

Ökologischer Hochwasserschutz – ein wirkungsvolles Etikett?

Marcus Hatz, Michael Behrendt und Norbert Busch

Abstract

Flood protection is in the responsibility of the federal states in Germany. The federal government has, however, as owner of the federal waterways and many other potentially flood affected infrastructure measures, also an increased interest in this topic. Therefore the Federal Institute of Hydrology (BfG), that is a federal authority in the field of applied research, was / is engaged in different flood-related projects in recent decades. Those projects were often settled in the conflict area with ecological issues. This paper tries to be a showcase for the various BfG activities in this working field. Selected projects, focusing on large-scale flood routing on federal waterways, will describe action modes of different types of ecological flood protection measures; chances and limitations in case of realization are also discussed. The reader thus gets an overview on valuable aspects in order to form a more detailed opinion about the question "An effective label?" that is named in the title.

Zusammenfassung

Hochwasserschutz ist in Deutschland Aufgabe der Bundesländer. Der Bund besitzt als Eigentümer der Bundeswasserstraßen und der weiteren potentiell von Hochwasser betroffenen Infrastruktureinrichtungen ebenfalls ein Interesse am Thema „Hochwasserschutz“. Auch bettbildende Prozesse und ökologische Initialzündungen in Gewässern und ihren Auen sowie die relevanten Feststofftransportprozesse laufen eben bei Hochwasser ab. Nicht nur deshalb hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde als angewandt forschende Bundesoberbehörde in den vergangenen Jahrzehnten im Rahmen verschiedener Projekte hochwasserbezogene Fragestellungen bearbeitet, die vielfach auch im Spannungsfeld mit der Ökologie angesiedelt waren. Anhand von ausgewählten Projekten mit Fokus auf den großräumigen Wellenablauf an Bundeswasserstraßen werden im vorliegenden Beitrag Wirkweisen verschiedener Maßnahmentypen des ökologischen Hochwasserschutzes diskutiert sowie deren Möglichkeiten und Grenzen benannt. Der Leser erhält eine Zusammenschau wertvoller Aspekte zur Beantwortung der Frage „Ökologischer Hochwasserschutz - ein wirkungsvolles Etikett?“.

1 Einleitung und Veranlassung

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ist das zentrale wissenschaftliche Institut des Bundes für die wasserstraßenbezogene, angewandte Forschung auf den Gebieten Gewässerkunde, Wasserbewirtschaftung, Ökologie und Gewässerschutz. Als Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) berät sie sowohl dieses als auch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) in Grundsatz- und Fachfragen. Wissenschaftliche Dienstleistungen erbringt die BfG auch für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Im Rahmen von Kooperationen mit Dritten (u. a. Bundesländer, nationale/internationale Flussgebietskommissionen, Forschungseinrichtungen) wird die vielfältige Expertise der BfG ebenfalls nachgefragt.

Die wissenschaftliche Beratung all dieser Partner erfolgt auf Basis eines ganzheitlichen und großräumigen Systemverständnisses über die Flussgebiete und die Fluss-Meer-Systeme. Überregionale Fließgewässer- und Ästuarmodelle, die eine erhebliche Bandbreite an Wasserführungen abbilden können, tragen wesentlich zu diesem Verständnis bei und werden für zahlreiche Einsatzmöglichkeiten erstellt und gepflegt. Mit ihrer Hilfe lassen sich hydraulisch-hydrologische, ökologisch-morphologische und gewässergütebezogene Fragestellungen an Bundeswasserstraßen (BWaStr) beantworten. Hierdurch trägt die BfG zur Vereinbarkeit von Gewässerschutz, Wasserwirtschaft und Verkehr und damit zur Verwirklichung des Prinzips der umweltfreundlichen Mobilität bei.

Hochwasserschutz ist in Deutschland eine Aufgabe der Bundesländer. In diesem Zusammenhang hat auch die BfG in den vergangenen Jahrzehnten im Rahmen verschiedener Projekte und Kooperationen mit ihren Partnern hochwasserbezogene Fragestellungen bearbeitet. Exemplarisch sei an dieser Stelle der Arbeitsbereich der Fließgewässermodellierung aufgeführt, in dem schon seit den 1970er-Jahren die Modelle der BfG zur Beantwortung von Hochwasserthemen eingesetzt werden (HSK 1978). Aktuelle modellgestützte Untersuchungen beschäftigen sich u. a. mit den großräumigen positiven Wirkungen von Talsperren im internationalen Elbeeinzugsgebiet (BfG, 2012), mit den scheinbar reduzierenden Effekten auf abgelaufene Hochwasser durch existierende gesteuerte und ungesteuerte Rückhaltungen (u. a. BfG, 2013) oder mit geplanten, in den Aktionsplänen an Elbe und Rhein verankerten Hochwasserschutzmaßnahmen (BfG, 2006; IKS 2012). Einige Projekte bewegten sich dabei zwangsläufig im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Hochwasserschutz (BfG, 2015) und auch im Nationalen Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) des Bundes und der Bundesländer, das durch die BfG wissenschaftlich und modellgestützt begleitet wird (u. a. BfG, 2016), liegt der Fokus gleichermaßen auf gesteuerten, eher „technischen“ und auf ungesteuerten, mehr „ökologischen“ Hochwasserrückhaltmaßnahmen.



Abb. 1: Überflutung des Autobahnkreuzes A3/A92 bei Deggendorf (Quelle: BfG, 2013)

Das Interesse der BfG im Speziellen und des Bundes im Allgemeinen am Thema „Hochwasser“ ergibt sich nicht nur aus den zuvor genannten Kooperationen. Die BfG hält das erforderliche Wissen über das Flussgebiet mit den hydrologischen Phänomenen sowie Einflüssen auf bettbildende Prozesse, auf die Ökologie und die Feststofftransportprozesse einschließlich qualitativer Aspekte vor. Gemeinsam mit der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe macht sie damit den Bundesauftrag „Sicherung des ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluss“ (§8 WaStrG) umsetzbar. Enorme Schäden in Milliardenhöhe, die durch die vergangenen Jahrhundertfluten an Rhein (1993, 1995), Oder (1997), Elbe (2002, 2013) und Donau (1999, 2013) aufgetreten sind, wurden u. a. mit Fluthilfegeldern (Aufbaufonds) des Bundes beseitigt. Die Überflutung des Autobahnkreuzes Deggendorf (Donaugebiet, Abb. 1) im Juni 2013 oder die auf das Hochwasser folgende monatelange Sperrung der ICE-Strecke im Landkreis Stendal (Elbegebiet) machen das Eigeninteresse des Bundes deutlich, da bei extremen Abflüssen nicht nur die wasserstraßenbezogene Bundesinfrastruktur betroffen ist.

