoren auf.

Tabelle 8. Indikatoren zur Bewertung der Maßnahmenebene

Kategorie	Indikator
Strukturell	Wie hoch ist der Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss?
	Wie groß ist der Anteil der Deichstrecke der saniert wird?
	Wie viel technische Rückhaltefläche ist seit 1990 geschaffen worden?
	Wie viel technische Rückhaltefläche soll bis 2020 zusätzlich geschaffen werden?
	Gibt es Staudämme, die auch zur Hochwasserabwehr eingesetzt werden?
	Gibt es Rückhaltebecken oder Zweigkanäle zur Hochwasserabwehr?
Ökologisch	Wie groß ist der Flächenanteil der rezenten Aue an der morphologischen Aue?
	Wie viel natürliche Rückhaltefläche ist seit 1990 geschaffen worden?
	Wie viel natürliche Rückhaltefläche soll bis 2020 zusätzlich geschaffen werden?

	Wie groß ist der Flächenanteil der Aue, der unter Naturschutz steht?
	Wie groß ist der Flächenanteil der Aue, der intensiv genutzt wird oder versiegelt ist?
	In welchem Umfang sind weitere Maßnahmen im Bereich des Wasserhaushalts geplant?
Nicht-strukturell	Erfolgt die Maßnahmenplanung auf Basis einer Risikoberechnung?
	Erfolgt eine einzugsgebietsbezogene Hochwasservorhersage?
	Erfolgt eine umfassende Information und Sensibilisierung der Bevölkerung?
	Existieren integrierte Managementpläne, die verschiedene Maßnahmentypen berücksichtigen und komplementär einsetzen?
	Gibt es ein Programm zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung?
	Sind die Zuständigkeiten der Warnung und Alarmplanung klar verteilt?
	Sind bestehende Überschwemmungsgebiete bestimmt und ausgewiesen?
Wird über Möglichkeiten der Versicherung / des hochwasserangepassten Bauens aufgeklärt?	

3.3 Analyse des ökologischen Regimes

Zur Untersuchung und Bewertung des ökologischen Regimes bedient sich diese Studie dem Konzept der *Ökosystemleistungen* (ÖSL). Nach einer Vorstellung der Grundlagen und Annahmen dieses Ansatzes wird daher erläutert, wieso er sich für die hier behandelte Forschungsfrage nutzen lässt. Weiterhin wird eine Auflistung derjenigen ÖSL geliefert, die für diese Studie eine Relevanz besitzen. Aufbauend auf diesen Grundlagen definiert im Anschluss daran ein dritter Teil eine Reihe von Indikatoren, welche die Ausprägung der Ökosystemleistungen in den Auen des Rheinhauptlaufs in NRW (EZG *Rheingraben Nord*) messen sollen.

3.3.1 Ökosystemleistungen

Das *Ökosystem* wird in der Ökologie definiert als ein dynamisches System aus Tieren, Pflanzen, Mikroorganismen und ihrer abiotischen Umwelt (MA 2005a). Der Begriff beschreibt offene Systeme, die aufgrund ihrer weit gefassten Definition unscharfe Grenzen besitzen. Typische Beispiele für Ökosysteme sind Wälder oder Seen. Innerhalb dieser ökologischen Einheiten läuft eine Vielzahl so genannter *Ökosystemprozesse* ab, beispielsweise der Austausch von Mineralstoffen zwischen einzelnen Organismen oder die Dichteregulation der unterschiedlichen Tier- und Pflanzenpopulationen. Einzelne oder mehrere zusammenwirkende Ökosystemprozesse lassen sich zu *Ökosystemfunktionen* bündeln (De Groot 2002), etwa die Bereitstellung von Habitat oder die Retention von Nährstoffen. Der Übergang zwischen Prozessen und Funktionen ist fließend und eine genaue Unterteilung nicht immer möglich. Analog zu den Ökosystemfunktionen werden die *Ökosystemleistungen* (ÖSL) (engl. *ecosystem service*) definiert. Diese ergeben sich direkt oder indirekt aus einzelnen oder mehreren Ökosystemfunktionen, wobei auch in diesem Fall nicht immer eine eindeutige Unterscheidung möglich ist. Sie werden beschrieben als die Nutzenstiftungen der Natur an den Menschen (MA 2005a) und sind damit aus einer anthropozentrischen Perspektive formuliert. Typische Beispiele für ÖSL sind der Anbau von Getreide oder die Regulation des klimatischen Systems der Erde. Abbildung 2 verdeutlicht die beschriebenen Zusammenhänge am Beispiel der Reinhaltung von Wasser. Einen wissenschaftlichen Einstieg in die Thematik erleichtern Daily (1997), De Groot (2002) und das *Millennium Ecosystem Assessment* (MA 2005a). Zwar kann das Konzept der Ökosystemleistungen als wissenschaftlich etabliert betrachtet werden, dennoch existiert bis heute kein allgemein anerkanntes Klassifizierungsschema und das Fehlen eines festen Rahmenwerkes wird kontrovers diskutiert (Boyd & Banzhaf 2007, Wallace 2007). Eine weit verbreitete Kategorisierung liefert das *Millennium Ecosystem Assessment* (MA 2005a), welches unterscheidet zwischen:

Analytische Grundlagen

- *Bereitstellenden Leistungen*, insbesondere die Bereitstellung von Nahrung, Wasser und Faserstoffen,
- *Regulierenden Leistungen*, insbesondere die Regulation von Klima, Wasser und Bodenprozessen,
- *Kulturellen Leistungen*, insbesondere die Förderung und das Empfinden von Bildung, Erholung und Ästhetik, sowie
- *Unterstützenden Leistungen*, insbesondere die Aufrechterhaltung der Stoffkreisläufe, Biodiversität und Habitatvielfalt.

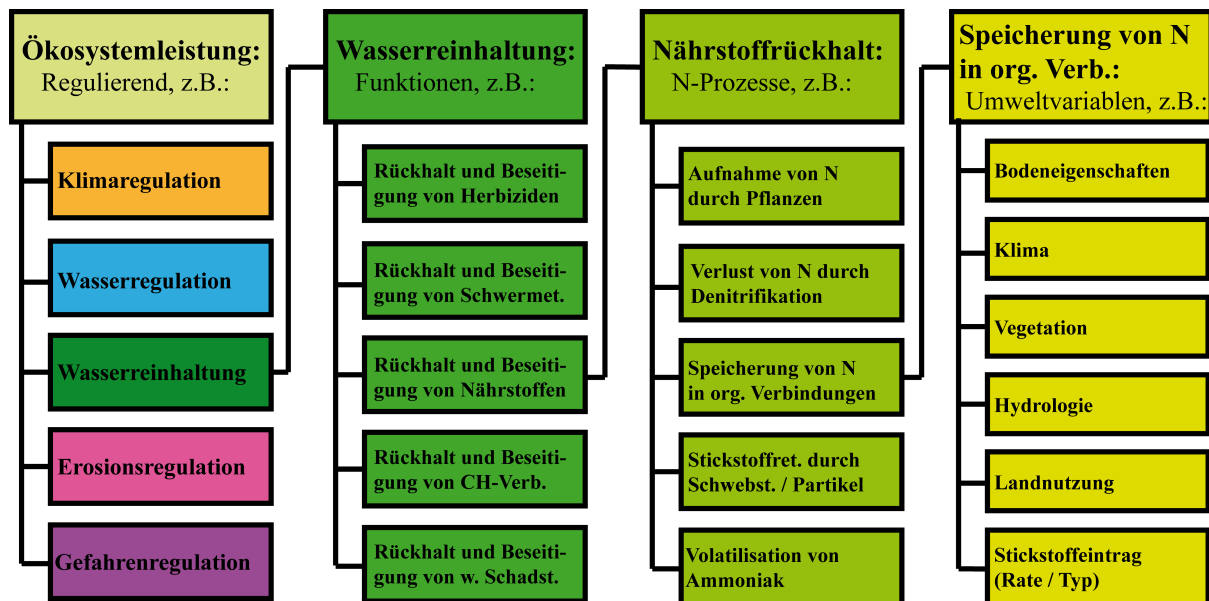


Abbildung 2. Zusammenhang zwischen Ökosystemleistungen, -funktionen, -prozessen und den Umweltvariablen am Beispiel der Wasserreinigung (verändert nach **WMO 2012**).

Die zuletzt genannten unterstützenden Leistungen werden aufgrund ihrer starken Überschneidungen mit den Ökosystemfunktionen von einigen Autoren in einer Sonderkategorie namens *Ökosystemintegrität* gruppiert (**Burkhard et al. 2009**, **Barkmann et al. 2001**). Da sie die grundlegendsten Prozesse der Ökosphäre zusammenfasst, finden ohne ein Mindestmaß an Ökosystemintegrität die Nutzenstiftungen der anderen Kategorien keine Ausprägung. Generell weisen ÖSL ein hohes Maß an Interdependenz auf und besonders die bereitstellenden Leistungen sind das Ergebnis einer komplexen Verkettung regulierender und unterstützender Services (**Bennett et al. 2009**). Weiterhin lassen sich charakteristische Bündel identifizieren (**Raudsepp-Hearne et al. 2010**), die einer Landschaft (**Burkhard et al. 2009**) oder einem Ökosystem (**Brauman et al. 2007**) als Ganzes zugewiesen werden können. Menschliche Tätigkeiten wie die Nutzung oder der Schutz solcher natürlichen Leistungen resultieren in Kompromissen (engl. *Trade-Off*), da sie die relativen Ausprägungen einzelner Services im betrachteten System modifizieren (**Rodriguez et al. 2006**).

Ihre besondere Relevanz in der Forschung und für den Menschen allgemein erhalten Ökosystemleistungen durch ihre direkte Verknüpfung mit dem menschlichen Wohlergehen (**Haines-Young & Potschin 2010**, **MA 2005a**). Ohne die Vielzahl an Leistungen die der Mensch aus den natürlichen Systemen erhält, könnte die Gesellschaft in ihrer heutigen Ausprägung nicht existieren. Nicht nur materielles Wohlergehen sondern auch immaterielle Güter wie Freiheit und Bildung sind direkt oder indirekt mit verschiedenen Ökosystemleistungen verknüpft.

Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich zwei wichtige Implikationen, die für die Bearbeitung dieser Studie von Bedeutung sind. Erstens korrespondieren die Ökosystemleistungen trotz ihrer anthropo-

zentrischen Formulierung mit dem Zustand des Ökosystems und eignen sich damit direkt als Indikator für die Ausprägung des ökologischen Regimes (**Daily 1997**). Eine naturnahe Landschaft bzw. ein funktionsfähiges Ökosystem wird tendenziell mehr ÖSL in einer stärkeren Ausprägung bereitstellen als ein(e) anthropogen überprägte(s). Die zweite wichtige Erkenntnis ist, dass jeder Eingriff des Menschen die charakteristische Zusammenstellung der ÖSL verändert und es durch Priorisierung bestimmter Ökosystemfunktionen zu Trade-Offs kommt. Dies kann aktiv herbeigeführt werden bzw. beabsichtigt sein, zum Beispiel im Falle der gezielten Nutzung oder Konservierung einer Leistung; oder schleichend durch den Druck verschiedener anthropogener Faktoren zustande kommen. Dieser Zusammenhang macht es möglich, durch die Betrachtung der ÖSL Zusammenhänge zwischen den Handlungen des Menschen und ihren gesellschaftlichen und ökologischen Auswirkungen (**Russi et al. 2013, Metzger et al. 2008, MA 2005b**) zu identifizieren. Erhebt man den Zustand der Ökosystemleistungen innerhalb eines räumlich definierten Rahmens, erhält man demnach sowohl Informationen über den Zustand des Ökosystems, als auch über die Handlungsmaxime der Menschen. Im Umkehrschluss lassen sich also für die in der Einleitung vorgestellten idealtypischen Regime charakteristische Muster von Trade-Offs bestimmen, die eine Beurteilung des Transformationsprozesses erleichtern. Kontrollregime zeichnen sich durch eine starke Betonung der bereitstellenden Leistungen aus, sodass unterstützende und regulierende Services in ihrer Ausprägung eingeschränkt werden (**Bennett et al. 2009, Rodriguez et al. 2006, MA 2005a**). Für den Hochwassersektor speziell wäre es vor allem die Ökosystemleistung *Hochwasserschutz*, deren hohe Verfügbarkeit für einen Paradigmenwechsel in Richtung eines integrativen und adaptiven Regimes sprechen würde (**BMU & BfN 2009**).

3.3.2 Ökosystemleistungen in Flussauen

Um die nachfolgende Aufstellung der Indikatoren durch Schaffung einer wissenschaftlichen Grundlage zu erleichtern, soll an dieser Stelle erläutert werden, welche ÖSL charakteristisch für Flussauen sind, wie ihre Ausprägung in einer solchen Umgebung zu Stande kommt und welche Handlungen des Menschen ihre Bereitstellung fördern oder eindämmen können.

Ein *Fließgewässerökosystem* ist räumlich definiert als der horizontale und vertikale Verbund aus dem Gewässerbett und seinen lateralen Auenflächen. Das Einzugsgebiet als nächsthöhere räumliche Ebene soll nicht betrachtet werden. Stattdessen wird der Fokus auf die Flussauen gelegt. Sie sind einerseits der Ort, an dem ein Großteil der Hochwassermanagementmaßnahmen wirkt und andererseits auch Mittelpunkt für viele Ökosystemprozesse der Fließgewässer. Als *rezente Aue* (hier auch: *funktionale Aue*) bezeichnet man denjenigen Anteil der Aue, der noch für das (Hoch-)Wasser erreichbar ist. Hier liegt zwar funktional ein Auenökosystem vor, dieses kann jedoch trotzdem strukturell beeinträchtigt sein. Die *Altaue* hingegen ist von der Hochwasserdynamik abgekoppelt. Zusammen bilden beide Teile die *morphologische Aue*, die der ursprünglichen Flächenausdehnung vor der Einflussnahme des Menschen entspricht (**BfN 2012**). Allgemein wird Fließgewässerökosystemen eine sehr hohe Kapazität zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen attestiert (**BfN 2012, Maltby et al. 2009, Turner et al. 2008, Brauman et al. 2007, Tockner & Stanford 2002**). Für diese Arbeit wurden insgesamt sieben charakteristische ÖSL ausgewählt, die repräsentativ auch für alle anderen Leistungen der Flussauen stehen sollen:

Getreide (bereitstellende Leistung); umfasst den Anbau und die Ernte von Getreidepflanzen zur weiteren Verwendung in Viehhaltung und Nahrungsmittelerzeugung. Grundvoraussetzungen für die Ausprägung dieser Leistung sind neben der ausreichenden Versorgung mit Wasser und Nährstoffen, auch entsprechende Flächen mit geeigneten Böden zum Anbau der Getreidepflanzen. Flussauen bieten durch ihre Funktion als Nährstoffsенke ein besonders großes Potenzial zur Kultivierung solcher Pflanzen (**Ramsar Convention Secretariat 2006, EG 2003**). Je nach landwirtschaftlicher Praxis, vermögen folgende Erosions- und Eutrophierungsprozesse jedoch das Potenzial zur Inanspruchnahme dieser

Analytische Grundlagen

Leistung sukzessive zu verringern. Auch eine Abkopplung der Hochwasserdynamik erweist sich in diesem Zusammenhang als nachteilhaft (**Mitsch et al. 1994**).

Fisch (bereitstellende Leistung); umfasst die Entnahme von aquatischen Lebewesen aus oberirdischen Wasserkörpern zur Nahrungsmittelerzeugung. Die für den Verzehr geeigneten Fische stehen an der Spitze komplexer trophischer Hierarchien, für deren Ausbildung ein gewisses Maß an *Habitatqualität* (s.u.) gegeben sein muss. Flussaueen liefern den Fischen Nahrung, befreien das Wasser von toxischen Substanzen und liefern Raum für das Ablegen von Eiern und die Aufzucht der Brut (**Fausch & Bestgen 1997, Taylor & Miller, 1990, Gale 1986**). Eine Entkopplung der Flussaueen vom Gewässerbett kann daher die Reproduktion einiger Arten vollständig unterbinden. Außerdem stellen Querbauwerke oft ein unpassierbares Hindernis für Wanderfische dar.

Wasserreinigung (regulierende Leistung); beschreibt die Aufrechterhaltung einer für alle Lebewesen verträglichen chemischen Zusammensetzung der oberirdischen und unterirdischen Wasserreservoirs. Flussaueen fungieren durch das Zusammenspiel von Überflutungsdynamik und Biodiversität als Schadstoffsenken (**Dugan 1993**). Durch die verringerte Wasserbewegung in der Aue können Schwebstoffe absinken und an Partikeln gebundene Schadstoffe durch biologische, physikalische und chemische Abbauprozesse aus dem Wasser entfernt werden. Die üppige Vegetation bindet Nährstoffe (*Denitrifikation*) aus dem Wasser und kann damit einer Eutrophierung des Gewässers durch düngemittelhaltigen Oberflächenabfluss vorbeugen (**Mitsch 1994**). Die Reinigungsleistung der Auen wird sowohl durch die Entkopplung von der Hochwasserdynamik, als auch durch die ausbaubedingte Steigerung der Fließgeschwindigkeit abgesenkt (**Bondar et al. 2007**).

Hochwasserschutz (regulierende Leistung); umfasst die Aufnahme und Rückhaltung größerer Mengen Wasser in der räumlichen Ausdehnung der Flussaue, sodass die Hochwasserwelle in ihrem Pegel und ihrem Schadenspotenzial reduziert wird (**Nedkov & Burkhard 2012, BMU & BfN 2009, Postel & Carpenter 1997**). Die Leistung kann durch anthropogene Eingriffe gemindert werden wenn die Flächenausdehnung der Aue verringert oder die Standortwasserbilanz durch Veränderung der Bodenbedeckung oder Bodenbeschaffenheit zugunsten eines erhöhten Abflusses modifiziert wird.

Klimaregulation (regulierende Leistung); umfasst die Steuerung des lokalen, regionalen und globalen Klimas. Flussaueen greifen auf allen Ebenen in diesen Prozess ein, indem sie Schatten spenden (lokal), Albedo und Niederschlagsmuster beeinträchtigen (regional) und als CO₂-Senke fungieren (global). Im Kontext der aktuellen Problematik anthropogener Treibhausgasemissionen erweist sich die Eigenschaft der Flussaueen, großen Mengen an Kohlenstoff zu binden als besonders relevant (**Cierjacks et al. 2010, Hazlett et al. 2005, Hoffmann & Anders 1996**). Studien belegen, dass diese Leistung sowohl durch die Ablagerung kohlenstoffreicher Sedimente im Rahmen der Überflutungsprozesse (**Pinnay et al. 1992**) als auch durch die hohe Nettoprimärproduktion der Auenwälder (**Clawson et al. 2001, Giese et al. 2000**) begünstigt wird. Verlieren die beteiligten Prozesse durch anthropogene Einwirkungen gegenüber anderen Umsetzungsprozessen in den Auen an Umfang, kann eine CO₂-Quelle entstehen (**Mitra et al. 2005, Hoffmann & Anders 1996**).

Erholung (kulturelle Leistung); umfasst die Nutzung der Aue zu touristischen Zwecken oder im Rahmen der Naherholung. Voraussetzung für die Ausprägung dieser Leistung ist ein attraktives Landschaftsbild (**TNS-EMNID 2008**) und ein Mindestmaß an touristischer Infrastruktur (**Noehl 2010, Präbstl 2010, Hoisl et al. 2000**). Anthropogene Aktivität kann einerseits das Landschaftsbild durch Flächenverbrauch (Versiegelung, Abtragung) oder Flächenumwidmung (Nutzungsbeginn, Nutzungswechsel) negativ beeinflussen, ist jedoch andererseits für die touristische Erschließung unumgänglich.

Habitat (unterstützende Leistung, Ökosystemintegrität); beschreibt die räumlich ausgedehnte Bereitstellung vielfältiger dynamisch beeinflusster Lebensbedingungen und gilt als Grundvoraussetzung für

Analytische Grundlagen

die Ausprägung großer, komplexer und stabiler Biozöosen (*Biodiversität*). Prinzipiell stellt jede Fläche ein potenzielles Habitat dar, jedoch benötigen komplexe und resiliente Artgemeinschaften ein Mindestmaß an *Habitatqualität*. Zentrale Voraussetzung für eine hohe Habitatqualität innerhalb der Auen ist deren periodische Überflutung (**Junk et al. 1989, Minshall et al. 1985, Vannote et al. 1980**). Diese bestimmt die Bodenparameter (pH, Nährstoffgehalt, Sauerstoffgehalt), formt den geomorphologischen Charakter und wirkt durch ihre Kopplung mit dem Grundwasserstand und ihre Häufigkeit als maßgeblich besiedlungsbestimmender Faktor für Flora und Fauna (**Ilg et al. 2008, Henle et al. 2006**). Die stetig wechselnden Bedingungen formen ein „*shifting habitat mosaic*“ (**WMO 2006a**) und erfordern von den Organismen hohe Anpassungsleistungen, sodass Auen in ihrem natürlichen Zustand eine sehr hohe und spezialisierte Biodiversität aufweisen (**WBGU 1997**). Als wichtige anthropogene Faktoren, die zu einer Minderung der Leistung führen, gelten Flächenverbrauch (Versiegelung, Abtragung), Flächenumwidmung (Nutzungsbeginn, Nutzungswechsel) sowie die Unterbindung der Hochwasserdynamik durch Ausbaumaßnahmen.

3.3.3 Analyse der Ökosystemleistungen

Die Bildung der Indikatoren für die Ausprägung der ÖSL erfolgte zeitlich nach dem Aufbau der Datenbanken zu den Projekten (Anhang B) und zum operationellen Zustand (Anhang C). Sie wurden auf den Inhalt der Datenbanken abgestimmt um den Umfang der Studie nicht weiter auszudehnen. Daher wird an dieser Stelle versucht, die sich daraus ergebende Einschränkung der Freiheitsgrade bei der Indikatorwahl durch eine wissenschaftliche Begründung möglichst jedes einzelnen Indikators wieder auszugleichen.

Für jede ÖSL werden zwei identische Schlüsselindikatoren herangezogen. Zum einen die noch vorhandene Auenfläche mit Anbindung an die Hochwasserdynamik (*Rezente Aue*) und zum anderen die Gewässerstrecke unter Deicheinfluss. Sie stellen Schlüsselgrößen dar, weil sie sowohl eine qualitative als auch eine quantitative Dimension besitzen und alle auentypischen Leistungen eng mit dem Prozess des Hochwassers verknüpft sind. Darüber hinaus werden je nach Leistung ein bis drei weitere spezifische Indikatoren herangezogen um eine möglichst differenzierte Betrachtung zu gewährleisten (Ausnahme: die ÖSL *Hochwasserschutz* wurde nur anhand der zwei Schlüsselindikatoren bewertet). Tabelle 9 listet alle Indikatoren auf und gibt einen Überblick zu den wichtigsten Wirkungszusammenhängen.

Tabelle 9. Indikatoren zur Bewertung der Ökosystemleistungen. In der Spalte Wirkung steht ein Pluszeichen für einen positiven Wirkungszusammenhang (*je höher desto besser*); ein Minuszeichen für einen negativen Wirkungszusammenhang (*je niedriger desto besser*). *Verweise:* 1 Anteil bezieht sich auf die Fläche der morphologischen Aue. 2 Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs.

Indikator	Wirkung	Beschreibung / Zusammenhang
Getreide (Bereitstellende Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	+/-	<ul style="list-style-type: none"> Deiche koppeln die Aue von der Hochwasserdynamik ab und ermöglichen eine intensive Landwirtschaft auf den gewonnenen Flächen (Müller 1996) Deiche stören eine Reihe von Regulationsleistungen (z.B. Nährstoffrückhalt) und unterbinden damit eine natürliche Düngung der Böden (Beefink 1975)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+/-	<ul style="list-style-type: none"> Rezente Aue ist an die Hochwasserdynamik angeschlossen und steht damit nicht für eine intensive Landwirtschaft zur Verfügung Rezente Aue kann extensiv genutzt werden und benötigt weniger künstliche Düngung (BMU & BfN 2009)
Anteil der Ackerflächen ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Messung des Flächenanteils, auf dem die Leistung genutzt wird

Analytische Grundlagen

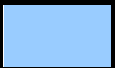




Flächenanteil unter Naturschutz ¹	-	<ul style="list-style-type: none"> Starker Naturschutz durch Naturschutzgebiete (NSG) untersagt jegliche landwirtschaftliche Nutzung der Flächen (BNatSchG 2009, Heiland et al. 2006)
Fisch (Bereitstellende Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	-	<ul style="list-style-type: none"> Deiche koppeln die Aue von der Hochwasserdynamik ab und unterbinden eine laterale Migration der Fische zum Zwecke der Vermehrung, Nahrungsaufnahme oder Brut (Fernandes 2006, Taylor & Miller 1990)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Eine zugängliche Aue ist eine wichtige Voraussetzung für die Besiedlung des Gewässers durch einige Fischarten (Kwak 1988)
Einschränkung der Durchgängigkeit	-	<ul style="list-style-type: none"> Behinderungen im Bereich der Durchgängigkeit unterbinden oder erschweren eine longitudinale Migration der Fische können die Artenvielfalt beeinflussen (Reeves & Leatherwood 1994, Pelley 2000)
Zustand der Fischfauna	+	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Messung der Artgemeinschaften und Populationsdynamiken der Fische (MKULNV 2014)
Chemischer Zustand des Gewässers	+	<ul style="list-style-type: none"> Eine hohe chemische Belastung des Gewässers kann toxisch auf viele Fischarten wirken (Lloyd 1992, Sindermann 1979)
Wasserreinigung (Regulierende Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	-	<ul style="list-style-type: none"> Deiche koppeln die Aue von der Hochwasserdynamik ab und verhindern eine Schadstoffretention (Dugan 1993)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Die rezente Aue ist die Fläche auf der Rückhalt und Abbau von Schadstoffen stattfindet (Verhoeven et al. 2006)
Rückstaubeeinflussung	-	<ul style="list-style-type: none"> Stehende Gewässerabschnitte begünstigen Stratifikation und Sauerstoffarmut (Anoxia) (Dittmann et al. 2009)
Zustand des Makrozoobenthos	+	<ul style="list-style-type: none"> Eine gesunde bodenlebende Makrofauna ist ein Indikator für eine geringe organische Belastung (Graf et al. 2013)
Chemischer Zustand des Gewässers	+	<ul style="list-style-type: none"> Eine hohe chemische Belastung spricht für eine geringe Abbauleistung und verringert diese weiter (Blum & Speece 1991)
Hochwasserschutz (Regulierende Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	-	<ul style="list-style-type: none"> Deiche koppeln die Aue von der Hochwasserdynamik ab und verhindern damit den natürlichen Rückhalt des Wassers (WMO 2006)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Messung des Flächenanteils, der noch zu einem natürlichen Rückhalt beiträgt (BMU & BfN 2009)
Klimaregulation (Regulierende Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	-	<ul style="list-style-type: none"> Deiche koppeln die Aue von der Hochwasserdynamik ab und unterbinden daher direkt die an der Klimaregulation beteiligten Prozesse (Sedimentablagerung / Entstehung von Auwäldern) (Cierjacks et al. 2010) Deiche begünstigen eine Nutzung der Aue für intensive Landwirtschaft und können dazu beitragen dass eine CO₂-Quelle entsteht (Mitra et al. 2005)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Messung des Flächenanteils, der für die Ausbildung einer CO₂-Senke zur Verfügung steht (Cierjacks et al. 2010)
Anteil der Flächen mit positiver CO ₂ -Bilanz ¹	-	<ul style="list-style-type: none"> Flächen mit positiver CO₂-Bilanz (Ackerbau, Siedlung) können die Entstehung einer CO₂-Quelle begünstigen (Mitra et al. 2005)
Erholung (Kulturelle Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	-	<ul style="list-style-type: none"> Durch Deiche von der Hochwasserdynamik entkoppelte Altauen besitzen eine geringere Biodiversität (WMO 2006) Deiche erhöhen den Anteil invasiver Flächennutzung (Müller 1996)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Die rezente Aue wird aufgrund ihrer hohen Biodiversität als besonders ästhetisch empfunden und eignet sich für eine Erholungsnutzung (TNS-EMNID 2008)
Anteil an Acker- und Siedlungsflächen ¹	-	<ul style="list-style-type: none"> Acker- und Siedlungsflächen verringern die Ästhetik der Auen (TNS-EMNID 2008)

Analytische Grundlagen

Flächenanteil unter Landschaftsschutz ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Schwacher Naturschutz durch Landschaftsschutzgebiete (LSG) ermöglicht eine touristische Nutzung der Flächen (BNatSchG 2009)
Habitat (Unterstützende Leistung)		
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ²	-	<ul style="list-style-type: none"> Deiche koppeln die Aue von der Hochwasserdynamik ab und verhindern eine Besiedlung der Flächen durch laterale Migration (Fernandes 2006, WMO 2006)
Flächenanteil der rezenten Aue ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Messung des verbleibenden Auenhabitats (Copp 1989)
Einschränkung der Durchgängigkeit	-	<ul style="list-style-type: none"> Eine Einschränkung der Durchgängigkeit des Gewässers verhindert eine longitudinale Migration der Organismen und mindert die Habitatqualität (Reeves & Leatherwood 1994, Pelley 2000)
Flächenanteil unter Naturschutz ¹	+	<ul style="list-style-type: none"> Starker Naturschutz durch Naturschutzgebiete (NSG) unterbindet menschliche Aktivitäten und kann damit zur Entstehung oder Sicherung natürlicher oder naturnaher Auenhabitats beitragen (BNatSchG 2009, Heiland et al. 2006)

Bei der Auswahl der Indikatoren wurde Wert darauf gelegt, möglichst verschiedene Dimensionen zu erfassen, die an der Entstehung und / oder Nutzung der einzelnen ÖSL beteiligt sind. Einige Indikatoren messen qualitative Aspekte (z.B. Zustand der Fischfauna), andere quantitative (z.B. Flächenanteil der rezenten Aue). Ein klares und kontextunabhängiges Schema zur Messung der ÖSL liegt hier jedoch nicht vor. Aus diesem Grund wird auf eine feingranular begründete Skalierung sowohl der einzelnen Indikatoren, als auch der Bewertungskategorien für die ÖSL an sich verzichtet. Stattdessen erfolgt eine rein inhaltliche und kontextabhängige Bewertung des Zustands durch den Autor. Im Mittelpunkt steht dabei die Aufdeckung genereller Tendenzen. Ausgehend vom Standpunkt eines Ökosystems ohne anthropogene Beeinflussung soll untersucht werden, wie sich die relativen Ausprägungen der einzelnen Leistungen untereinander qualitativ und quantitativ verändert haben. Tabelle 10 beinhaltet die groben Abstufungen, die zur Beurteilung der ÖSL verwendet werden.

Tabelle 10. Bewertungsskala für den Zustand der Ökosystemleistungen.

Symbol	Farbe	Beschreibung
++		Die Ausprägung der ÖSL geht über die natürlichen Potenziale des Ökosystems hinaus.
+		Die Ausprägung der ÖSL entspricht dem natürlichen Potenzial des Ökosystems.
0		Die Ausprägung der ÖSL ist gegenüber dem natürlichen Potenzial des Ökosystems in geringem Umfang verringert.
-		Die Ausprägung der ÖSL ist gegenüber dem natürlichen Potenzial des Ökosystems in mittelmäßigem Umfang verringert.
--		Die Ausprägung der ÖSL ist gegenüber dem natürlichen Potenzial des Ökosystems in hohem Umfang verringert.

3.3.4 Abschätzung der zukünftigen Entwicklung

Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklungspotenziale der Ökosystemleistungen wurden keine leistungsspezifischen Indikatoren definiert. Stattdessen sollen in der Projektdatenbank (Anhang B) solche Maßnahmen identifiziert werden, die bis zum Jahre 2020 einen generellen Einfluss auf die Ausprägung der Ökosystemleistungen haben können. Im Vordergrund steht die Frage, wie stark sich die beiden Schlüsselindikatoren durch Maßnahmenumsetzungen verändern werden. Dazu wird untersucht, welche laufenden oder geplanten Projekte den technischen Schutz oder aber den natürlichen Rückhalt erhöhen. Eine dritte Kategorie berücksichtigt zusätzlich, welche Maßnahmen mit einer Verbesserung des ökologischen Zustands der verbleibenden Auenflächen einhergehen könnten. Tabelle 11

Analytische Grundlagen

fasst die bei der Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Ökosystemleistungen berücksichtigten Gesichtspunkte zusammen.

Tabelle 11. Aspekte zur Berücksichtigung der potenziellen Entwicklung der Ökosystemleistungen bis 2020.

Entwicklungspfad	Zu berücksichtigende Entwicklungen
Natürlicher Rückhalt	Ist die Schaffung zusätzlicher natürlicher Rückhalteflächen vorgesehen? In welchem Umfang? Ist die Sicherung bestehender natürlicher Rückhalteflächen geplant? In welchem Umfang?
Technischer Schutz	Ist die Schaffung zusätzlicher technischer Rückhalteflächen vorgesehen? In welchem Umfang? Ist der Neubau oder die Sanierung von Deichen vorgesehen? In welchem Umfang? Sind weitere technische Schutzmaßnahmen vorgesehen?
Ökol. Verbesserung bestehender Auen	Ist die ökologische Verbesserung bestehender Auen vorgesehen? In welchem Umfang?

4 Vorstellung der Fallstudie

Dieses Kapitel leistet eine generelle Einführung in die Fallstudie. Es beschreibt zu diesem Zweck einige wichtige Merkmale des Bundeslandes *Nordrhein-Westfalen* und des Einzugsgebietes *Niederrhein*. Es wird weiterhin erläutert, welche Gründe für die Wahl der Fallstudie ausschlaggebend waren. Der zweite Abschnitt gehört thematisch bereits den Ergebnissen an. Er gibt einen deskriptiven und groben Überblick der Ereignisse im Hochwassersektor NRWs seit 1990. Es werden die wesentlichen Begriffe eingeführt und wichtige Zusammenhänge dargestellt, sodass ein kontextuelles Fundament für die nachfolgenden Kapitel geschaffen wird.

4.1 Das Bundesland Nordrhein-Westfalen und das Einzugsgebiet Niederrhein

Das Bundesland *Nordrhein-Westfalen* (NRW) liegt im Westen der *Bundesrepublik Deutschland* und grenzt an die Bundesländer *Niedersachsen*, *Rheinland-Pfalz* und *Hessen*. Es bildet die Grenze zu den Nachbarstaaten *Niederlande* und *Belgien*. Es ist weiterhin das einwohnerstärkste Bundesland Deutschlands (**NRW 2014a**) und beherbergt mit der Metropolregion *Rhein-Ruhr* auch den größten urbanen Ballungsraum Deutschlands (**NRW 2013**).

Auf administrativer Ebene ist NRW in 5 Regierungsbezirke (RB) gegliedert. Im westlichen Teil die RB *Köln* und *Düsseldorf*, im Norden der RB *Münster* und im östlichen Teil die RB *Arnsberg* und *Detmold*. Zu den größeren Städten auf dem Landesgebiet zählen neben *Köln* und *Düsseldorf* auch *Duisburg*, *Leverkusen* und *Bonn*. Wie auch im restlichen Teil der Bundesrepublik ist für den Hochwasserbereich das Bundesland selbst verantwortlich und somit in NRW das *Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz* (MKULNV) weisungsgebende Behörde. Sie wird bei ihrer Arbeit durch das *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz* (LANUV) unterstützt. Die bis 2007 als Sonderbehörden bestehenden *staatlichen Umweltämter* (StUA) wurden im Zuge einer Verwaltungsstrukturreform aufgelöst und deren Kompetenzen unter den Bezirksregierungen und dem LANUV aufgeteilt (**Burgi & Palmen 2008**). Ebenso im Wassersektor eingebunden sind die Kommunen und eine Vielzahl an Wasser- und Deichverbänden. Letztere sind auf den technischen Hochwasserschutz spezialisiert und stellen eine Selbstverwaltungskörperschaft dar. In ihnen sind alle Anwohner des Verbandsgebietes automatisch als zahlungspflichtige Mitglieder eingeschrieben (**BRD 2012**). Auf der normativen Ebene müssen in NRW nicht nur Deutsche Gesetze, sondern auch die Vorgaben der Europäischen Union verwirklicht werden.