Anhand von ausgewählten Projekten, die vor allem den großräumigen Hochwasserwellenablauf im Blick haben, werden im vorliegenden Beitrag Erkenntnisse und Ergebnisse - mit und ohne direktem ökologischen Bezug - exemplarisch vorgestellt, daran Wirkweisen verschiedener Maßnahmentypen diskutiert sowie deren Möglichkeiten und

Grenzen benannt. Hierdurch wird der Leser zwar keine vollständige Antwort auf die im Titel aufgeworfene Frage „ein wirkungsvolles Etikett?“ erhalten, es wird ihm jedoch eine Zusammenschau wertvoller Aspekte an die Hand gegeben, um sich in der Diskussion zum Thema selbst eine detailliertere Meinung bilden zu können.

2 Ökologischer Hochwasserschutz

Die kurze Aufeinanderfolge von zwei Extremhochwassern im Rheingebiet (Dezember 1993 und Januar 1995) läutete eine neue Ära im Hochwasserdenken und -handeln in Deutschland ein. In den „Leitlinien [der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser] zum zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ (LAWA, 1995) lag der Fokus nun nicht mehr alleine auf dem technischen Hochwasserschutz durch Deiche und Mauern sowie Tal Sperren und Rückhaltebecken. Der *natürliche Rückhalt* (s. u.) und die *weitergehende Hochwasservorsorge* fanden ebenso prominent Eingang in die Strategien und Handlungsvorgaben.

2.1 Hochwasser und Hochwasserschutz

Nach DIN 4049-3 (1994) beschreibt Hochwasser einen *„Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder überschritten hat“*. Laut §72 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG, 2013) erfolgt durch die Überschreitung dieses Schwellenwerts eine *„zeitlich begrenzte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land“*. Tritt eine Überschwemmung in vom Menschen bewirtschafteten Räumen (u. a. Siedlungs-, Landwirtschafts-, Infrastrukturflächen) ein, dann wird dadurch die öffentliche oder private Nutzung der Flächen eingeschränkt und es entstehen wirtschaftliche Schäden. Der hydrologische Zustand „Hochwasser“, der für die natürliche Entwicklung und die Besiedlungsdynamik von Auen ein essentieller, positiver Faktor ist, wird somit für den Menschen zu einem Problem.

Strategien bzw. Maßnahmen des Hochwasserschutzes können auf verschiedene Weisen greifen: Entweder indem sie es schaffen, das Hochwassergeschehen in ihrem Sinne zu beeinflussen (technischer Hochwasserschutz, natürlicher Rückhalt) und somit die Eintrittswahrscheinlichkeit für den Schadensfall zu minimieren; oder indem schon vor Eintreten des Hochwassers die Nutzung angepasst und somit das Schadenspotential reduziert wurde (Hochwasservorsorge). Es gilt jedoch: Hochwasser bzw. seine Auswirkungen können durch Maßnahmen nur abgemindert, jedoch nicht verhindert werden! Der Umgang mit dem Risiko bzw. sein Management ist somit von zentraler Bedeutung.

2.2 Ökologischer Hochwasserschutz

Natürlicher Rückhalt, dezentrale Maßnahmen, ökologischer Hochwasserschutz - verschiedene Begrifflichkeiten und Bezeichnungen werden in der Literatur herangezogen, um zu beschreiben, was allen Definitionen dieser Maßnahmen zumindest in Teilen gemeinsam ist: Sie wollen die natürlichen Funktionen unseres Lebensraums wiederherstellen und/oder nutzen, um negative Auswirkungen von Hochwasserereignissen zu mindern. Am Beispiel der Definition des „natürlichen Rückhalts“ in LAWA (1995) wird deutlich, dass dabei nicht zwangsläufig nur die Hochwasserschutzfunktion im Vordergrund steht, sondern zumeist eine multikriterielle Bewertung stattfindet:

„Jede Maßnahme der Rückverlegung von Deichen, der Entsiegelung, der standortgerechten Land- und Forstbewirtschaftung und der Gewässerrenaturierung ist zur Erhaltung der natürlichen Umweltressourcen notwendig und ist darüber hinaus ein Beitrag, den Einfluss des Menschen auf das Hochwassergeschehen wieder zurückzunehmen“ (LAWA 1995).

Diverse aktuelle Papiere stützen diese Sichtweise. So definiert der EU-Leitfaden „zur Unterstützung der Auswahl, Ausgestaltung und Umsetzung von natürlichen Wasserrückhaltmaßnahmen in Europa (EC 2015)“ in Anlehnung an die Wasserrahmen- und Hochwasserrisikomanagementrichtlinie natürliche Wasserrückhaltmaßnahmen als „*multifunktionale Maßnahmen*“, die sowohl den quantitativen als auch den chemischen und biologischen Zustand des Gewässers verbessern. Das DWA-Merkblatt über „Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung“ spricht in diesem Zusammenhang von „*integrativen Maßnahmen*“ und weist explizit auf die Synergien zwischen den Zielen der beiden genannten EU-Richtlinien hin.

Der vorliegende Beitrag unterscheidet die Maßnahmentypen, die im ökologischen Hochwasserschutz Anwendung finden, primär anhand des Ortes, an dem der Wasserrückhalt stattfindet, und somit auch anhand des Einsatzzeitpunkts der Maßnahmen im Laufe des Hochwasserentstehungsprozesses. Tabelle 1 differenziert somit zwischen

- dem Rückhalt in der Fläche **außerhalb der Aue** (u. a. durch Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft sowie im urbanen Bereich; zu Beginn des Hochwasserentstehungsprozesses),
- dem Rückhalt **im Abflussquerschnitt** (der durch die Wiederherstellung der natürlichen Gewässerstruktur den Wellenablauf verändern kann) und
- dem Rückhalt **in der Aue** durch ungesteuerte Maßnahmen (zu einem vergleichsweise „späten“ Zeitpunkt im großräumigen Hochwasserablauf).

2.3 Grenzbereiche des ökologischen Hochwasserschutzes

Zusätzlich zu den in Tabelle 1 aufgeführten klassischen Typen und Kategorien existieren weitere Maßnahmen, die das Kriterium der Multifunktionalität, zumindest hinsicht-

lich Ökosystemdienstleistungen und Hochwasserschutzaspekten, erfüllen. In gesteuerten Rückhalteräumen im Nebenschluss von Fließgewässern (Polder), die in der Regel dem technischen Hochwasserschutz zugeordnet werden, können **ökologische Flutungen** die Überlebensbedingungen auentypischer Tier- und Pflanzenpopulationen erheblich verbessern. Ermöglicht wird dies durch eine gezielte Flutung des am tiefsten gelegenen Bereichs eines Polders, die in Regelmäßigkeit, Dauer und Intensität dem natürlichen Überflutungsgeschehen nahe kommen. In diesem Fall führt somit die naturnahe Ausgestaltung technischer Maßnahmen zu einer ökologischen Aufwertung. Ebenso könnten deshalb Strategien der **Flächenvorsorge** zu den ökologischen Hochwasserschutzmaßnahmen gezählt werden, wenn sie mithilfe natürliche Auen und Überschwemmungsgebiete als solche zu erhalten.

Nochmals deutlich weiter ist der Rahmen zu fassen, wenn hochwasserbezogene Fragen und Problemstellungen unter dem Aspekt des Klimawandels diskutiert werden. Unter der Annahme, dass klimawandelbedingt Hochwasserextreme zukünftig häufiger auftreten werden (u. a. Huang et al., 2014), würde jede Maßnahme des **Klimaschutzes**, die einer durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung entgegenwirkt, auch im Licht des ökologischen Hochwasserschutzes erscheinen.

Tab. 1: Maßnahmentypen des ökologischen Hochwasserschutzes (in Anlehnung an LAWA, 1995)

Maßnahmentypen	Beispiele
Rückhalt in der Fläche außerhalb der Aue	In der Landwirtschaft, u. a.: konservierende Bodenbearbeitung, Rückbau von Dränmaßnahmen, Renaturierung von Mooren
	In der Forstwirtschaft, u. a.: ökologischer Waldumbau, Aufforstung, dezentraler Rückhalt in Geländemulden
	Im Siedlungsbereich, u. a.: Entsiegelung, Regenwasserversickerung
Rückhalt im Abflussquerschnitt	Wiederherstellung der natürlichen Gewässerstruktur u. a. durch: Verlängerung der Fließwege durch Mäanderanbindung, Erhöhung der Fließwiderstände durch Aufforstung von Auwald
Rückhalt in der Aue	Ungesteuerte Maßnahmen, u. a.: Deichrückverlegungen, Flutrinnen
	Gesteuerte Maßnahmen, u. a.: Polder mit ökologischen Flutungen, Rückhaltebecken mit „grünem Design“

3 Hochwasser und Ökologie in Projekten der BfG

Anhand von zwei Projekten, die von der BfG in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern durchgeführt wurden, sollen Wirkungsweisen, Möglichkeiten und Grenzen von ökologischen Hochwasserschutzmaßnahmen diskutiert werden. Im Fokus steht dabei, entsprechend des in Kapitel 1 vorgestellten Aufgabenfelds der BfG, die maßnahmenbedingte Beeinflussung des großräumigen und überregionalen Hochwasserverlaufs an

BWaStr. Die Ausführungen zu den modellgestützten Berechnungen im EU-Interreg-Projekt „LAHoR“ (Quantifizierung des Einflusses der **L**andoberfläche und der **A**usbaumaßnahmen am Gewässer auf die **H**ochwasserbedingungen im **R**heingebiet; BfG, 2002) konzentrieren sich dabei auf den Maßnahmentyp „natürlicher Rückhalt in der Fläche außerhalb der Aue“ (Kapitel 3.1). Im Gegensatz dazu zeigt Kapitel 3.2 ausgewählte Ergebnisse und Empfehlungen des Projekts „2D-Modellierung an der unteren Mittelelbe zwischen Wittenberge und Geesthacht“ (BfG, 2015) zu den Maßnahmentypen „Rückhalt im Abflussquerschnitt“ bzw. „Rückhalt in der Aue“.

3.1 Modellgestützte Untersuchung des Einflusses der Landnutzung auf den Hochwasserablauf am Rhein

Nach den beiden Hochwassern 1993 und 1995 im Rheingebiet wurde die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) im Jahr 1998 durch die Umweltministerkonferenz der Rheinanliegerstaaten beauftragt, einen „Aktionsplan Hochwasser“ aufzustellen (IKSR, 1998). Dieser Aktionsplan setzt(e) sich zum Ziel, die Rheinanlieger für die Ursachen, die zu einem gehäuften Auftreten von Hochwasser führen, zu sensibilisieren, eine Verbesserung der Hochwasservorhersage zu bewirken, die Extremwasserstände unterhalb des staugeregelten Rheinabschnitts bis zum Jahr 2020 um bis zu 70 cm zu vermindern und das Hochwasserrisiko zu senken. Hierzu sollen Maßnahmen zum Wasserrückhalt im Rheineinzugsgebiet und am Rhein, die Reaktivierung von Überschwemmungsgebieten und technische Hochwasserrückhaltungen beitragen (BfG, 2002).

Als ergänzender Baustein zu diesem „Aktionsplan Hochwasser“ wurde seitens der EU das IRMA-Programm (**I**nterreg **R**hein-**M**aas **A**ktivitäten) initiiert. In seinem Rahmen wurden zahlreiche Hochwasserschutzmaßnahmen finanziell gefördert. Darüber hinaus führten beteiligte Behörden und Forschungsinstitutionen auch wissenschaftliche Studien durch, die die Wirkung von (verschiedenen Typen von) Hochwasserschutzmaßnahmen quantifizieren sollten. Einzelne Aspekte und Ergebnisse einer dieser Studien (BfG, 2002), die maßgeblich durch die BfG bearbeitet wurde, werden im Folgenden vorgestellt.

Überall dort, wo der Mensch gesiedelt und Land nutzbar gemacht hat, hat er in der Vergangenheit auch die Randbedingungen für Hochwasser, zumeist negativ, verändert: Flächenversiegelung, Bodenverdichtung oder Monokulturen sind bekannte Ursachen für extremere Erscheinungsformen von Abflüssen. Durch die Kopplung einer Niederschlag(N)-Abfluss(N)-Modellierung mit dem hydraulischen Wellenablaufmodell des Rheins wurde auf *Makroskala* (d. h. großräumig für das Gesamteinzugsgebiet zwischen Maxau unterhalb der letzten Staustufe in Iffezheim und Lobith an der deutsch-niederländischen Grenze) analysiert, wie sich verschiedene realistische und fiktive Szenarien der zukünftigen Landnutzungsänderung im Einzugsgebiet auf den Wellenablauf extremer Hochwasser auswirken würden. Untersucht wurden u. a. die

großen Ereignisse der Jahre 1983, 1988, 1993 und 1995. Für die Modellierung des N-A-Prozesses wurden fünf Landnutzungsszenarien entwickelt (BfG, 2002):

- **IST92** basiert auf dem Zustand der Landnutzungen im Jahr 1992 und stellt den Referenzzustand für die Modellierung dar.
- **LN1** stellt ein Szenario dar, in dem für das Rheingebiet eine realistische Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen (auf Kosten der landwirtschaftlichen Flächen) von durchschnittlich 18 % im Jahr 1996 auf 20 % im Jahr 2010 angenommen wird.
- **LN2** baut auf Szenario LN1 auf und berücksichtigt zusätzlich die im Aktionsplan festgelegte Zielsetzung, die versiegelte Fläche, die im Einzugsgebiet des Rheins zu einem direkten Abfluss von Oberflächenwasser führt, um 1,32 % zu reduzieren und durch Maßnahmen der dezentralen Versickerung zu ersetzen.
- Für **LN100** wurden die Siedlungs- und Verkehrsflächen im Vergleich zum Referenzzustand verdoppelt.
- Beim Szenario **LNW** ist das gesamte Einzugsgebiet bewaldet.