Der *Rhein* und seine Nebenflüsse sind nicht nur namensgebend, sondern prägen auch weite Teile des Landschaftsbildes. Der Hauptlauf des Rheins durchzieht unter anderem die Stadtgebiete von *Köln* und *Düsseldorf* (Abbildung 3C) und sein Einzugsgebiet entwässert ca. 70% der Landesfläche (**MUNLV 2005**). Als „*Mehrzweck-Wasserweg*“ (**Cioc 2002**) und einer der am stärksten befahrenen Wasserstraßen der Welt ist der Rhein wesentlich für den hohen Industrialisierungsgrad und die starke Wirtschaftsleistung der Metropolregion verantwortlich (**Uehlinger et al. 2009**). Bereits im 16. und 17. Jahrhundert wurde zur Nutzbarmachung des Gewässers und seiner Auen damit begonnen, seinen Lauf zu begradigen und mit Deichen zu bewahren (**LUA 2002**), sodass die heutige Deichlinie annähernd der des 19. Jahrhunderts entspricht. Zusätzlich zu diesen strukturellen Eingriffen, werden große Teile der ehemaligen und rezenten Auen für die Landwirtschaft genutzt (**BfN 2014**). Das Gewässer steht somit unter großem chemischen und ökologischen Stress (**MUNLV 2005, IKS 2002a**). Im Bezug

Vorstellung der Fallstudie

auf den Verlauf des Rheins ist das Bundesland *Rheinland-Pfalz* direkter Oberlieger und die Provinz *Gelderland* in den Niederlanden der direkte Unterlieger.

In der Zusammenschau ergibt sich daraus eine Reihe von Gründen, die das Bundesland NRW interessant für den in dieser Studie untersuchten Forschungsgegenstand machen:

- Die große sozioökonomische Bedeutung des Bundeslandes und die zentrale Lage des Rheins und seiner Nebenflüsse machen eine Beschäftigung mit dem Themas Hochwasser in NRW unumgänglich. In den 1990er Jahren haben zwei schwere Flutkatastrophen mit schweren Sach- und Personenschäden die Notwendigkeit eines Wandels erneut in den Politikfokus gerückt (**Disse & Engel 2001, Chbab 1996, Ulbrich & Fink 1996**).
- Das Ökosystem des Rheins ist durch Ausbaumaßnahmen und strukturellen Hochwasserschutz stark geschädigt worden und es stehen in größerem Umfang Überwachungsdaten zu wichtigen Ökosystemparametern zur Verfügung (**MUNLV 2005, IKSr 2002a, 1994, Lammersen et al. 2002, Trémolières et al. 1998, Güttinger & Stumm 1992**). Das Thema der Nachhaltigkeit gewinnt wie auch in der ganzen Republik immer mehr an Bedeutung.
- Unsicherheiten wie die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels und speziell auch die damit in Zusammenhang stehende Veränderung im Abflussregime des Rheins treten verstärkt in den Fokus von Forschung und Politik (**IKSR 2014, 2013a, 2011, 2009, Te Linde et al. 2011, Pinter et al. 2006, MUNLV et al. 2004**).
- Der Wasser- und Hochwassersektor ist in ein komplexes institutionelles Gefüge eingebunden, das von der supranationalen Ebene bis hinunter zur lokalen Ebene aufgespannt ist. Der wissenschaftliche Diskurs kommt überwiegend zu dem Schluss, dass sich ein Transformationsprozess in Richtung integrativer und adaptiver Prinzipien bereits sowohl in der EU und der BRD als auch im Bundesland NRW andeutet (**Becker 2009, WMO & GWP 2004, Kampa et al. 2003, Dieperink 2000, Mayntz 1999**).

Tabelle 12. Gewässerdaten des EZG *Niederrhein* (**MUNLV 2009**).

Teileinzugsgebiet	Länge Hauptlauf [km]	Σ Lauflängen der Fließgewässer [km]	Fläche [km ²]
Emscher	83	283	858
Erft	106	667	1828
Lippe	220	1795	4882
Rheingraben Nord	226	1074	3319
Ruhr	219	1430	4485
Sieg	152	1182	2832
Wupper	115	355	814

Das Fließgewässerökosystem des Rheins entspringt in den Alpengebirgen der Schweiz und mündet in den Niederlanden in die Nordsee (Abbildung 3A). Der Hauptlauf summiert sich auf eine Gesamtlänge von ca. 1250 km und entwässert ein Gebiet von mehr als 185000 km² (**Uehlinger et al. 2009**). Im Bundesland NRW besitzt der Rhein eine Lauflänge von ca. 226 km. Es gibt insgesamt sechs Nebenflüsse erster Ordnung: *Emscher, Erft, Lippe, Ruhr, Sieg* und *Wupper* (Tabelle 12). Zusammen mit dem Großteil des Hauptlaufs bilden diese ein Einzugsgebiet der Größe von ca. 19000 km², dessen Fließgewässerläufe sich auf mehr als 7900 km summieren und das man als *Niederrhein* bezeichnet. Es liegt fast vollständig auf dem Landesgebiet *Nordrhein-Westfalens* und nur ein kleiner Teil befindet hinter der Grenze zu *Rheinland-Pfalz*. Der Teil des Landes wiederum, der nicht zum EZG *Niederrhein* ge-

Vorstellung der Fallstudie

hört, wird von *Weser*, *Ems* und *Maas* oder dem *Mittel-* bzw. *Deltarhein* entwässert. Die *Europäische Wasserrahmenrichtlinie* (WRRL) (EC 2000) führte erstmals in Europa ein flusseinzugsgebietsbezogenes Management ein. Hier werden für das Bearbeitungsgebiet *Niederrhein* als Teil der Flussgebiets-einheit *Rhein* sieben Teileinzugsgebiete definiert. Zu den Einzugsgebieten der sechs oben genannten Nebenläufe kommt hier das EZG *Rheingraben Nord*, welches dem des Rheinhauptlaufes entspricht (Abbildung 3C).

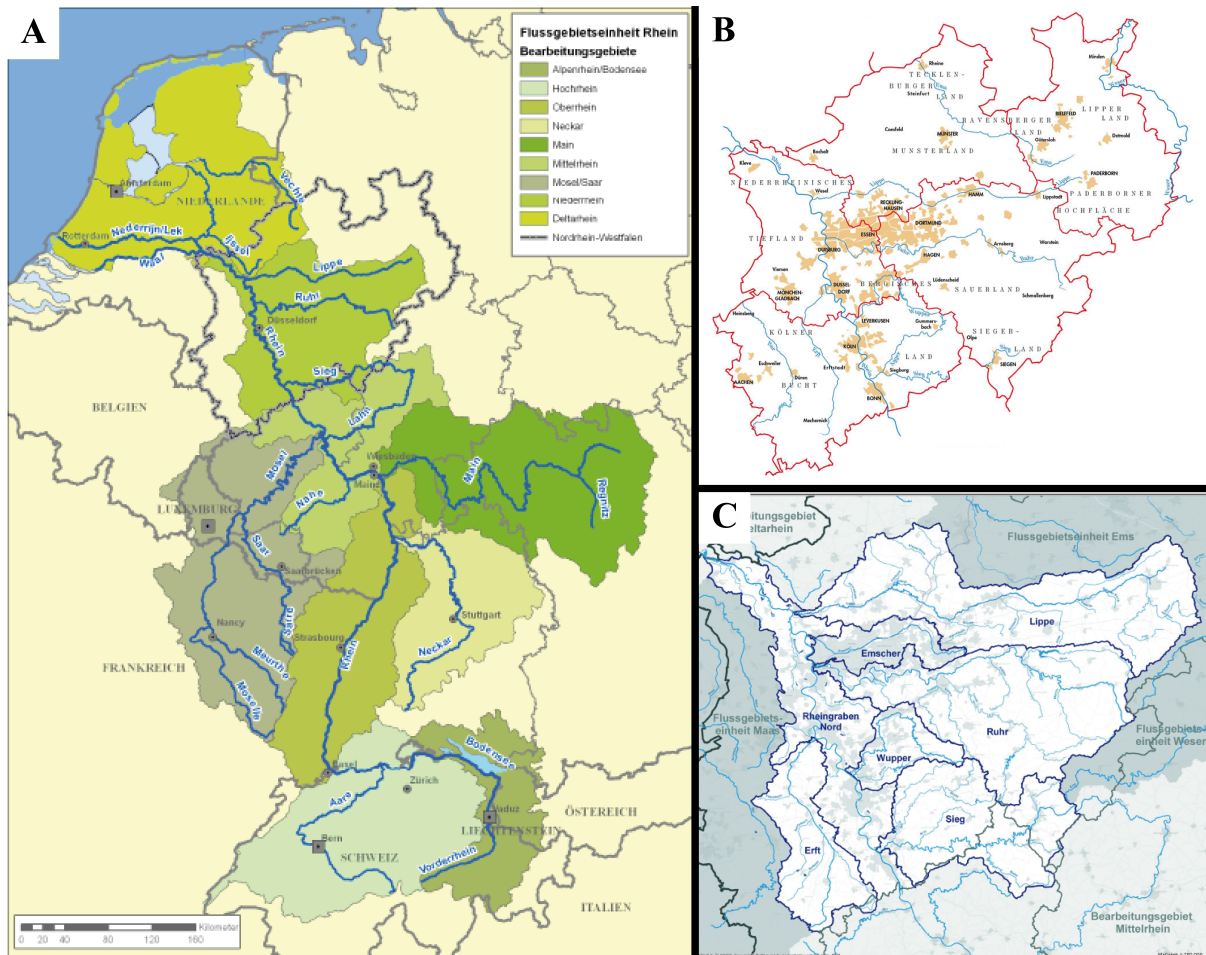


Abbildung 3. Übersicht zur räumlichen Ausdehnung des Fließgewässerökosystems *Rhein* und seiner Teileinzugsgebiete. **A** Flussgebiets-einheit *Rhein* im Verlauf von seiner Quelle in der Schweiz bis zur Mündung in die Nordsee. Farblich abgesetzt sind die Teileinzugsgebiete (MUNLV 2009). **B** Das Bundesland NRW und die Lage des Rheins und seiner Nebenflüsse (NRW 2014b). **C** Das Einzugsgebiet *Niederrhein* und seine Teileinzugsgebiete (MUNLV 2005).

Zusätzlich zu den oben genannten Gründen, die für die thematische Tauglichkeit der Fallstudie sprechen, gesellen sich an dieser Stelle zwei weitere, die aus der geografischen Ausdehnung des Einzugsgebietes folgen:

- Da das EZG *Niederrhein* zu großen Teilen Deckungsgleich mit dem Bundesland NRW ist, verringert sich die Komplexität der Analyse und der Einfluss von Maßnahmen anderer Administrationen fällt weniger ins Gewicht. Auch die Wirkung der Maßnahmen lässt sich leichter abschätzen.
- In etwas abgeschwächter Form gilt das obige Argument auch für die Flussgebietseinheit *Rhein*, da diese fast vollständig auf dem Gebiet der EU liegt und deren Umweltnormen im gesamten Einzugsgebiet umgesetzt werden. Einzige Ausnahme stellt die Schweiz dar. Eine Untersuchung aus dem Jahr 2007 konnte jedoch zeigen, dass die Wassergesetze der Schweiz nahezu Deckungsgleich mit europäischen Standards sind (BAFU 2007).

Vorstellung der Fallstudie

Die Beschränkung der Analyse auf den Rheinhauptlauf im EZG *Rheingraben Nord* verringert die Komplexität der Analyse in hohem Maße und verfälscht daher das Ergebnis (Kapitel 7). Leider ist dieser Schritt im Rahmen dieser Arbeit unumgänglich und aus folgenden Gründen auch vertretbar:

- Der Rheinhauptlauf ist der Teil des Rheins in NRW, der am stärksten durch Ausbaumaßnahmen und strukturelle Schutzsysteme beeinflusst ist. Er steht damit idealtypisch für die Auswirkungen eines Kontrollregimes.
- Die Auen des Rheinhauptlaufes sind durch ihre große flächenhafte Ausdehnung dazu in der Lage – ein entsprechend intaktes Ökosystem vorausgesetzt – in einem besonders großem Umfang Ökosystemleistungen zur Verfügung zu stellen.
- Aus diesen beiden Gründen ist der thematisch dieser Studie zugrunde liegende Konflikt bezüglich einer nachhaltigen Nutzung von Wasserressourcen am Rheinhauptlauf besonders evident.

4.2 Entwicklung des Hochwassersektors seit 1990

Der folgende Text stellt eine auf die wesentlichen Zusammenhänge reduzierte Fassung der Datenbanken zum Governanceregime dar (Anhang A). Eine ausführliche schematische Visualisierung aller Prozesse liefert Abbildung A1 im Anhang. Abbildung 4 verdeutlicht als Grundlage für die zweite Stufe der Bewertung des Hochwassersektors die Entwicklung der aus heutiger Sicht relevanten normativen Institutionen. In geringerem Umfang wird in diesem Abschnitt auch ein Teil der Datenbank zu den Projekten (Anhang B) thematisiert. Auf direkte Referenzen zu den einzelnen Datenbanken im Fließtext wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

4.2.1 Ausgangslage zu Beginn der 1990er Jahre

Der Beginn der 1990er Jahre steht für den Hochwassersektor des Landes NRW unter einem schlechten Omen. Eine ausführliche Inspektion der Deiche im Laufe der 80er Jahre hatte einen hohen Sanierungsbedarf offenbart und wirft damit ein Licht auf die begrenzten Möglichkeiten des technischen Hochwasserschutzes. Die *Generalpläne für den Hochwasserschutz am Niederrhein* berücksichtigen diese Erkenntnisse und sehen neben Deichertüchtigungen erstmals auch die Einrichtung technischer und natürlicher Rückhalteräume vor. Die Pläne werden im Jahre 1992 um Aspekte der Schifffahrt und Gewässerökologie erweitert und zum *Gesamtkonzept Rhein in NRW (MURL 1992)* umformuliert. Eine Sicherung oder Erschließung natürlicher Auenflächen zum Hochwasserschutz ist zu dieser Zeit anderweitig nur mit dem *Gewässerauenprogramm (MUNLV 2002)* und den *Konzepten zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern (KNEF)* möglich. Auf der europäischen Ebene wird zu dieser Zeit eine Institution geschaffen, die mittelfristig an dieser Tatsache etwas ändern soll. Die *FFH-Richtlinie (EC 1992)* zum Schutz sensibler Habitats und gefährdeter Arten wird 1992 erlassen und zur Umsetzung in den Mitgliedstaaten freigegeben. Zu einer Implementierung nennenswerter Maßnahmen kommt es bis Mitte der 90er Jahre nicht.

4.2.2 Die Hochwasserereignisse 1993 und 1995 und ihre Folgen

Nachdem in den Jahren 1993 und 1995 zwei schwere Hochwasser den Rhein und seine Anwohner heimsuchen (**Disse & Engel 2001**), zeichnet sich durch den entstehenden Politikfokus ein weitergehender Wandel ab. Die EU-Umweltminister verabschieden bald darauf die *Erklärung von Arles (EU 1995)*, in der die *Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR)* damit beauftragt wird, einen einzugsgebietsbezogenen Aktionsplan aufzustellen, der alle Maßnahmen der Rheinanlieger bündelt und aufeinander abstimmt. Zusätzlich entsteht in dieser Zeit die länderübergreifende Initiative

Vorstellung der Fallstudie

INTERREG Rhein-Maas Aktivitäten (IRMA) (**Huttenloher 2001**), an der sich auch das Bundesland NRW beteiligt. In ihrem überwiegend aus Forschungsvorhaben und Maßnahmen zur Raumordnung bestehenden Rahmen wird damit begonnen, einige der Rückhalterräume aus den *Generalplänen* tatsächlich umzusetzen. Ebenfalls in diesen Zeitraum, aber weniger mit den Hochwasserereignissen assoziiert, fällt der Beginn des Legislativprozesses zur WRRL. Diese soll ein einheitliches Umfeld für die europäische Gewässerpolitik schaffen und wird später eine größere Relevanz für den Hochwassersektor erlangen. Auf nationaler Ebene führen die Hochwasserereignisse dazu, dass die seit 1992 fortwährende Diskussion zur 6. Novelle des *Wasserhaushaltsgesetzes* (WHG) (**WHG 1996**) sich beschleunigt und das Gesetz im Jahre 1996 endgültig verabschiedet werden kann. Die Novelle führt unter anderem Möglichkeiten für den Schutz von natürlichen Rückhalteflächen ein, die jedoch aufgrund zahlreicher Schlupflöcher nur wenig Anwendung finden. Viel mehr Beachtung erlangen hingegen die *Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz* (**LAWA 1995**) der *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser* (LAWA). Sie skizzieren sehr präzise, wie ein vorsorgender Hochwasserschutz aussehen sollte und präferieren für seine Realisierung die Stärkung des natürlichen Rückhalts. Das Bundesland NRW sieht sich in Folge der Ereignisse dazu genötigt, aus dem *Gesamtkonzept für den Rhein* wieder einen auf den Hochwassersektor bezogenen Rahmenplan zu erstellen und verwirklicht 1996 das *Hochwasserschutzkonzept NRW* (HWSK). Es beruht im Wesentlichen auf den Inhalten der *Generalpläne* und bezieht sich fast ausschließlich auf den Hauptlauf des Rheins. Zur Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit, gründet NRW ein Jahr später im Schulterschluss mit der Provinz Gelderland, die *Deutsch-Niederländische Arbeitsgruppe Hochwasser* (**LUA 2003**). Die Empfehlungen der LAWA nimmt man sich zum Anlass, die Aufstellung sog. *Hochwasseraktionspläne* (HWAP) (**LAWA 1999**) für kleinere Gewässer zu fördern. Im Jahr 1998 wird auf der 12. *Rheinministerkonferenz* (RMK) (**IKSR 1998b**) schließlich der *Aktionsplan Hochwasser* (APHW) (**IKSR 1998a**) vorgestellt. Zu seinen Zielen gehören unter anderem die Absenkung des Rheinpegels und eine Verringerung der Schadenspotenziale in den Rheinauen. Sein Maßnahmenportfolio für das Bundesland NRW entspricht in weiten Teilen dem des HWSK.

4.2.3 Die WRRL und das Hochwasser von 2002

Im Jahr 2000 tritt die WRRL (**EC 2000**) in Kraft. In ihrer Endfassung sieht sie neben einem Management auf Basis von Einzugsgebieten, die periodische Erfassung des chemischen und ökologischen Zustands der Fließgewässer vor. Durch eine integrierte Maßnahmenplanung soll bis spätestens 2027 eine wesentliche Verbesserung des Zustands der Gewässer erreicht werden. Die IKSR verbindet die Ziele der Richtlinie mit dem APHW und formt daraus das integrierte Rheinprogramm *Rhein 2020* (**IKSR 2001**). Das Jahr 2002 markiert einen weiteren Wendepunkt in der europäischen Gewässerpolitik. An der Elbe wird nach einem katastrophalen Hochwasserereignis die Notwendigkeit eines Paradigmenwechsels abermals deutlich (**BUND 2007**) und parallel ergeben die IRMA-Studien (**Hooijer et al. 2002, 2004**), dass eine effektive Minderung des Hochwasserrisikos nur durch natürliche Rückhalteflächen zu realisieren ist. Als Reaktion auf diese Erkenntnisse wird im Jahr 2004 das *Europäische Hochwasserschutzaktionsprogramm* (HWSAP) (**Falconer 2005**) ins Leben gerufen. Es soll Möglichkeiten einer gemeinsamen Hochwasserschutzpolitik prüfen und bezieht sich auf Positionspapiere, die bereits im Vorhinein ein europaweites Risikomanagement gefordert hatten (**EC 2004, EU 2003**). Auf nationaler Ebene wird noch im Jahr 2002 das *5-Punkte-Programm der Bundesregierung* (**BMU 2002**) vorgestellt, welches weniger auf der Maßnahmenebene argumentiert, als vielmehr die grenzüberschreitende Zusammenarbeit in den Mittelpunkt stellt. 2002 tritt weiterhin das 7. WHG (**WHG 2002**) in Kraft und überführt die WRRL in nationales Recht. Eine neue Position zum Hochwasserschutz kommt in diesem Gesetz jedoch nicht zur Geltung, sodass 2005 das *Hochwasserschutzgesetz* (HWSG) (**HWSG 2005**) nachbessern muss. Das Artikelgesetz sieht die deutschlandweite Ausweisung von Überschwemmungsgebieten und Hochwasserschutzplänen vor, zu deren Aufstellung es jedoch nie

Vorstellung der Fallstudie

kommen wird. In NRW sorgt zu dieser Zeit das Ergebnis einer Studie der *Deutsch-Niederländischen AG Hochwasser* für Furore. Sie (MUNLV et al. 2004) zeigen auf, dass es im Falle schwerer Hochwasserereignisse in NRW zu Deichüberströmungen kommen wird und die geplanten Rückhaltemaßnahmen keine Abhilfe schaffen können. Diese Erkenntnisse führen im Jahr 2006 zu einer Verbesserung des HWSK (BRD 2006) durch die Ergänzung von Maßnahmen im Bereich des vorbeugenden Hochwasserschutzes. 2005 gelingt weiterhin die Verabschiedung einer Novelle des *Landeswassergesetzes* (LWG) (LWG 2005), die das 7. WHG in Landesrecht überführt und zum Beginn der WRRL-Umsetzung in NRW führt.

4.2.4 Die HWRM-RL und eine neue Gesetzgebungsära in Deutschland

Das Jahr 2007 markiert erneut einen Meilenstein der europäischen Gewässerpolitik. Die *Hochwasserisikomanagement-Richtlinie* (HWRM-RL) (EC 2007) der EU beendet das HWSAP und legt einen integrierten Risikoansatz als Grundlage des europäischen Hochwassermanagements fest. Neben einer umfassenden Bestimmung und Veröffentlichung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete ist äquivalent zu und in Abstimmung mit der WRRL eine periodische Aufstellung von integrierten Risikomanagementplänen vorgesehen. Getrübt wird dieser Erfolg durch die Veröffentlichung eines Zwischenberichts zum APHW (IKSR 2006) im Vorfeld der 14. RMK (IKSR 2007). Der Report offenbart, dass die ambitionierten Ziele mit den geplanten Maßnahmen bis zum Jahre 2020 nicht erreichbar sind. Diese Befürchtung wird im Jahr 2012 noch einmal bestätigt (IKSR 2012, 2013b) und von Umweltverbänden zum Anlass genommen, mehr natürlichen Rückhalt zu fordern (BUND & Alsace Nature 2012). Für die Übernahme der HWRM-RL in nationales Recht liegen in Deutschland mittlerweile veränderte Kompetenzen vor. Nach der Föderalismusreform von 2006 sind nationale Gesetze im Bereich der Gewässer- und Umweltpolitik auf Länderebene unmittelbar verbindlich. Den Ländern wird die Möglichkeit eingeräumt, durch vor- oder nachgeschaltete Novellen ihrer Ländergesetze deren spezifischen Charakter zu erhalten (Freudenberger 2010, NABU 2010a). Im Jahr 2009 werden auf Bundesebene das 8. WHG (WHG 2009) und ein neues *Bundesnaturschutzgesetz* (BNatSchG) (BNatSchG 2009) verabschiedet. Beide sind seit März 2010 in Kraft und bisher hat das Land NRW keine umfassenden Novellen angekündigt, sodass derzeit sowohl die nationalen als auch die landesspezifischen Gesetze Gültigkeit besitzen (NABU 2010b, NABU et al. 2010). Das 8. WHG vereint die WRRL, die HWRM-RL und das HWSG und wird im Bereich des Auenschutzes durch die Regelungen im BNatSchG ergänzt.

4.2.5 Ausgewählte Managementmaßnahmen am Rheinhauptlauf

Im Bereich des technischen Hochwasserschutzes sind seit 1995 große Anstrengungen zur Sanierung und Ertüchtigung von Deichen unternommen worden. Insgesamt werden 275 km der Rheindeiche an den Stand der Technik und höhere Pegelstände angepasst (BRD 2006). Weiterhin konnte ein technischer Polder in *Köln-Langel* in den operativen Zustand überführt werden (Arndt 2009). Insgesamt sind vier weitere Polder in Planung, jedoch stoßen derartige Projekte teilweise auf erbitterten Widerstand in der Bevölkerung (StEB Köln 2013, BRD 2006, Schlepütz 2003). Von den ursprünglich sieben geplanten großen Deichrückverlegungen (DRV) konnten bis heute vier realisiert werden (BRD 2006). Zusätzlich gab es eine Reihe weiterer Anstrengungen zur Verbesserung des natürlichen Rückhalts und der Qualität der Gewässersysteme, die jedoch nahezu vollständig in den Kanon der WRRL-Umsetzung eingereiht wurden. Die erste Maßnahmenzyklus der Richtlinie steht kurz vor seiner Vollendung und ein Zwischenbericht für das Land NRW wurde veröffentlicht (MKULNV 2014, MKULNV 2012). Neben der WRRL tragen zum Auenschutz auch Naturschutz- und FFH-Gebiete bei. Zur Umsetzung der HWRM-RL sind bis zum Jahr 2011 alle hochwassergefährdeten Gebiete bestimmt und in Form von Karten auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden (MKULNV 2011). Die Veröffentlichung der Risikomanagementpläne steht für das Jahr 2015 an. Das Land NRW betreibt

Vorstellung der Fallstudie

darüber hinaus zahlreiche Internetdienste, die zu einer Sensibilisierung der Bevölkerung im Bereich des Hochwasser- und Naturschutzes beitragen. Unterstützend wirken zu diesem Zweck auch regelmäßig aktualisierte Broschüren. Die Hochwasservorhersage für das gesamte Einzugsgebiet ist zentral durch das Hochwassermeldezentrum Mainz organisiert und kann Aussagen in abgestufter Genauigkeit im Bereich von 24-96 Stunden treffen (IKSR 2012, IKSR 2013b).

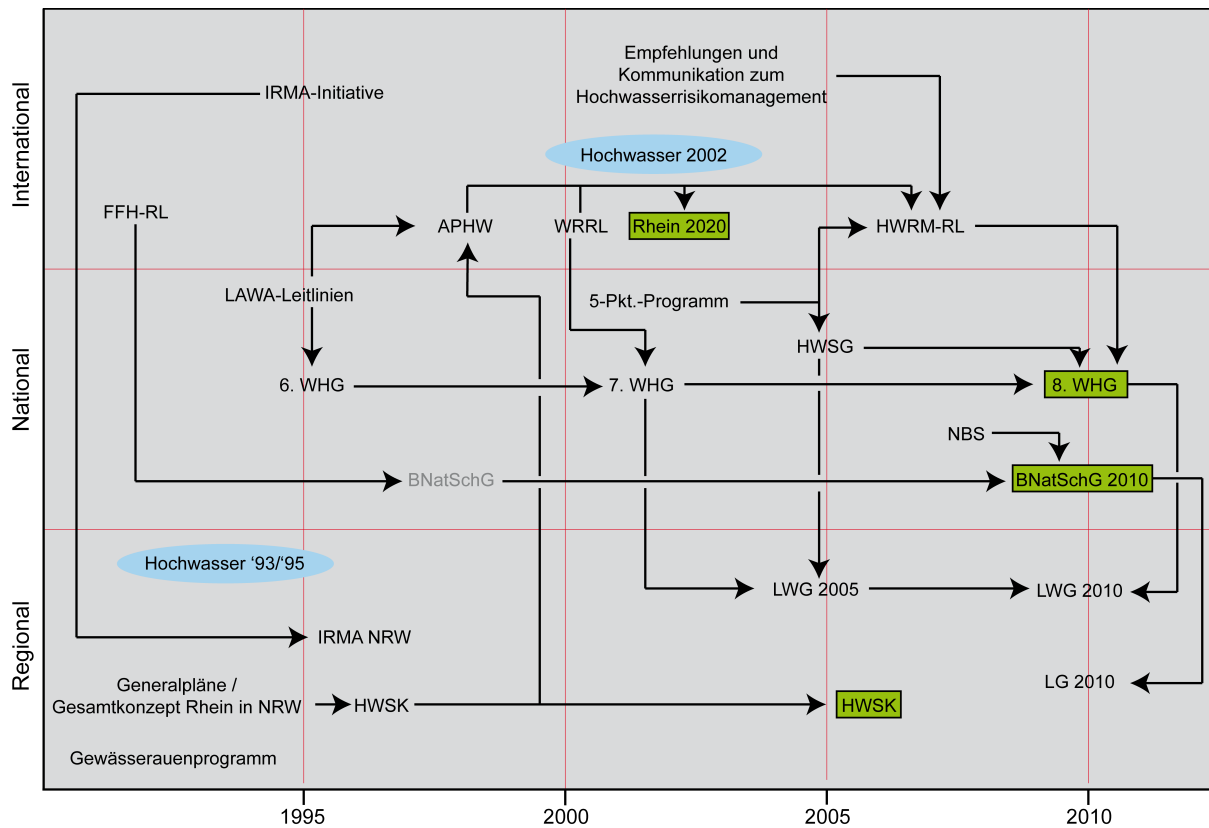


Abbildung 4. Übersicht der für den Hochwassersektor relevanten Institutionen und deren Beziehungen untereinander. Die Pfeile signalisieren eine Weiterentwicklung oder die Übernahme einzelner Inhalte. Die grün hinterlegten Institutionen sind für die zweite Stufe der Analyse des Hochwassersektors maßgeblich.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in ihrer logischen Reihenfolge präsentiert und möglichst aggregiert dargestellt. Neben einer kurzen tabellarischen Übersicht erläutert ein begleitender Fließtext die wichtigsten Merkmale.

5.1 Ergebnisse der Analyse des Hochwassersektors

Die Ergebnisse für den Hochwassersektor sind in drei Abschnitte gegliedert, von denen jeder eine gesonderte Stufe der Analyse beschreibt. Der erläuternde Fließtext beschränkt sich auf die Nennung der Beobachtungen und liefert zunächst keine Einordnung.

5.1.1 Das Governanceregime in NRW

Konnektivität und Zentralisierung (Tabelle 13):

Die meisten Interaktionen spielen sich auf der internationalen Ebene ab. Die Hälfte aller ASG ist supranational beheimatet und die wichtigsten Akteure sind die EU und die IKS. Die nationalstaatliche Ebene und das Bundesland NRW teilen die verbleibenden Interaktionen zu gleichen Teilen untereinander auf. Das Bild reproduziert sich auch für den Bereich der Institutionen. Ca. 50% sind auf supranationaler Ebene verwurzelt, der Rest zu je gleichen Teilen auf nationaler wie regionaler Ebene. Erkenntnisgewinne finden nach den Daten dieser Studie nur auf internationaler Ebene statt.

Der Anteil der Interaktionskontexte, die Ergebnisse auf einer höheren administrativen Ebene erzielen, liegt bei konstant null Prozent. Umgekehrt produzieren ca. 9% aller ASG Ergebnisse auf tieferen Ebenen, wobei diese allesamt der supranationalen Ebene angehören. Dieser Trend ist abgeschwächter Form ebenso für den Bereich der Institutionen sichtbar. Lediglich 12% der Institutionen haben einen Einfluss auf Interaktionen in höheren Sphären, 27% in den untergebenen Ebenen. Während regionale Institutionen nur sehr wenig (11%) Einfluss auf den (supra-)nationalen Bereich haben, kann der Bund mit gut 25% stärker Einfluss nehmen. 33% der internationalen und 50% der nationalen Institutionen stoßen ASG in tieferen Administrationen an.

Die Akteurebene verdeutlicht einen gegenteiligen Trend. Im Schnitt beteiligen 5% aller ASG Akteure höherer Ebenen und 73% Akteure tieferer Ebenen. An ca. 17% aller Interaktionen auf nationaler Ebene haben Akteure aus dem internationalen Milieu Anteil. Umgekehrt sind an 83% der nationalen und 100% der internationalen ASG Akteure tieferer Ebenen beteiligt.

Tabelle 13. Ergebnisse für die Analyse der Hochwassergovernance in NRW.

Dimension	Indikator	Supra-national	National	Regional	Gesamt
Konnektivität & Zentralisierung	Anteil der ASG einer Ebene an der Gesamtheit aller ASG.	50%	27%	23%	100%
	Anteil der Institutionen einer Ebene an der Gesamtheit aller Institutionen.	48%	26%	26%	100%
	Anteil der Erkenntnisgewinne einer Ebene an der Gesamtheit aller Erkenntnisgewinne.	100%	0%	0%	100%
	Anteil der ASG einer Ebene mit Ergebnissen auf höheren Ebenen.	-	0%	0%	0%

Ergebnisse

	Anteil der ASG einer Ebene mit Ergebnissen auf niedrigeren Ebenen.	18%	0%	-	9%
	Anteil der Institutionen einer Ebene, die ASG auf einer höheren Ebene beeinflussen.	-	25%	11%	12%
	Anteil der Institutionen einer Ebene, die ASG auf einer niedrigeren Ebene beeinflussen.	33%	50%	-	27%
	Anteil der ASG einer Ebene, an denen Akteure einer höheren Ebene beteiligt sind.	-	17%	0%	5%
	Anteil der ASG einer Ebene, an denen Akteure einer niedrigeren Ebene beteiligt sind.	100%	83%	-	73%
Partizipation	Anteil der ASG einer Ebene, die nichtstaatliche Akteure partizipieren lassen.	55%	66%	60%	59%

Partizipation (Tabelle 13):

Im Schnitt können an 60% aller Interaktionen nichtstaatliche Akteure aktiv oder passiv partizipieren, unabhängig davon auf welcher administrativen Ebene sich der Prozess abspielt.

5.1.2 Der normative Rahmen in NRW

Eine inhaltliche Überprüfung der Datenbank zu den Institutionen ergibt, dass der Handlungsspielraum des Hochwassermanagements heute im Wesentlichen durch zwei Gesetze und zwei Rahmenpläne abgegrenzt ist (Abbildung 4):

Auf europäischer Ebene verbindet das Programm **Rhein 2020** den APHW mit den gewässerökologischen Zielen der WRRL und gibt ambitionierte Ziele vor. Zu seiner Umsetzung ist eine Reihe von Maßnahmen vorgesehen, die auf regionaler Ebene erarbeitet wurden. Im Bereich der Bundesrepublik und seit der Föderalismusreform auch direkt für die Bundesländer, stecken das **8. Wasserhaushaltsgesetz** und das **Bundesnaturschutzgesetz** von 2009 sowohl die Ziele des Managements, als auch den Bereich der zugelassenen Maßnahmen ab. Das 8. WHG vereint dazu sowohl die Vorgaben der WRRL und der HWRM-RL, als auch die Ziele des HWSG von 2005, während das BNatSchG in Zusammenhang mit der FFH-Richtlinie und der *Nationalen Biodiversitätsstrategie (NBS) (BMU 2007)* steht. Auf regionaler Ebene ist es an erster Stelle das **Hochwasserschutzkonzept**, das für den Rheinhauptlauf ein größeres Maßnahmenportfolio vorsieht. Tabelle 14 offenbart die Ergebnisse der Bewertung dieser Institutionen anhand der in Kapitel 4.2.2 vorgestellten Indikatoren.