Abbildung 2 zeigt die Auswirkungen der verschiedenen Landnutzungsszenarien auf den großräumigen Wellenablauf am Rhein für den Pegel Köln und das Modellhochwasser vom Januar 1995, dessen gemessener Scheitelabfluss heute einem statistischen Wiederkehrintervall von ~50 Jahren (vgl. LUA NRW, 2002) entspricht.

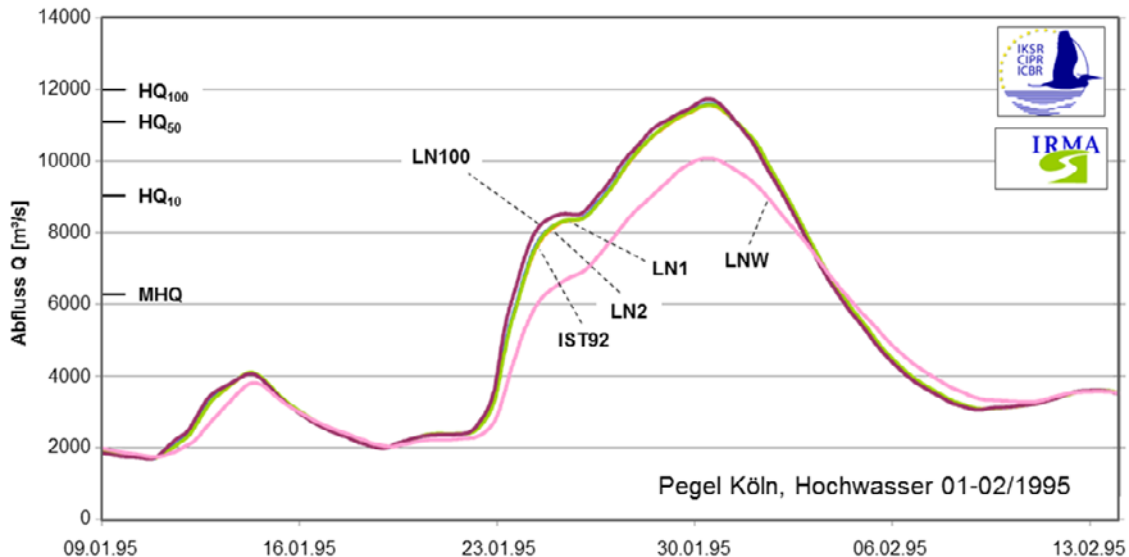


Abb. 2: Modellerte Ganglinie am Pegel Köln / Hochwasser Jan./Feb. 1995 für Szenarien (BfG, 2002)

Für alle ausgewerteten Hochwasser zeigt sich in der Regel, wie auch für das Hochwasser 1995 in Abbildung 2, dass die Zunahme der Versiegelungsfläche im N-A-Modell zu einer Abflussvergrößerung führt. Entsiegelung/Bewaldung wirken sich als Abflussverringerng aus, wobei die Maximalwirkungen teilweise deutlich vor den Wellenscheiteln eintreten. Bei realistischen Landnutzungsänderungen (Szenarien LN1,

LN2, tw. LN100) sind die Effekte jedoch gering und als Einfluss auf die Hochwasserscheitel nur in der Größenordnung von 1–5 cm (8–290 m³/s) nachweisbar. Bei der Annahme völliger Bewaldung des Rheingebiets ergibt sich in Abbildung 2 eine Scheitelreduktion von ca. 1500 m³/s (~90 cm) am Pegel Köln; im Mittel aller analysierten Hochwasserereignisse am Pegel Lobith liegt die Scheitelreduktion bei ca. 50 cm (BfG, 2002).

Fazit: Bei Veränderungen der Landnutzung in realistischer Größenordnung können auf den überregionalen Wellenablauf kaum Auswirkungen nachgewiesen werden. Laut LAHoR-Studie ist deshalb auch davon auszugehen, dass von Maßnahmen des natürlichen Rückhalts durch Förderung der Versickerung oder der Verdunstung keine bedeutende, großräumige Minderung des Hochwasserrisikos am Rhein selbst erwartet werden kann. Untersuchungen auf *Mesoskala*, die ebenfalls im Rahmen des LAHoR-Projektes durchgeführt wurden, zeigen allerdings, dass Landnutzungsänderungen mit dem Ziel, den Oberflächenabfluss zu verzögern, vor allem auf die Entstehung kleinräumiger Hochwasser einen positiven Einfluss besitzen können. Das Ausmaß ihrer positiven Wirkung hängt dabei von Faktoren wie Jahreszeit, Niederschlags- und Vegetationstyp sowie Bodenart ab und kann je nach Ausprägung der Einflüsse sehr unterschiedlich ausfallen. Aufgrund ihrer Wirksamkeit v. a. in kleineren Teileinzugsgebieten (vgl. bspw. LWF Bayern 2003), spielen Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Rückhalts in der Fläche für den großräumigen Hochwasserverlauf somit kaum eine Rolle, dafür umso mehr als Maßnahmen im lokalen Hochwasserschutz.

3.2 Hochwasserschutz und Ökologie im Spannungsfeld: Wirkung von Eingriffen in die Vorlandstruktur an der unteren Mittelelbe

Nicht nur in den Teileinzugsgebieten der großen Flüsse hat die jüngere menschliche Siedlungsgeschichte Spuren mit Einfluss auf die Hochwasserentstehung hinterlassen, auch an den Vorflutern wie Rhein und Elbe haben anthropogen herbeigeführte Veränderungen der Flusslandschaften erheblich zu einer Modifikation des Hochwassergehens geführt. So wurde durch die Rheinkorrektur im 19. Jahrhundert und den Staustufenbau bis 1977 die Fließstrecke des Oberrheins zwischen Basel und Maxau um 80 km verkürzt. 950 km² an ehemaliger natürlicher Überschwemmungsfläche stehen nicht mehr zur Verfügung (KHR, 1993). Folge war eine Verschärfung der Hochwassersituation durch die Wellenbeschleunigung und das daraus folgende ungünstige Aufeinandertreffen von Hochwasserwellen aus Rhein und den Nebenflüssen.

Auch die Veränderungen an der Mittelelbe sind beträchtlich: Alleine in Sachsen-Anhalt sind seit Beginn des Deichbaus - insgesamt wurden 730 km Elbedeiche und 500 km Rückstaudeiche errichtet - 3285 km² und damit ca. 76 % des natürlichen Überschwemmungsgebiets verloren gegangen (IKSE 2005). Demgegenüber weist die bis dato größte vollständig realisierte Deichrückverlegung an der Mittelelbe, die im Jahr

2009 im Bereich von Lenzen fertiggestellt wurde, eine Fläche von 420 ha (~4,2 km²) aus – etwas mehr als ein Promille der zuvor genannten Verlustfläche.

3.2.1 Prinzipielle Mechanismen der Wirkung gesteuerter und ungesteuerter Maßnahmen

Das Hauptziel der Deichrückverlegung in Lenzen war die Wiederherstellung der Überflutungsdynamik und der ehemals für die Mittelelbe typischen Auenstruktur (Damm, 2013). Hierfür wurde auf einer Länge von 6,1 km eine neue Deichlinie bis zu 1,3 km weit vom bisherigen Deich errichtet. Letzterer wurde an sechs Stellen geschlitzt (vgl. Abb. 3), um bei Hochwasserabflüssen eine seitliche Einströmung in das Rückverlegungsgebiet zu ermöglichen (BfG, 2015). Somit wurde ein wertvolles Habitat geschaffen, das neben seinem ökologischen Mehrwert auch einen erheblichen positiven Effekt für den Hochwasserschutz besitzt. Im Hochwasserfall bewirkt eine Deichrückverlegung eine Aufweitung des durchflossenen Querschnitts und führt infolgedessen lokal zu Wasserstandsabsenkungen, die sich nach oberstrom abklingend fortsetzen. Im Falle der Deichrückverlegung Lenzen betrug dieser Effekt beim Hochwasser 2013, bezogen auf den Scheitelwasserstand, am oberen Ende der Deichrückverlegung ca. 40–50 cm und wirkte sich bis an den Pegel Wittenberge mehr als 30 km oberstrom aus. Die dort mit dem hydraulischen 2D-Modell der unteren Mittelelbe von der BfG berechnete Scheitelreduktion lag immer noch bei 8 cm (BfG, 2015).



Abb. 3: Einströmen durch Schlitz 1 der Deichrückverlegung Lenzen am 18.01.2013 (Abfluss > MHQ; Bildquelle: M. Promny, BfG)

Abbildung 4 zeigt in einem schematischen Längsschnitt eines Gewässers für eine stationäre Abflusssituation die unterschiedlichen Wirkungen von ungesteuerten Maß-

nahmen wie bspw. Deichrückverlegungen und gesteuerten Rückhaltungen, z. B. in Poldern oder Talsperren, auf den Scheitelwasserstand. Im Gegensatz zur Deichrückverlegung, die - wie zuvor beschrieben - nach oberstrom wirkt, kann ein Polder, der der Hochwasserwelle im Scheitelpunkt eine bedeutende Wassermenge entzieht, weiterreichende Wasserstandsminderungen unterstrom der Maßnahme bewirken. Diese sind allerdings stark abhängig von der großräumigen Hochwassergenese und ihrem charakteristischen Zusammenspiel zwischen Hauptgewässern und Nebenflüssen.

Beim großen Rheinhochwasser vom März 1988 kamen zum ersten Mal die einsatzbereiten gesteuerten Rückhaltemaßnahmen am Oberrhein zum Einsatz. Erstmals wurde bei diesem Hochwasser zum Schutz der Kölner Altstadt auch die mobile Hochwasserschutzwand errichtet, die ihre Bewährungsprobe bravourös bestand. Sie gewährleistete zum damaligen Zeitpunkt eine Sicherheit gegen Überflutung bis zu einem Pegelwasserstand in Köln von 10,00 m. Der im März 1988 erreichte Scheitelwasserstand betrug 9,95 m am Pegel. Im Rahmen eines Projekts zur Dokumentation des Ereignisses (KHR, 1990) konnten durch großräumige Berechnungen mit dem damaligen BfG-Modell des Rheins nachgewiesen werden, dass mindestens 3 cm der vorhandenen 5 cm Freibord auf die eingesetzten Maßnahmen am Oberrhein zurückzuführen ist. Dies war möglich, da die großen Nebenflüsse des Rheins bei diesem Hochwasser den Scheitelpunkt nicht neu festgelegt, sondern nur regelmäßig aufgehöhht haben. Ein Glücksfall, mit dem aufgrund der heterogenen Hochwassergenese am Rhein, nicht bei allen Hochwassern zu rechnen ist (IKSR, 2012).