Prinzip der Vorsorge

Vorsorgemaßnahmen sind ein integraler Bestandteil des APHW und damit auch des Programms *Rhein 2020*. Sie sind zur Erreichung von dreien seiner insgesamt vier Ziele unverzichtbar: (i) die Minderung des Schadenspotenzials in den Auen, (ii) die Steigerung des Hochwasserbewusstseins in der Bevölkerung und (iii) die Verbesserung der Hochwasservorhersage. Das BNatSchG kann durch die Festlegung von Naturschutz- oder FFH-Gebieten einen Beitrag zur Vorsorge leisten. Es erkennt Auenhabitate explizit als schützenswert an und weist ihnen sogar einen generellen Schutzstatus zu. Im aktuellen WHG lässt sich ebenfalls eine breite Verankerung von Hochwasservorsorgemaßnahmen feststellen. Durch die Sicherung der Überschwemmungsflächen, die Betonung der Eigenverantwortung der Anwohner und schließlich die im Rahmen der HWRM-RL vorgesehenen Risiko- und Gefahrenkarten sowie Risikomanagementpläne, steht ein breiter Rahmen an Maßnahmen zur Verfügung. Auch das HWSK weist keine deutlichen Versäumnisse auf, lediglich die Verringerung der Schadenspotenziale durch individuelle Vorsorgemaßnahmen könnte hier noch stärker betont werden.

Ergebnisse

Prinzip der Integration

Im Bereich der supranationalen Vorgaben erfüllt das Programm *Rhein 2020* alle Kriterien eines integrierten Managements. Es wird daher auch als *integriertes Rheinprogramm* bezeichnet. Es profitiert besonders von der Tatsache, dass die IKSRL für den gesamten Rhein zuständig ist und alle Anrainerstaaten sich durch ihre Mitgliedschaft zum gemeinsamen Handeln verpflichten. Die Kombination mit der WRRL stärkt im Weiteren die Partizipation und setzt aus Sicht der Gewässerökologie sehr ambitionierte Ziele. Als dem Hochwassersektor eigentlich fremdes Gesetz, sieht das BNatSchG auch keine einzugsgebietsbezogene Kooperation vor. Wohl aber stärkt es durch den Schutz der Auen ihren Status als Naturlandschaft und ermöglicht durch die traditionelle Verbandsbeteiligung auch einen gewissen Grad an Partizipation. Das WHG ist durch die beiden großen europäischen Richtlinien ebenfalls stark aufgebaut. Die WRRL schuf dazu bereits im 7. WHG ein integratives Fundament und die HWRM-RL greift diese Prinzipien weiter auf. Der einzigen regionalen Institution, dem HWSK, fehlt es fast in Gänze an einer holistischen Perspektive. Weder ökologische Prioritäten, noch Partizipation oder eine Zusammenarbeit beispielsweise mit den Niederlanden sind vorgesehen.

Kreislaufprinzip

Für das Kreislaufprinzip wurden 2 Indikatoren definiert. Die periodische Bewertung und Anpassung der Maßnahmen findet sich in allen Institutionen mit Ausnahme des HWSK. In allen Fällen entstammen die entsprechenden Passagen mindestens zum Teil einer europäischen Initiative (FFH, HWRM-RL, WRRL). Im Naturschutz gibt es ein solches Bewertungsverfahren auch im Zusammenhang mit den Schutzgebieten abseits der FFH-RL. Das HWSK ist zwar einmal an veränderte Bedingungen angepasst worden, hat diesen Vorgang jedoch nicht institutionalisiert. Der Bereich der Nachsorge findet sich nur im 8. WHG. Er wird implizit durch die aufzustellenden Hochwasserrisikomanagementpläne mit einbezogen.

Prinzip des natürlichen Rückhalts

Natürliche Rückhalteflächen sind in allen vier Fällen zur Reduzierung der Hochwasserstände und des Schadenspotenzials vorgesehen. *Rhein 2020* und das HWSK bedienen sich dazu vor allem Deichrückverlegungen, das BNatSchG der Festlegung von Naturschutzgebieten und das WHG der Freihaltung von Überschwemmungsflächen. Eine Vorrangstellung besitzt diese Art der Hochwassermediation jedoch nur in der Naturschutzgesetzgebung. Sie ist dort implizit gegeben, da das Gesetz keine Möglichkeiten hat, andere Arten des Hochwasserschutzes einzubeziehen. Die DRV des HWSK und aus dem Rheinprogramm basieren alle auf den *Generalplänen* von 1991. Sie stehen neben einer breiten Palette an technischen Schutzmaßnahmen und ihre Standorte wurden auch anhand ökonomischer Überlegungen ausgewählt. Das 8. WHG erkennt zwar an, dass eine Stärkung des natürlichen Rückhalts oberste Priorität haben muss und erschwert zugleich durch einen Verweis auf das *Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) (UVP 1990)* eine strukturelle Umwandlung der Auenflächen, jedoch verfehlt es diese Ziele durch eine Ausnahmeregelung für die Siedlungsentwicklung.

Risikoprinzip

Die Maßnahmenplanung auf Basis von Risikoberechnungen ist abgesehen vom BNatSchG in allen anderen Maßgaben vorgesehen. Bereits die Erstellung des APHW beruhte seinerzeit auf der rechnerischen Bestimmung der Schadenspotenziale. Daher ist eines seiner vier großen Ziele auch die Minimierung ebendieser. Die europäische HWRM-RL sorgt für eine Verankerung des Risikoansatzes im 8. WHG und sogar das HWSK bezieht sich in seiner aktuellen Version aus dem Jahr 2006 explizit auf die bevorstehende Veröffentlichung der Richtlinie.

Ergebnisse

Tabelle 14. Ergebnisse für die Analyse des normativen Rahmens des Hochwassermanagements in NRW.

Konzept	Indikator (Abk.)	Rhein 2020	BNatSchG	8. WHG	HWSK
		<i>Supranational</i>	<i>National</i>		<i>Regional</i>
Vorsorge	Raumordnung	Ja	Ja	Ja	Ja
	Schadensreduktion	Ja	Nein	Ja	Nein
	Sensibilisierung	Ja	Nein	Ja	Ja
	Vorhersage	Ja	Nein	Ja	Ja
Integration	Einzugsgebiete	Ja	Nein	Ja	Ja
	Grenzüberschreitung	Ja	Nein	Ja	Nein
	Partizipation	Ja	Ja	Ja	Nein
	Ökol. Kriterien	Ja	Ja	Ja	Nein
Kreislauf	Zyklus	Ja	Ja	Ja	Nein
	Nachsorge	Nein	Nein	Ja	Nein
Nat. Rückhalt	Nat. Rückhalt	Ja	Ja	Ja	Ja
	Vorrang	Nein	Ja	Nein	Nein
Risikoansatz	Risikoansatz	Ja	Nein	Ja	Ja

5.1.3 Die Maßnahmenebene in NRW

Struktureller Hochwasserschutz (Tabelle 15)

Der Bereich des strukturellen Hochwasserschutzes am Rheinhauptlauf zeichnet sich besonders durch Deiche aus. Ca. 70% der Uferstrecke ist mit Deichen bewährt. Dies entspricht etwa 330 km Deichlinie. Im Rahmen eines umfassenden Sanierungsprogramms werden seit 1995 etwa 80% dieser Deiche saniert und in 3-Zonen-Bauweise (**Sänger & Schrickel 2010**) an das gültige Bemessungshochwasser angepasst (**LUA 2004**). Weiterhin ist 2009 ein technischer Polder in *Köln-Langel* mit einer Rückhaltefläche von 1,6 km² fertiggestellt worden. Derzeit sind 4 weitere Polder in Planung. Die Projekte in *Worringen* und *Orsoy* sollen bis 2020 eine weitere Fläche 12,6 km² verpoldern und damit die Fläche der rezenten Aue um weitere 1,5% verringern. Die Planungen in *Bylerward* und am *Ilvericher Bruch* mussten hingegen pausiert werden, da sich in der Bevölkerung ein zu starker Widerstand regt. Die Flächensicherung bleibt hier jedoch bestehen und über das weitere Schicksal der Polder soll erst entschieden werden, wenn bessere Daten bezüglich des Klimawandels vorliegen (**BRD 2006**). Über Staudämme und Bypass-Kanäle ist im Einzugsgebiet *Rheingraben Nord* nichts bekannt. Die Zahl der Hochwasserrückhaltebecken konnte nicht mit Sicherheit ermittelt werden, sodass sie aus der Bewertung ausgenommen werden müssen. Insgesamt gibt es in NRW mehr als 500 Hochwasserrückhaltebecken.

Ökologischer Hochwasserschutz (Tabelle 15)

Die für den ökologischen Hochwasserschutz wichtige rezente Aue nimmt an der morphologischen Aue einen Anteil von 21,5% ein. Dies bedeutet, dass etwa 80% der ehemaligen Auenflächen unter normalen Umständen nicht mehr von der Hochwasserdynamik erreicht werden. Seit 1990 konnten durch vier große Deichrückverlegungen etwa 2,4% der ehemaligen Aue zurückgewonnen werden. Bis 2020 sollen die Rückverlegungen in *Lohrwardt* und *Mündelheim* mit einer Fläche von 3,6 km² weitere 0,4% gewinnen. Das Projekt *Lohrwardt* erhält nach derzeitigem Planungsstand Fluttore und muss daher eigentlich den technischen Poldern zugerechnet werden (**SDF 2008**). Das zuständige Ministerium spricht jedoch weiterhin von einer DRV. Von den seit 1990 gewonnenen 19,3 km² entfallen alleine 10 km² auf das Projekt an der *Bislicher Insel*. Dieses Naturschutzgebiet war ursprünglich großflächig einer natürlichen Überschwemmungsdynamik ausgesetzt und sollte auf Antrag des ansässigen Deich-

Ergebnisse

verbandes durch einen rheinnahen Banndeich vollständig entkoppelt werden (BSKW 2014). Es gelang der Politik jedoch eine Kompromisslösung zu etablieren, bei der 10 km² erhalten werden konnten. Um eine tatsächliche Deichrückverlegung oder einen Gewinn an rezenter Aue handelt es sich hier jedoch nicht. Geschützt sind nach aktuellem Stand ca. 20% der morphologischen Aue durch Naturschutzgebiete und ca. 33% im Rahmen des Netzwerks *Natura 2000*. Dem gegenüber stehen knapp 30% Flächenanteil mit landwirtschaftlicher Nutzung und 20% nahezu vollständig versiegelter Siedlungsfläche. Einen letzten Beitrag zum ökologischen Hochwasserschutz leistet die WRRL. Für das EZG *Rheingraben Nord* definiert sie 40 *Wasserkörpergruppen* (WKG). Diese bestehen jeweils aus zwei bis vier einzelnen Fließgewässern. An etwa 5% dieser WKG sind konkrete Maßnahmen vorgesehen, die mit einer Erhöhung der Auenflächen zum Rückhalt einhergehen. Weiterhin bestehen bei 5 – 13% der WKG Maßnahmen, die allgemein zu einer Normalisierung des Abflussverhaltens beitragen und damit anderweitig für eine Entspannung der Hochwassersituation sorgen.

Nicht-struktureller Hochwasserschutz (Tabelle 16)

In NRW sind heute diverse Möglichkeiten des nicht-strukturellen Hochwasserschutzes gegeben. Zu den wichtigsten gehört die Aufstellung integrierter Maßnahmenpläne, die unterschiedliche Maßnahmentypen vorsehen und auf Basis einer Risikoberechnung argumentieren. Ab 2015 wird es in NRW flächendeckend Hochwasserrisikomanagementpläne geben und bereits heute existieren für zahlreiche Gewässer Hochwasseraktionspläne. Bis 2011 wurden weiterhin alle potenziell signifikant hochwassergefährdeten Gebiete bestimmt, deren abschließende Sicherung jedoch noch aussteht. Eine Hochwasservorhersage durch das Hochwassermeldezentrum Mainz kann eine sichere Pegelbestimmung mit 24 Stunden Vorlauf geben. Für 36 Stunden wird eine Abschätzung des Pegels gegeben und für das gesamte Rheineinzugsgebiet lassen die Daten Aussagen über grobe Entwicklungen in einem Zeitraum von 96 Stunden zu. Sollte es dennoch zum Ereignisfall kommen garantieren 19 Hochwassermeldeordnungen, dass es auch an den kleineren Gewässern zu einem regelhaften Ablauf des Warn- und Alarmprozesses kommt. Weiterhin geschieht eine umfassende Information und Sensibilisierung der Bevölkerung. Neben Broschüren und Infoveranstaltungen können über einen Onlinedienst sowohl gewässerökologische Daten und Pegelstände, als auch Risiko- und Gefahrenkarten abgerufen werden. Über die Möglichkeiten des hochwassersicheren Bauens informiert die *Hochwasserfibel*. Im Rahmen privater Zusatzversicherungen im Bereich der Elementarschäden ist auch eine private Risikovorsorge möglich. Das einzige Gebiet, für das es kein zentral koordiniertes und an Belange des Hochwasserschutzes angepasstes Programm gibt, ist die Regenwasserbewirtschaftung.

Tabelle 15. Ergebnisse für die Analyse der Maßnahmenebene des Hochwassersektors in NRW. Teil I: Struktureller & ökologischer Hochwasserschutz. *Verweise:* **A** Bezieht sich auf den Gesamtlauf des Rheins in NRW von 226 km, bzw. eine Uferlinie von 452 km. Es wird davon ausgegangen das die Deichstrecke gleichmäßig auf beide Rheinufer verteilt ist. **B** Bezieht sich auf die Gesamtheit der Deichstrecken von 330 km. **C** Bezieht sich auf den Anteil an der morphologischen Aue (814,7 km²). Die morphologische Aue beschreibt die Ausdehnung der Feuchtgebiete vor der Beeinflussung durch den Menschen. **D** Es wird nur die WRRL betrachtet, da alle weiteren Programme aus dem Bereich der Gewässerökologie in ihren Kanon übergegangen sind. WKG sind sog. *Wasserkörpergruppen* und stellen eine quantitative Einheit dar. Eine WKG entspricht im Schnitt zwischen 2 und 4 einzelnen Gewässern. Es ist angegeben, wie viele WKG von den Maßnahmen betroffen sind. **E** Bezieht sich auf die Gesamtmenge der WKG im EZG *Rheingraben Nord* von 40.

Indikator	IST-Wert	Anteil	
S T R U K T U R E L L	Gewässerstrecke unter Deicheinfluss	330 km	≥ 70,0 % ^A
	Umfang der Deichsanierungen	275 km	83,3 % ^B
	Zusätzliche technische Rückhaltefläche seit 1990	1,6 km ²	0,2 % ^C
	Zusätzliche technische Rückhaltefläche bis 2020	Mind. 12,6 km ²	≥ 1,5% ^C
	Staudämme zur Hochwassermediation	Keine	-

Ergebnisse

	Rückhaltebecken und Zweigkanäle	Nicht möglich	-
Ö K O L O G I S C H	Rezente Aue	175,6 km ²	21,5 % ^C
	Zusätzliche natürliche Rückhaltefläche seit 1990	19,3 km ²	2,4 % ^C
	Zusätzliche natürliche Rückhaltefläche bis 2020	3,6 km ²	0,4 % ^C
	Naturschutzflächen (NSG / <i>Natura 2000</i>)	166,5 km ² / 271,1 km ²	20,0 % ^C / 33,2 % ^C
	Flächen mit land- / siedlungswirtschaftlicher Nutzung	235,1 km ² 165,7 km ²	28,9 % ^C 20,0 % ^C
	Weitere Maßnahmen zur Normalisierung des Wasserhaushalts (WRRL WKG ^D):		
	Förderung des natürlichen Rückhalts	2 ^D	5 % ^E
	Gewährleistung des Mindestabflusses	1 ^D	3 % ^E
Reduzierung der Abflussspitzen	5 ^D	13 % ^E	
Wiederherstellung des gewässertypischen Abflussverhaltens	5 ^D	13 % ^E	

Tabelle 16. Ergebnisse für die Analyse der Maßnahmenebene des Hochwassersektors in NRW. Teil II: Nicht-struktureller Hochwasserschutz.

Indikator (Abk.)	Stand	Beschreibung	
N I C H - S T R U K T U R E L	Risikoansatz	Ja	Hochwasserrisikomanagementpläne ab 2015
	Hochwasservorhersage	Ja	Hochwassermeldezentrum Mainz, zwischen 24 und 96 Stunden Vorlauf
	Sensibilisierung	Ja	Gefahren- & Risikokarten seit 2013 Internetdienst Broschüren Veranstaltungen
	Integrierte Managementpläne	Ja	23 Hochwasseraktionspläne seit 2001 Hochwasserrisikomanagementpläne ab 2015
	Regenwasserbewirtschaftung	Nein	Kein zentrales Programm
	Warnung und Alarmplanung	Ja	Hochwassermeldezentrum Mainz 19 Hochwassermeldeordnungen
	Überschwemmungsgebiete	Ja	Vorläufig gesichert seit 2011, endgültige Festsetzung steht aus
	Versicherung / Angepasstes Bauen	Ja	Möglich / Hochwasserfibel

5.2 Ergebnisse der Analyse der Ökosystemleistungen

Die Ergebnisse für das ökologische Regime bzw. den Zustand und das Entwicklungspotenzial der Ökosystemleistungen sind in zwei Abschnitte gegliedert. Der erste Abschnitt präsentiert die Ergebnisse der indikatorbasierten Analyse tabellarisch und liefert für jede ÖSL eine gesonderte Betrachtung ihrer Ausprägung. Der zweite Teil argumentiert auf Basis der zukünftigen Entwicklungen im Hochwassersektor, ob es allgemein zu einer Verbesserung der wichtigsten Parameter kommen kann.

5.2.1 Zustand der Ökosystemleistungen in den Rheinauen

Getreide (Tabelle 17)

Die Ökosystemleistung *Getreide* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs stark ausgeprägt. Die natürlichen Potenziale zur Bereitstellung dieser Leistung werden aktiv auf ca. 30% der ursprünglichen Auenfläche in Anspruch genommen und ausgebaut. In vielen Bereichen der Gewässerstrecke begünstigt

Ergebnisse

eine Abkopplung der Uferflächen von der Hochwasserdynamik den intensiven Getreideanbau. Doch auch in Teilen der rezenten Aue wird Landwirtschaft betrieben und durch Sommerdeiche effektiviert. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Altaue verlieren durch den ausbleibenden Nährstoffrückhalt langfristig an Fruchtbarkeit und müssen durch künstliche Düngung ertragreich gehalten werden. Eine landwirtschaftliche Nutzung ist auf ca. 20% der Auenfläche vollständig durch die Ausweisung von Schutzgebieten unterbunden worden. Gemessen an der den Auen auch im Rahmen aktueller Gesetze zugesprochenen besonderen Bedeutung für ökosystemare Prozesse, ist der Naturschutz nur mäßig repräsentiert. Es besteht ein Interessenskonflikt zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen und ihrem Erhalt zum Zwecke des Natur- und Hochwasserschutzes.

Tabelle 17. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Getreide* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* 1 Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. 2 Bezieht sich auf die morphologische Aue. 3 Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ³	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	++
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	
Anteil der Ackerflächen ²	28,9 %	Hoch	
Flächenanteil unter Naturschutz ²	20,0 %	Mäßig	

Fisch (Tabelle 18)

Die Ökosystemleistung *Fisch* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs mäßig ausgeprägt. Ein aktiver Fischfang zu wirtschaftlichen Zwecken ist im Bereich des Niederrheins nicht zu verzeichnen. Auf ca. 70% der Gewässerstrecke ist die laterale Migrationsfähigkeit der Fische entweder eingeschränkt oder vollständig verloren gegangen. Zusätzlich besteht eine chemische Belastung der Gewässer mit toxischen Substanzen. Zwar konnte mittlerweile durch die WRRL eine Verbesserung der Belastung durch bestimmte Substanzklassen erreicht werden, diffuser Oberflächenabfluss bleibt jedoch weiterhin ein Problem. Eine Belastung mit Schwermetallen ist daher weiterhin gegeben. Die Einschränkung der Durchgängigkeit bereitet vor allem im Bereich der kleineren Nebengewässer Probleme. Im Hauptlauf ist durch die Interessenslage der Schifffahrt eine durchgängige Migration möglich, problematisch ist vielmehr das Erreichen wichtiger Rückzugsräume in den Alt- und Seitengewässern. Diese sind umso wichtiger, je stärker das Gewässerhabitat im Hauptgewässer degradiert ist. Trotz dieser negativen Einflüsse, steht den Fischen stellenweise eine funktionale Aue zur Verfügung und die WRRL bescheinigt den Fischpopulationen im Rhein im Jahr 2013 zwar nur einen mäßigen, jedoch keinen schlechten Zustand. Die Beeinträchtigung der Ökosystemleistung soll daher hier als mittelschwer klassifiziert werden.

Tabelle 18. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Fisch* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* 1 Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. 2 Bezieht sich auf die morphologische Aue. 3 Bezieht sich auf die Gewässerläufe des gesamten Einzugsgebietes. 4 Entnommen aus der aktuellen Bestandsaufnahme der WRRL. Beziehen sich auf das Einzugsgebiet. 5 Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ⁵	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	-
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	
Einschränkung der Durchgängigkeit ³	69,0 %	Hoch	
Zustand der Fischfauna ⁴	Mäßig	Mäßig	
Chemischer Zustand des Gewässers ⁴	Nicht gut	Mäßig	

Ergebnisse

Wasserreinhaltung (Tabelle 19)

Die Ökosystemleistung *Wasserreinhaltung* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs mäßig ausgeprägt. Zu einer Beeinträchtigung führt insbesondere das Unterbinden einer regelmäßigen Überflutung von ca. 80% der Auenfläche durch Deiche. Im Bereich des Wasserkörpers spricht sowohl die organische Belastung (angezeigt durch den unbefriedigenden Zustand des Makrozoobenthos), als auch die chemische Belastung bspw. mit Metallen für eine Verringerung der Reinigungsleistung. Zu Gute gehalten werden kann lediglich die geringe Rückstaubeinflussung des Gewässerlaufs, da der Rhein in diesem Bereich keinerlei Talsperren oder Staudämme aufweist. Insgesamt liegt die Bereitstellung dieser Leistung deutlich unter den natürlichen Potenzialen. Es wird dennoch lediglich die zweitschlechteste Kategorie vergeben, da sich die organische und chemische Belastung im Rahmen der WRRL-Umsetzung bereits verringert hat. Eine geringe Verbesserung der natürlichen Reinigungskapazität muss also bereits eingetreten sein.

Tabelle 19. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Wasserreinhaltung* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. **2** Bezieht sich auf die morphologische Aue. **3** Entnommen aus der aktuellen Bestandsaufnahme der WRRL. Beziehen sich auf das Einzugsgebiet. **4** Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ⁴	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	-
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	
Rückstaubeinflussung ¹	0,0 %	Gering	
Zustand des Makrozoobenthos ³	Unbefriedigend	Gering	
Chemischer Zustand des Gewässers ³	Nicht Gut	Mäßig	

Hochwasserschutz (Tabelle 20)

Die Ökosystemleistung *Hochwasserschutz* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs kaum ausgeprägt. Die Leistung benötigt zu ihrer Ausprägung weniger ein intaktes Auenökosystem als vielmehr eine zugängliche Auenfläche. Durch den massiven Eindeichungsgrad des Rheinhauptlaufs ist die Flächenausdehnung der Aue auf ca. 20% reduziert worden, sodass die Ausprägung der Leistung stark unterhalb ihrer natürlichen Kapazität liegt.

Tabelle 20. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Hochwasserschutz* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. **2** Bezieht sich auf die morphologische Aue. **3** Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ³	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	--
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	

Klimaregulation (Tabelle 21)

Die Ökosystemleistung *Klimaregulation* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs kaum ausgeprägt. Das Potenzial des Ökosystems, ein für den Menschen vorteilhaftes und stabiles Klimaregime zu erhalten, liegt deutlich unter seinen natürlichen Kapazitäten. Diese Tatsache zeigt sich an der starken Reduzierung der für die Hochwasserdynamik erreichbaren Auenflächen. Zusätzlich treiben CO₂-intensive

Ergebnisse

Flächennutzungen in der Aue das klimatische Regime weiter in Richtung eines unvorteilhaften Zustandes.

Tabelle 21. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Klimaregulation* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. **2** Bezieht sich auf die morphologische Aue. **3** Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ³	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	--
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	
Anteil der Flächen mit positiver CO ₂ -Bilanz ²	48,9 %	Sehr hoch	

Erholung (Tabelle 22)

Die Ökosystemleistung *Erholung* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs mäßig ausgeprägt. Durch die Umwidmung großer Anteile der morphologischen Aue steht der Erholungsnutzung nur ein begrenzter Raum zur Verfügung. Konkurrieren muss sie mit der Land- und Siedlungswirtschaft. Der relativ hohe Anteil an Landschaftsschutzgebieten, die sich aufgrund ihrer gesetzlichen Natur besonders für die Einrichtung ökotouristischer Räume eignen, spricht jedoch auch für eine Ausprägung der Leistung. Insgesamt wird das Potenzial zur Bereitstellung dieser Leistung als mittelstark beeinflusst eingestuft.

Tabelle 22. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Erholung* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. **2** Bezieht sich auf die morphologische Aue. **3** Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ³	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	-
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	
Anteil an Acker- und Siedlungsflächen ²	48,9 %	Sehr hoch	
Flächenanteil unter Landschaftsschutz ²	35,2 %	Hoch	

Habitat (Tabelle 23)

Die Ökosystemleistung *Habitat* ist in den Auen des Rheinhauptlaufs mäßig ausgeprägt. Grundsätzlich ist die potenzielle Fläche des echten Auenhabitats vor allem durch Deiche auf etwa ein Fünftel reduziert. Dies erlaubt jedoch keine Aussage über die tatsächliche Habitatqualität bzw. -verfügbarkeit. Sowohl die Flächen der rezenten Aue, als auch die der Altaue, können starke Defizite aufweisen. Hochwertiges Habitat findet sich zum Beispiel in Naturschutzgebieten. Für größere Wasserorganismen erweist sich im Weiteren die eingeschränkte Durchgängigkeit als nachteilhaft, da so die Erreichbarkeit höherwertiger Habitate in den Altgewässern der rheinfernen Auentile erschwert wird. Insgesamt wird die Bereitstellung der Leistung *Habitat* somit als mittelstark beeinträchtigt eingestuft.

Tabelle 23. Übersicht und Einstufung der zur Bewertung des Zustands der ÖSL *Habitat* herangezogenen Indikatoren. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Gesamtstrecke des Rheinhauptlaufs. **2** Bezieht sich auf die morphologische Aue. **3** Bezieht sich auf die Gewässerläufe des gesamten Einzugsgebietes. **4** Die Einstufung erfolgt subjektiv durch den Autor und nicht anhand wissenschaftlich begründeter Kategorien (Sehr hoch > hoch > mäßig > gering > sehr gering).

Indikator	IST-Wert	Einstufung ⁴	Gesamtbewertung
Anteil der Gewässerstrecke unter Deicheinfluss ¹	≥ 70,0 %	Sehr hoch	-
Flächenanteil der rezenten Aue ²	21,5 %	Gering	

Ergebnisse

Einschränkung der Durchgängigkeit ³	69,0 %	Hoch	
Flächenanteil unter Naturschutz ²	20,0 %	Mäßig	

5.2.2 Ausblick auf die Entwicklung der Ökosystemleistungen bis 2020

Entwicklung des natürlichen Rückhalts (Tabelle 24)

Hochwassermanagementmaßnahmen, die auf die Erhöhung der natürlichen Rückhaltekapazitäten abzielen, schaffen funktionale Auenflächen. Sie können somit zu einer Verbesserung des Zustands vieler Ökosystemleistungen beitragen. Im Zeitraum bis 2020 kommen für die Rheinauen zwei Entwicklungen in Frage. Durch Deichrückverlegungen sollen ca. 0,4% der ursprünglichen Auenflächen zurückgewonnen werden. Dieser Flächengewinn muss jedoch mit dem Flächenverlust durch technische Polder verrechnet werden, sodass ein Nettoverlust von ca. 1,1% zu erwarten ist. Ein zweites Projekt ist die Sicherung der signifikant hochwassergefährdeten Gebiete im Rahmen der HWRM-RL-Umsetzung. Die Festsetzung steht vielerorts noch aus und sollte bis spätestens zum Erscheinen der Hochwasserrisikomanagementpläne 2015 abgeschlossen sein. Für das EZG *Rheingraben Nord* listet der vorläufige Bericht ca. 70% der Gewässerstrecke als potenziell gefährdet. Sollte es tatsächlich zu einer dauerhaften Sicherung dieser Flächen kommen und von einer weiteren strukturellen Bebauung abgesehen und / oder ein Rückbau bestehender Veränderungen vorgesehen werden, könnte es zu einer Erhöhung der natürlichen Kapazitäten kommen. Ein sehr ehrgeiziges Ziel im Bezug auf den natürlichen Rückhalt setzt auch die *Nationale Biodiversitätsstrategie*. Nach ihr sollen bis 2020 für alle Flüsse mit Hochwasserrisiko 10% der Auen zurückgewonnen werden. Einen konkreten Umsetzungsplan abseits der oben erläuterten Projekte gibt es dafür jedoch nicht, sodass dieses Vorhaben hier zunächst unberücksichtigt bleiben soll.

Entwicklung des technischen Hochwasserschutzes (Tabelle 24)

Der technische Hochwasserschutz wird auch weiterhin ein wichtiges Standbein in NRW bleiben. Mit einem Rückbau der frisch sanierten Deiche ist mittelfristig nicht zu rechnen. Weiterhin sollen bis 2020 ca. 1,4% der bestehenden rezenten Aue durch technische Polder einer Nutzung zum Zwecke des gesteuerten Hochwasserschutzes zugeführt werden. Mit einer Verbesserung der lateralen Konnektivität und damit auch der Verbesserung des Zustands vieler Ökosystemleistungen ist daher insbesondere in den Bereichen mit rheinnahen Banndeichen nicht zu rechnen.

Entwicklung des allgemeinen Auenzustands (Tabelle 25)

Den größten Einfluss auf den Zustand der noch bestehenden Auen wird Zukunft die Umsetzung der WRRL haben. Als die erste Bestandsaufnahme 2004 publiziert wurde, ging man davon aus, dass im EZG *Rheingraben Nord* nur ca. 10% aller Wasserkörper die Ziele fristgerecht erreichen werden. Die Bestandsaufnahme von 2013 offenbart jedoch für den Rheinhauptlauf bereits erste Verbesserungen. Für den Bereich des ökologischen Zustands haben sich alle vier Gewässerabschnitte seit 2009 um jeweils eine Kategorie nach oben verbessert. Auch wenn eine Zielerreichung damit nicht unbedingt wahrscheinlicher wird, kann davon ausgegangen werden, dass sich der Zustand einiger Ökosystemleistungen weiterhin langsam verbessert. Der Zwischenbericht zur Umsetzung der WRRL in NRW gibt an, dass für fast 80% der Maßnahmen mit der Planung oder Ausführung bereits begonnen wurde und lediglich in 18% der Fälle ein Beginn noch aussteht.

Ergebnisse

Tabelle 24. Künftige Entwicklungen im Hochwassersektor mit potenziellem Einfluss auf die Ökosystemleistungen. Teil I: Natürlicher und technischer Schutz. *Verweise:* **A** Bezieht sich auf den Anteil an der morphologischen Aue (814,7km²). **B** Bezieht sich auf den Anteil an den im Rahmen der Umsetzung der HWRM-RL auf ihr Hochwasserrisiko untersuchten Gewässerläufen (792km). **C** Bezieht sich auf den Anteil an den vorhandenen Rheindeichen (330km).

Entwicklungspfad	Relevante Entwicklungen	IST-Wert (Anteil)
Natürlicher Rückhalt	Schaffung zusätzlicher Auenfläche durch Deichrückverlegungen (bis 2020)	3,6 km ² (0,4 %) ^A
	Sicherung und Schutz überschwemmungsgefährdeter Gebiete (HWRM-RL)	560 km (70,7 %) ^B
Technischer Schutz	Sanierung der Rheindeiche	275 km (83,3 %) ^C
	Schaffung zusätzlicher technischer Rückhalteräume (bis 2020)	12,6 km ² (1,5 %) ^A

Tabelle 25. Künftige Entwicklungen im Hochwassersektor mit potenziellem Einfluss auf die Ökosystemleistungen. Teil II: Ökologische Verbesserung bestehender Auen durch die WRRL. *Verweise:* **A** Bezieht sich auf die Angaben der Bestandsaufnahme von 2004 und beschreibt die Anzahl der WKG, deren fristgerechte Zielerreichung wahrscheinlich ist. **B** Bezieht sich auf den Gesamtumfang aller geplanten Maßnahmen des Bewirtschaftungszeitraums bis 2015.

Ökol. Verbesserung bestehender Auen durch die WRRL	IST-Wert
Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung (2004)	10 % ^A
Zwischenbericht – Maßnahmen im Bereich Gewässerstruktur:	
Entfallene Notwendigkeit	2 % ^B
Nicht begonnen	18 % ^B
Planung / Ausführung begonnen	79 % ^B
Bau begonnen	0 % ^B
Abgeschlossen	1 % ^B
Ökologischer Zustand nach Gewässersteckbrief 2009:	
Bis Leverkusen	Unbefriedigend
Bis Duisburg	Unbefriedigend
Bis Wesel	Schlecht
Bis Landesgrenze	Schlecht
Ökologischer Zustand nach Gewässersteckbrief 2014:	
Bis Leverkusen	Mäßig
Bis Duisburg	Unbefriedigend
Bis Wesel	Unbefriedigend
Bis Landesgrenze	Unbefriedigend

6 Diskussion

In diesem Kapitel sollen die gewonnenen Ergebnisse zueinander in Bezug gesetzt und vor dem Hintergrund der vorangegangenen Kapitel eingeordnet werden. Weiterhin wird überprüft, ob die zu Grunde gelegte Forschungshypothese durch diese Studie verifiziert werden kann. Zum Schluss fasst ein Fazit die wesentlichen Schlussfolgerungen zusammen.

6.1 Der Hochwassersektor in NRW

Es folgt die Diskussion der Ergebnisse zur Ausprägung des Hochwassersektors in NRW.

6.1.1 Das Governanceregime

Die Hochwassergovernance in NRW ist stark geprägt durch den Einfluss der supranationalen Ebene. Hier laufen die meisten relevanten Prozesse ab und die wichtigsten Institutionen werden geschaffen. Das der Gewinn von relevantem Wissen nur auf dieser höchsten administrativen Ebene abläuft, scheint ein Artefakt des MTF zu sein (siehe dazu auch Kapitel 7). Es ist jedoch möglich, dass aus den gewonnenen Erkenntnissen am ehesten auf dieser Ebene in Form neuer Richtlinien Konsequenzen gezogen werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die EU zentraler Akteur im Bereich der Umweltgesetzgebung ist und von hier aus die meisten Initiativen ausgehen. Ebenso kommt der IKSR eine wichtige Rolle bei der Aufstellung von Rahmenplänen und der Definition der Ziele des Managements zu. Der starke Einfluss der supranationalen Ebene begünstigt jedoch auch die starke Dominanz von Top-Down-Prozessen. Die Interaktionskontexte besitzen stets Ergebnisse auf ihrer eigenen oder einer tieferen hierarchischen Ebene, niemals auf einer höheren. Auch die Institutionen lösen tendenziell eher Prozesse auf niedrigeren Ebenen aus. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass sowohl die normativen Vorgaben der EU als auch der IKSR direkt zur Umsetzung in den Mitgliedstaaten gedacht sind. Auf nationaler Ebene wird dieser Trend durch das föderale System weiter verstärkt. Gesetze des Bundes müssen auf der Länderebene erneut durch einen separaten Legislativprozess implementiert werden. Erst die Föderalismusreform änderte etwas an dieser Situation. Die Fälle, in denen Institutionen auch Interaktionen auf übergeordneten Ebenen anstoßen, sind meistens mit der Übernahme von Positionspapieren (bspw. *LAWA-Leitlinien*, *5-Punkte-Programm der Bundesregierung*), in entsprechende Leitsätze der supranationalen Ebene zu begründen. Auch das HWSK wurde in den APHW eingearbeitet. Etwas aufgeweicht wird die Tendenz zu Top-Down-Prozessen durch zwei weitere sich andeutende Entwicklungen. An erster Stelle ist die Akteursbeteiligung zu nennen, die sich durch eine starke Inklusion der Akteure tieferer Ebenen auszeichnet. Die EU bindet ihre Mitgliedsstaaten stets im Legislativprozess entsprechender Gesetze ein und auch die IKSR beteiligt Abgesandte der Rheinanlieger. In Deutschland können im Bundesrat die Länder ebenfalls Einfluss auf Gesetze nehmen, die sie später betreffen werden. Umgekehrt kommt zwar auch eine Beteiligung der Akteure höherer Ebenen vor, diese ist jedoch deutlich seltener. Ein zweites Merkmal sind die relativ hohen Partizipationsmöglichkeiten für nichtstaatliche Akteure. Im nationalen wie regionalen Rahmen ist dies auf die traditionell stattfindende Verbandsbeteiligung an den Gesetzgebungsprozessen zurückzuführen. Doch NGOs spielen auch auf Konferenzen der EU und der IKSR eine Rolle. Ob es sich um aktive oder passive Partizipation handelt, wurde nicht unterschieden. Generell gilt, dass seit der Jahrtausendwende ein Anstieg in den Partizipationsmöglichkeiten im Bereich der Governance zu verzeichnen ist.