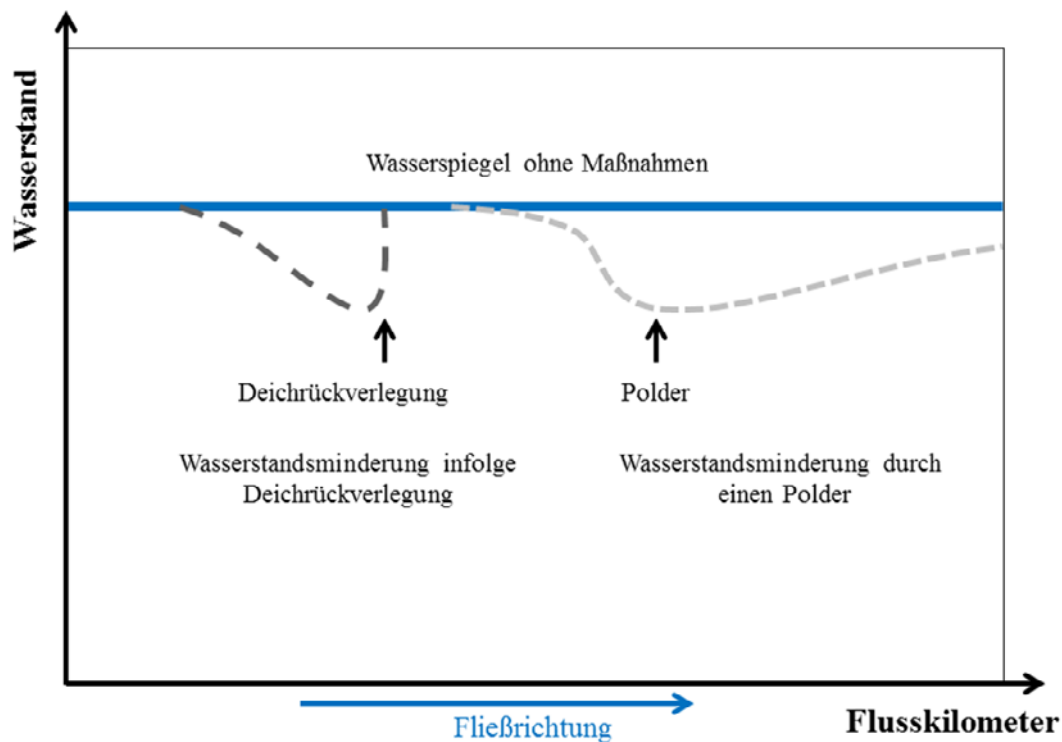


Abb. 4: Schematische Darstellung der Wirkung gesteuerter und ungesteuerter Maßnahmen auf eine stationäre Wasserspiegellage (in Anlehnung an IKSR, 2012)

Im Gegensatz zum Rhein sind für die extremen Hochwasser an der Elbe kaum Verläufe bekannt, bei denen unterhalb der tschechisch-deutschen Grenze die Hochwasserscheitelmerkmale (zeitliche Verschiebung, Aufprägung neuer Scheitel) nochmals grundsätzlich verändert wurden. Eine maßnahmenbedingte Scheitelminderung im Oberlauf der Elbe kann sich somit auch auf den Scheitel über weite Strecken im Unterlauf mindernd auswirken. So zeigt der Einsatz der Talsperren in Tschechien und an der Saale bei den großen Hochwassern 2002, 2006, 2011 und 2013, bei denen zwischen ca. 150 Mio. m³ und 520 Mio. m³ Wasser aus der Welle temporär zurückgehalten wurde, positive Auswirkungen, die sich als Scheitelreduktion bis an der unteren Mittel-Elbe kurz vor den Toren Hamburgs manifestieren und dort noch mehrere Dezimeter betragen können (Abb. 5).

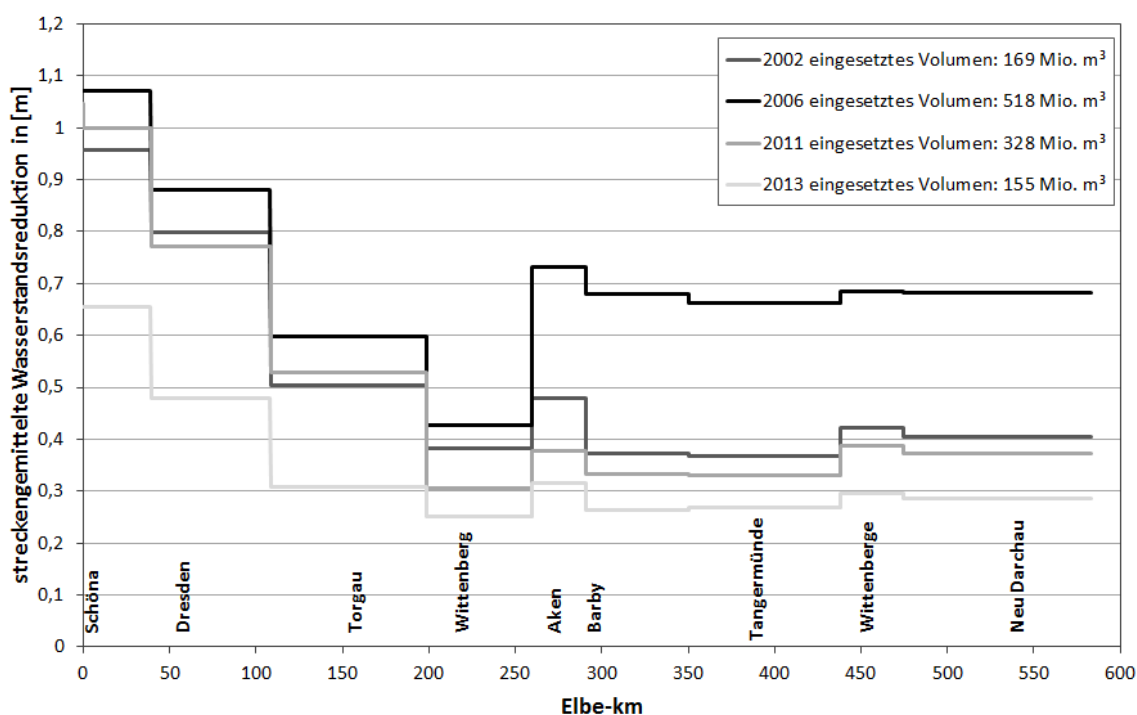


Abb. 5: Scheitelreduktionen durch tschechische und thüringische Talsperren an der Elbe (BfG, 2012; BfG 2013)

Der Vergleich der Wirkmechanismen macht deutlich, dass sowohl Deichrückverlegungen als auch gesteuerte Rückhaltungen „großräumige“ Wirkungen erzeugen können. In Abhängigkeit von Dimensionierung und Gestaltung der Maßnahme reichen diese bei Deichrückverlegungen mehrere 10 km nach oberstrom, während gesteuerte Rückhaltungen ihre scheitelreduzierenden Effekte sogar einige 100 km nach unterstrom entfalten können. Während eine Deichrückverlegung dabei weitgehend unabhängig von der großräumigen Hochwassergenese wirkt, spielt für den Wirkungsgrad von gesteuerten Rückhaltungen der zeitliche Verlauf der Befüllung und die unterstrom folgende Überlagerung von Zuflüssen aus Haupt- und Nebengewässern eine maßgebliche Rolle (s. o., vgl. auch BfG, 2016).

3.2.2 Modellgestützte Bewertung von Maßnahmen zur Veränderung der Vorlandstruktur an der unteren Mittel­elbe

Die positiven Beispiele der Deichrückverlegung in Lenzen an der Elbe (Kap. 3.2.1) oder der Flutmulde Rees am Niederrhein (Abel, 2016) zeigen, wie verkehrliche, naturschutz- und hochwasserschutzfachliche Ziele auch an den großen Strömen in Deutschland Hand in Hand miteinander erreicht werden können. Diese Vorzeigeprojekte sollen und können allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass oftmals auch ein Spannungsfeld zwischen ökologischen Zielsetzungen und Anforderungen des Hochwasserschutzes existiert. Konfliktsituationen können u. a. dann entstehen, wenn sich positive ökologische Entwicklungen an einem Gewässer zu Lasten des Hochwasserschutzes einstellen. An der unteren Mittel­elbe beispielsweise haben sich infolge von Änderungen der Landnutzung und der Bewirtschaftung die Vegetationsverhältnisse in den Elbevorländern teilweise signifikant geändert. Abbildung 6 zeigt die Bewuchssituation im Elbevorland bei Dömitz im Zustand 1990 und 2011. Visuell erkennbar ist die Zunahme von Gehölzen auf dem linken Vorland (rechter Bereich des Bildes). Diese Entwicklung wird in der Öffentlichkeit häufig als „Verbuschung“ bezeichnet und zum Teil mit Veränderungen der Wasserspiegellagen bei den jüngeren Hochwasserereignissen und einer generellen Verschärfung der Hochwassersituation in Verbindung gebracht.



Abb. 6: Elbe und Vorland bei Dömitz (Elbe-km 505,7), Blick stromauf; oben: Zustand 1990 (Quelle: N. Busch, BfG); unten: Zustand 2011 (Quelle: Grundig, 2011)

Abflussverbessernde Maßnahmen auf den Vorländern, wie Deichrückverlegungen, Flutrinnen, Vegetationsrückschnitt und Vorlandabgrabungen, können in solchen Fällen zu einer Verbesserung der hydraulischen Situation führen. Den naturschutzfachlichen Zielen einer natürlichen Vegetationsentwicklung in der Aue stehen jedoch gerade die beiden letztgenannten Maßnahmentypen oftmals zu wider. In Rahmen einer Kooperation der BfG mit den Bundesländern Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein wurde deshalb im Jahr 2014 ein 2D-hydrodynamisches Modell zur Analyse der Strömungsverhältnisse der unteren Mittelelbe fertiggestellt (BfG, 2015). Eingesetzt wurde es zur Untersuchung der Wirkung durchgeführter und geplanter abflussverbessernder Maßnahmen sowie deren Kohärenzmaßnahmen (BfG, 2015, Promny et al., 2015). Ziel war es, Maßnahmenkombinationen zu identifizieren, die die Abflussverhältnisse im Vorland der Elbe so verbessern, dass im Abflussbereich von HQ₁₀₀ über große Strecken hinweg Wasserstandabsenkungen von 25–35 cm erreicht werden. Die untersuchten Auswirkungen von in Summe mehr als 100 vegetations- und topografieverändernden Maßnahmen lassen jedoch nur (bezogen auf die Gewässermitte) bereichsweise, d. h. lokal, Wasserstandminderungen von 10–15 cm als möglich erscheinen. Im Vergleich dazu sind deutlich größere Effekte durch weitere Deichrückverlegungen und Flutrinnen zu erwarten (BfG, 2015).

Die Studie kommt somit zum Schluss, dass großräumige Entschärfungen der Hochwassersituation durch realistische Maßnahmenkombinationen von Vegetations- und Abgrabungsmaßnahmen im Vorland der Elbe nicht erreichbar sind, lokal bedeutende Wirkungen hingegen schon. Neben den hydraulischen Kriterien und Fragestellungen (Liegt die Maßnahme an einer hydraulischen Engstelle? Findet der Vegetationsrückschnitt in einer Fließzone oder in einem strömungsberuhigten Bereich statt?) spielt bei der Umsetzung solcher Maßnahmen mit potentiell negativen Auswirkungen auf den ökologischen Zustand die Realisierbarkeit aus naturschutzfachlicher Sicht eine Rolle.

4 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Die vorgestellten Projektbeispiele zur modellgestützten Analyse und Bewertung von verschiedenen ökologischen und technischen Hochwasserschutzmaßnahmen an BWaStr, an ihren Zuflüssen und in ihren Einzugsgebieten zeigen eine Bandbreite möglicher Wirkungen und Wirkmechanismen auf. Dabei lässt sich die Tendenz feststellen, dass ökologisch orientierte Maßnahmen eher für den lokalen und regionalen Hochwasserschutz von Bedeutung sind – dies gilt sowohl für Maßnahmen im Einzugsgebiet (Rückhalt in der Fläche) als auch für ungesteuerte Maßnahmen in der Gewässeraue (Deichrückverlegungen). An großen Strömen kann bei Letzteren im Falle einer strömungstechnisch optimalen Realisierung die regionale Auswirkung über mehrere 10 km nach oberstrom reichen.

Bedeutende großräumige Scheitelreduktionen könnten auch durch ökologische Maßnahmen hervorgerufen werden. Die Ergebnisse für das Beispiel des Landnutzungs-

szenarios „LNW“ in Kapitel 3.1 (vgl. Abb. 2), das von einer Bewaldung des gesamten Rheineinzugsgebiets ausgeht, oder auch der Vergleich der verlorenen Überschwemmungsflächen an der Elbe mit den aktuell zurückgewonnenen Flächen (Kap. 3.2), zeigt jedoch, dass diese Szenarien aktuell nur theoretischen Charakter besitzen. Offensichtlich ist, dass mit den noch zu geringen Möglichkeiten der Flächenrückgabe an die Flüsse bzw. der Flächenumwidmung in den Einzugsgebieten nicht annähernd die mindernde großräumige Wirkung erzeugt werden kann, die in den großen Schadensdimensionen extremer Hochwasser relevant ist. Deutlich ist aber auch, dass in Fällen geringeren Nutzungsdrucks mehr Landrückgabe und somit mehr regional spürbare Hochwasserentlastung möglich wäre.

Auch in Zukunft sind deshalb gesteuerte, technische Hochwasserschutzmaßnahmen unverzichtbar. Da ihre überregionalen scheinbar reduzierenden Wirkungen jedoch ebenfalls mit Unsicherheiten (bspw. der Abhängigkeit von der großräumigen Hochwassergenerierung) behaftet sind, wird es auch weiterhin notwendig sein, ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen Maßnahmen verschiedenen Typs und Wirkweise in den Hochwasserschutzkonzepten zu verankern. Maßnahmen, die großräumige überregionale Wirkungen hervorrufen können, müssen darin ebenso Berücksichtigung finden, wie lokale Schutzmaßnahmen, die vor allem auch der Beseitigung von Schwachstellen (hydraulische Engstellen, Freiborddefizite, ungünstige Strömungsbedingungen) dienen können. Hierfür liefert das vom Bund und den Bundesländern nach dem Hochwasser im Juni 2013 initiierte „Nationale Hochwasserschutzprogramm“ (NHWSP) ein hervorragendes Beispiel, da es gleichermaßen Fördermöglichkeiten für Deichrückverlegungen und für gesteuerte Rückhaltungen (Polder) bietet.