In der Zusammenschau ergibt sich ein Regime, das zwar polyzentrale Grundzüge hat, jedoch überwiegend zentral und top-down ausgerichtet ist. Die vertikale Integration wird allmählich durch verbesserte

Diskussion

Partizipationsmöglichkeiten für sowohl staatliche als auch nichtstaatliche Akteure erhöht. Ein expliziter Vorteil des starken Einflusses der supranationalen Ebene ist die Tatsache, dass eingeführte Gesetze und Rahmenpläne in der Regel Gültigkeit für das gesamte Rheineinzugsgebiet besitzen.

6.1.2 Der normative Rahmen

Im Bereich der normativen Institutionen setzt sich einer der Trends der Hochwassergovernance direkt fort. Die supranationale Ebene ist der wichtigste Impulsgeber, was die Implementierung neuer Ansätze und Prämissen für das Management angeht. Vor allem die Prinzipien *Integration*, *Kreislauf* und *Risikoansatz* treten im Rahmen der institutionellen Evolution stets zuerst in den Vorgaben der EU bzw. IKSR auf. Erst danach finden sie ihren Weg in nationale und regionale Institutionen. Besonders stehen die WRRL und die HWRM-RL hervor, die beide eine periodische und partizipative Maßnahmenplanung vorsehen, auf einzugsgebietsbezogener Basis operieren und eine ökologische und risiko-bezogene Perspektive in den Wassersektor einbringen. Eine grenzüberschreitende Kooperation wird durch die IKSR sichergestellt. Deren integriertes Rheinprogramm bezieht alle Rheinanlieger mit ein und überwacht die Umsetzung der EU-Vorgaben.

Der Bereich der Vorsorge ist insgesamt stark aufgestellt und von seinen wesentlichen Prinzipien sind alle verwirklicht. Bereits das 6. WHG von 1996 sah entsprechende Maßnahmen vor und sowohl das HWSK als auch *Rhein 2020* beinhalten Regelungen zur Raumordnung. Die starke Berücksichtigung ökologischer Kriterien lässt sich durch die allgemeine Zunahme der Bestrebungen in Richtung Nachhaltigkeit erklären. Weiterhin ergibt sich das schwächere Abschneiden des BNatSchG durch seine fachfremde Natur. Die Defizite des HWSK mögen darin begründet sein, dass eine starke Ausprägung von Top-Down-Prozessen regionale Initiativen unterdrückt. Der Wille zur Einbringung eigener Vorstellungen schwindet, da ein Gefühl der fehlenden Durchsetzungsfähigkeit aufkommen kann. Von den vier betrachteten Institutionen sind also insbesondere das 8. WHG und *Rhein 2020* vorbildlich. Ein Bereich der bei fast allen Normen untergeht ist die Nachsorge. Nachsorgemaßnahmen sind traditionell im Katastrophenschutz beheimatet und damit auch stärker in seiner spezifischen Gesetzgebung verankert. Auch Maßnahmen der Schadensreduktion z.B. durch Versicherungen oder hochwasserangepasstes Bauen kommen eher implizit in den Institutionen vor. Wenn überhaupt kann hier über Möglichkeiten aufgeklärt bzw. generell deren Verfügbarkeit sichergestellt werden. Ihre Umsetzung bleibt oft eine individuelle Entscheidung. Die einzige Beobachtung, die gegen einen Paradigmenwechsel spricht, ist das klare Fehlen einer Vorrangstellung für den natürlichen Rückhalt. Keine der betrachteten Institutionen, die direkt dem Hochwassersektor angehören, kann hier eine entsprechende Passage vorweisen. Interessenskonflikte mit den Bereichen der Land- und Siedlungswirtschaft sind somit vorprogrammiert. Ein effektiver und auf natürlichem Rückhalt basierender Hochwasserschutz muss ständig gegen die wirtschaftlichen Standortfaktoren konkurrieren. Die bisherige Nutzung der Auen wird nicht als schädlich anerkannt, sondern soll auch weiterhin möglich sein bzw. ausgebaut werden. Die Machbarkeit der natürlichen Rückhalteräume ist damit auf Standorte beschränkt, die weniger ökonomische Standortfaktoren besitzen.

Insgesamt ergibt sich für den normativen Rahmen des Hochwassermanagements in NRW ein positives Bild. Alle wesentlichen Prinzipien haben ihren Einzug in Gesetze oder Rahmenvorgaben gefunden und können umgesetzt werden. Einzig der Vorrang für natürliche Rückhalteflächen wird nur zögerlich angegangen.

6.1.3 Die Maßnahmenebene

Auf der Maßnahmenebene lässt sich ein Paradigmenwechsel nur in Ansätzen erkennen. Der starke technische Ausbau ist typisch für ein Kontrollregime. Deiche stehen für das veraltete Bild der „*Herrschaft über den Fluss*“ und dienen eher der Nutzbarmachung der Aue und weniger einem partner-

Diskussion

schaftlichen Verbund. Es zeigt sich auch hier, dass die normative Ebene nur dezent auf den natürlichen Rückhalt umschwenkt. Auf der anderen Seite sind ein Rückbau struktureller Veränderungen und die anschließende Renaturierung technisch sehr aufwändig. Veränderungen brauchen daher Zeit. Hinzu kommt, dass Pfadabhängigkeiten in den Bereichen der Schifffahrt und Siedlungswirtschaft einen Rückbau vielerorts unmöglich machen. Große Städte müssen auch weiterhin durch Deiche geschützt werden, da hier das Schadenspotenzial zu hoch ist. Der Trend zu technischen Poldern zeigt den Versuch einer Kompromisslösung auf. Sie stellen auf der einen Seite eine Flächensicherung zum Hochwasserschutz dar, lassen sich aber in den meisten Fällen intensiv landwirtschaftlich nutzen. Zu diesem Zweck werden sie ereignisabhängig gesteuert und ein Wassereinlass kann anhand unterschiedlicher Prioritäten entschieden werden (Ökologische Flutung vs. Fluttoleranz der Landwirtschaft). Dass ein Umdenken in den Reihen der verantwortlichen Politik nur langsam Anlauf nimmt, verdeutlicht der Fall der DRV *Bislicher Insel*. Hier zeigt sich auf eindrucksvolle Weise, dass nicht immer die Ziele entscheidend sind, sondern teilweise nur der Anschein politischer Handlungen. Ein letzter Punkt der die Situation erklären kann, sind mittelfristige Pfadabhängigkeiten einzelner Projekte. Die Polder und Deichsanierungen wurden zu einer Zeit geplant, in der natürlicher Rückhalt weniger im Zentrum stand. Mit ihrer Umsetzung ist bereits vor vielen Jahren begonnen worden und trotzdem kommt es erst heute oder in naher Zukunft zu ihrer Fertigstellung. Einen solchen Prozess zu stoppen, ist in Zeiten hoher Vertragsstrafen und langwieriger politischer Auseinandersetzungen eher die Ausnahme.

Der Bereich des ökologischen Hochwasserschutzes bekam mit der Fertigstellung der vier großen DRV Anfang der 2000er einen Aufwind. Seitdem sind jedoch kaum neue Flächen hinzugewonnen worden. Hier offenbart sich, dass die Planung und Umsetzung derartiger Projekte stark mit anderen Interessen konkurrieren muss. Der Blick auf die wenigen für die Zukunft geplanten DRV bestärkt diesen Zusammenhang noch. Allerdings ist auch die Sicherung von Überschwemmungsflächen durch Schutzgebiete prinzipiell ein wirkungsvoller Ansatz. Die Passagen im WHG und BNatSchG erkennen den Flussauen einen besonders schützenswerten Status an. Mit nur 20% der Auenflächen unter starkem Naturschutz kann jedoch langfristig nur der Status quo erhalten werden. *Natura 2000* Flächen besitzen durch ihre Bindung an das Schutzziel ein geringeres Potenzial zur Sicherung der Auenflächen. Insgesamt ist der Bereich des ökologischen Hochwasserschutzes damit deutlich durch die Interessenskonflikte und Pfadabhängigkeiten eingeschränkt. Auch die WRRL kann nur in geringem Umfang zum Gewinn neuer Auenflächen beitragen und leistet eher eine Verbesserung der noch bestehenden Auenflächen.

Der nicht-strukturelle Maßnahmenbereich ist gemäß dem vorbildlichen Charakter des WHG sehr divers ausgeprägt. Nahezu alle Regelungen wurden fristgerecht umgesetzt oder ihre Umsetzung steht kurz bevor. Es wird deutlich, dass Erkenntnisse über die Relevanz von Alternativen zum strukturellen Schutz durchaus ihren Weg in das Management gefunden haben. Einzig das Fehlen eines Programms zur Regenwasserbewirtschaftung ist unerklärlich. Letztlich sind Maßnahmen dieses Bereiches weniger mit den Interessen der Landwirtschaft verknüpft und auch weniger durch die Entwicklungen der Siedlungswirtschaft beeinträchtigt, sodass ihre Umsetzung auf weniger Widerstand stößt.

In der Zusammenfassung ergibt sich ein ambivalentes Bild. Einerseits liegt nach wie vor ein typisches Kontrollregime vor. Deiche dominieren und die Interessen in den Auen liegen offen zu Tage. Andererseits nehmen nicht-strukturelle Maßnahmen stark im Umfang zu und der Bereich des natürlichen Rückhalts wird nicht völlig außer Acht gelassen.

6.2 Das ökologische Regime des Rheinhauptlaufs

Es folgt die Diskussion bzw. eine Einordnung des Zustands des ökologischen Regimes am Rheinhauptlauf.

6.2.1 Der Zustand der Ökosystemleistungen

Von den insgesamt sieben betrachteten Ökosystemleistungen ist nur eine deutlich positiv ausgeprägt. Der Anbau von Getreide wird aktiv betrieben und die Ausprägung der Leistung vom Menschen beispielsweise durch die Ausbringung von künstlichen Düngemitteln gefördert. Wie bereits in der Diskussion des Hochwassersektors erläutert, ist diese Entwicklung auch im Bereich der Gesetze und Maßnahmenumsetzungen ersichtlich. Es besteht weiterhin ein großes Interesse an der landwirtschaftlichen Nutzung der Auen. Die anderen betrachteten Leistungen zeigen eine im Gegensatz zur natürlichen Leistungsfähigkeit der Fließgewässerökosysteme deutlich verminderte Ausprägung. Es spricht einiges dafür, dass auch die hier mit einer mäßigen Verringerung bewerteten Leistungen, eigentlich in der schlechtesten Kategorie stehen sollten. Ihre Einstufung honoriert jedoch, dass die WRRL bereits kleinere Verbesserungen herbeiführen konnte. Insgesamt zeigt sich in den Auen ein für Kontrollregime typisches Bild der kurzfristigen Nutzenmaximierung. Die vorliegenden Trade-Offs favorisieren die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen und vernachlässigen die Aufrechterhaltung der wichtigen unterstützenden und regulierenden Leistungen. Die bereitstellende ÖSL *Fische* ist ein Sonderfall, da die Nutzung des Rheins zum wirtschaftlichen Fischfang bereits aus historischer Perspektive uninteressant ist. Ebenso speziell ist die Ausprägung der Leistung *Erholung*. Sie wird zwar aktiv beansprucht, steht allerdings in Konkurrenz zu einer landwirtschaftlichen Flächennutzung.

Die geringe Verfügbarkeit der Leistungen *Klimaregulation* und *Hochwasserschutz* ist durch ihre hohe Flächensensitivität erklärbar. Beide sind stark auf ausreichend Raum angewiesen und erst an zweiter Stelle steht eine qualitativ hochwertige Aue. Dieser Raum ist am Rheinhauptlauf nicht gegeben. Hier macht sich der fehlende Paradigmenwechsel in Richtung des natürlichen Rückhalts bemerkbar. Die Leistungen *Wasserreinhaltung*, *Fisch* und *Habitat* sind weniger flächensensitiv. Sie stehen tendenziell auch auf kleineren Flächen zur Verfügung, sind jedoch stärker auf eine strukturell und funktional intakte Aue angewiesen. Sie profitieren daher von der Umsetzung der WRRL, die in NRW mit dem *Trittstein- und Strahlwirkungskonzept* (LANUV 2011) verstärkt auf die qualitative Verbesserung noch bestehender Auen ausgerichtet ist. Durch Migrationsprozesse sollen so langfristig auch stärker geschädigte Auenbereiche reaktiviert werden. Die Leistungen *Fisch* und *Wasserreinhaltung* konnten darüber hinaus in der Vergangenheit auch vom *Aktionsprogramm Rhein* (IKSR 2003) gefördert werden. Dieses wurde 1986 als Reaktion auf den Chemieunfall im Schweizer Werk der Firma Sandoz ins Leben gerufen, um der durch den Unfall ausgelösten weitgehenden Degradation des Gewässerhabitats entgegenzuwirken.

Insgesamt kann zusammengefasst werden, dass das ökologische Regime des Rheinhauptlaufs weit entfernt von seinem natürlichen Zustand ist. Wichtige Ökosystemprozesse sind in ihrer Ausprägung verringert oder fehlen lokal gänzlich. Die regulierenden und unterstützenden ÖSL sind nur gemindert verfügbar und das System ist auf die Bereitstellung von Acker- und anderen Nutzflächen optimiert.

6.2.2 Ausblick bis 2020

Die Betrachtung der möglichen Entwicklungspfade offenbart, dass eine Verbesserung der beiden Schlüsselindikatoren mittelfristig nicht zu erwarten ist. Weder wird der Einfluss durch Deiche sinken, noch werden die insgesamt vorhandenen rezenten Auenflächen steigen. Da prinzipiell alle betrachteten Leistungen flächensensitiv sind, dürfte sich am derzeit vorliegenden Gesamtbild nichts Wesentliches ändern. Insbesondere die wichtigen Leistungen *Klimaregulation* und *Hochwasserschutz* werden wei-

terhin nur minimal ausgeprägt sein. Die Festsetzung der Überschwemmungsgebiete durch die HWRM-RL hat jedoch Potenzial. Hier können noch vorhandene Gebiete langfristig gesichert und der Umwandlung der Flächen zu einer CO₂-Quelle entgegengewirkt werden. Fraglich bleibt, wie strikt es zur Ausweisung entsprechender Areale kommen wird bzw. wie stark die Ausnahmeregelungen im WHG Einfluss nehmen werden. Die Ziele der *Nationalen Biodiversitätsstrategie* sind allein deshalb utopisch, wenn man berücksichtigt, wie lange es bis zur Ausführung der Anfang 1990 geplanten Deichrückverlegungen gedauert hat. Die Leistungen *Wasserreinigung*, *Habitat* und *Fisch* werden auch in Zukunft in kleineren Schritten von der WRRL-Umsetzung profitieren. Die WRRL mag berechtigterweise einiger Kritik ausgesetzt sein, jedoch muss aus heutiger Sicht konstatiert werden, dass sich bereits der ökologische Zustand einiger Gewässer verbessert hat. Es ist absehbar, dass dieser Trend sich fortsetzen wird. Von den Maßnahmen die noch nicht begonnen werden konnten, fallen 90% in die Kategorie der fehlenden finanziellen Mittel (MKULNV 2012). An der Ausprägung der Leistungen *Getreide* und *Erholung* dürfte sich mittelfristig nichts ändern, sodass in der Gesamtansicht eine negative Prognose abgegeben werden muss.

6.3 Überprüfung der Forschungshypothese

An dieser Stelle soll die zu Grunde gelegte Forschungshypothese getestet werden. Sie postuliert einen Zusammenhang zwischen dem Wandel des Hochwassersektors und dem ökologischen Regime der involvierten Fließgewässerökosysteme. Ein auf Integration und Adaption beruhendes Hochwassermanagement soll demnach ein intakteres Ökosystem unterstützen, das seinerseits dazu in der Lage ist, mehr und hochwertigere Ökosystemleistungen zu erbringen. Zu diesem Zweck erläutert dieser Abschnitt, ob aus Sicht des Autors in NRW ein Wandel des Hochwassersektors beobachtet und ein positiver Wirkungszusammenhang durch die Ausprägung der ÖSL belegt werden kann.

6.3.1 Der Wandel zu einem integrativen und adaptiven Hochwassermanagement

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass es in NRW einen Wandel in Richtung eines integrativen und adaptiven Hochwassermanagements gibt. Besonders die EU hat die Notwendigkeit einer Transformation erkannt und durch gezielte Gesetzesinitiativen einen Prozess initiiert, der bereits erste Früchte trägt. Der Bereich der Hochwassergovernance zeichnet sich zwar weiterhin durch ein hohes Maß an Zentralisierung aus, allerdings kann seit einigen Jahren ein Anstieg der vertikalen Konnektivität verzeichnet werden. Hierzu trägt zum Beispiel die Steigerung der Partizipationsmöglichkeiten bei. Der Umbau der Governance ist letztlich ein langwieriger Prozess, da festgelegte und über längere Zeit tradierte Wege der Entscheidungsfindung nur langsam durchbrochen werden können. Dennoch konnten im Falle *Nordrhein-Westfalens* Gesetze und Rahmenpläne geschaffen werden, die ein modernes Hochwassermanagement ermöglichen und einige Prinzipien des wissenschaftlichen Leitbildes der Integration und Adaption direkt übernehmen. Transformativer Wandel geschieht jedoch nicht nur auf dem Papier, sondern muss auch auf der Maßnahmenebene stattfinden. Hier zeigt sich in NRW ein klares Defizit, da weiterhin zu stark auf technische Maßnahmen gesetzt wird. Der Paradigmenwechsel tritt zwar durch eine Steigerung der Verfügbarkeit nicht-struktureller Maßnahmen zu Tage, wird aber durch Interessenskonflikte mit der Landwirtschaft und die Pfadabhängigkeiten der Siedlungswirtschaft und Schifffahrt ausgebremst. Auch die Ausnahmeregelungen des WHG sind in diesem Zusammenhang eher hinderlich. Ein tatsächlicher Wandel dieser Ebene steht daher noch aus. Weiterhin offenbaren die Verfehlungen des APHW exemplarisch, wieso ein Management Unsicherheiten berücksichtigen sollte. Das im Jahre 1998 aufgestellte Maßnahmenbündel aus technischen wie ökologischen und nicht-strukturellen Vorkehrungen, bleibt trotz komplexer Berechnungen weit hinter seinen Zielen zurück. Zum Schluss soll an dieser Stelle auf die Macht sog. *Fokuseignisse* (Farley et al. 2007, Kingdon

1984) hingewiesen werden. Diese Studie konnte zeigen, dass in der Vergangenheit Hochwasserereignisse den Prozess des Wandels mehrfach beschleunigt haben. Das letzte Hochwasserereignis in NRW liegt fast 20 Jahre zurück und möglicherweise mangelt es derzeit an einer ausreichend starken Fokussierung von Politik und Öffentlichkeit.

Insgesamt hat der Transformationsprozess den Wassersektor erreicht und wirkt sich über sein Nachhaltigkeitsideal vor allem auf den Bereich der Gewässerökologie aus. Der Hochwassersektor kämpft mit Pfadabhängigkeiten und starken Nutzungskonflikten in den Auen. Hier wird versucht über nicht-strukturelle Maßnahmen und den technischen Rückhalt einen Mittelweg zu finden.

Becker (2009) sieht vor allem das hohe Maß an *Politikverflechtung* in Deutschland hinderlich für eine Transformation. Die Aufteilung der Kompetenzen zwischen Bund, Ländern und tieferen Steuerungsebenen benötigt ein hohes Maß an vertikaler und horizontaler Integration, das er bisher nicht als gegeben ansieht. Probleme seien somit in vielen Fällen nicht effektiv lösbar. Besondere Schwierigkeiten sieht er für sog. *Interaktionsprobleme*, die einer gemeinschaftlichen Planung und Entscheidung bedürfen. Im weiteren Sinne kann man die in dieser Studie beschriebenen Pfadabhängigkeiten und Interessenskonflikte als solche Interaktionsprobleme auffassen. Konflikte mit der Landwirtschaft erfordern die Beteiligung vieler Sektoren, um langfristig Perspektiven des fluttoleranten Getreideanbaus oder den Wechsel der Standorte auch aus sozialer und wirtschaftlicher Perspektive umsetzbar zu machen. Ebenso lassen sich die Pfadabhängigkeiten durch Siedlungen und die Schifffahrt nur durch gezielte und langfristige Planungen beseitigen. Samuels et al. (2006) sind ähnlicher Meinung und betonen darüber hinaus die Wichtigkeit informeller Prozesse zur Lösung des Problems:

„This means that on paper flood risk management is well organized. In practice, however, it is difficult to change things, as there is no single managing entity responsible for the whole. Moreover, things may be arranged difficult in different Länder, which is the logical consequence of the federal structure. For any change to work in practice, cooperation is a prerequisite, both vertical and horizontal. This means, in the special context of the federal republic of Germany, informal cooperation processes are much more important than formal.“

6.3.2 Der Einfluss auf das ökologische Regime

Grundsätzlich kann der Zusammenhang zwischen einem integrativen und adaptiven Hochwassermanagement und einer Verbesserung des Zustands der betroffenen Ökosysteme als gegeben angesehen werden. Je nach Fortschritt der Transformation, ihrer konkreten Ausprägung und den bestehenden Vorbedingungen kann eine Verbesserung jedoch in Qualität und Quantität stark variieren. Im Falle von NRW lassen sich bisher keine größeren Auswirkungen messen. Die Untersuchung der Ökosystemleistungen zeigt auf, dass wichtige Ökosystemprozesse aus den Bereichen Wasserreinhaltung, Klimaregulation, Hochwasserschutz und Habitat in größerem Maße beeinträchtigt bleiben. Von den ehemals verfügbaren Auenflächen sind lediglich noch ca. 22% für die Hochwasserdynamik erreichbar und das Fließgewässerökosystem ist damit auf weiten Teilen einer wichtigen Komponente beraubt. Aus diesem Grund kann im Rahmen dieser Fallstudie nicht beobachtet werden, dass ein Wandel des Hochwasserregimes direkt den Zustand der Flussauen verbessert.

Eine Erklärung liefert der Blick auf den Ablauf der Transformation in NRW. Obwohl die Erkenntnisse über Nachhaltigkeit und Unsicherheiten in den normativen Bereich Einzug gehalten haben, verzögert sich ein Wandel auf der Ebene des Managements. Wesentliche Zugewinne an Feuchtgebieten waren damit bisher nicht möglich und eine ökologische Verbesserung bestehender Auen tritt nur langsam ein. An diesem Trend wird sich vermutlich in naher Zukunft nicht viel ändern. Auch die landwirtschaftliche Nutzung der noch bestehenden und ehemaligen Auenflächen besitzt negative Konsequenzen.

zen, sodass für einen tatsächlichen Wandel des ökologischen Regimes auch hier eine Veränderung eintreten muss.

6.4 Fazit

An dieser Stelle sollen noch einmal die beiden wichtigsten Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit zusammengefasst werden. Zunächst der Wandel des Wassersektors im Allgemeinen bzw. seine Auswirkungen auf den Hochwassersektor im Speziellen. Am deutlichsten zeigt sich dieser durch die Initiativen der EU, ein europaweites und auf der Basis von Flusseinzugsgebieten operierendes integriertes Management einzuführen. Als Aufhänger wurden aus guten Gründen ökologische Belange und die Aufrechterhaltung einer hohen Wasserqualität gewählt. Im Hochwassersektor setzen sich diese Entwicklungen durch die Einführung eines Risikoansatzes und die Betonung nicht-struktureller Maßnahmen fort. Der Wandel bleibt bisher jedoch eher auf die normative Ebene beschränkt. Das institutionelle Gefüge ist ein einem Zustand, der ein integratives und adaptives Management nur bedingt unterstützen kann. Gerade im Falle der föderal organisierten *Bundesrepublik Deutschland* ist eine hohe vertikale und horizontale Konnektivität erforderlich, um eine Fragmentierung des Managements zu verhindern. Weiterhin konnte der normative Wandlungsprozess bisher keine Erhöhung der natürlichen Rückhaltekapazitäten anstoßen. Auch für die Zukunft fehlen derartige Projekte fast gänzlich. Die Ursachen dafür liegen an der Schnittstelle mit dem Management von Landressourcen. Die Auenflächen unterliegen einem hohen Druck aus Richtung der Land- und Siedlungswirtschaft und lassen sich kurzfristig nicht umwidmen. Diese Tatsache begründet auch die zweite Erkenntnis, die hier noch einmal abschließend beleuchtet werden soll. Die Ausprägung der Ökosystemleistungen in den Rheinauen offenbart, dass der Mensch das Ökosystem weiterhin übernutzt und ein nachhaltigeres Management unbedingt angebracht wäre. Viele Leistungen sind nur mittelstark bis wenig ausgeprägt und das System ist insgesamt auf die bereitstellenden Leistungen optimiert.

7 Methodenkritik

Da Umfang und Mittel einer Masterarbeit begrenzt sind, mussten auch im Rahmen dieser Studie einige Abstriche und Vereinfachungen getätigt werden. Um den Prozess des Erkenntnisgewinns trotzdem möglichst transparent zu halten, sollen hier einige kritische Anmerkungen zu dieser Studie aufgeführt werden:

Das *Management & Transition Framework* ist ein Instrument, das die Analyse komplexer Transformationsprozesse in sozialökologischen Systemen vereinfacht. Es erlaubt durch die Kategorisierung und Einordnung von Daten eine schnelle Identifizierung von Wirkungsgefügen zwischen Akteuren, Institutionen und dem ökologischen Teil des Wassersystems. Dennoch bleiben die gewonnenen Ergebnisse eine fehlerhafte Abbildung der Realität. Die Anwender des MTF müssen entscheiden, welche Daten relevant sind und wie diese Daten kategorisiert werden. In dieser Studie musste aus verschiedenen Gründen auf die Berücksichtigung eines Teils der relevanten Daten verzichtet werden. Die zeitlichen Einschränkungen haben dazu geführt, dass der Bereich des Managements nicht auf seine Akteure und Interaktionen hin untersucht werden konnte, obwohl dies möglicherweise weitere wichtige Erkenntnisse geliefert hätte.

Ein weiterer Analyseschritt, der in gewisser Weise in dieser Studie noch fehlt, ist die Betrachtung der *horizontalen Integration*. Sie beschreibt, in welcher Art Verknüpfungen zwischen unterschiedlichen Sektoren einer administrativen Ebene ausgeprägt sind. Ihre Berücksichtigung hätte beispielsweise Aufschluss über die in der Diskussion erwähnten Interaktionsprobleme geben können. Das MTF ermöglicht darüber hinaus mit den sog. *Policy Cycles* (**Pahl-Wostl et al. 2010**) auch eine Einbeziehung von Lernprozessen und informellen Akteuren, die ebenfalls hier nicht geleistet wurde.

Die Methoden zur Beurteilung des Zustands von Ökosystemleistungen werden in der Literatur seit der Entstehung des Konzeptes diskutiert (**Goulder & Kennedy 1997**). Bis heute sind zahlreiche Ansätze entstanden, die je nach Forschungsgegenstand auch miteinander kombiniert werden können (**Liu et al. 2010**). Der hier verwendete Ansatz, mischt qualitative mit quantitativen Indikatoren und argumentiert aus der Perspektive der Potenziale eines natürlichen Ökosystems. Er ist nicht einheitlich gestaltet und durch die Datenverfügbarkeit eingeschränkt. Die Ergebnisse dieser Studie hätten möglicherweise bei Verwendung eines anderen Ansatzes eine höhere Aussagekraft erlangen können. Zur Untermauerung der Ergebnisse dieser Studie wäre weiterhin dienlich gewesen, zusätzlich zu den ÖSL *Getreide* und *Fisch*, noch weitere bereitstellende Leistungen zu untersuchen (bspw. *Viehhaltung* oder *Frischwasser*).

Schließlich bleibt noch die Beschränkung auf das EZG *Rheingraben Nord* diskussionswürdig. Es wurde bereits erläutert, welche Gründe bei der Auswahl eine Rolle gespielt haben (Kapitel 4.1). Trotzdem sind die Ergebnisse durch das Auslassen der sechs weiteren Einzugsgebiete verzerrt. Insbesondere mit Blick auf die Standortfaktoren und Nutzungsinteressen, sowie die Möglichkeiten der Maßnahmenimplementierung, sind die Ergebnisse nicht für das ganze EZG *Niederrhein* verallgemeinerbar. Als Beispiel sei hier die *Emscher* genannt, die mit dem *Emscherumbau* (**Emschergenossenschaft 2006**) ein sehr vielversprechendes Programm besitzt. Sollte es fristgerecht durchgeführt werden, wird es die *Emscher* und ihre Auen in einen vorbildlichen Zustand versetzen.

8 Literaturverzeichnis

A

Ahamd, Z.U. (2003): Forgetting political boundaries in identifying water development potentials in the basin-wide approach: The Ganges-Brahmaputra-Meghna issues. In: Figuères, C.M., Tortajada, C. & Rockström, J. (2003): Rethinking Water Management. Innovative Approaches to Contemporary Issues. *Earthscan Publications*, London.

Andersson, K.P. & Ostrom, E. (2008): Analyzing decentralized resource regimes from a polycentric perspective. *Policy Science* 41, 71-93.

Arndt, A. (2009): Optionen und Randbedingungen für die Steuerung des Polders Köln-Porz-Langel / Niederkassel-Lülsdorf aus Sicht des Kölner Hochwasserschutzes. Bachelor-Thesis an der Bergischen Universität Wuppertal im Fachbereich Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik, Abteilung Bauingenieurwesen, Institut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen, Prof. Schlenkhoff. Wuppertal, 11.01.2009.

Assmann, A. (2001): Dezentraler, integrierter Hochwasserschutz – vom Konzept zur Planung. In: Heiden, S., Erb, R. & Sieker, F. (Hrsg.) (2001): Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. *Erich Schmidt Verlag*, Berlin.

B

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2007): EG-Wasserrahmenrichtlinie und Schweizer Wasser- und Gewässerschutzgesetzgebung. Eine Gegenüberstellung. Bern.

Barkmann, J., Baumann, R., Meyer, U., Müller, F. & Windhorst, W. (2001): Ökologische Integrität: Risikovorsorge im nachhaltigen Landschaftsmanagement. *GAIA* 10/2, 97-108.

Bayley, P.B. (1988): Accounting for effort when comparing tropical fisheries in lakes, river-floodplains, and lagoons. *Limnology and Oceanography* 33, 963-972.

Bayley, P.B. (1995): Understanding Large Rivers: Floodplain Ecosystems. *BioScience* 45, 3, 153-158.

Becker, G. (2009): Germany: transitions in flood management in the Rhine basin. In: Huitema, D. & Meijerink, S. (Hrsg.): Water Policy Entrepreneurs. *Edward Elgar Publishing*, Cheltenham, 325-348.

Beeftink, W.G. (1975): The ecological significance of embankment and drainage with respect to the vegetation of the South-West Netherlands. *The Journal of Ecology* 63, 2, July 423-458.

Bennett, E.M., Peterson, G.D. & Gordon, L.J. (2009): Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* 12, 1-11.

Berkes, F. & Folke, C. (1998): Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In: Berkes, F. & Folke, C. (Eds.): Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. *Cambridge University Press*, New York.

BfN - Bundesamt für Naturschutz (2012): Ökosystemfunktionen von Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 124, BfN-Schriftenvertrieb, Bonn – Bad Godesberg.

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2014): Flussauen in Deutschland. Ein Geodienst des Bundesamtes für Naturschutz. Online abrufbar unter: <http://www.geodienste.bfn.de/flussauen/> (Letzter Abruf 18.07.2014).

Biesecker, A., Mathes, M., Schön, S. & Scurrell, B. (2000): Vorsorgendes Wirtschaften. Auf dem Weg zu einer Ökonomie des guten Lebens. *Kleine Verlag*, Bielefeld.

Biswas, A.K. (2004): Integrated Water Resources Management: A Reassessment. A Water Forum Contribution. *Water International*, 29, 2, 248-256.

Blum, D.J.W. & Speece, R.E. (1991): A Database of Chemical Toxicity to Environmental Bacteria and Its Use in Interspecies Comparisons and Correlations. *Research Journal of the Water Pollution Control Federation* 63,3, 198-207.

Literaturverzeichnis

- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002):** 5-Punkte-Programm der Bundesregierung: Arbeitsschritte zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Berlin, 2002.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007):** Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin, Oktober 2007.
- BMU & BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Bundesamt für Naturschutz (2009):** Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 87, BfN-Schriftenvertrieb, Bonn – Bad Godesberg.
- BNatSchG – Bundesnaturschutzgesetz (2009):** Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. Ausfertigungsdatum: 29.07.2009. Inkrafttreten: 01.03.2010. Zuletzt geändert: 07.08.2013.
- Bondar, E., Oliver, G., Gyoza, J., Kucera-Hirzinger, V., Whalley, P., Zessner, M. & Hein, T. (2007):** Integration of the nutrient reduction function in the riverine wetland management. Guidance Document, Wien.
- Bouwer, H. (2000):** Integrated water management: emerging issues and challenges. *Agricultural Water Management* 45, 217-228.
- Boyd, J. & Banzhaf, S. (2007):** What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63, 616-626.
- Bradshaw, C.J.A., Sodhi, N.S., Peh, K.S.-H. & Brook, B.W. (2007):** Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology* 13, 1-17.
- Brauman, K.A., Daily, G.C., Duarte, T.K. & Mooney, H.A. (2007):** The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources* 32, 67-98.
- BRD – Bezirksregierung Düsseldorf (2006):** Hochwasserschutzkonzept des Landes bis 2015. 20.09.2006, Düsseldorf.
- BRD - Bezirksregierung Düsseldorf (2012):** Ein Deichverband. Online abrufbar unter: http://www.brd.nrw.de/umweltschutz/hochwasserschutz/Ein_Deichverband_Was_ist_das_Wofuer_ist790.html (Letzter Abruf 18.07.2014)
- Brun, S.E. & Band, L.E. (2000):** Simulating runoff behavior in an urbanizing watershed. *Computers, Environment and Urban Systems* 24, 5-22.
- Bryman, A. (2006):** Integrating quantitative and qualitative research: how is it done? *Qualitative Research* 6, 1, 97-113.
- BSKW - Biologische Station im Kreis Wesel e.V. (2014):** Persönliche Kommunikation vom 27.03.2014 und 02.04.2014.
- BTU, RFWUB & HWSK – BTU Cottbus, Lehrstuhl Hydrologie und Wasserwirtschaft, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Geografisches Institut, Hochwasserschutzzentrale Köln (2008):** Hochwasservorsorge und -bewältigung in unterschiedlicher regionaler und akteursbezogener Ausprägung. Kurzfassung des Endberichts des BMBF-Projektes. Cottbus, 2008.
- BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2002):** Ökologischer Hochwasserschutz. Raum für naturnahe Gewässer, Auen und Feuchtgebiete – Schutz für den Menschen. BUND, Berlin.
- BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2007):** Hochwasserschutz an Donau, Elbe und Oder – aus den Fehlern nichts gelernt? Eine Bilanz des BUND im August 2007. BUND, Berlin.
- BUND & Alsace Nature – Landesverbände Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland & Association Fédérative Régionale pour la Protection de la Nature en Alsace (2012):** Hochwasserrückhalt durch Auenrevitalisierung. Mit Deichrückverlegungen und Auenrevitalisierungen zu mehr Hochwasserschutz an Rhein und Main. Düsseldorf, Freiburg, 2012.
- Bunn, S.E. & Arthington, A.H. (2002):** Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environmental Management* 30, 4, 492-507.
- Burgi, M. & Palmen, M. (2008):** Symposium. Die Verwaltungsstrukturreform des Landes Nordrhein-Westfalen. Vortragsband. Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen.

Literaturverzeichnis

Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F. & Windhorst, W. (2009): Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online* 15.

C

Chbab, E.H. (1996): How Extreme were the 1995 Flood Waves in the Rivers Rhine and Meuse? *Physics and Chemistry of the Earth* 20, 5-6, 455-458.

Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Babinsky, M., Kleinschroth, F., Markert, A., Menzel, M., Ziechmann, U., Schiller, T., Graf, M., Lang, M. (2010): Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173, 644-653.

Cioc, M. (2002): The Rhine: an eco-biography, 1815-2000. *University of Washington Press*, Seattle.

Clawson, R., Lockaby, B. & Rummer, B. (2001): Changes in production and nutrient cycling across a wetness gradient within a floodplain forest. *Ecosystems* 4, 126-138.

Copp, G.H. (1989): The habitat diversity and fish reproductive function of floodplain ecosystems. *Environmental Biology of Fishes* 26, 1, 1-27.

Crutzen, P.J. (2002): The “anthropocene”. *Journal de Physique* 12, 10, 1-5.

D

Daily, G.C. (1997): Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems. *Island Press*, Washington, DC.

De Bruijn, K.M., Green, C., Johnson, C. & McFadden, L. (2007): Evolving concepts in flood risk management: searching for a common language. In: Begum, S., Stive, M.J.F. & Hall, J.W. (Eds.): *Flood Risk Management in Europe*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 61-75.

De Groot, R.S., Wilson, M.A. & Boumans, R.M.J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408.

Deutsch, M. (2007): Untersuchungen zu Hochwasserschutzmaßnahmen an der Unstrut (1500-1900). *Göttinger Geographische Abhandlungen*, Heft 117.

Dieperink, C. (2000): Successful International Cooperation in the Rhine Catchment Area. *Water International* 25, 3, 347-355.

DIN - Deutsches Institut für Normierung e.V. (1991): Wasserwesen: Begriffe, Normen. Berlin/Köln.

Disse, M. & Engel, H. (2001): Floods Events in the Rhine Basin: Genesis, Influences and Mitigation. *Natural Hazards* 23, 271-290.

Dittmann, R., Froehlich, F., Pohl, R. & Ostrowski, M. (2009): Optimum multi-reservoir operation with emphasis on flood control and ecology. *Natural Hazards and Earth Systems Sciences* 9, 1973-1980.

DKKV – Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKK Heft 29, 2003.

Duel, H., Baptist, M.J., Geerling, G.J., Smits, A.J.M. & van Alphen, J.S.L. (2002): Cyclic floodplain rejuvenation as a strategy for both flood protection and enhancement of the biodiversity of the river Rhine. *Environmental Flows 2002, 4th Ecohydraulics*.

Dugan, P. (Ed.) (1993): Wetlands in Danger. A Mitchell Beazley World Conservation Atlas. *Reed International*, London.

Dyck, S. & Peschke, G. (1997): Grundlagen der Hydrologie. *Verlag für Bauwesen*, Berlin.

E

Emschergenossenschaft (2006): Masterplan Emscher-Zukunft. Das neue Emschertal. Essen, September 2006.

Literaturverzeichnis

EC – European Commission (1992): Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal* L 206, 22/07/1992 P. 0007 – 0050.

EC - European Commission (2000): Directive 2000/60/EG of the European Parliament and of the Council of 23rd October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal*, 22 December L 327/1. European Commission: Brussels.

EC – European Commission (2004): KOM(2004)472 Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Hochwasserrisikomanagement. Vermeidungs-, Schutz- und Minderungsmaßnahmen. 12.07.2004, Brüssel.

EC – European Commission (2007): Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserereignissen. *Amtsblatt der Europäischen Union*. L288/27, 06.11.2007.

EG – Europäische Gemeinschaft (2003): WFD CIS Guidance Document No. 12. Horizontal Guidance on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive.

EU – Europäische Union (1995): Europäisches Parlament – Entschließung zu den Überschwemmungen in Europa vom 09.03.1995, Arles.

EU – Europäische Union (2003): Best Practices on Flood Prevention, Protection and Mitigation. 25.09.2003, Brüssel.

F

Falconer, R. (2005): European Action Programme on Flood Risk Management. Background and Recent Discussions. European Water Association. Brussels Conference – 25 October 2005 – on European River Basin Management Policy.

Farber, S. (1993): The Mississippi Flood. *Environment* 35, 10, 2-3.

Farley, J., Bakker, D., Batker, D., Koliba, C., Matteson, R., Mills, R. & Pittman, J. (2007): Opening the policy window for ecological economics: Katrina as a focusing event. *Ecological Economics* 63, 344-354.

Fausch, K.F. & Bestgren, K. (1997): Ecology of fishes indigenous to the central and southwestern Great Plains. In: Knopf, F.L. & Samson, F.B. (eds.): Ecology of Great Plains vertebrates and their habitats. *Springer Verlag*, New York, 131-166.

Fernandes, C.C. (2006): Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish* 6, 1, 36-44.

Flyvbjerg, B. (2006): Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Qualitative Inquiry* 12, 2, 219-245.

FOA & CIFOR - Food and Agriculture Organization of the United Nations & Center for International Forestry Research (2005): Forests and Floods: Drowning in Fiction or Thriving in Facts? RAP Publication 2005/03, Forest Perspectives 2. Bangkok, Thailand.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. & Snyder, P.K. (2005): Global Consequences of Land Use. *Science* 309, 570-574.

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S. & Walker, B. (2002): Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio* 31, 5, 437-440.

Folke, C., Colding, J. & Berkes, F. (2003): Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. In: Berkes, F., Colding, J. & Folke, C. (Eds.): Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change. *Cambridge University Press*, United Kingdom, 352-387.

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. & Holling, C.S. (2004): Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35, 557-581.

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. & Norberg, J. (2005): Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30, 441-473.

Fordham, M. (1993): Valuing the environment: the attitudes of floodplain residents and flood defense engineers. In: Values and the Environment: Conference Proceedings, 23-24 September, University of Surrey.

Literaturverzeichnis

Freudenberger, U. (2010): WHG 2010. Die WHG-Novellierung und die Reaktionen in den Wassergesetzen der Länder. Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz. Vortrag im Rahmen des Deutschen Naturschutztages 2010.

G

Gale, W.F. (1986): Indeterminate fecundity and spawning behavior of captive red shiners – fractional, crevice spawners. *Transactions of the American Fisheries Society* 115, 429-437.

Geilen, N., Jochems, H., Krebs, L., Muller, S., Pedroli, B., van der Sluis, T., van Looy, K. & van Rooij S. (2004): Integration of Ecological Aspects in Flood Protection Strategies: Defining an Ecological Minimum. *River Research And Applications* 20, 269-283.

Giese, L., Aust, W., Trettin, C. & Kolka, R. (2000): Spatial and temporal patterns of carbon storage and species richness in three South Carolina coastal plain riparian forests. *Ecological Engineering* 15, 157-170.

Goulder, L.H. & Kennedy, D. (1997): Valuing Ecosystem Services: Philosophical Bases and Empirical Methods. In: Daily, G. (ed.): *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, pp. 23.

Graf, W., Chovanec, A., Hohensinner, S., Leitner, P., Schmidt-Kloiber, A., Stubauer, A., Waringer, J. & Ofenböck, G. (2013): Das Makrozoobenthos als Indikatorgruppe zur Bewertung großer Flüsse unter Einbeziehung auenökologischer Aspekte. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 65, 11-12, 386-399.

Green, C.H., Parker, D.J. & Tunstall, S.M. (2000): Assessment of Flood Control and Management Options. Prepared for the World Commission on Dams (WCD).

Grünewald, U. (2005): Vom Hochwasser-„Schutzversprechen“ zum Hochwasser-„Risikomanagement“. In: Jüpner, R. (Hrsg.): *Hochwassermanagement. Magdeburger Wasserwirtschaftliche Hefte*, Band 1, Shaker Verlag Aachen, 5-22.

Güttinger, H. & Stumm, W. (1992): Ecotoxicological Analysis of the Rhine Pollution caused by the Sandoz Chemical Accident, 1986. *Interdisciplinary Science Reviews* 17, 2, 127-136.

GWP - Global Water Partnership Technical Advisory Committee (2000): Integrated Water Resource Management. Technical Background Paper No. 4. Global Water Partnership, Stockholm.

H

Haines-Young, R. & Potschin, M. (2010): The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli, D. & Frid, C. (Eds.): *Ecosystem Ecology: A new synthesis. BES Ecological Reviews Series*, CUP, Cambridge.

Hall, J.W., Meadowcroft, I.C., Sayers, P.B. & Bramley, M.E. (2003): Integrated flood risk management in England and Wales. *Natural Hazards Review* 4, 126-135.

Hazlett, P., Gordon, A., Sibley, P. & Buttle, J. (2005): Stand carbon stocks and soil carbon and nitrogen storage for riparian and upland forests of boreal lakes in northeastern Ontario. *Forest Ecology and Management* 219, 56-68.

Hegger, D.L.T., Green, C., Driessen, P., Bakker, M., Dieperink, C., Crabbé, A., Deketelaere, K., Delvaux, B., Suykens, C., Beyers, J.C., Fournier, M., Larrue, C., Manson, C., Van Doorn-Hoekveld, W., Van Rijkswick, M., Kundzewicz, Z.W. & Goytia Casermeiro, S. (2013): Flood Risk Management in Europe: Similarities and Differences between the STAR-FLOOD consortium countries, *STAR-FLOOD Consortium*, Utrecht, The Netherlands.

Heiland, P. (2002): Vorsorgender Hochwasserschutz durch Raumordnung, interregionale Kooperation und ökonomischen Lastenausgleich. *Schriftenreihe WAR*, 143.

Heiland, S., Reinke, M., Siedentop, S., Draeger, T., Knigge, M., Meyer-Ohlendorf, N. & Blobel, D. (2006): Beitrag naturschutzpolitischer Instrumente zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme. Endbericht des F+E-Vorhabens FKZ 803 82 010 des BfN. Leibnitz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden, Ecologic – Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik, Berlin.

Henle, K., Dziock, F., Foeckler, F., Follner, K., Scholz, M., Stab, S., Hüsing, V., Hettrich, A. & Rink, M. (2006): Study Design for Assessing Species Environment Relationships and Developing Indicator Systems for Ecological Changes in Floodplains – The Approach of the RIVA Project. In: Dziock, F., Foeckler, F., Scholz, M., Stab, S., Henle, K. (Eds.): *Bioin-*

Literaturverzeichnis

dication and functional response in floodplain systems – based on the results of the project RIVA. *International Review of Hydrobiology* 91, 4, 292-313.

Hey, D.L. & Philippi, N.S. (1995): Flood Reduction through Wetland Restoration: The Upper Mississippi River Basin as a Case History. *Restoration Ecology* 3, 1, 4-17.

Hoffmann, G. & Anders, S. (1996): Waldökosysteme als Quellen und Senken für Kohlenstoff. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 30, 9-16.

Hoisl, R., Noehl, W. & Engelhardt, P. (2000): Naturbezogene Erholung und Landschaftsbild: Handbuch Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. *Landwirtschaftsverlag*, Münster.

Holling, C.S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.

Hooijer, A., Klijn, F., Kwadijk, J. & Pedroli, B.M. (2002): Towards Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins. Main results of the IRMA SPONGE research program. NCR c/o Deltares, Delft.

Hooijer, A., Klijn, F., Pedroli, B.M. & Van Os, A.D. (2004): Towards Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins: Synopsis of the Findings of IRMA-SPONGE. *River Research and Applications* 20, 343-357.

Huttenloher, C. (2001): INTERREG Rhein-Maas Aktivitäten. Eine Initiative zum transnationalen vorbeugenden Hochwasserschutz im Rhein-Maas Gebiet. *Regionalentwicklung und Raumordnung* 5-6, 2001, 359-369.

Hutter, G. & Schanze, J. (2008): Learning How to Deal with Uncertainty of Flood Risk in Long-Term Planning. *Journal of River Basin Management* 6, 2, 175-184.

HWSG – Hochwasserschutzgesetz (2005): Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Fassung vom 3. Mai 2005. *Bundesgesetzblatt* Jahrgang 2005 Teil I Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 9. Mai 2005.

I

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1994): Communiqué über die 11. Ministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 8. Dezember 1994, Bern.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998a): Aktionsplan Hochwasser. 22. Januar 1998, Rotterdam.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998b): Communiqué über die 12. Rheinministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 22. Januar 1998, Rotterdam.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2001): Rhein 2020. Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins. Mai 2001. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2002a): IKSR-Bestandsaufnahmen 2000 – Zusammenfassende Bewertung der biologischen Untersuchungen. 68. Plenarsitzung – 2./3. Juli 2002, Luxemburg.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2002b): Hochwasservorsorge – Maßnahmen und ihre Wirksamkeit. Autor: Dr. Thomas Egli, Egli Engineering, St. Gallen. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2003): Stromaufwärts. Bilanz zum Aktionsprogramm Rhein. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2006): Umsetzung des Aktionsplan Hochwasser. Bericht 2005. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2007): Rhein-Ministerkonferenz. Der Rhein lebt und verbindet – ein Flussgebiet als gemeinsame Herausforderung. Bonn, 18. Oktober 2007.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2009): Analyse des Kenntnisstands zu den bisherigen Veränderungen des Klimas und zu den Auswirkungen der Klimaänderung auf den Wasserhaushalt im Rhein-Eiszugsgebiet. Literaturoberprüfung, Stand Anfang 2009. IKSR, Koblenz.

Literaturverzeichnis

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2011): Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins. Stand April 2011. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2012): Aktionsplan Hochwasser 1995-2010: Handlungsziele, Umsetzung und Ergebnisse. Kurzbilanz. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2013a): Aktueller Kenntnisstand über mögliche Auswirkungen von Änderungen des Abflussgeschehens und der Wassertemperatur auf das Ökosystem Rhein und mögliche Handlungsperspektiven. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2013b): Der Rhein und sein Einzugsgebiet: Ein Überblick. IKSR, Koblenz.

IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2014): Abschätzungen der Folgen des Klimawandels auf die Entwicklung zukünftiger Rheinwassertemperaturen auf Basis von Klimaszenarien. Kurzbericht. IKSR, Koblenz.

Ilg, C., Dziock, F., Foeckler, F., Föllner, K., Gerisch, M., Glaeser, J., Rink, A., Schanowski, A., Scholz, M., Deichner, O. & Henle, K. (2008): Long-term differential reactions of plants and macroinvertebrates to extreme floods in floodplain grasslands. *Ecology* 89, 2392-2398.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unedited online release: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (Letzter Abruf 18.07.2014).

J

Jonkman, S.N. (2005): Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards* 34, 151-175.

Jungwirth, M. (1981): Auswirkungen von Fließgewässerregulierungen auf Fischbestände, Wasserwirtschaft, Wasserversorgung. Forschungsarbeiten des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft. *Eigenverlag*, Wien.

Junk, W.J., Bayley, P.B. & Sparks, R.E. (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems. In Proceedings International Large River Symposium (LARS), Dodge, C.P. (ed.). *Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Sciences* 106, 110-127.

K

Kampa, E., Kranz, N. & Hansen, W. (2003): Public Participation in River Basin Management in Germany – From borders to natural boundaries. The report has been produced as part of Work Package 4 of the HarmoniCOP Project. Ecologic, *Institute for International and European Environmental Policy*, December 2003.

Kasemir, B., Jäger, J., Jaeger, C.C. & Gardner, M.T. (2003): Public Participation in Sustainability Science. A Handbook. *Cambridge University Press*, Cambridge.

Katzenmaier, D., Fritsch, U. & Bronstert, A. (2001): Quantifizierung des Einflusses von Landnutzung und dezentraler Versickerung auf die Hochwasserentstehung. In: Heiden, S., Erb, R. & Sieker, F. (Hrsg.) (2001): Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. *Erich Schmidt Verlag*, Berlin.

Kingdon, J. (1984): Agenda, Alternatives, and Public Policies. Little, Brown, Boston.

Klinke, A. & Renn, O. (2002): A New Approach to Risk Evaluation and Management: Risk-Based, Precaution-Based, and Discourse-Based Strategies. *Risk Analysis* 22, 6, 1071-1094.

Kluge, T. (2005): Kritische Betrachtung des Ansatzes „Integrated Water Resources Management“ (IWRM). In: Neubert, S., Scheumann, W., van Edig, A. & Huppert, W. (Hrsg.): Integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM) – Ein Konzept in die Praxis überführen. *Nomos Verlag*, Baden-Baden, 31-44.

Knieper, C., Holtz, G., Kastens B. & Pahl-Wostl, C. (2010): Analyzing water governance in heterogeneous case studies. Experiences with a database approach. *Environmental Science & Policy* 13, 7, 592-603.

Knüppe, K. & Pahl-Wostl, C. (2013): Requirements for adaptive governance of groundwater ecosystem services: insights from Sandveld (South Africa), Upper Guadiana (Spain) and Spree (Germany). *Regional Environmental Change* 13, 1, 53-66.

Literaturverzeichnis

Kruse, S. (2010): Vorsorgendes Hochwassermanagement im Wandel. Ein sozial-ökologisches Raumkonzept für den Umgang mit Hochwasser. *VS Verlag für Sozialwissenschaften*, Wiesbaden.

Kuks, S.M.M. (2005): The Evolution of National Water Regimes in Europe. Transitions in Water Rights and Water Policies. Paper for the Conference on „Sustainable Water Management: Comparing Perspectives from Australia, Europe and the United States“, 15-16 September 2005, Canberra, Australia.

Kundzewicz, Z.W. (1999): Flood protection – sustainability issues. *Hydrological Sciences* 44, 4, 559-571.

Kundzewicz, Z.W. & Takeuchi, K. (1999): Flood protection and management: quo vadimus? *Hydrological Sciences* 44, 3, 417-422.

Kwak, T.J. (1988): Lateral Movement and Use of Floodplain Habitat by Fishes of the Kankakee River, Illinois. *American Midland Naturalist* 120, 2, 241-249.

L

Lammersen, R., Engel, H., van de Langemheen, W. & Buiteveld, H. (2002): Impact of river training and retention measures on flood peaks along the Rhine. *Journal of Hydrology* 267, 115-124.

Lankfort, B.A. & Cour, J. (2005): ‚From Integrated to Adaptive: A New Framework for Water Resources Management of River Basins‘ in the *Proceedings of the East Africa River Basin Management Conference*, Morogoro, Tanzania, 7-9 March 2005.

LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2011): Strahlwirkungs- und Trittschallkonzept in der Planungspraxis. LANUV-Arbeitsblatt 16. Recklinghausen, 2011.

LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Stuttgart, August 1995.

LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (1999): Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hochwasser-Aktionsplänen. Schwerin.

Liu, S., Costanza, R., Farber, S. & Troy, A. (2010): Valuing ecosystem services. Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1185, Ecological Economics Reviews pages 54-78, January 2010.

Lloyd, R. (1992): Pollution and freshwater fish. *Oxford University Press*, Oxford.

LUA – Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen (2002): Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit HQ_T an den Pegeln des Rheins. LUA NRW, Essen.

LUA – Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen (2003): Jahresbericht 2003. LUA NRW, Essen.

LUA – Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen (2004): Ermittlung von Bemessungsabflüssen nach DIN 19700 in Nordrhein-Westfalen. *LUA-Merkblätter* Band 46. Düsseldorf, 2004.

LWG – Landeswassergesetz (2005): Gesetz zur Änderung wasserrechtlicher Vorschriften im Wassergesetz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 25. Juni 1995. Düsseldorf, den 3. Mai 2005.

M

MA - Millennium Ecosystem Assessment (2005a): Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. *Island Press*, Washington, DC.

MA - Millennium Ecosystem Assessment (2005b): Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water. Synthesis. *Island Press*, Washington, DC.

Maltby, E. (Ed.), Baker, C.J., Barker, T., Digby, U., Hogan, D.V.E., McInnes, R.J., Bishop, K.H., Blackwall, M.S.A., Clément, B., Papadimos D., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Seferlis, M., Tellam, J., Verhoeven, J.T.A. & Verhoeven, M.L. (2009): Functional Assessment of Wetlands. Towards evaluation of ecosystem services. *CRC Press*, Boston.

Literaturverzeichnis

- Mayntz, R. (1999):** Multi-level Governance: German federalism and the European Union. In: Lankowski, C. (Ed.): *Governing beyond the Nation-State*, Report No. 11. American Institute for Contemporary German Studies, Washington, DC.
- Medema, W. & Jeffrey, P. (2005):** IWRM and Adaptive Management. Synergy or Conflict? NeWater Deliverable No. 1.1.1 Online abrufbar unter: http://www.newater.uni-osnabrueck.de/deliverables/D111_final%20draft.pdf (Letzter Abruf 18.07.2014).
- Merz, B. & Thielen, A.H. (2005):** Separating Natural and Epistemic Uncertainty in Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrology* 309, 114-132.
- Merz, B. & Emmermann, R. (2006):** Zum Umgang mit Naturgefahren in Deutschland: Vom Reagieren zum Risikomanagement. *GAI* 15/4, 2006, 265-274.
- Merz, B., Bittner, R., Grünewald, U. & Prioth, L. (Hrsg.) (2011):** Management von Hochwasserrisiken. *Schweizerbart*, Stuttgart.
- Metzger, M.J., Schröter, D., Leemans, R. & Cramer, W. (2008):** A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe. *Regional Environmental Change* 8, 3, 91-107.
- Minshall, G.W., Cummins, K.W., Petersen, R.C., Cushing, C.E., Bruns, D.A., Sedell, J.R. & Vannote, R.L. (1985):** Developments in stream ecosystem theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 1045-1055.
- Mitchell, J.K. (2003):** European River Floods in a Changing World. *Risk Analysis* 23, 3, 567-574.
- Mitra, S., Wassmann, R. & Vlek, P. (2005):** An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current Science* 88, 25-35.
- Mitsch, W.J. (1994):** The Nonpoint Source Control Function of Natural and Constructed Riparian Wetlands. In: Mitsch, W.J. (Hrsg.): *Global Wetlands: Old World and New World*. Elsevier, Amsterdam, 351-368.
- Mitsch, W.J., Mitsch, R.H., Turner, R.E. (1994):** Wetlands of the Old and New World: Ecology and Management. In: Mitsch, W.J. (Ed.): *Global Wetlands: Old World and New World*. Elsevier, Amsterdam, 3-51.
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. (2000):** Wetlands. Wiley, New York, USA.
- MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011):** Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) in NRW. Juli 2011, Düsseldorf.
- MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012):** Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Nordrhein-Westfalen. Zwischenbericht 2012 und aktueller Umsetzungsstand.
- MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014):** Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas. Oberflächengewässer und Grundwasser Teileinzugsgebiet Rhein / Rheingraben Nord (Stand: März 2014, ohne Grundwasser).
- Mohapatra, P.K. & Singh, R.D. (2003):** Flood Management in India. *Natural Hazards* 28, 131-143.
- Molle, F. (2009):** Water, politics and river basin governance: repoliticizing approaches to river basin management. *Water International* 34, 1, 62-70.
- Müller, N. (1996):** River dynamics and floodplain vegetation and their alterations due to human impact. *Large Rivers* 9,3-4, 477-512.
- Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft (2014):** Press Release: Overall picture of natural catastrophes in 2013 dominated by weather extremes in Europe and Supertyphoon Haiyan. Munich, 07.01.2014.
- MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2002):** Gewässerauenprogramm. Ein Überblick über die Gewässerauenkonzepte in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

Literaturverzeichnis

MUNLV, Provinz Gelderland & Rijkswaterstaat – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Provinz Gelderland & Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004): Grenzüberschreitende Auswirkungen von extremem Hochwasser am Niederrhein. Abschlussbericht. MUNLV, Provinz Gelderland & Rijkswaterstaat, Düsseldorf & Arnheim.

MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2005): Bestandsaufnahme Niederrhein. Umsetzung der WRRL in der FGE Rhein. Online abrufbar unter: http://www.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/5/5d/NR_Bestandsaufnahme_2004_Niederrhein.pdf (Letzter Abruf 18.07.2014).

MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009): Bewirtschaftungsplan für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas 2010 – 2015. Online abrufbar unter: http://www.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/b/b4/BWP2009_Bewirtschaftungsplan_NRW_2010-2015.pdf (Letzter Abruf 18.07.2014).

MURL – Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1992): Gesamtkonzept Rhein in Nordrhein-Westfalen. Hochwasserschutz. Ökologie. Schifffahrt. Düsseldorf.

N

NABU – Naturschutzbund Deutschland (2010a): Recht Einfach. Das Bundesnaturschutzgesetz 2009. NABU-Bundesverband, Berlin.

NABU – Naturschutzbund Deutschland (2010b): Naturschutzverbände kritisieren schwarz-gelben Gesetzentwurf. Landesregierung produziert Chaos im Umweltrecht. NABU-Pressedienst NRW, *Naturschutz aktuell*, v. 27.01.2010.

NABU, BUND & LNU NRW – Naturschutzbund Deutschland, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland & Landesgemeinschaft Naturschutz und Umwelt NRW (2010): Gemeinsame Stellungnahme zum Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU und FDP für ein Gesetz zur Änderung des Landschaftsgesetzes und des Landesforstgesetzes, des Landeswassergesetzes und des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung in NRW. Düsseldorf, den 25.01.2010.

Nedkov, S. & Burkhard, B. (2012): Flood regulating ecosystem services – Mapping supply and demand in the Etropole municipalit, Bulgaria. *Ecological Indicators* 21, 67-79.

Niemeyer—Lüllwitz, A. & Zucchi, H. (1985): Fließgewässerkunde. Ökologie fließender Gewässer unter besonderer Berücksichtigung wasserbaulicher Eingriffe. *Verlag Moritz Diesterweg*, Frankfurt/Main.

Niglas, K. (2004): The Combined Use of Qualitative and Quantitative Methods in Educational Research. Tallinn, Estonia. Tallinn Pedagogical University Dissertation in Social Sciences.

Nilsson, C. & Berggren, L. (2000): Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience* 50, 9, 783-792.

Nohl, W. (2010): Landschaftsästhetisches Erleben: Grundformen und ihre nachhaltige Wirkung. *Stadt und Grün* 59, 2, 29-36.

Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M & Revenga, C. (2005): Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. *Science* 308, 405-408.

NRW - Nordrhein-Westfalen (2013): Bevölkerungszahlen und Bevölkerungsfortschreibung auf Basis der vorläufigen Ergebnisse des Zensus vom 09. Mai 2011. Stand: 30.06.2013. Online abrufbar unter http://www.it.nrw.de/statistik/a/daten/bevoelkerungszahlen_zensus/index.html (Letzter Abruf 18.07.2014).

NRW - Nordrhein-Westfalen (2014a): NRW-Bruttoinlandsprodukt 2013 betrug 600 Milliarden Euro. Online abrufbar unter: https://www.it.nrw.de/presse/pressemitteilungen/2014/pres_081_14.html (Letzter Abruf 18.07.2014).

NRW – Nordrhein-Westfalen (2014b): NRW-Regierungsbezirksgrenzen. Geobasisdaten: Land NRW, Bonn. Online abrufbar unter <http://www.ulb.uni-bonn.de/folder.2009-02-17.8506597236/landesbibliothek/nrw-regierungsbezirke/image> (Letzter Abruf 18.07.2014).

O

Literaturverzeichnis

Opperman, J.J., Galloway, G.E., Fargione, J., Mount, J.F., Richter, B.D. & Secchi, S. (2009): Sustainable Floodplain Through Large-Scale Reconnection to Rivers. *Science* 326, 1487-1488.

Ostrom, E. (2005): Understanding Institutional Diversity. *Princeton University Press*, New Haven.

Ostrom, E., Gunderson, L.H., Carpenter, S.R., Plummer, R., Lebel, L., Folke, C. & Holling, C.S. (2006): Shooting the rapids: navigating transitions to adaptive governance of social-ecological systems. *Ecology and Society* 11, 1, 18 (online). URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art18/> (Letzter Abruf 18.07.2014).

P

Patt, J. (Hrsg.) (2005): Fließgewässer und Auenentwicklung. Grundlagen und Erfahrungen. *Springer Verlag*, Berlin, Heidelberg, New York.

Pahl-Wostl, C. & Sendzimir, J. (2005): The relationship between IWRM and Adaptive Water Management. NeWater Report No. 3. Online abrufbar unter <http://www.newater.uos.de/intern/sendfile.php?id=50> (Letzter Abruf 18.07.2014).

Pahl-Wostl, C. (2007a): Requirements for Adaptive Water Management. In: Pahl-Wostl, C., Kabat, P. & Möltgen, J. (Eds.): Adaptive and Integrated Water Management. *Springer*, New York, 1-22.

Pahl-Wostl, C. (2007b): The implications of complexity for integrated resources management. *Environmental Modeling and Software* 22, 561-569.

Pahl-Wostl, C. (2007c): Transition towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water Resources Management* 21, 1, 49-62.

Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Jeffrey, P., Aerts, J., Berkamp, G. & Cross, K. (2007a): Managing change toward adaptive water management through social learning. *Ecology and Society* 12, 2, 30 (online). URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art30/> (Letzter Abruf 18.07.2014).

Pahl-Wostl, C., Craps, M., Dewulf, A., Mostert, E., Tabara, D. & Tailieu, T. (2007b): Social learning and water resources management. *Ecology and Society* 12, 2, 5 (online). URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art5/> (Letzter Abruf 18.07.2014).

Pahl-Wostl, C. (2009): A conceptual framework for analyzing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change* 18, 354-365.

Pahl-Wostl, C., Holtz, G., Kastens, B. & Knieper, C. (2010): Analyzing complex water governance regimes: the Management and Transition Framework. *Environmental Science & Policy* 13, 571-581.

Pelley, J. (2000): Breaching dams may save salmon, but the science remains an issue. *Environmental Science & Technology* 34, 5, 112.

Petry, B. (2002): Coping with floods: complementarity of structural and non-structural measures. In: Wu et al. (Eds.): Flood Defence '2002. *Science Press*, New York.

Pinay, G., Fabre, A., Vervier, P. & Gazelle, F. (1992): Control of C, N, P distribution in soils of riparian forests. *Landscape Ecology* 6, 121-132.

Pinter, N., van der Ploeg, R.R., Schweigert, P., Hofer, G. (2006): Flood magnification on the River Rhine. *Hydrological Processes* 20, 147-164.

Poff, N.L., Allan, D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C. (1997): The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* 47, 11, 769-784.

Pohl, J. (2005): Raumorientiertes Risikomanagement in Technik und Umwelt: ökonomische versus ökologische Sicht. In: Karl, H., Pohl, J. & Zimmermann, H. (Eds.): Risiken in Umwelt und Technik. Vorsorge durch Raumplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Band 223. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.

Postel, S. & Carpenter, S. (1997): Freshwater Ecosystem Services. In: Daily, G. (Ed.): Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems. *Island Press*, Washington, DC.

Literaturverzeichnis

Pröbstl, U. (2010): Natura 2000, Sport und Tourismus in Europa. Herausforderungen, Optimierungspotenziale und beispielhafte Lösungen. *Natur und Landschaft* 85, 402-407.

Q

R

Ramsar Convention Secretariat (2006): The Ramsar Convention Manual – A Guide to the Convention on Wetlands. 4th Edition, Ramsar, Iran, 1971.

Ramsar Convention Secretariat (2007): River Basin Management: Integrating wetland conservation and wise use into river basin management. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 7. *Ramsar Convention Secretariat*, Gland, Switzerland.

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G.D. & Bennett, E.M. (2010): Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 11, 5242-5247.

Reeves, R.R. & Leatherwood, S. (1994): Dams and River Dolphins: Can They Co-exist? *Ambio* 23, 3, 172-175.

Richter, B.D., Braun, D.P., Mendelson, M.A. & Master, L.L. (1997): Threats to the imperiled freshwater fauna. *Conservation Biology* 11, 1081-1093.

Rijke, J., van Herk, S., Zevenbergen, C. & Ashley, R. (2012): Room for the River: delivering integrated river basin management in the Netherlands. *International Journal of River Basin Management* 10, 4, 369-382.

Rodriguez, J.P., Beard Jr., T.D., Bennett, E.M., Cumming, G.S., Cork, S.J., Agard, J., Dobson, A.P. & Peterson, G.D. (2006): Trade-offs across Space, Time, and Ecosystem Services. *Ecology & Society* 11, 1, 28.

Rogers, P. & Hall, A.W. (2003): Effective water governance, TEC Background Paper, Stockholm, Global Water Partnership.

Roth, D. & Warner, J. (2007): Flood Risk, Uncertainty and Changing River Protection Policy in the Netherlands: The Case of 'Calamity Polders'. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie* 98, 4, 519-525.

Rowe, G. & Frewer, L.J. (2000): Public Participation Methods: A Framework for Evaluation. *Science, Technology and Human Values* 25, 1, 3-29.

Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., Kumar, R. & Davidson, N. (2013): The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; *Ramsar Secretariat*, Gland.

S

Sänger, F. & Schrickel, M. (2010): Drei-Zonen-Deiche mit Dichtungen aus Ton. *Wasser und Abfall* 6/2010, 17-21.

Samuels, P., Klijn, F. & Dijkman, J. (2006): An analysis of the current practice of policies on river flood risk management in different countries. *Irrigation and Drainage*, 55, 141-150.

Sartor, J. (2001): Die Bedeutung der Wasserbilanz in der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. In: Heiden, S., Erb, R. & Sieker, F. (Hrsg.) (2001): Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. *Erich Schmidt Verlag*, Berlin.

Sayers, P.B., Hall, J.W. & Meadowcroft (2002): Towards risk-based flood hazard management in the UK. *Civil Engineering* 150, 36-42.

Schanze, J. (2006): Flood Risk Management – A Basic Framework. In: Schanze, J., Zeman, E. & Marsalek, J. (Eds.): Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures. *Springer*, Dordrecht, The Netherlands, 1-20.

Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J.A., Folke, C. & Walker, B. (2001): Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413, 591-596.

Scheffer, M. (2009): Critical Transitions in Nature and Society. *Princeton University Press*, Princeton.

Literaturverzeichnis

Schlepiütz, E. (2003): Hochwasserschutzmaßnahmen und Akzeptanz in der Bevölkerung am Beispiel der geplanten Retentionsräume im Stadtgebiet von Köln. Dissertation am geographischen Institut der Universität zu Köln, Abt. Angewandte Geomorphologie und Landschaftsforschung, Prof. Dr. E. Brunotte.

Schoof, R. (1980): Environmental impact of channel modification. *Water Resources Bulletin* 16, 4, 697-701.

Schuchardt, B., Schirmer, M., Lange, H., Wittig, S., Ronthaler, M. & Sprado, J. (2008): Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX). Projekt: Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft (INNIG). Teilprojekt 5: Integration und Informationsplattform. Endbericht. Bremen.

SDF – Sustainable Development of Floodplains (2008): Raum für Fluss, Natur und Menschen. Nachhaltige Überflutungsräume am Rhein. Rijkswaterstaat, Arnhem, The Netherlands, 2008.

Senzimir, J., Magnuszewski, P., Flachner, Z., Balogh, P., Molnar, G., Sarvari, A. & Nagy, Z. (2008): Assessing the Resilience of a River Management Regime: Informal Learning in a Shadow Network in the Tisza River Basin. *Ecology and Society* 13, 1, 11.

Sindermann, C.J. (1979): Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: a review. *Fishery Bulletin* 76, 4, 717-749.

Smith, B.C. (1985): Decentralization: the territorial dimension of the state. *Allen & Unwin*, London.

Smith, M. & Barchiesi, S. (2009): Environment as infrastructure – Resilience to climate change impacts on water through investments in nature. Water Programme, *International Union for Conservation of Nature (IUCN)*, Gland, Switzerland.

Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H. & Leuven, R.S.E.W. (2000): New approaches to river management. Backhuys, Leiden, The Netherlands.

Sommer, U. (1985): Comparison between Steady State and Non-Steady-State Competition: Experiments with Natural Phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 30, 335-346.

StEB Köln – Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (2013): Stellungnahme zum Alternativvorschlag gesteuerter Retentionsraum des Bürgervereins Worringen, der Arbeitsgemeinschaft Retentionsraum Worringer Bruch und des Bürger-Vereins Köln Roggendorf Thenhoven. Köln, 12.03.2013.

Stier, W. (2013): Empirische Forschungsmethoden. 2. Auflage. *Springer*, Berlin, Heidelberg, New York u.a.

Sweeney, B.W., Bott, T.L., Jackson, J.K., Kaplan, L.A., Newbold, J.D., Standley, L.J., Hession, W.C. & Horwitz, R.J. (2004): Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 101, 39, 14132-14137.

T

Taylor, C.M. & Miller, R.J. (1990): Reproductive ecology and population structure of the plain minnow, *Hybognathus placitus* (Pisces: Cyprinidae), in central Oklahoma. *American Midland Naturalist* 123, 32-39.

Te Linde, A.H., Bubeck, H., Dekkers, J.E.C., de Moel, H. & Aerts, J.C.J.H. (2011): Future flood risk estimates along the river Rhine. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11, 459-473.

Thomas, F. (2013): Ökosystemleistungen im Hochwassermanagement. Projektbericht, *unveröffentlicht*.

TNS-EMNID (2010): Flüsse und Flussgebiete – Ergebnisse einer Repräsentativbefragung unter der Bevölkerung des Bundesrepublik Deutschland. Studie im Auftrag des BMVBS, Berlin.

Tockner, K. & Stanford, J.A. (2002): Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29, 03, 308-330.

Tourbier, J.T. (2001): Ökologisch nachhaltige Niederschlagsbewirtschaftung als vorbeugender Hochwasserschutz und für die Aufwertung der Umwelt im städtischen Bereich. In: Heiden, S., Erb, R. & Sieker, F. (Hrsg.) (2001): Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. *Erich Schmidt Verlag*, Berlin.

Literaturverzeichnis

Trémolières, M., Sánchez-Pérez, J.M., Schnitzler, A. & Schmitt, D. (1998): Impact of river management history on the community structure, species composition and nutrient status in the Rhine alluvial hardwood forest. *Plant Ecology* 135, 1, 59-78.

Turner, R.K., Georgiou, S. & Fisher, B. (Eds.) (2008): Valuing Ecosystem Services: The Case of Multi-Functional Wetlands. *Earthscan Publications Ltd.*, London.

U

Uehlinger, U., Wantzen, K.M., Leuven, R.S.E.W. & Arndt, H. (2009): The Rhine River Basin. In: Tockner, K., Uehlinger, U. & Robinson, C.T. (Eds.): Rivers of Europe. *Academic Press*, Amsterdam.

Ulbrich, U. & Fink, A. (1996): The January 1995 Flood in Germany: Meteorological Versus Hydrological Cases. *Physics and Chemistry of the Earth* 20, 5-6, 439-444.

UN - United Nations (2000): Sustainable Flood Prevention. Economic and Social Council, 14. January 2000.

UVPG – Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (1990): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Fassung vom 12.02.1990. *BGBI.* I S. 94. Neugefasst am 24.02.2010. Letzte Änderung am 25.07.2013.

V

Van der Ploeg, R.R., Ehlers, W. & Sieker, F. (1999): Floods and Other Possible Adverse Environmental Effects of Meadowland Area Decline in Former West Germany. *Naturwissenschaften* 86, 313-319.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. (1980): River continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, 130-137.

Verhoeven, J.T.A., Arheimer, B., Yin, C. & Hefting, M.M. (2006): Regional and global concerns over wetlands and water quality. *Trends in Ecology & Evolution* 21, 2, 96-103.

Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. & Melillo J.M. (1997): Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494-499.

Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Liermann, C. & Davies, P.M. (2010): Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555-561.

W

Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. & Kinzig, A. (2004): Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society* 9, 2: 5.

Wallace, K.J. (2007): Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation* 139, 235-246.

WaterNeeds (2013) – Projekthomepage. Online abrufbar unter <http://www.waterneeds.uni-osnabrueck.de/index.html> (Letzter Abruf 18.07.2014).

WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1997): Welt im Wandel – Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Kapitel D 1.2 Wasser als Lebensraum und seine Bedeutung für angrenzende Lebensräume. *Springer*, Berlin, Heidelberg, New York.

Weichselgartner, J. (2002): Naturgefahren als soziale Konstruktion. Eine geografische Betrachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken. *Shaker Verlag*, Aachen.

Welcomme, R.L. (1979): Fisheries Ecology of Floodplain Rivers. *Longman*, London, UK.

WHG – Wasserhaushaltsgesetz (1996): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Fassung vom 12. November 1996. *BGBI.* I S. 1695, 1998 S. 832, 2455.

WHG – Wasserhaushaltsgesetz (2002): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Fassung vom 19. August 2002. *BGBI.* I S. 3245.

Literaturverzeichnis

WHG – Wasserhaushaltsgesetz (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Fassung vom 31.07.2009. BGBl. I S. 2585. Inkrafttreten: 01.03.2010. Zuletzt geändert: 07.08.2013.

White, G.F. (1945): Human Adjustment to Floods. Department of Geology Research Paper No. 29. *The University of Chicago*, Chicago, Illinois, USA.

Williams, P. (1998): Inviting Trouble Downstream. *Civil Engineering – ASCE* 68, 2, 50-53.

Williams, C. (2007): Research Methods. *Journal of Business & Economic Research* 5, 3, 65-72.

Worna, T. (2005): Die Fallstudienanalyse als wissenschaftliche Forschungsmethode. ESCP-EAP Working Paper Series No. 10. *Europäische Wirtschaftshochschule*, Berlin.

WMO & GWO – World Meteorological Organization & Global Water Partnership (2004): Integrated Flood Management – Case Study: Germany – Flood Management in the Rhine and Elbe River Basins. October 2004.

WMO - World Meteorological Organization (2006a): Environmental Aspects of Integrated Flood Management. APFM Technical Document No. 3, Flood Management Policy Series.

WMO – World Meteorological Organization (2006b): Social Aspects and Stakeholder Involvement in Integrated Flood Management. APFM Technical Document No. 4, Flood Management Policy Series.

WMO - World Meteorological Organization (2009): Integrated Flood Management. Concept Paper. WMO-No. 1047.

WMO - World Meteorological Organization (2012): Conservation and Restoration of Rivers and Floodplains. APFM Technical Document No. 18, Flood Management Tools Series.

X

Y

Young, O.R. (2002): The institutional dimensions of environmental change: fit, interplay and scale. *MIT Press*, Cambridge.

Z

Zedler, J.B. & Kercher, S. (2005): Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30, 39-74.

Anhang



Datenbanken zur Masterarbeit

„Flut kontrollieren – Flut integrieren“

„Der Wandel zu einem integrativen und adaptiven Hochwassermanagement und die Rolle von Ökosystemleistungen am Beispiel des Rheins“

Autor: Fabian Thomas, B. Sc.

Datum: Osnabrück, 22. Juli 2014

Anmerkung: Das Abkürzungsverzeichnis der Anhänge ist mit dem Abkürzungsverzeichnis des Fließtextes zusammengeführt. Zur kompakteren Darstellung der Quellen wird jedoch ein auf numerischen Verweisen beruhendes separates Literaturverzeichnis eingeführt.

Inhalt:

Anhang A: MTF-Datenbank zum Governanceregime in NRW	iii
Anhang B: MTF-Datenbank zu den Projekten im Hochwassermanagement seit 1990	xi
Anhang C: MTF-Datenbank zum operationellen Status des Wassersystems	xviii
Literaturverzeichnis des Anhangs	xxv

Abbildungsverzeichnis:

Nr.	Titel	Seite
A1	Die Entwicklung der Hochwassergovernance und ihre Auswirkungen auf das Management in NRW seit Anfang der 1990er Jahre.	viii

Tabellenverzeichnis:

Nr.	Titel	Seite
A1	Interaktionskontexte im Bereich der Hochwassergovernance (ASG)	iii
A2	Relevante Institutionen (I) im Hochwassersektor	vi
A3	Im Kontext des Hochwassersektors gewonnenes Wissen (W)	vii
B1	Zuordnung der Projekttabellen zu den Interaktionskontexten im Bereich des Hochwassermanagements (ASM)	xi
B2	Projekte im Bereich Deichsanierungen	xi
B3	Projekte im Bereich technische Polder	xii
B4	Projekte im Bereich Deichrückverlegungen	xiii
B5	Projekte im Bereich WRRL-Maßnahmenprogramm bis 2015	xiv
B6	Projekte im Bereich Gewässerrenaturierungen	xv
B7	Projekte im Bereich Ausweisung von Schutzgebieten	xv
B8	Projekte im Bereich integrierte Managementpläne	xvi
B9	Projekte im Bereich Hochwasservorsorge	xvi
C1	Zuordnung der Tabellen zum operationellen Status zu den operationellen Wirkungen (OW)	xviii
C2	Operationeller Status: Technischer Hochwasserschutz	xviii
C3	Operationeller Status: Auenzustand	xviii
C4	Operationeller Status: Flächennutzung und Schutzgebiete	xix
C5a	Operationeller Status: WRRL-Daten – Zwischenstand der Maßnahmenumsetzungen in NRW 2012	xix
C5b	Operationeller Status: WRRL-Daten – Signifikante Belastungen	xx
C5c	Operationeller Status: WRRL-Daten – Gewässerkörperausweisungen	xx
C5d	Operationeller Status: WRRL-Daten – Gewässersteckbriefe im Vergleich	xxi
C6	Operationeller Status: Zwischenstand IKS	xxi
C7	Operationeller Status: Integrierte Managementpläne	xxi
C8	Operationeller Status: Hochwasservorsorge	xxii

Anhang A: MTF-Datenbank zum Governanceregime in NRW

Die Tabellen dieses Anhangs enthalten die Nummern, Namen, Ergebnisse und Attribute der für den Bereich der Hochwassergovernance maßgeblichen Interaktionskontexte, Institutionen und Erkenntnisgewinne in chronologisch sortierter Reihenfolge.

Tabelle A1. Interaktionskontexte im Bereich der Hochwassergovernance (ASG).

ID	Name	Zeitraum	Admin. Rahmen	Akteure (Admin. Rahmen)	Ergebnisse	Beschreibung [Quellen]
G01	6. Novellierung des WHG	1992-1996	National	Bundestag (National) Bundesrat (Regional) Umweltbundesamt (National) Vermittlungsausschuss (National)	I07	Das Politikfenster für diese Novelle des WHG ergibt sich im Lichte der Hochwasserereignisse von 1993 und 1995. Es wird nach einem 4 Jahre währendem Prozess und zahlreichen Eingriffen des Vermittlungsausschusses 1996 beschlossen. [98]
G02	11. RMK in Bern	1994	International	IKSR (International) IKSE (International) Vertreter der EU (International) Rheinschiffahrtskommission (International) Vertreter aus GER (National), FR (National), LUX (National), NL (National), CH (National), BE (National)	W03	Es wird beschlossen, dass die IKSR künftig auch für die Belange des Hochwasserschutzes verantwortlich sein soll. Weiterhin wird eine Überprüfung der Hochwassermeldesysteme angeordnet. [56]
G03	Treffen in Arles	1995	International	Umweltminister der Rheinanlieger FR (National), GER (National), BE (National), LUX (National), NL (National)	I05	In der Erklärung von Arles wird die Erstellung von Hochwasseraktionsplänen für die großen Flusseinzugsgebiete Europas gefordert. [146, 156]
G04	Erarbeitung HWSK NRW	1995-1996	Regional	MURL NRW (Regional) LUA NRW (Regional)	I08	Das Konzept entsteht unter Federführung des Umweltministeriums als direkte Reaktion auf das Rheinhochwasser von 1995. [02]
G05	Erstellung APHW & 12. RMK in Rotterdam	1995-1998	International	IKSR (International) Vertreter der EU (International) Vertreter aus GER (National), FR (National), LUX (National), NL (National), CH (National) Beteiligung von NGOs (International / National / Regional)	I10, 11	Der APHW wird auf der Konferenz in Rotterdam nach dreijähriger Entwicklungszeit vorgestellt. Weiterhin liegt das erweiterte Rheinschutzabkommen in seiner Endfassung vor. [02, 25, 61, 123]
G06	WRRL Legislativprozess	1996-2000	International	EU Kommission (International) Rat der EU (International) EU Parlament (International) Beteiligung von NGOs (International / National / Regional)	I12	Der Legislativprozess zur WRRL dauert insgesamt 4 Jahre und wird von intensiven Beratungen mit unterschiedlichen Interessensgruppen begleitet. Als Hauptgründe für den Anstoß des Prozesses gelten zum einen die schlechte Wasserqualität, zum anderen die geringe Flexibilität, der extreme Regelungsbedarf und die hohen Kosten des bisherigen Ansatzes. [03, 10, 78, 144]

Anhang A

G07	IRMA	1996-2002	International	EU Kommission (International) BE (National) GER (National) FR (National) LUX (National) NL (National)	I09 W05	Das Programm ist Teil der INTERREG II C Initiative der EU und soll vor allem Maßnahmen der Raumordnung mit grenzüberschreitenden Kooperationsmöglichkeiten fördern. [54]
G08	Gründung der AG Hochwasser	1997	International	Provinz Gelderland (Regional) Rijkswaterstaat (National) MURL NRW (Regional)	W07	Die Deutsch-Niederländische Arbeitsgruppe Hochwasser entsteht aus der <i>Gemeinsamen Erklärung für die Zusammenarbeit im nachhaltigen Hochwasserschutz</i> . [17, 37, 94]
G09	7. Novellierung des WHG	2000-2002	National	Bundestag (National) Bundesrat (Regional) Umweltbundesamt (National) Vermittlungsausschuss (National) Beteiligung von NGOs (National / Regional)	I15	Der Prozess ist zur Umsetzung der WRRL in nationales Recht steht unter großem Zeitdruck, da neben dem Bundesgesetz auch diverse Landesgesetze geändert werden müssen. [10]
G10	13. RMK in Straßburg	2001	International	IKSR (International) Vertreter der EU (International) Vertreter aus GER (National), FR (National), LI (National), LUX (National), NL (National), AT (National), CH (National) Beteiligung von NGOs (International / National / Regional)	I13	Auf der Konferenz wird neben der Umsetzung der WRRL auch die Maßnahmenplanung des integrierten Rheinprogramms <i>Rhein 2020</i> besprochen. [65]
G11	Treffen der EU-Wasserdirektoren	2002-2003	International	EU-Wasserdirektoren (International), Vertreter aus N (National), CH (National) und den derzeitigen Beitrittskandidaten (National)	I16, 17	Das informelle Treffen in Kopenhagen und das offizielle Treffen der EU-Wasserdirektoren in Athen führen zum Start des EU-Hochwasserschutz-Aktionsprogramms. [98, 128]
G12	HWSG Legislativprozess	2002-2005	National	Bundestag (National) Bundesrat (Regional) Umweltbundesamt (National) Beteiligung von NGOs (National / Regional)	I18	Das <i>Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes</i> wird im Lichte des Elbhochwassers 2002 auf den Weg gebracht und 2005 verabschiedet. [77]
G13	EU HWSAP / HWRM-RL Legislativprozess	2004-2007	International	EU Kommission (International) Rat der EU (International) EU Parlament (International) EU-Beitrittskandidaten (National), EFTA-Staaten (National), Flussgebietskommissionen (International), Beteiligung von NGOs (International / National / Regional)	I21 W09	Das HWSAP gipfelt in der HWRM-RL und greift darüber hinaus Aspekte aus Forschung, Vorhersage und Finanzierung auf. [43, 48, 128]
G14	Novellierung LWG NRW I	2002-2005	Regional	Landtag NRW (Regional) LANUV NRW (Regional) MUNLV NRW (Regional) Beteiligung von NGOs (Regional)	I19	Die Novelle dient der Umsetzung der WRRL in NRW und implementiert weiterhin Bestimmungen aus dem 6. und 7. WHG. [50, 150]

Anhang A

G15	Überarbeitung HWSK NRW	2006	Regional	MUNLV NRW (Regional) LANUV NRW (Regional)	I20	Die Überarbeitung des HWSK geschieht erneut unter Federführung des zuständigen Ministeriums und ergänzt überwiegend Maßnahmen des vorsorgenden Hochwasserschutzes. [02]
G16	8. Novellierung des WHG	2006-2010	National	Bundestag (National) Bundesrat (Regional) Umweltbundesamt (National) Beteiligung von NGOs (National / Regional)	I24	Nach der Föderalismusreform kann ein einheitliches deutsches Wasserrecht geschaffen werden, das die WRRL, die HWRM-RL und das Hochwasserschutzgesetz vereinbart und sofort deutschlandweite Gültigkeit besitzt. [10, 119]
G17	14. RMK in Bonn	2007	International	IKSR (International) Vertreter der EU (International) Vertreter aus GER (National), FR (National), LI (National), LUX (National), NL (National), AT (National), CH (National), Wallonien (National) Beteiligung von NGOs (International / National / Regional)	W08, 10	Die Konferenz wird überschattet von der Erkenntnis, dass der APHW einen Teil seiner Ziele nicht erreichen wird. Weiterhin beauftragt man die IKSR mit einer Studie zur Veränderung des Abflussregimes des Rheins. [69]
G18	Novellierung BNatSchG	2009-2010	National	Bundestag (National) Bundesrat (Regional) Umweltbundesamt (National) Beteiligung von NGOs (National / Regional)	I23	Nach dem Scheitern des Umweltgesetzbuchs und dem Inkrafttreten der Föderalismusreform stellt dieses Gesetz ein einheitliches und bundesweit gültiges Naturschutzgesetz dar. [14, 119]
G19	Novellierung LG NRW	2009-2010	Regional	Landtag NRW (Regional) LANUV NRW (Regional) MUNLV NRW (Regional) Beteiligung von NGOs (Regional)	I25	Kleine Novelle nach dem Inkrafttreten des BNatSchG 2010, damit nach Abweichungsgesetzgebung auch weiterhin Teile des LG NRW gelten können. [49, 119, 120, 121]
G20	Novellierung LWG NRW II	2009-2010	Regional	Landtag NRW (Regional) LANUV NRW (Regional) MUNLV NRW (Regional) Beteiligung von NGOs (Regional)	I26	Kleine Novelle nach dem Inkrafttreten des 8. WHG, damit nach Abweichungsgesetzgebung auch weiterhin Teile des LWG NRW gelten können. [49, 50, 119]
G21	15. RMK in Basel	2013	International	IKSR (International) Vertreter der EU (International) Vertreter aus GER (National), FR (National), LI (National), LUX (National), NL (National), AT (National), CH (National), Wallonien (National) Beteiligung von NGOs (International / National / Regional)	W13	Auf der Konferenz wird deutlich, dass einige der ursprünglichen Ziele des APHW verworfen werden müssen. [74]
G22	Erarbeitung des nat. HWSP	Seit 2013	National	LAWA (National) Flussgebietskommissionen (International)	-	Die Ankündigung dieses ambitionierten Programms zur deutschlandweiten Koordinierung des Hochwassermanagements findet im Lichte der schweren Fluten des Jahres 2013 statt. [99]

Anhang A

Tabelle A2. Relevante Institutionen (I) im Hochwassersektor.

ID	Name	Zeitraum	Admin. Rahmen	Ergebnisse	Beschreibung
I01	Generalpläne HWS am Niederrhein	1990	Regional	G04 M01, 02, 03	Umfassendes Konzept mit Deichsanierungen, Deichrückverlegungen und technischer Rückhaltung. [02, 117, 140]
I02	Gewässerauenprogramm NRW	1990	Regional	M03	Angebotsplanung zur Renaturierung von Gewässern und ihrer Auen. [39, 110, 142]
I03	EU FFH-RL	1992	International	G18	Bildet die Basis für den gesetzlichen Schutz der Flora-Fauna-Habitat- und Vogelschutzgebiete und damit für das Schutzgebietsnetz <i>Natura 2000</i> . [40]
I04	Gesamtkonzept Rhein in NRW	1992	Regional	G04 M01, 02, 03	Integriertes Gesamtkonzept für die Bereiche Hochwasser, Ökologie und Schifffahrt. [02, 117, 140]
I05	Erklärung von Arles	1995	International	G05	Auftrag an die IKS zur Erarbeitung des Aktionsplans Hochwasser. [02, 46]
I06	LAWA Leitlinien	1995	National	G01, 05 M04	Strategiepapier zur Verbesserung des Hochwasserschutzes durch vorsorgende Maßnahmen. [86, 98, 146]
I07	6. WHG	1996	National	G09	Enthält umfassende Regelungen zu den Überschwemmungsgebieten und den überschwemmungsgefährdeten Gebieten. [146, 152]
I08	HWSK NRW bis 2006	1996	Regional	G05, 15 M01, 02, 03	Wesentliche Inhalte sind Deichsanierungen, Deichrückverlegungen und technische Polder. [02, 16, 140]
I09	IRMA Programmrahmen NRW	1996	Regional	M01, 02, 03, 05, 06	Beinhaltet überwiegend Maßnahmen aus dem Bereich der Raumordnung, bspw. die Rückverlegung von Deichen oder die Schaffung von gesteuerten Polderräumen. [54]
I10	APHW	1998	International	G10, 13 M01, 02, 03, 05, 06	Beinhaltet 4 Ziele und grobe Schritte für deren Umsetzung bis zum Jahre 2020: (i) Schadensrisiken vermindern; (ii) Hochwasserspitzen reduzieren; (iii) Hochwasserbewusstsein stärken; (iv) Hochwasservorhersage verbessern. [02, 25, 59, 123]
I11	Rheinschutzübereinkommen	1999	International	G10, 13	Rechtlicher Rahmen für eine nachhaltige Entwicklung des Rheins. [64]
I12	EU WRRL	2000	International	G09, 10, 13	Das Ziel dieser Richtlinie ist die Verbesserung der Wasserqualität und der ökologischen Struktur aller ober- und unterirdischen Gewässer in Europa. Vorgesehen sind neben einem auf Flussgebietseinheiten basierenden Management regelmäßige Bestandsaufnahmen, ein Verschlechterungsverbot und iterative Bewirtschaftungspläne mit konkreten Maßnahmenvorgaben und Partizipationsmöglichkeiten. [03, 10, 41]
I13	Rhein 2020	2001	International	M01, 02, 03, 04, 05, 06	Integriertes Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins mit 4 großen Teilprogrammen: (i) Ökologische Verbesserungen; (ii) Hochwasserschutz; (iii) Wasserqualität; (iv) Grundwasserschutz. [66]
I14	5 Punkte Programm der Bundesregierung	2002	National	G12, 13	Das Programm betont Maßnahmen zum vorsorgenden Hochwasserschutz und deren koordinierte und grenzüberschreitende Planung und Umsetzung. Es wird im Lichte des Elbhochwassers 2002 veröffentlicht. [09]
I15	7. WHG	2002	National	G14, 16	Dient der Umsetzung der WRRL in nationale (Rahmen-)Gesetzgebung. [10, 153]
I16	EU-Empfehlungen zum HWM	2003	International	G13	Beinhaltet eine umfassende Zusammenstellung zeitgemäßer Maßnahmen zum Management von Hochwasserereignissen. [47, 128]
I17	Kommunikation zum HWRM	2004	International	G13	Bildet die Basis für ein gemeinsames Hochwasserschutz-Aktionsprogramm in Europa. [42, 48]
I18	HWSG	2005	National	G14, 16	Das Gesetz sieht die bundesweite Ausweisung von Überschwemmungsgebieten und die Aufstellung sog. Hochwasserschutzpläne vor. [55, 98]

Anhang A

I19	LWG NRW 2005	2005	Regional	G20 M03, 04, 05	Dient der Umsetzung der WRRL in NRW und übernimmt Teile des HWSG sowie des 6. & 7. WHG. [50, 96, 150]
I20	HWSK NRW bis 2015	2006	Regional	M01, 02, 03, 04, 05, 06	Ergänzt das HWSK von 1996 um Maßnahmen zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. [02, 16, 140]
I21	EU HWRM-RL	2007	International	G16, 21	Das Ziel dieser Richtlinie ist die Einführung eines an Flusseinzugsgebieten orientierten Hochwasserrisikomanagements. Dazu sollen nach einer vorläufigen Bewertung der Risiken, Hochwasserrisiko- und Gefahrenkarten vorbereitet werden und regelmäßig sog. <i>Hochwasserrisikomanagementpläne</i> aufgestellt werden. [25, 44]
I22	NSBV	2007	National	G18 M03	Dieses umfassende Programm zum Erhalt der Biodiversität in Deutschland besitzt auch Vorgaben bezüglich der Flussauen in Deutschland. [11, 25]
I23	BNatSchG 2010	2010	National	G19 M03	Das Gesetz ist erstmals direkt auf Länderebene bindend und beinhaltet als wesentliche Neuerung die Eingriffsregelung. [14, 15, 25, 80, 119]
I24	8. WHG	2010	National	G20 M03, 04, 05	Etabliert die WRRL, HWRM-RL und das HWSG in einer einheitlichen nationalen Gesetzgebung, die direkt auf Länderebene gültig ist. [10, 24, 25, 49, 119, 147, 154]
I25	LG NRW 2010	2010	Regional	M03	Kleine Vorschaltnovelle als Reaktion auf das BNatSchG 2010. [49, 118, 119, 120, 121]
I26	LWG NRW 2010	2010	Regional	M03, 04, 05	Kleine Vorschaltnovelle als Reaktion auf das 8. WHG. [49, 50, 119]

Tabelle A3. Im Kontext des Hochwassersektors gewonnenes Wissen (W).

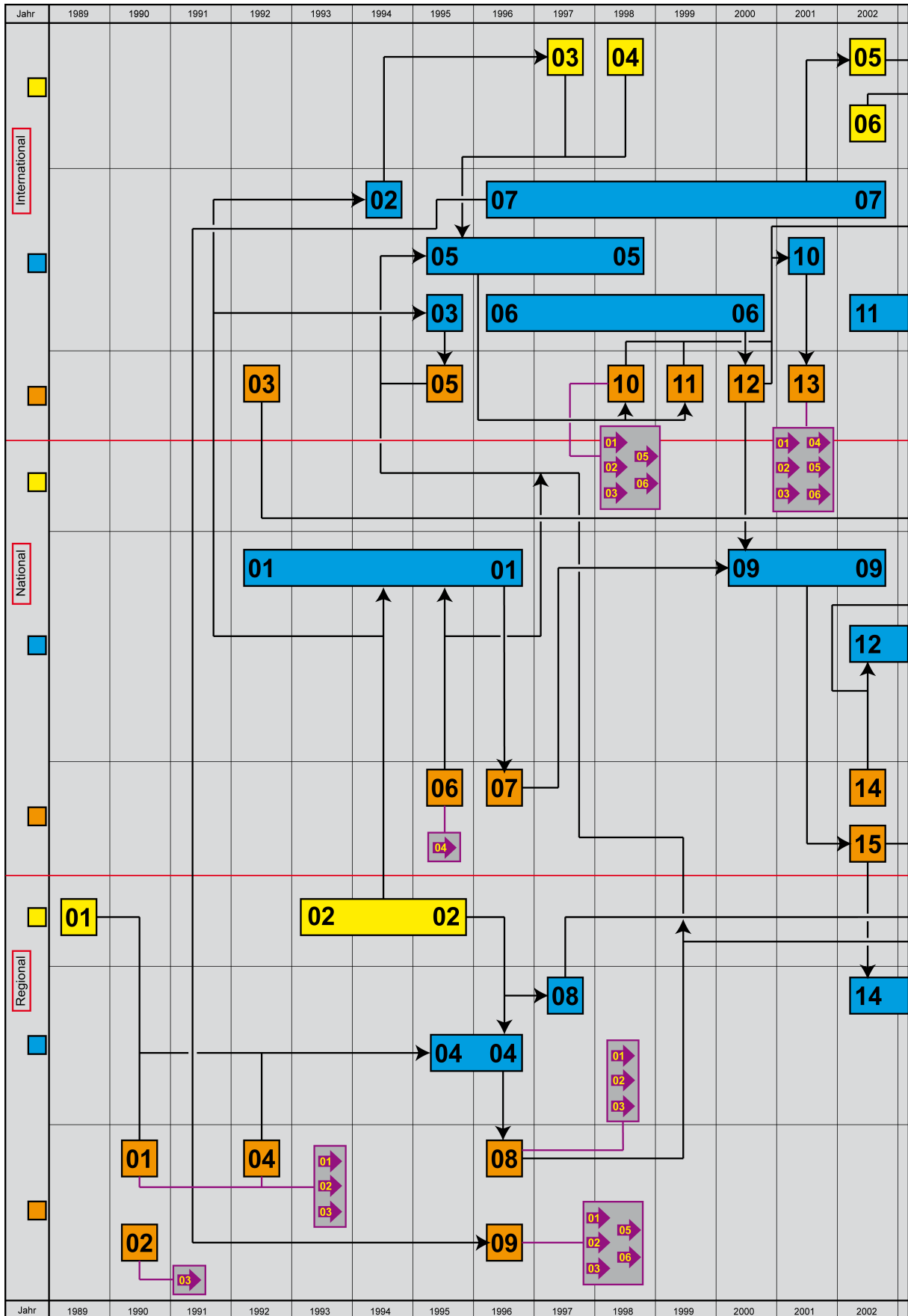
ID	Name	Zeitraum	Admin. Rahmen	Ergebnisse	Beschreibung
W01	Zustand der Deiche	1989	Regional	G04	Den Rheindeichen wird ein hoher Sanierungsbedarf attestiert (> 80%). [17, 100, 103]
W02	Mängel im Hochwasserschutz	1993, 1995	Regional	G01, 02, 03, 04, 08	Die Mängel im Hochwassersektor werden bei den Fluten in den Jahren 1993 und 1995 durch zahlreiche Todesopfer, hohe Schadenssummen und die Evakuierung von 200000 Anwohnern (in Arnheim) verdeutlicht. [27, 38, 145]
W03	Tauglichkeit der Meldesysteme	1997	International	G05	Die Vorwarnzeit beträgt ca. 48 Stunden und soll auf mindestens 96 Stunden angehoben werden. [58, 155]
W04	IKSR-Studienexpertise	1998	International	G05	Die IKSR kann für die Veröffentlichung des APHW auf zahlreiche Studien aus den Bereichen Hochwasservorhersage, Gewässerökologie, Wasserrückhalt und Hochwasserschutz zurückgreifen. [57, 58, 60, 62, 63]
W05	Forschungsergebnisse der IRMA Studien	2002	International	G13	Die Studien belegen, dass eine effektive Reduktion des Hochwasserrisikos nur durch die Minderung der möglichen Schäden erreicht werden kann. [52, 53]
W06	Notwendigkeit eines integrierten Ansatzes im Hochwassersektor	2002	International	G11	Die zahlreichen Deichbrüche im Rahmen des Elbhochwassers 2002 verdeutlichen die Notwendigkeiten eines integrierten Managements und der Abkehr vom Schutzversprechen. [23, 128]
W07	Studie <i>Grenzüberschreitende Auswirkungen von extremem Hochwasser am Niederrhein</i>	2004	Regional	G15	Nach den Modellberechnungen kommt es vor allem in NRW zu Deichüberströmungen, sodass der Hochwasserstand in den Niederlanden gemindert wird. Die Wirkung der geplanten Retentionspolder ist stark ereignisabhängig und weder Polder noch Deichsanierungen bleiben auf Dauer wirksam. [94, 111]

Anhang A

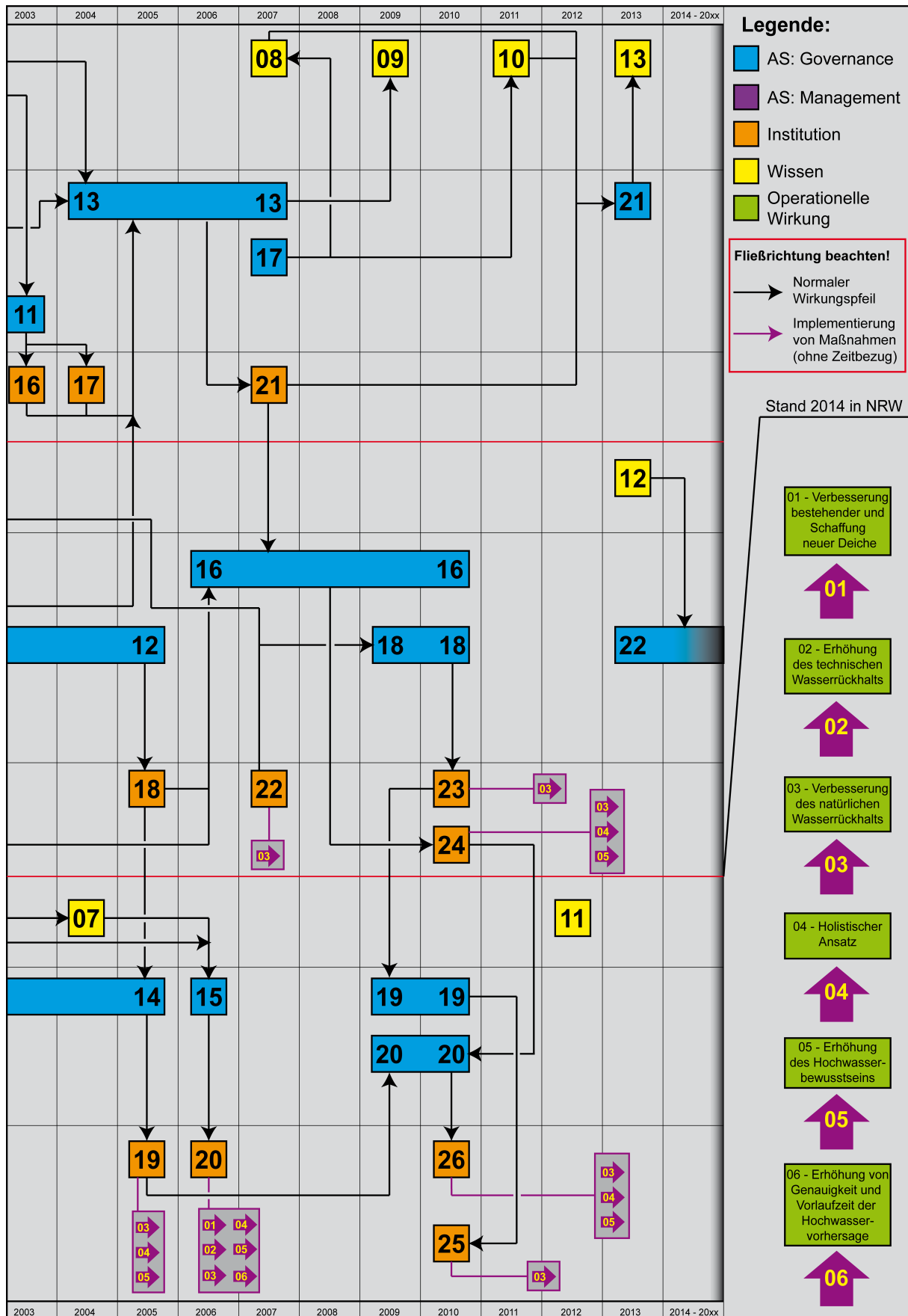
W08	Verfehlungen des APHW	2007	International	G21	Das gesetzte Ziel zur Minderung der Extremhochwasserstände ist nicht erreichbar; das Ziel zur Minderung der Hochwasserschäden weist in der Umsetzung starke Defizite auf. [68, 69]
W09	Studienergebnisse <i>FLOODsite</i>	2009	International	-	Zahlreiche Studien aus den Bereichen Risikoanalyse und Hochwassermanagement. [48, 79]
W10	Studie <i>Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins</i>	2011	International	G21	Zentrale Schätzung zur Veränderung der Abflusslage des Rheins. Sie fällt moderater aus als erwartet, jedoch gibt die Studie keinen Anlass zur Entwarnung. [70, 71]
W11	BUND-Studie <i>Hochwasserrückhalt durch Auenrevitalisierung</i>	2012	Regional	-	Nach den Ergebnissen der Studie kommt der Auenrevitalisierung am Rhein zu wenig Bedeutung zu. [25, 26]
W12	Weiterhin Mängel im Hochwasserschutz	2013	National	G22	Das Flutereignis im Jahre 2013 offenbart, dass weiterhin Defizite im Hochwassermanagement bestehen. [74, 99]
W13	Weiterhin Verfehlungen des APHW	2013	International	-	Das Maximalziel zur Reduzierung der Hochwasserstände im Jahre 2020 wird als unerreichbar eingestuft und stattdessen die Durchsetzung bestehender Maßnahmen und die Suche nach neuen Maßnahmen für den Zeitraum 2020+ anvisiert. [72, 74]

▼ **Abbildung A1.** Die Entwicklung der Hochwassergovernance und ihre Auswirkungen auf das Management in Nordrhein-Westfalen seit Anfang der 1990er Jahre. Dargestellt ist eine Verkettung von Interaktionskontexten (AS) und deren Wirkungen im Sinne des *Management & Transition Framework* [122]. Der Bereich der Governance wird durch die **blauen** Interaktionen und die durch **schwarze Pfeile** verbundenen Institutionen (**orange**) und Erkenntnisgewinne (**gelb**) repräsentiert. Die Abfolge ist sowohl chronologisch (X-Achse) als auch räumlich (Y-Achse) sortiert. Der Bereich des Hochwassermanagements ist nicht in der chronologischen Abfolge inbegriffen, sondern aggregiert dargestellt. **Lilafarbene Pfeile** signalisieren, welche Institutionen zu Maßnahmenumsetzungen (**lila**) geführt haben. In **grün** sind die operationellen Wirkungen dargestellt.

Anhang A



Anhang A



Anhang B: MTF-Datenbank zu den Projekten im Hochwassermanagement seit 1990

Die Tabellen dieses Anhangs enthalten eine Übersicht und Beschreibung aller Projekte im Bereich des Hochwassermanagements seit 1990. Die einzelnen Maßnahmenumsetzungen sind im Sinne des MTF [122] insgesamt sechs Gruppen von Interaktionskontexten zugeordnet. Tabelle B1 definiert diese Gruppen und liefert Verweise zu den jeweils relevanten Projekttabellen und zur Datenbank zum operationellen Status (Anhang C). Es sind nur solche Projekte aufgelistet, die das EZG *Rheingraben Nord* betreffen.

Tabelle B1. Zuordnung der Projekttabellen zu den Interaktionskontexten im Bereich des Hochwassermanagements (ASM) (siehe auch Abbildung A1).

ID	Name	Wirkung	Maßnahmen	Relevante Tabellen
M01	Durchführung von Deichbauarbeiten	OW01	Deichneubau Deichsanierung	B2 Deichsanierungen
M02	Implementierung von Maßnahmen zum technischen Wasserrückhalt	OW02	Hochwasserrückhaltebecken Steuerbare Rückhalteräume (technische Polder)	B3 Technische Polder
M03	Erhalt und Wiederherstellung von natürlichen Wasserrückhalteräumen	OW03	Ausweisung von reglementierten Schutz- & Überschwemmungsgebieten Deichrückverlegungen Renaturierung von Gewässerläufen und Flussauen	B4 Deichrückverlegungen B5 WRRL Maßnahmenprogramm bis 2015 B6 Gewässerrenaturierungen in NRW B7 Ausweisung von Schutzgebieten
M04	Erstellung von integrierten Managementplänen	OW04	Berücksichtigung unterschiedlicher Ansätze im Hochwasserschutz Berücksichtigung von Querschnittsflächen mit anderen Bereichen des Wassersektors	B8 Integrierte Managementpläne
M05	Sensibilisierung der Bevölkerung	OW05	Information durch Broschüren, Karten und über das Internet	B9 Hochwasservorsorge
M06	Verbesserung der Vorhersage	OW06	Erhöhung der Vorwarnzeit; technische Ertüchtigung	B9 Hochwasservorsorge

Tabelle B2. Projekte im Bereich **Deichsanierungen** (M01). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* 1 Bezieht sich auf die Flächennutzung im direkten Planungsgebiet des Projektes und den angrenzenden Räumen. 2 Angegeben ist der Anteil der rezenten Aue an der morphologischen Aue im direkten Planungsgebiet. 3 Bezieht sich auf die Prüfung lokaler Deichrückverlegungen, die nicht primär aus Sicht Naturschutzes bzw. des natürlichen Hochwasserrückhalts durchgeführt werden.

Beispielabschnitte	Technik	Schutzniveau	Flächennutzung ¹	Flächenanteil der rezenten Aue ² [%]	DRV ³	Umweltgutachten	Ausgleichsmaßnahmen	Begehbarkeit	Sonstiges
Gesamtbetrachtung	3-Zonen-Deiche (überwiegend) [127]	B _{HQ} 2004 (100-500 jährlich) [16]	Ackerbau Grünland Wald Siedlungen [05]	21,5 [05]	Geprüft werden lokale Rückverlegungsmöglichkeiten.	Diverse (u.a. UVP, FFH, LPB) [15, 148, 154]	In der Regel [96, 154]	In der Regel	Insgesamt werden ca. 275 der 330 km Deiche saniert (83%). [100, 103]
Beispielabschnitte									

Anhang B

Rees-Löwenberg, 4. Planungsabschnitt	3-Zonen-Deich [29]	ca. 500 jährlich [16, 29]	Ackerbau Siedlungen (Bienen und Praest) [05]	47,2 [05]	Ja (26ha) [29]	Ja [30, 32]	Ja [31]	Ja (Radweg) [29]	Umsiedlung eines Hofes, Schutzgebietsausweisung des Deichvorlands, Nähe zur <i>Biener Altrheinschleife</i> .
Köln PFA 7, Bay-ernturm bis Bastei	Mobile & stationäre Hochwasserschutzwände [138]	ca. 100 jährlich [138]	Siedlungen (Köln) [05]	44,0 [05]	Ja (aus Schutztechnischen Gründen und wegen ÜSG) [138]	Ja	Ja (<i>Westhovener Aue</i>) [138]	Ja (<i>Rheinpromenade / Rheingarten</i>) [138]	Die anthropogene Überprägung im Stadtgebiet so stark, dass selbst Deiche keine Lösung mehr darstellen. Weiterhin kleinräumige Renaturierungen. [138]
Mehrum 2	3-Zonen-Deich, teilw. mobile Schutzwände [33]	ca. 500 jährlich [16]	Grünland Ackerbau Siedlungen (Mehrum) [05]	19,0 [05]	Nein, aber geprüft [35]	Ja [35]	Ja [34]	Ja [35]	Bergsenkungsgebiet.

Tabelle B3. Projekte im Bereich **technische Polder** (M02). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Flächennutzung im direkten Planungsgebiet des Projektes und den angrenzenden Räumen. **2** Bezieht sich auf die Möglichkeit, den Polderraum in ökologisch sinnvollen Intervallen einer kontrollierten Flutung zu unterziehen, um ökodynamische Prozesse in Teilen zuzulassen und so die Entwicklung stabiler Artgemeinschaften zu unterstützen. **3** Listet alle Schutzgebietstypen auf, die im Projekttraum liegen oder an diesen angrenzen und möglicherweise durch die Baumaßnahmen und / oder den operativen Betrieb in Mitleidenschaft gezogen werden. **4** Angegeben ist der Anteil der rezenten Aue an der morphologischen Aue im direkten Planungsgebiet.

Projekt	Stadium	Volumen [Mio. m ³]	Fläche [ha]	Flächennutzung ¹	Ökol. Flutung ²	Überflutungshäufigkeit	Betroffene Schutzgebiete ³	Flächenanteil der rezenten Aue ⁴ [%]	Anmerkungen
Bylerward	Planung / derzeit pausiert [16]	36 [17]	(Planungsinhalt)	Grünland [05]	(Planungsinhalt)	(Planungsinhalt)	FFH VSG NSG LSG [05]	8,5 [05]	Starker Widerstand, daher Flächensicherung und Pausierung, bis Daten zum Klimawandel vorliegen. [16]
Ilvericher Bruch	Planung / derzeit pausiert [16]	10 [17]	(Planungsinhalt)	Grünland, Ackerland [05]	(Planungsinhalt)	(Planungsinhalt)	FFH NSG LSG [05]	12,3 [05]	Wirkung umstritten, daher Flächensicherung und Pausierung, bis Daten zum Klimawandel vorliegen. [16]
Köln-Langel	Operativ / Fertigstellung 2009 [82]	4,5 [17]	160 [149]	Ackerland [05]	Nein [25, 150]	200-Jahre [01]	NSG LSG [05]	21,6 [05]	Mehrfache Klagen sowohl gegen das Projekt als auch für eine Vergrößerung; Vergrößerung abgelehnt wegen Nähe zu Sondermülldeponie. Teilrenaturierung der Polderfläche. [138]

Anhang B

Orsoy-Land	Genehmigungsplanung / Fertigstellung bis 2020 [82]	22 [17]	660 [149]	Grünland, Ackerland [05]	(Planungsinhalt)	500-Jahre [45]	FFH VSG NSG LSG [05, 20, 45, 81]	26,1 [05]	Starke Beeinträchtigung von Landschaftsbild, Biodiversität und Habitatkonnektivität; evtl. Wiedervernässung angrenzender Flächen als Ausgleich. [20, 45, 81]
Worringer Bruch	Vorbereitung des Planfeststellungsverfahrens / Fertigstellung bis 2020 [82]	30 [140]	600 [149]	Grünland, Ackerland, Forst [05, 140]	Unklar [137]	200-Jahre [140]	FFH NSG LSG [05, 137, 140]	13,3 [05]	Alternativvorschlag einer BI abgelehnt. Umfangreiche Kompensationsmaßnahmen geplant: Fangedamm, Amphibiendurchlässe, Pumpwerke, Ausweichhabitate. Habitat ökol. sehr wertvoll. [137, 138, 140]

Tabelle B4. Projekte im Bereich **Deichrückverlegungen (M03)**. Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* **1** Bezieht sich auf die Flächennutzung im direkten Planungsgebiet des Projektes und den angrenzenden Räumen. **2** Gemeint ist eine aktive ökologische Betreuung der Flächen, mit dem Zweck einen möglichst naturnahen Zustand herbeizuführen. Die Renaturierung soll dabei Teil des Konzepts der Deichrückverlegung sein und eine landwirtschaftliche Nutzung nicht priorisieren. In einigen Fällen gab es schon vor der Deichrückverlegung Bestrebungen zur Renaturierung der Flächen. **3** Listet alle Schutzgebietstypen auf, die im Projektraum liegen oder an diesen angrenzen und möglicherweise durch die Baumaßnahmen und / oder den operativen Betrieb in Mitleidenschaft gezogen werden. **4** Listet Studien auf, die mögliche (ökologische) Wirkungen des Projektes im Vor- oder Nachhinein bewertet haben. **5** Angegeben ist der Anteil der rezenten Aue an der morphologischen Aue im direkten Planungsgebiet.

Projekt	Stadium	Volumen [Mio. m ³]	Fläche [ha]	Flächennutzung ¹	Renaturierung ²	Schutzgebietsausweisungen ³	Wirkungsstudien ⁴	Flächenanteil der rezenten Aue ⁵ [%]	Anmerkungen
Bislicher Insel	Fertigstellung 2001 [149]	50 [17]	1100 [00, 149]	Grünland Wald Acker Feuchtgebiet [05]	Ja [19]	FFH / VSG NSG LSG [05]	[19]	69,9 [05]	<i>Bislicher Insel</i> als Schutzgebiet bereits vor 2000 mit Renaturierungsbewirtschaftung, aber auch landw. Nutzung. Keine Rückverlegung im eigentlichen Sinne. Bis heute rheinnahe Sommerdeich vorhanden; es wurde ein rheinferner Rückstauedeich in einen Banndeich umgewandelt und somit sogar Nettofläche zum Rückhalt verloren. Das Gebiet der <i>Bislicher Insel</i> wurde somit lediglich als Retentionsraum erhalten. Der Deichverband beantragte ursprünglich sogar einen reinnahen Banndeich. Als Ausgleich soll künftig der Sommerdeich geöffnet und eine alte Rheinschlinge wiederverbunden werden (Eröffnung PVF 2014). [00, 19, 21]
Itter-Himmelgeist	Verworfen [16]	2 [16]	60 [16]	Grünland Acker Wald [05]	—	NSG [05]	—	86,0 [05]	Maßnahme aufgrund des mangelnden Wirkungsnachweises verworfen. Die Maßnahme ist zu klein und die Studienlage bescheinigt eine (zu) geringe Wirkung. [16, 111]
Lohrwardt	Planfeststellung 2006, derzeit im Bau [76]	15 [17]	275 [132, 149]	Grünland Acker Auskiesungsflächen [05]	Ja [132]	FFH / VSG NSG LSG [05]	[132]	18,0 [05]	Detailbewertung legt Einstufung als gesteuerter Polder nahe. Steht in Verbindung zu einem Auskiesungsgebiet, dessen Wiederverfüllung momentan unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes zur Debatte steht. Weiterhin landwirt-

Anhang B

									schaftliche Nutzung, jedoch Renaturierung im Uferbereich. Ökol. Flutung des Polders möglich. [132]
Monheim	Fertigstellung 2001 [135]	8 [17]	200 [149]	Grünland Wald Acker Feuchtgebiet [05]	Ja [06, 07, 08]	FFH NSG LSG [05]	[12, 28, 141]	30,8 [05]	Weiterhin landwirtschaftliche Nutzung als Sommerpolder. Kosten-Nutzen-Analyse des BMU verfügbar. [05, 12, 28]
Mündelheim	Planfeststellung 2008, derzeit im Bau [134]	5 [17]	60 [149]	Acker Grünland [05]	Fraglich, Konzept besteht [130]	NSG LSG [05]	[130]	31,6 [05]	Starker Widerstand der Landwirte, Kompromisstrasse, kein Polder nur offenes ÜSG, Aufständigung einer Landstraße als notwendiges Großinfrastrukturprojekt. [130, 134]
Niederkassel	Fertigstellung [149]	0.2 [149]	10 [149]	Grünland Wald [05]	Unklar [05]	FFH LSG [05]	—	55,3 [05]	Sehr kleines Projekt mit begrenzter Wirkung für sowohl für den Hochwasserschutz als auch für die Ökologie.
Orsoy	Fertigstellung 2000 [149]	10 [17]	220 [149]	Grünland Acker [05]	Ja [19]	FFH / VSG NSG [05]	—	21,8 [05]	Zuvor Vorlandabgrabung und Wiederverfüllung. [19]

Tabelle B5. Projekte im Bereich **WRRL-Maßnahmenprogramm bis 2015 (M03)**. Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise: 1* Angegeben sind die von den Umsetzungsmaßnahmen betroffenen Wasserkörpergruppen (WKG) in Prozent. Eine WKG ist die kleinste in der WRRL definierte Raumeinheit, für die Maßnahmen ausgearbeitet werden. Im Schnitt sind 2-4 einzelne Wasserkörper in einer solchen Gruppe enthalten. Das EZG *Rheingraben Nord* besitzt 40 WKG.

Kategorie	Maßnahme	EZG <i>Rheingraben Nord</i> ¹
Morphologie	Optimierung der Gewässerunterhaltung	85 [115]
	Habitatverbesserung im Uferbereich	85 [115]
	Habitatverbesserung im Gewässer	63 [115]
	Vitalisierung des Gewässers	80 [115]
	Habitatverbesserung im Gewässerentwicklungskorridor	58 [115]
	Zulassen einer eigendynamischen Gewässerentwicklung	68 [115]
	Verbesserungen an wasserbaulichen Anlagen	18 [115]
	Anschluss von Seitengewässern, Altarmen (Quervernetzung)	5 [115]
	Verbesserung des Geschiebehaushaltes	8 [115]
	Reduzierung der Belastungen durch Geschiebeentnahmen	0 [115]
	Verbesserung der Morphologie an stehenden Gewässern	3 [115]
Ø	43 %	

Anhang B

Durchgängigkeit	Herstellung Durchgängigkeit - sonst. wasserbauliche Anlagen	65 [115]
	Herstellung Durchgängigkeit - Stauanlagen	0 [115]
	Ø	33 %
Wasserhaushalt	Förderung des natürlichen Rückhalts	5 [115]
	Gewährleistung Mindestabfluss	3 [115]
	Reduzierung Abflussspitzen	13 [115]
	Wiederherstellung gewässertypisches Abflussverhalten	13 [115]
	Ø	9 %

Tabelle B6. Projekte im Bereich **Gewässerrenaturierungen** (M03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise: 1* Mindestangabe.

EZG	Planungsraum vorhandener Gewässerrenaturierungsprogramme [ha]	Σ Konzepte zur naturnahen Entwicklung (KNEF) im Planungsraum ¹	Σ Einzelmaßnahmen nach Umsetzungsfahrplänen	Leuchtturmprojekte
<i>Rheingraben Nord</i>	0	23 [04, 126, 133, 136, 139, 151]	Ca. 4500 [107]	Siehe Deichrückverlegungen <i>Rheingraben Nord</i>

Tabelle B7. Projekte im Bereich **Ausweisung von Schutzgebieten** (M03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise: 1* Bezieht sich auf solche Eingriffe, die strukturell auf das Ökosystem einwirken. Es spielt keine Rolle ob die Eingriffe innerhalb des Schutzgebietes oder außerhalb stattfinden. *2* Ausnahmeregelungen, die evtl. festgeschriebene Verbote in ihrer Gültigkeit einschränken.

Gesetzliche Grundlage	Eingriffe ins Ökosystem ¹	Nutzungseinschränkungen	Nutzungsverbote	Aktive Renaturierung	Nutzung als Erholungsraum	Ausnahmen ²
Natura 2000 (FFH + VSG)	Verträglichkeitsprüfung (Messung am Schutzziel) [15, 119]	Bestandsschutz, Verschlechterungsverbot, abhängig vom Schutzziel, Nutzungsänderungen nach Prüfung [15, 91, 119]	Nicht generell, abhängig vom Schutzziel [15, 119]	Bewirtschaftungspläne, abhängig vom Schutzziel, günstiger Erhaltungszustand [15, 119]	In der Regel möglich [15, 119]	Ja [15, 91, 119]
NSG	Absolutes Veränderungsverbot [15, 51]	Bestandsschutz, abhängig vom Schutzziel [15]	Ja, abhängig vom Schutzziel [15]	Abhängig vom Schutzziel [92]	Eingeschränkt [15, 92]	Nein (selten) [15]

Anhang B

LSG	Relatives Veränderungsverbot [15, 51]	Bestandsschutz, teilweise Einschränkungen [15]	In der Regel nicht [15]	Landschaftspflegerischer Begleitplan [15]	In der Regel möglich [15]	— [15]
ÜSG WHG 2009	Bebauung verboten [124, 154]	Erhöhte Anforderungen [124, 154]	Teilweise [124, 154]	Angestrebt [124, 154]	Ja [124, 154]	Ja [124, 131, 154]
ÜSG WHG 1996	In der Regel Bauverbote [146, 152]	Erhöhte Anforderungen [146, 152]	Nein [146, 152]	Angestrebt [146, 152]	Ja [152]	Ja (Klage) [152]
ÜSG HWSG	Keine neuen Baugebiete [55]	Erhöhte Anforderungen [55]	Nein [55]	Angestrebt [55]	Ja [55]	Ja [55]

Tabelle B8. Projekte im Bereich **integrierte Managementpläne** (M04). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern.

Typ	Räumlicher Rahmen	Bestandsaufnahme	Monitoring	Technischer HWS	Ökol. HWS / Renat.	Vorsorgender HWS	Partizipation	Unsicherheiten / Risikoansatz
WRRL Bewirtschaftungspläne	FGE, Teil-EZG [88]	Umfangreich [88]	Umfangreich [88]	Nur in der Bestandsaufnahme [88]	Ja [88]	Nur indirekt [88]	Ja [88]	Nein [88]
HWRM-RL Hochwasserrisikomanagementpläne	FGE, Teil-EZG [22, 44, 90, 154]	Vorl. Bewertung [22, 44, 90, 154]	Umfangreich [22, 44, 90, 154]	Ja [22, 44, 90, 154]	Ja [22, 44, 90, 154]	Ja [22, 44, 90, 154]	Ja [22, 44, 90, 154]	Ja [22, 44, 90, 154]
LAWA Hochwasseraktionspläne	Kleine Nebenflüsse und Gewässer [68, 87, 100]	Umfangreich [68, 87, 100]	Empfohlen [68, 87, 100]	Ja [68, 87, 100]	Ja [68, 87, 100]	Ja [68, 87, 100]	Nein [68, 87, 100]	Teilweise [68, 87, 100]
HWSG Hochwasserschutzpläne	Nicht spezifiziert [55]	Nein [55]	Nein [55]	Ja [55]	Ja [55]	Ja [55]	Nein [55]	Teilweise [55]

Tabelle B9. Projekte im Bereich **Hochwasservorsorge** (M05 & M06). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern.

Bereich	Projekt	Beschreibung
Hochwasservorhersage	<i>European Flood Alert System</i> (EFAS)	Teil des EU-HWSAP; operativ seit 2005 [48, 143]
	Technische Ertüchtigung des Hochwassermeldedienstes	Verbesserung der techn. Ausstattung sowie fachliche und organisatorische Aspekte; durchgeführt 2002 [93]

Anhang B

Hochwasserbewusstsein	Informationsmaterial	Zahlreiche Flyer und Broschüren des Bundes, des Landes sowie der Bezirksregierungen und Kommunen; diverse Jahrgänge [72, 109]
	Karten der Überschwemmungsgebiete und der überschwemmungsgefährdeten Gebiete	Bereits vor der Umsetzung der HWRM-RL gab es Kartenmaterial zu den Auengebieten mit signifikantem Hochwasserrisiko; bis 2013 [75]
	Hochwasserrisiko- & Gefahrenkarten	Teil der Umsetzung der HWRM-RL; verfügbar seit 2013 [84]

Anhang C: MTF-Datenbank zum operationellen Status des Wassersystems

Die Tabellen dieses Anhangs enthalten eine Übersicht und Beschreibung wichtiger Parameter des Wassersystems aus den Bereichen Gewässerökologie, Landnutzung und Hochwasserschutz. Die Daten sind im Sinne des MTF [122] in insgesamt sechs Gruppen unterteilt, die eine Zuordnung zu den im Anhang B beschriebenen Projekten ermöglicht. Tabelle C1 definiert diese Gruppen und verweist auf die jeweils relevanten Tabellen. Es sind nur solche Daten aufgelistet, die eine Relevanz für das EZG *Rheingraben Nord* besitzen.

Tabelle C1. Zuordnung der Tabellen zum operationellen Status des Wassersystems zu den operationellen Wirkungen (OW) (siehe auch Abbildung A1).

ID	Name	Relevante Tabellen
OW01	Verbesserung bestehender und Schaffung neuer Deiche	C2 Technischer Hochwasserschutz
OW02	Erhöhung des technischen Wasserrückhalts	C2 Technischer Hochwasserschutz
OW03	Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts	C3 Auenzustand C4 Flächennutzung und Schutzgebiete C5a-d WRRL Daten C6 Zwischenstand IKSR
OW04	Holistischer Ansatz	C7 Integrierte Managementpläne
OW05	Erhöhung des Hochwasserbewusstseins	C8 Hochwasservorsorge
OW06	Erhöhung von Genauigkeit und Vorlaufzeit der Hochwasservorhersage	C8 Hochwasservorsorge

Tabelle C2. Operationeller Status: **Technischer Hochwasserschutz** (OW01 & OW02). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern.

EZG	Deiche	Polder	Hochwasserrückhaltebecken	Talsperren
<i>Rheingraben Nord</i>	330 km [100]	1 (Köln-Langel) [72]	Nicht verfügbar (insg. ca. 500) [89]	Keine [113]

Tabelle C3. Operationeller Status: **Auenzustand** (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* 1 Die Daten liegen nur als Durchschnittswert für alle Flussauen Deutschlands vor und müssen daher als Näherung betrachtet werden. Eine Datenanfrage für die Daten zum EZG *Rheingraben Nord* war bis zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit nicht erfolgreich.

EZG	Flächenverhältnisse	Landnutzung		Zustand ¹		Detailbetrachtung Rezente Aue ¹		
		Rezente Aue	Altaue	Rezente Aue	Altaue	Morphodynamik	Hydrodynamik	Intensität der Flächennutzung

Anhang C

Rheingraben Nord	Morphologische Aue: 81465,3 ha = 814,7 km ² (100%) [05]	Gewässer: 7,4 % [05] Feuchtgebiete: 1,0 % [05] Wald: 4,0 % [05]	Gewässer: 5,1 % [05] Feuchtgebiete: 0,4 % [05] Wald: 1,6 % [05]	Sehr gering verändert: 1 % [13] Gering verändert: 9 % [13]	Sehr gering verändert: 0 % [13] Gering verändert: 4 % [13]	Sehr gering verändert: 4 % [13] Gering verändert: 4 % [13]	Sehr gering verändert: 9 % [13] Gering verändert: 16 % [13]	Sehr gering verändert: 8 % [13] Gering verändert: 13 % [13]
	Rezente Aue: 17556,2 ha = 175,6 km ² (21,5 %) [05]	Grünland: 61,0 % [05] Acker: 16,2 % [05]	Grünland: 28,0 % [05] Acker: 37,0 % [05]	Deutlich verändert: 36 % [13]	Deutlich verändert: 17 % [13]	Deutlich verändert: 25 % [13]	Deutlich verändert: 26 % [13]	Deutlich verändert: 30 % [13]
	Altaue: 63909,1 ha = 639,1 km ² (78,5%) [05]	Siedlung: 7,8 % [05] Sonstige: 2,6 % [05]	Siedlung: 27,1 % [05] Sonstige: 0,8 % [05]	Stark verändert: 34 % [13] Sehr stark verändert: 20 % [13]	Stark verändert: 42 % [13] Sehr stark verändert: 37 % [13]	Stark verändert: 34 % [13] Sehr stark verändert: 33 % [13]	Stark verändert: 30 % [13] Sehr stark verändert: 19 % [13]	Stark verändert: 30 % [13] Sehr stark verändert: 19 % [13]

Tabelle C4. Operationeller Status: Flächennutzung und Schutzgebiete (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* 1 Seen und Fließgewässerläufe 2 Funktionale Feuchtgebiete 3 Wald & Forstflächen 4 Siedlungsfreifläche, Grünlandwirtschaft, Strauch- & Krautvegetation, ungenutzte Grünflächen 5 Ackerbau und Sonderkulturen 6 Siedlungen, Industrie & Gewerbe, gemischte Nutzung 7 Tagebau, Halde, Absatzbecken, Verkehrsflächen, vegetationslose, unbestimmbare und sonstige Flächen 8 Subjektive Kategorisierung durch den Autor 9 *Natura 2000* Flächen bestehen aus den Schutzflächen der FFH und VSG Richtlinien der EU. Für das EZG *Rheingraben Nord* liegen nur separate Daten vor, die sich evtl. überschneiden können (angegeben FFH / VSG). 10 Angegeben ist der Anteil der Gewässerstrecken mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko an den Gesamtstrecken aller Gewässerläufe.

Flächennutzung	Morphologische Aue		EZG <i>Rheingraben Nord</i>	
Gewässer ¹	5,1 % [05]		4,8 % [113]	
Feuchtgebiete ²	0,6 % [05]		0,1 % [113]	
Wald ³	2,0 % [05]		17,0 % [113]	
Grünland ⁴	32,4 % [05]		17,8 % [113]	
Acker ⁵	28,9 % [05]		29,8 % [113]	
Siedlung ⁶	20,0 % [05]		28,4 % [113]	
Sonstige Flächen ⁷	11,0 % [05]		2,3 % [113]	
Versiegelungsgrad ⁸	Gering	Moderat	Hoch	Sehr hoch
Schutzgebiete				
<i>Natura 2000</i> ⁹	33,2 % [05]		6,2 % / 5,6 % [113]	
NSG	20,0 % [05]		10,8 % [83]	
LSG	35,2 % [05]		31,3 % [83]	
ÜSG ¹⁰	--		71,0 % [101]	

Tabelle C5a. Operationeller Status: WRRL-Daten - Zwischenstand der Maßnahmenumsetzungen in NRW 2012 (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern.

Anhang C

Maßnahmenkategorien	Entfallene Notwendigkeit [%]	Nicht begonnen [%]	Planung / Ausführung begonnen [%]	Bau begonnen [%]	Abgeschlossen [%]	∑ Programmmaßnahmen (Anteil am Gesamtvolumen [%])
Anpassung Kläranlagen	5 [104]	1 [104]	49 [104]	30 [104]	15 [104]	Ca. 250 (1,6 %) [104]
Verringerung landwirtschaftlicher Nährstoffeinträge	0 [104]	75 [104]	5 [104]	0 [104]	0 [104]	Ca. 1000 (6,7 %) [104]
Verbesserung Durchgängigkeit	5 [104]	25 [104]	68 [104]	0 [104]	2 [104]	Ca. 1000 (6,7 %) [104]
Verbesserung Gewässerstruktur	2 [104]	18 [104]	79 [104]	0 [104]	1[104]	Ca. 6000 (40,0 %) [104]
Beratung Landwirtschaft	0 [104]	2 [104]	98 [104]	0 [104]	0 [104]	Ca. 750 (5,0 %) [104]
Konzeptionelle Maßnahmen	8 [104]	17 [104]	60 [104]	0 [104]	15 [104]	Ca. 4000 (26,7 %) [104]
Ohne Zuordnung	8 [104]	8 [104]	74 [104]	3 [104]	7 [104]	Ca. 2000 (13,3 %) [104]
Ø	4	21	65	4,5	5,5	--

Tabelle C5b. Operationeller Status: **WRRL-Daten – Signifikante Belastungen** (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* **1** Bezogen auf die Strecke des Gewässerhauptlaufs **2** Durchschnittliche Anzahl an Querbauwerken pro Kilometer Gewässerlauf im gesamten Einzugsgebiet **3** Signifikant belastete Anteile aller Gewässerstrecken in den Bereichen Morphologie, Durchgängigkeit bzw. Wasserhaushalt.

EZG	Rückstaubeinflussung ¹ [%]	Querbauwerke ² [1/km]	Morphologie ³ [%]	Durchgängigkeit ³ [%]	Wasserhaushalt ³ [%]
<i>Rheingraben Nord</i>	0 [113]	0,13 [113]	97 [114]	69 [114]	30 [114]

Tabelle C5c. Operationeller Status: **WRRL-Daten – Gewässerkörperausweisungen** (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* **1** Angegeben sind die Anteile der Kategorien am Gesamtumfang aller berichtspflichtigen Gewässerstrecken. Die Ziele und Fristen der WRRL-Umsetzung unterscheiden sich in den drei Kategorien erheblich. **2** Angegeben ist der Prozentsatz der Gewässerkörper, in denen die fristgerechte Zielerreichung im Bereich ökologischer Zustand wahrscheinlich ist.

EZG	Gewässerkörperausweisungen ¹			Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung ² [%]
	Natürlich [%]	Künstlich [%]	Erheblich verändert [%]	
<i>Rheingraben Nord</i>	42,0 % [112]	20,8 % [112]	37,2 % [112]	10 % [113]

Anhang C

Tabelle C5d. Operationeller Status: **WRRL-Daten – Gewässersteckbriefe im Vergleich** (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. Angegeben sind die WRRL-eigenen Bewertungskategorien.

PE_RHE_1500: Hauptgewässer Rhein	Gewässersteckbrief 2009				Gewässersteckbrief 2014			
	Bis Leverkusen	Bis Duisburg	Bis Wesel	Bis Landesgrenze	Bis Leverkusen	Bis Duisburg	Bis Wesel	Bis Landesgrenze
Ökologischer Zustand	Unbefriedigend [116]	Unbefriedigend [116]	Schlecht [116]	Schlecht [116]	Mäßig [108]	Unbefriedigend [108]	Unbefriedigend [108]	Unbefriedigend [108]
Makrozoobenthos gesamt	Unbefriedigend [116]	Unbefriedigend [116]	Schlecht [116]	Schlecht [116]	Mäßig [108]	Unbefriedigend [108]	Unbefriedigend [108]	Unbefriedigend [108]
Fische	Gut [116]	Mäßig [116]	Mäßig [116]	Unbefriedigend [116]	Gut [108]	Mäßig [108]	Unbefriedigend [108]	Unbefriedigend [108]
Chemischer Zustand	Nicht gut [116]	Nicht gut [116]	Nicht gut [116]	Nicht gut [116]	Nicht gut [108]	Nicht gut [108]	Nicht gut [108]	Nicht gut [108]

Tabelle C6. Operationeller Status: **Zwischenstand IKS**R (OW03). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise:* 1 Angaben beziehen sich auf den Niederrhein.

Kategorie	Stand 2005	Stand 2010	Stand 2012
Reaktivierung von Auengebiet¹ [km²]	17,54 [73]	17,54 [73]	20,88 [73]
Anbindung von Altarmen¹ [Anzahl Altarme]	2 [73]	2 [73]	2 [73]
Erhöhung der Strukturvielfalt¹ [km Gewässerlauf]	1,9 [73]	1,9 [73]	1,9 [73]
Verbesserung der Durchgängigkeit¹ [Anzahl Maßnahmen]	22 [73]	65 [73]	73 [73]

Tabelle C7. Operationeller Status: **Integrierte Managementpläne** (OW04). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern.

Maßnahme	Status
Hochwasseraktionspläne (HWAP)	Derzeit lassen sich beim LANUV NRW 19 HWAP abrufen. Andere Quellen berichten von 23 veröffentlichten und 25 geplanten Umsetzungsvorhaben. Die Pläne sind teilweise aus den Jahren 2000 - 2005 und damit nur bedingt aktuell. Eine Fortschreibung ist nicht geplant, da die Veröffentlichung der Hochwasserrisikomanagementpläne nach der HWRM-RL bevorzugen. [84, 100]

Anhang C

Hochwasserschutzpläne (HWSP)	Ursprünglich eingeführt wurden die HWSP mit dem Hochwasserschutzgesetz 2005. Darin war vorgesehen, bis 2009 flächendeckend Pläne für die hochwassergefährdeten Gewässer aufzustellen. Durch die Einführung der EG-HWRM-RL wurden die Hochwasserschutzpläne durch die Hochwasserrisikomanagementpläne ersetzt, sodass es nicht zu einer entsprechenden Erarbeitung der Pläne kam. Die HWAP (s.o.) hätten die Anforderungen der HWSP ihrerseits bereits erfüllt. [16, 55, 154]
Bewirtschaftungspläne (WRRL)	Die Bestandsaufnahme wurde nach ihrer Fertigstellung 2004 im Jahre 2005 veröffentlicht. Darauf aufbauend wurde der erste Bewirtschaftungsplan (2010-2015) nebst dazugehörigem Maßnahmenprogramm 2009 herausgegeben. Für alle Gewässerkörper, deren Zielerreichung innerhalb einer <u>verlängerten</u> Frist vorgesehen ist, wurden zusätzlich bis 2012 sogenannte Umsetzungsfahrpläne erarbeitet (Programm <i>Lebendige Gewässer</i>). Im Jahr 2013 wurde die zweite Bestandsaufnahme durchgeführt, deren Ergebnisse zusammen mit den Dokumenten zur zweiten Bewirtschaftungsperiode (Bewirtschaftungsplan & Maßnahmenprogramm 2015-2020, VÖ 22.12.2015) erscheinen werden. Kurzsteckbriefe zu den Arbeitsgebieten stehen bereits zur Verfügung. Das Land NRW hat außerdem im Jahr 2012 einen Zwischenstandsbericht zur Umsetzung der WRRL herausgegeben. [97, 125]
Hochwasserrisiko-managementpläne (HWRM-RL)	Die vorläufige Bewertung der Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko wurde fristgerecht im Jahre 2011 abgeschlossen. Allerdings sind aus fachlichen Gründen bisher nicht alle Überschwemmungsgebiete festgesetzt oder vorläufig gesichert. Im Jahr 2013 wurde durch den zuständigen Minister eine Internetplattform eröffnet, die eine öffentliche Einsicht in die fertiggestellten Hochwasserrisiko- & Gefahrenkarten ermöglicht. Des Weiteren werden die Karten auch in der aktualisierten Version des IKS <i>R-Rheinatlas</i> (VÖ 2014) enthalten sein. Die Veröffentlichung der Hochwasserrisikomanagementpläne ist für das Jahr 2015 vorgesehen (fristgerecht). [18, 101, 106, 129]

Tabelle C8. Operationeller Status: Hochwasservorsorge (OW05 & OW06). Die Quellen finden sich als numerischer Verweis in eckigen Klammern. *Verweise: 1*
Die Kategorien sind übernommen aus [90].

Kategorien ¹	Status
Flächenvorsorge	
Pläne der Regionalplanung	Nicht aufgenommen.
Bauleitplanung	Berücksichtigung finden unter anderem Schutzgebiete und Überschwemmungsgebiete. [55, 154]
Angepasste Nutzung	Erfolgt durch WRRL-Umsetzung, Ausweisung von Schutzgebieten, Ausweisung von Überschwemmungsgebieten, Entsiegelungsmaßnahmen, angepasste Landwirtschaft, etc. [10, 15, 154]
Natürlicher Wasserrückhalt	
Regenwasserbewirtschaftung	Kein zentrales Programm zur koordinierten Regenwasserbewirtschaftung mit Berücksichtigung der Hochwasserabwehr bekannt. Erfolgt unter anderem indirekt durch WRRL-Umsetzung, Vermeidung von Versiegelung, angepasste Landwirtschaft, etc.; aber auch durch Regenrückhaltebecken, Mulden-Rigolen-Systeme, Regenüberlaufbecken, etc. [10, 15, 154]
Technischer Hochwasserschutz	
Objektschutz	Nicht aufgenommen.
Bauvorsorge	
Hochwasserangepasstes Planen und Bauen	Unter anderem die <i>Hochwasserfibel</i> für Bauherren. [93]

Anhang C

Hochwasserangepasste Lagerung wassergefährdender Stoffe	Nicht aufgenommen.
Architekten-, Ingenieur & Handwerksleistungen	Nicht aufgenommen.
Risikovorsorge	
Finanzielle Vorsorge / Versicherung	Versicherung gegen Hochwasserschäden seit 1991 im Rahmen einer privaten Elementarschadensversicherung möglich. Die Versicherungswirtschaft nutzt ein eigenes Zonierungssystem. [68]
Informationsvorsorge	
Hochwasserinformation	<p>Kartenmaterial:</p> <p><i>Rheinatlas 2001</i>, Karten von Überschwemmungsgebieten und überschwemmungsgefährdeten Gebieten (aus der Zeit vor der HWRM-RL), Internetdienst für Karteninformationen</p> <p>Broschüren:</p> <p>IKSR, Bundesministerien, MKULNV NRW, LANUV NRW, Bezirksregierungen, Kommunen sowie NGOs wie BUND, NABU, etc.</p> <p>Websites & -dienste, Faltblätter, Kolloquien, Ausstellungen, Exkursionen, Workshops, Infoveranstaltungen und Vorträge. [72, 75, 85, 109]</p>
Hochwasservorhersage	<p>Geschieht auf vertraglicher Basis zentral für den Rhein durch das Hochwassermeldezentrum Mainz mit einem Vorlauf von 24 Stunden. Eine Abschätzung wird für 36 Stunden abgegeben. Für das Einzugsgebiet werden Abschätzungen in einem Zeitraum von 96 Stunden abgegeben. Für die Nebenläufe sind die Bezirksregierungen zuständig. Webdienste zum Abruf der Wasserstände sind verfügbar. In den letzten Jahren gab es Anstrengungen zur Verbesserung der Vorhersage:</p> <p>Erprobung von Radartechnik zur Niederschlagsmessung Zusätzliche Einrichtung von (redundanten) Messstellen Technische Ertüchtigung des Meldedienstes Verbesserung der Modelle zur Simulation (zusammen mit dem DWD) Verbesserte internationale Zusammenarbeit Verbesserung der meteorologischen Eingangsdaten Kennzeichnung der Verlässlichkeit <i>European Flood Alert System (EFAS)</i> [16, 48, 67, 68, 72, 93, 95, 102, 143]</p>
Warnung	Es existieren 19 Hochwassermeldeordnungen für hochwassergefährdete Gewässer in NRW. [102]
Verhaltensvorsorge	
Aufklärung	Siehe Hochwasserinformation. [72, 75, 85, 109]
Vorbereitung auf den Hochwasserfall	Siehe Hochwasserinformation. [72, 75, 85, 109]

Anhang C

Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz	
Alarm & Einsatzplanung	Siehe Warnung. [102]
Organisation von Ressourcen	Nicht aufgenommen.
Übungen	Nicht aufgenommen.
Ausbildung von Rettungskräften	Nicht aufgenommen.
Zivil-militärische Zusammenarbeit	Nicht aufgenommen.
Hochwasserbewältigung	
Abwehr	Nicht aufgenommen.
Nachsorge	Nicht aufgenommen.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 00 - AK HuG NRW – Arbeitskreis für Hochwasserschutz und Gewässer in NRW e.V. (2008):** Probleme, die sich aus der Nutzung der Vorländer aus der Sicht der Deichpflichtigen ergeben. Seminar der Hochwassernotgemeinschaft Rhein am 16.09.2008.
- 01 - Arndt, A. (2009):** Optionen und Randbedingungen für die Steuerung des Polders Köln-Porz-Langel / Niederkassel-Lülsdorf aus Sicht des Kölner Hochwasserschutzes. Bachelor-Thesis an der Bergischen Universität Wuppertal im Fachbereich Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik, Abteilung Bauingenieurwesen, Institut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen, Prof. Schlenkhoff. Wuppertal, 11.01.2009.
- 02 - Becker, G. (2009):** Germany: transitions in flood management in the Rhine basin. In: Huitema, D. & Meijerink, S. (Hrsg.): *Water Policy Entrepreneurs*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 325-348.
- 03 - Becker, S.T. (2012):** Europäisierung der regionalen und lokalen Ebene am Beispiel der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie im Bearbeitungsgebiet Deltarhein. *Osnabrück JMCE Award Series* Nr. 04, 2012.
- 04 - Bergisch Rheinischer Wasserverband (2012):** WRRL-Umsetzungsfahrplan Hydromorphologie für die Fließgewässer in der Planungseinheit PE_Rhein_1300 im Kooperationsgebiet Recht Rheinzufüsse BRW. Hilden, März 2012.
- 05 - BfN – Bundesamt für Naturschutz (2014):** Flussauen in Deutschland. Ein Geodienst des Bundesamtes für Naturschutz. Online abrufbar unter: <http://www.geodienste.bfn.de/flussauen/> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 06 - Bloemer, S., Egeling, S. & Schmitz, U. (2007):** Deichbegrünungsmethoden im Vergleich: Sodenverpflanzung im Heudrusch®-Verfahren und Handelssaatgut im Hinblick auf Biodiversität, Natur- und Erosionsschutz. *Natur und Landschaft* 82. Jahrgang (2007), Heft 6, 276-283.
- 07 - Bloemer, S. (2009):** Biodiversität und Erosionsschutz – Optimierung durch Begrünungen im Heudrusch®-Verfahren am Beispiels des Rheindeiches bei Monheim.
- 08 - Bloemer, S. (2011):** Biodiversität auf Grünflächen – Optimierung bei Neuanlagen durch Begrünungen im Heudrusch®-Verfahren.
- 09 - BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002):** 5-Punkte-Programm der Bundesregierung: Arbeitsschritte zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Berlin, 2002.
- 10 - BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004):** Die Wasserrahmenrichtlinie – Neues Fundament für den Gewässerschutz in Europa. Kurzfassung. Berlin, September 2004.
- 11 - BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007):** Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin, Oktober 2007.
- 12 - BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008):** Kosten-Nutzen-Analyse von Hochwasserschutzmaßnahmen. Dessau-Roßlau, August 2008.
- 13 - BMU & BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Bundesamt für Naturschutz (2009):** Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 87, BfN-Schriftenvertrieb, Bonn – Bad Godesberg.
- 14 - BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010):** Das neue Bundesnaturschutzgesetz. Einheitlich und bürgernah. Berlin, März 2010.
- 15 - BNatSchG – Bundesnaturschutzgesetz (2009):** Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. Ausfertigungsdatum: 29.07.2009. Inkrafttreten: 01.03.2010. Zuletzt geändert: 07.08.2013.
- 16 - BRD – Bezirksregierung Düsseldorf (2006):** Hochwasserschutzkonzept des Landes bis 2015. 20.09.2006, Düsseldorf.
- 17 - BRD – Bezirksregierung Düsseldorf (2013):** Hochwasserschutz und Deichsicherheit. Referat des Regierungsbaudirektors Matthias Börger, Bezirksregierung Düsseldorf, Dezernat 54, im Planungsausschuss des Regionalrates Düsseldorf, 12.09.2013.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 18 - BRM – Bezirksregierung Münster (2014):** Persönliche Kommunikation vom 10.04.2014. Dezernat 54,5 Hochwasserschutz.
- 19 - BSKW - Biologische Station im Kreis Wesel e.V. (1997):** Jahresbericht 1996. Wesel, 1997.
- 20 - BSKW - Biologische Station im Kreis Wesel e.V. (2007):** Jahresbericht 2006. Wesel, März 2007.
- 21 - BSKW - Biologische Station im Kreis Wesel e.V. (2014):** Persönliche Kommunikation vom 27.03.2014 und 02.04.2014.
- 22 - BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2007a):** EU-Hochwasserrichtlinie: Chance für den Auen-schutz verpasst. Europäisches Parlament lässt sich auf ein zu flexibles Risikomanagement ein. Berlin, 25.04.2007.
- 23 - BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2007b):** Hochwasserschutz an Donau, Elbe und Oder – aus den Fehlern nichts gelernt? Eine Bilanz des BUND im August 2007. BUND, Berlin.
- 24 - BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2009):** Zur Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes. Berlin, April 2009.
- 25 - BUND & Alsace Nature – Landesverbände Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rhein-land-Pfalz des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland & Association Fédérative Régionale pour la Protection de la Nature en Alsace (2012):** Hochwasserrückhalt durch Auenrevitalisierung. Mit Deichrückverlegungen und Auenrevita-lisierungen zu mehr Hochwasserschutz an Rhein und Main. Düsseldorf, Freiburg, 2012.
- 26 - BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2013):** Presseinformation: Hochwasserrückhalt am Rhein zwanzig Jahre im Verzug – BUND fordert Auenrevitalisierung statt geflutete Städte. Düsseldorf, 02. Juni 2013.
- 27 - Chbab, E.H. (1996):** How Extreme were the 1995 Flood Waves in the Rivers Rhine and Meuse? *Physics and Chemistry of the Earth* 20, 5-6, 455-458.
- 28 - Dehnhardt, A. & Hirschfeld, J. (2007):** Nutzen und Kosten des Hochwasserschutzes. Horizonte erweitern. *Ökologi-sches Wirtschaften*, 2, 2007, 35-38.
- 29 - Deichverband Bislich-Landesgrenze (2013):** Entwurfs- und Genehmigungsplanung zur Deichsanierung Rees-Löwenberg 4. Planungsabschnitt, zwischen Rhein-km 8444,8 bis 846,8 r. U. Teil A: Technische Planung. Gewecke und Partner, Lohmar, Oktober 2013.
- 30 - Deichverband Bislich-Landesgrenze (2014a):** Deichsanierung Rees-Löwenberg. Genehmigungsplanung 2013. Arten-schutzprüfung (ASP). Bedburg-Hau, Januar 2014.
- 31 - Deichverband Bislich-Landesgrenze (2014b):** Deichsanierung Rees-Löwenberg. Genehmigungsplanung 2013. Ergän-zung / Änderung von Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) und Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP). Bedburg-Hau, Januar 2014.
- 32 - Deichverband Bislich-Landesgrenze (2014c):** Deichsanierung Rees-Löwenberg. Genehmigungsplanung 2013. FFH-Verträglichkeitsstudie. Bedburg-Hau, Januar 2014.
- 33 - Deichverband Mehrum (2010a):** Ausführungsplanung. Regelquerschnitte Banndeich. Deichsanierung Mehrum 2. Gewecke und Partner, 08.04.2010.
- 34 - Deichverband Mehrum (2010b):** Ökologisches Ausgleichskonzept. Deichsanierung Mehrum 2. Gewecke und Partner, 22.10.2010.
- 35 - Deichverband Mehrum (2014):** Persönliche Kommunikation vom 01.04.2014.
- 36 - Deichverband Poll (2009):** Deichsanierung Wesel-Büderich. Rheinstrom-km 810,4 bis 813,5, 1.U. Wesel-Büderich, 2009.
- 37 - Deutsch-Niederländische Arbeitsgruppe Hochwasser (2006):** Gemeinsame Erklärung für die Zusammenarbeit im nachhaltigen Hochwasserschutz zwischen der Provinz Gelderland, dem Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten der Niederlande und dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen für den Zeitraum 2007 bis 2012. Arnheim, 08.02.2006.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 38 - Disse, M. & Engel, H. (2001):** Floods Events in the Rhine Basin: Genesis, Influences and Mitigation. *Natural Hazards* 23, 271-290.
- 39 - Driike, J. (2004):** Auenschutz und Auenentwicklung in NRW. BfN-Workshop „Typologie und Leitbilder für Flussauen in Deutschland“, 20.10.2004.
- 40 - EC – European Commission (1992):** Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal* L 206, 22/07/1992 P. 0007 – 0050.
- 41 - EC - European Commission (2000):** Directive 2000/60/EG of the European Parliament and of the Council of 23rd October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal*, 22 December L 327/1. European Commission: Brussels.
- 42 - EC – European Commission (2004):** KOM(2004)472 Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Hochwasserrisikomanagement. Vermeidungs-, Schutz- und Minderungsmaßnahmen. 12.07.2004, Brüssel.
- 43 - EC – European Commission (2006):** Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser. KOM(2006) 15 endgültig, Brüssel, 18.01.2006.
- 44 - EC – European Commission (2007):** Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserereignissen. *Amtsblatt der Europäischen Union*. L288/27, 06.11.2007.
- 45 - Ettwig, F. (2011):** Wie schützen wir Rheinberg vor dem Rhein? Rheinberger Stadtnachrichten, Ausgabe Jahreswende 2011/2012.
- 46 - EU – Europäische Union (1995):** Europäisches Parlament – Entschließung zu den Überschwemmungen in Europa vom 09.03.1995, Arles.
- 47 - EU – Europäische Union (2003):** Best Practices on Flood Prevention, Protection and Mitigation. 25.09.2003, Brüssel.
- 48 - Falconer, R. (2005):** European Action Programme on Flood Risk Management. Background and Recent Discussions. European Water Association. Brussels Conference – 25 October 2005 – on European River Basin Management Policy.
- 49 - Freudenberger, U. (2010):** WHG 2010. Die WHG-Novellierung und die Reaktionen in den Wassergesetzen der Länder. Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz. Vortrag im Rahmen des Deutschen Naturschutztages 2010.
- 50 - Haneklaus, W. (2013):** LWG-Novelle – Erwartungen unter Berücksichtigung der aktuellen wasserrechtlichen und technisch-betrieblichen Belange. DWA-Landestagung NRW 2013, Lebendige Umwelt gestalten, Beitrag des Ruhrverbandes Essen.
- 51 - Heiland, P. (2002):** Vorsorgender Hochwasserschutz durch Raumordnung, interregionale Kooperation und ökonomischen Lastenausgleich. *Schriftenreihe WAR*, 143.
- 52 - Hooijer, A., Klijn, F., Kwadijk, J. & Pedroli, B.M. (2002):** Towards Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins. Main results of the IRMA SPONGE research program. NCR c/o Deltares, Delft.
- 53 - Hooijer, A., Klijn, F., Pedroli, B.M. & Van Os, A.D. (2004):** Towards Sustainable Flood Risk Management in the Rhine and Meuse River Basins: Synopsis of the Findings of IRMA-SPONGE. *River Research and Applications* 20, 343-357.
- 54 - Huttenloher, C. (2001):** INTERREG Rhein-Maas Aktivitäten. Eine Initiative zum transnationalen vorbeugenden Hochwasserschutz im Rhein-Maas Gebiet. *Regionalentwicklung und Raumordnung* 5-6, 2001, 359-369.
- 55 - HWSG – Hochwasserschutzgesetz (2005):** Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. Fassung vom 3. Mai 2005. *Bundesgesetzblatt* Jahrgang 2005 Teil I Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 9. Mai 2005.
- 56 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1994):** Communiqué über die 11. Ministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 8. Dezember 1994, Bern.
- 57 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1995):** Grundlagen und Strategie zum Aktionsplan Hochwasser. IKSR, Koblenz.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 58 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1997):** Bestandsaufnahme der Meldesysteme und Vorschläge zur Verbesserung der Hochwasservorhersage im Rheineinzugsgebiet. IKSR, Koblenz.
- 59 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998a):** Aktionsplan Hochwasser. 22. Januar 1998, Rotterdam.
- 60 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998b):** Bestandsaufnahme der ökologisch wertvollen Gebiete am Rhein und erste Schritte auf dem Weg zum Biotopverbund. IKSR, Koblenz.
- 61 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998c):** Communiqué über die 12. Rheinministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 22. Januar 1998, Rotterdam.
- 62 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998d):** Rhein-Atlas: Ökologie und Hochwasserschutz. IKSR, Koblenz.
- 63 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1998e):** Wirkungsabschätzung von Wasserrückhalt im Einzugsgebiet des Rheins. IKSR, Koblenz.
- 64 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (1999):** Übereinkommen zum Schutz des Rheins. Bern, 12. April 1999.
- 65 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2001a):** Communiqué über die 13. Rheinministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 29. Januar 2001, Straßburg.
- 66 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2001b):** Rhein 2020. Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins. Mai 2001. IKSR, Koblenz.
- 67 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2003):** Umsetzung des Aktionsplans Hochwasser 2001 und 2002. Koblenz, IKSR.
- 68 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2006):** Umsetzung des Aktionsplan Hochwasser. Bericht 2005. IKSR, Koblenz.
- 69 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2007):** Communiqué über die 14. Rheinministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 18. Oktober 2007, Bonn.
- 70 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2009):** Analyse des Kenntnisstands zu den bisherigen Veränderungen des Klimas und zu den Auswirkungen der Klimaänderung auf den Wasserhaushalt im Rhein-Eiszugsgebiet. Literaturlauswertung, Stand Anfang 2009. IKSR, Koblenz.
- 71 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2011):** Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins. Stand April 2011. IKSR, Koblenz.
- 72 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2012):** Aktionsplan Hochwasser 1995-2010: Handlungsziele, Umsetzung und Ergebnisse. Kurzbilanz. IKSR, Koblenz.
- 73 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2013a):** Der Rhein und sein Einzugsgebiet. Ein Überblick. IKSR, Koblenz.
- 74 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2013b):** Communiqué über die 15. Rheinministerkonferenz zum Schutze des Rheins. 28. Oktober 2013, Basel.
- 75 - IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2014):** Rheinatlas 2001. Online abrufbar: <http://www.rheinatlas.de/> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 76 - Isselhorst, B. (2011):** Informationsveranstaltung „Runder Tisch Hochwasser“ Kreis Wesel. Stand der Deichsanierungen. 26.01.2011.
- 77 - Jekel, H. (2005):** Hochwasserschutzgesetz endgültig verabschiedet. Deutliche Verbesserung des Hochwasserschutzes in Deutschland. Referat WA I 2 Recht der Wasserwirtschaft, 2005.
- 78 - Kallis, G. & Nijkamp, P. (2000):** Evolution of EU Water Policy under the Water Framework Directive. European Environment Bureau, Brussels.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 79 - Klijn, F., de Bruijn, K., Ölfert, A., Penning-Roswell, E., Simm, J. & Wallis, M. (2009):** Flood risk assessment and flood risk management. An Introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated project). Deltares, February 2009.
- 80 - Krahnfeld, L. (2009):** Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes. Infoservice – Köchling & Krahnfeld Rechtsanwälte. Hamburg, 11. September 2009.
- 81 - Kreis Wesel (2011):** Verwaltungsvorlage Deichsanierung Orsoy-Land – 3. Bauabschnitt. Verwaltungsvorlage vom 24.10.2011.
- 82 - Landtag Nordrhein-Westfalen (2013):** Antwort der Landesregierung auf die kleine Anfrage 1759 vom 8. November 2013. Abstimmung des Wasserwesens im deutsch-niederländischem Grenzraum. Düsseldorf, 18.12.2013.
- 83 - LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014a):** Antwort vom 08.05.2014 auf eine Datenanfrage bezüglich aktueller Schutzgebietsflächen in Nordrhein-Westfalen. Fachbereich 21 - Naturschutzfachinformationen.
- 84 - LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014b):** Hochwasseraktionspläne und Gefahrenkarten. Online abrufbar: <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/HWAP.htm> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 85 - LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014c):** HYGON (Hydrologische Rohdaten Online). Online abrufbar: <http://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?karte=nrw> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 86 - LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (1995):** Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Stuttgart, August 1995.
- 87 - LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (1999):** Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hochwasser-Aktionsplänen. Schwerin.
- 88 - LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (2003):** Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Bearbeitungsstand 30.04.2003.
- 89 - LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (2007):** Publikationen der Bundesländer zum Thema Hochwasser. Stand 07/2007.
- 90 - LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (2010):** Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisiko-managementplänen. Dresden, 2010.
- 91 - LEL – Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der Ländlichen Räume Schwäbisch Gmünd (2014):** Natura 2000 in Baden-Württemberg – Bedeutung für die Landwirtschaft in Natura-2000 Gebieten. Online abrufbar: <https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.LEL.Lde/Startseite/Laendliche+Entwicklung+und+Landschaft/NATURA+2000+und+Landwirtschaft?LISPAGE=755409> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 92 - LLUR SH – Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (2012):** Der Weg zum Naturschutzgebiet. Flintbek, Dezember 2012.
- 93 - LUA – Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen (2002):** Jahresbericht 2002. LUA NRW, Essen.
- 94 - LUA – Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen (2003):** Jahresbericht 2003. LUA NRW, Essen.
- 95 - LUBW & LfU – Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg & Bayerisches Landesamt für Umwelt (2014):** Länderübergreifendes Hochwasserportal. Online abrufbar: <http://www.hochwasserzentralen.de/> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 96 - LWG – Landeswassergesetz (2005):** Gesetz zur Änderung wasserrechtlicher Vorschriften im Wassergesetz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 25. Juni 1995. Düsseldorf, den 3. Mai 2005.
- 97 - Menzel, T. (2013):** Das Programm „Lebendige Gewässer“ in NRW. BfN-Workshop „Weiterentwicklung von Instrumenten zum Auenschutz“ am 27./28.06.2013. Internationale Naturschutzakademie, Vilm.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 98 - Merz, B., Bittner, R., Grünewald, U. & Prioth, L. (Hrsg.) (2011):** Management von Hochwasserrisiken. *Schweizerbart*, Stuttgart.
- 99 - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2014):** Presseerklärung: 82. Umweltministerkonferenz in Konstanz. 09.05.2014.
- 100 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2010):** Hochwasserschutz in Nordrhein-Westfalen – Stand und Perspektiven. BWK-Bundeskongress 23. – 25.09.2010, Duisburg.
- 101 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011a):** Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) in NRW. Juli 2011, Düsseldorf.
- 102 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011b):** Mit dem Wasser leben. Hochwasserschutz in NRW. Düsseldorf, Mai 2011.
- 103 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012a):** Bericht zur Umsetzung des Hochwasserschutzkonzeptes. Düsseldorf, 14.06.2012.
- 104 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012b):** Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Nordrhein-Westfalen. Zwischenbericht 2012 und aktueller Umsetzungsstand.
- 105 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2013):** Hochwasserrisiko-Management. Schritte zum zukunftsfähigen Umgang mit den Risiken durch Hochwasser in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, Februar 2013.
- 106 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014a):** Hochwasserrisiken gemeinsam meistern. Online abrufbar: <http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/HWRMRL/Hauptseite> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 107 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014b):** Kooperationen und Umsetzungsfahrpläne im Einzugsgebiet Rheingraben Nord. Online abrufbar: http://www.rheingraben-nord.nrw.de/index.php/Rheingraben-Nord/Kooperationen_und_Umsetzungsfahrplaene (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 108 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014c):** Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas. Oberflächengewässer und Grundwasser Teileinzugsgebiet Rhein / Rheingraben Nord (Stand: März 2014, ohne Grundwasser).
- 109 - MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014d):** Wasser und Hochwasser. Informationsseite des Ministeriums. Online abrufbar: <http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/wasser/hochwasser/> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 110 - MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2002):** Gewässerauenprogramm. Ein Überblick über die Gewässerauenkonzepte in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- 111 - MUNLV, Provinz Gelderland & Rijkswaterstaat – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Provinz Gelderland & Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004):** Grenzüberschreitende Auswirkungen von extremem Hochwasser am Niederrhein. Abschlussbericht. MUNLV, Provinz Gelderland & Rijkswaterstaat, Düsseldorf & Arnheim.
- 112 - MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2005a):** Bestandsaufnahme Niederrhein. Umsetzung der WRRL in der FGE Rhein. Düsseldorf, März.
- 113 - MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2005b):** Ergebnisbericht Rheingraben-Nord. Wasserrahmenrichtlinie in NRW – Bestandsaufnahme. Düsseldorf, Juni 2005.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 114 - MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009a):** Bewirtschaftungsplan für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas 2010 – 2015. Online abrufbar unter: http://www.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/b/b4/BWP2009_Bewirtschaftungsplan_NRW_2010-2015.pdf (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 115 - MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009b):** Maßnahmenprogramm für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas 2010-2015. Düsseldorf, Dezember 2009.
- 116 - MUNLV – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009c):** Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas. Oberflächengewässer und Grundwasser Teileinzugsgebiet Rhein/Rheingraben Nord. Düsseldorf, Dezember 2009.
- 117 - MURL – Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1992):** Gesamtkonzept Rhein in Nordrhein-Westfalen. Hochwasserschutz. Ökologie. Schifffahrt. Düsseldorf.
- 118 - NABU – Naturschutzbund Deutschland (2006):** Resolution zur Novellierung des Landschaftsgesetzes. Dülmen, 22.10.2006.
- 119 - NABU – Naturschutzbund Deutschland (2010a):** Recht Einfach. Das Bundesnaturschutzgesetz 2009. NABU-Bundesverband, Berlin.
- 120 - NABU – Naturschutzbund Deutschland (2010b):** Naturschutzverbände kritisieren schwarz-gelben Gesetzentwurf. Landesregierung produziert Chaos im Umweltrecht. NABU-Pressedienst NRW, *Naturschutz aktuell*, v. 27.01.2010.
- 121 - NABU, BUND & LNU NRW – Naturschutzbund Deutschland, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland & Landesgemeinschaft Naturschutz und Umwelt NRW (2010):** Gemeinsame Stellungnahme zum Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU und FDP für ein Gesetz zur Änderung des Landschaftsgesetzes und des Landesforstgesetzes, des Landeswassergesetzes und des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung in NRW. Düsseldorf, den 25.01.2010.
- 122 - Pahl-Wostl, C., Holtz, G., Kastens, B. & Knieper, C. (2010):** Analyzing complex water governance regimes: the Management and Transition Framework. *Environmental Science & Policy* 13, 571-581.
- 123 - Petrascheck, A. (2003):** The “Action plan on Flood Defence” of the International Commission for the Protection of the Rhine as an example for European Co-operation. Lecture at the International Workshop “Precautionary Flood Protection in Europe”, Bonn, 5./6. February 2003.
- 124 - Queitsch, P. (2012):** Hochwasserschutz 2012. Vortrag des Hauptreferenten für Umweltrecht im Städte- und Gemeindebund NRW, am 06.02.2012.
- 125 - Raschke, M. (2013):** Stand der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Nordrhein-Westfalen. Vortrag auf dem WRRL-Symposium in Oberhausen 2013. Oberhausen, Rheinisches Industriemuseum, 17./18.04.2013.
- 126 - Rhein-Kreis Neuss (2012):** EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Umsetzungsfahrplan der Kooperation Linke Rheinzuflüsse Neuss-Uerdingen (PE_RHE_1200). Grevenbroich, März 2012.
- 127 - Sängler, F. & Schrickel, M. (2010):** Drei-Zonen-Deiche mit Dichtungen aus Ton. *Wasser und Abfall* 6/2010, 17-21.
- 128 - Schanze, J., Zeman, E. & Marsalek, J. (2006):** Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- 129 - Schmid-Breton, A. (2012):** Von der Kartierung zum Hochwasserrisikomanagement: Vorbereitung des neuen IKSR Rhein Atlas 2013/2014 und Umsetzung der HWRM-RL im Rheineinzugsgebiet. IKSE „Flood mapping workshop“, 04.12.2012.
- 130 - Schulze Ingenieur GmbH (2008):** Zusammenfassende Darstellung zur Deichrückverlegung im Rheinbogen Duisburg-Mündelheim. Düsseldorf, 2008.
- 131 - Schumann, A. (2013):** Hochwasserwahrscheinlichkeiten und Hochwasserrisiko – hält das Hochwasserversprechen? Vortrag im Rahmen des 12. Hydrologischen Fachgesprächs am 31.10.2013.

Literaturverzeichnis des Anhangs

- 132 - SDF – Sustainable Development of Floodplains (2008):** Raum für Fluss, Natur und Menschen. Nachhaltige Überflutungsräume am Rhein. Rijkswaterstaat, Arnheim, The Netherlands, 2008.
- 133 - Stadt Bonn (2012):** Umsetzungsfahrplan Kooperation Bonn/Rhein-Sieg-Kreis PE_KOE_51. Bonn, März 2012.
- 134 - Stadt Duisburg (2012):** Deichsanierung Mündelheim. Stand am 26.03.2012.
- 135 - Stadt Monheim (2014):** Deich im Rheinbogen: Stationen eines Jahrhundertprojektes. Online abrufbar: <http://www.monheim.de/freizeit-und-tourismus/rheindeich/> (Letzter Abruf 18.07.2014).
- 136 - StEB Düsseldorf – Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf (2012):** WRRL-Umsetzungsfahrplan Hydromorphologie für die berichtspflichtigen Gewässer der Stadt Düsseldorf in der Planungseinheit PE_RHE_1300: Rechte Rheinzufüsse Düsseldorf-Duisburg. Düsseldorf, März 2012.
- 137 - StEB Köln – Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (2007a):** Hochwasserschutzkonzept Köln, Planfeststellungsabschnitt 10, Retentionsraum Köln-Worringen, Endstufe. Kurze Zusammenfassung der FFH-Variantenvorstudie. Köln, November 2007.
- 138 - StEB Köln – Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (2007b):** Mit Sicherheit für Köln. Ein Meilenstein im Hochwasserschutz. Köln, 2007.
- 139 - StEB Köln – Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (2012):** WRRL-Umsetzungsfahrplan Hydromorphologie für die offenen Fließgewässer im Kölner Stadtgebiet (KOE-52). Köln, 26.03.2012.
- 140 - StEB Köln – Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (2013):** Retentionsraum Köln-Worringen. Hintergrundinformationen. Köln, 24.07.2013.
- 141 - Struebig, A. & Topp, W. (2006):** Laufkäfer im Monheimer Rheinbogen, einer zukünftigen Überflutungsfläche am Niederrhein. *Angewandte Carabidologie* 7, 2006, 37-50.
- 142 - StUA Münster – Staatliches Umweltamt Münster (2006):** Ems-Auen-Schutzkonzept. Münster, Mai 2006.
- 143 - Thielen, J., de Roo, A. & EFAS Team (2009):** The European Flood Alert System (EFAS). A review. HEPEX meeting, Toulouse, 15-18 June 2009.
- 144 - Timmerman, J.G. & Langaas S. (2004):** Environmental Information in European Transboundary Water Management. *IWA Publishing*, London.
- 145 - Ulbrich, U. & Fink, A. (1996):** The January 1995 Flood in Germany: Meteorological Versus Hydrological Cases. *Physics and Chemistry of the Earth* 20, 5-6, 439-444.
- 146 - Umweltbundesamt (1998):** Anforderungen des vorsorgenden Hochwasserschutzes an Raumordnung, Landes-/Regionalplanung, Stadtplanung und die Umweltfachplanungen. Empfehlungen für die Weiterentwicklung. Berlin, 1998.
- 147 - Umweltbundesamt (2011):** Hochwasser – Verstehen, Erkennen, Handeln! Bonn, Oktober 2011.
- 148 - UVPG – Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (1990):** Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Fassung vom 12.02.1990. *BGBI.* I S. 94. Neugefasst am 24.02.2010. Letzte Änderung am 25.07.2013.
- 149 - VNR - Vereniging Nederlandse Riviergemeenten (2013):** Presentatie. Grensoverschrijdende Samenwerking aan de Rijn.
- 150 - Wassernetz NRW (2006):** Handbuch Wasserrahmenrichtlinie und Naturschutz. Für Aktive in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 11/2006.
- 151 - Wasserverband Dickopsbach (2012):** Umsetzungsfahrplan Dickopsbach Regionale Kooperation KOE49. Bornheim, 30. März 2012.
- 152 - WHG – Wasserhaushaltsgesetz (1996):** Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Fassung vom 12. November 1996. *BGBI.* I S. 1695, 1998 S. 832, 2455.
- 153 - WHG – Wasserhaushaltsgesetz (2002):** Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Fassung vom 19. August 2002. *BGBI.* I S. 3245.

Literaturverzeichnis des Anhangs

154 - WHG – Wasserhaushaltsgesetz (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Fassung vom 31.07.2009. BGBl. I S. 2585. Inkrafttreten: 01.03.2010. Zuletzt geändert: 07.08.2013.

155 - WMO & GWO – World Meteorological Organization & Global Water Partnership (2004): Integrated Flood Management – Case Study: Germany – Flood Management in the Rhine and Elbe River Basins. October 2004.

156 - Worreschk, B. (2002): Leitlinien für eine zukunftsweisende Hochwasservorsorge. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. Mainz, 2002.

Erklärung

Erklärung zur selbstständigen Abfassung der Master-Arbeit

Name:

Geburtsdatum:

Matrikel-Nummer:

Titel der Master-Arbeit:

.....

Ich versichere, dass ich die eingereichte Master-Arbeit¹ selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe verfasst habe. Anderer als der von mir angegebenen Hilfsmittel und Schriften habe ich mich nicht bedient. Alle wörtlich oder sinngemäß den Schriften anderer Autoren entnommenen Stellen habe ich kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

¹ Bei einer Gruppenarbeit gilt o. für den entsprechend gekennzeichneten Anteil der Arbeit.