Ökologisch gestaltete Maßnahmen, wie Flutmulden und Deichrückverlegungen, sorgen neben einer regionalen Hochwasserentlastung vor allem auch für eine gleichzeitige ökologische Aufwertung der Flächen, was auch Bestandserfassungen der BfG bestätigt haben. Versteht man den Hochwasserschutz im Sinne einer gesamtgesellschaftlichen Aufgabe, dann werden auch alle Ökosystemleistungen in die Bewertung von Maßnahmen mit einfließen müssen – ebenso, wie die Diskussion der Betroffenheit in Form von Schadenspotentialen oder weiteren nutzungsbezogenen Aspekten. Eine hydraulische Bewertung der Maßnahme muss zuvor die Bandbreite der Betroffenheit erfassen, reicht alleine allerdings nicht aus. Für den Bund steht nicht nur die wasserstraßenbezogene Infrastruktur im Blickpunkt, sondern alle möglicherweise betroffenen Verkehrsträger und Infrastruktureinrichtungen in Verbindung mit dem bestmöglichen Umgang mit Lebensräumen. Die Realisierung einer „multifunktionalen“ Maßnahme wird somit von einer multikriteriellen Wirkungsanalyse abhängig gemacht, der ökologische Faktor ist eines von mehreren „Etiketten“ (Kriterien), das – wie Kapitel 3.2.2 zeigt – nicht zwangsläufig zu einer Bewertung „wirkungsvoll“ führt.

5 Literatur

Abel, D. (2016): Flutmulde Rees. Win-win-win: Schifffahrt-Hochwasserschutz-Naturschutz. Vortrag beim 46. Internationalen Wasserbausymposium am 07./08. Jan. 2016 in Aachen.

BfG (2002): Einfluss der Landnutzung und der Ausbaumaßnahmen auf den Hochwasserablauf im Rhein. BfG-Bericht Nr. 1363. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

BfG (2006): Modellgestützter Nachweis der Auswirkungen von geplanten Rückhaltemaßnahmen in Sachsen und Sachsen-Anhalt auf Hochwasser der Elbe. BfG-Bericht Nr. 1542. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

BfG (2012): Bewertung von Einflüssen tschechischer und thüringer Talsperren auf Hochwasser an Moldau und Elbe in Tschechien und Deutschland mittels Einsatz mathematischer Abflussmodelle. BfG-Bericht Nr. 1725. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

BfG (2013): Wirkung von Deichbrüchen, von gesteuerten und ungesteuerten bestehenden Rückhaltungen sowie von geplanten Maßnahmen auf das Hochwasser im Mai/Juni 2013 an der Elbe. Kurzbericht (unveröffentlicht). Bundesanstalt für Gewässerkunde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Koblenz

BfG (2015): 2D-Modellierung an der unteren Mittelelbe zwischen Wittenberge und Geesthacht. BfG-Bericht Nr. 1848. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

BfG (2016): Ad-hoc-Untersuchungen zur Ermittlung der Wirkungen priorisierter Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms. Teilbericht 2: Realitätsnähere modellierte Wirkungen und Wirkungsgrade der gemeldeten gesteuerten Rückhaltungen an Rhein, Elbe und Donau. BfG-Bericht Nr. 1833 (2). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Damm, C. (2013): Deichrückverlegung Lenzen-Wustrow – Geschichte und Umsetzung im Rahmen eines Naturschutzgroßprojektes. In: BAW (2013): Die Deichrückverlegung Lenzen an der Elbe. Mitteilungen Nr. 97, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

DIN 4049-3 (1994-10): Hydrologie - Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie

DWA (2015): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. Merkblatt DWA-M 550. Ausgabe 11/2015. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef

EC (2015): Ein Leitfaden zur Unterstützung der Auswahl, Ausgestaltung und Umsetzung von natürlichen Wasserrückhaltemaßnahmen in Europa. Einblick in die vielfältigen Vorteile naturnaher Lösungen. Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt

Grundig, R.-D. (2011): Fotos (verändert) via (letzter Abruf 09.04.2015): <https://geolocation.ws/v//5562072154900969073-5619509351632700450/elbe-dmitz/en> und

<https://geolocation.ws/v//5562072154900969073-5619509378870259554/elbe-bei-dmitz/en>

HSK (1978): Ergebnisse der Untersuchungen über die Hochwasser und ihre Entwicklung von Beginn der Aufzeichnungen, die Einflüsse des Ausbaus des Rheins, seiner Nebenflüsse und der Seen auf das Hochwasser, den derzeitigen Stand des Hochwasserschutzes sowie Empfehlungen für Maßnahmen gegen die vergrößerte Hochwassergefahr. Schlussbericht vom Februar 1978, Teil 1. Hochwasser-Studienkommission für den Rhein

Huang, S., Krysanova, V., Hattermann, F. (2014): Projections of climate change impacts on floods and droughts in Germany using an ensemble of climate change scenarios. *Regional Environmental Change* 15(3). Springer Verlag: Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/s10113-014-0606-z

IKSE (2005): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Ein geografisch, hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick. Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg

IKSR (1998): Aktionsplan Hochwasser. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz

IKSR (2012): Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung der Hochwasserstände im Rhein infolge Umsetzung des Aktionsplan Hochwasser 1995 - 2010 einschließlich Vorausschau für 2020 sowie für 2020+. IKSR-Bericht Nr. 199. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz

KHR (1990): Das Hochwasser 1988 im Rheingebiet. KHR-Bericht Nr. I-9. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheins, Lelystad

KHR (1993): Der Rhein unter der Einwirkung des Menschen – Ausbau, Schifffahrt, Wasserwirtschaft. KHR-Bericht Nr. I-11. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheins, Lelystad

LAWA (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Hochwasser – Ursachen und Konsequenzen. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser im Auftrag der Umweltministerkonferenz, Stuttgart

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

LWF Bayern (2003): Hochwasserschutz im Wald. Berichte (Nr. 40) aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising

PROMNY, M., HAMMER, M., BUSCH, N. (2014): Untersuchungen zur Deichrückverlegung Lenzen auf das Hochwasser vom Juni 2013 an der unteren Mittelelbe, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 6, Seite 344-349.

WHG (2013): Wasserhaushaltsgesetz. Fassung aufgrund des Gesetzes zur Änderung des Umwelt-Rechtsbehelfsgesetzes und anderer umweltrechtlicher Vorschriften vom 21.01.2013 (BGBl. I S. 95) m.W.v. 01.08.2013

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Geoökol. Marcus Hatz
Dipl.-Ing. Michael Behrendt
Dipl.-Met. Norbert Busch
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz