

HEFT **25.09**

Die neue EG-Hochwasserrichtlinie – In drei Schritten zur Umsetzung
Beiträge zum Seminar am 19. Februar 2009 in Magdeburg

Heribert Nacken (Herausgeber)

Veranstalter des Seminars:

- ≈ Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften
in der DWA
- ≈ Arbeitsgruppe Hochwassermanagement
im Hauptausschuss Hydrologie und Wasserbewirtschaftung
der DWA



Heribert Nacken (Herausgeber):

**Die neue EG-Hochwasserrichtlinie
In drei Schritten zur Umsetzung**

**Beiträge zum Seminar am 19. Februar 2009
beim Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft in Magdeburg**

Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung; Heft 25.09

ISBN: 978-3-941089-53-2

Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften, 2009

Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Herausgeber:

Fachgemeinschaft Hydrologische
Wissenschaften in der DWA
Geschäftsstelle
Theodor-Heuss-Allee 17
D - 53773 Hennef
Tel.: 02242/872 – 0
Fax: 02242/872 – 135
info@FgHW.de
www.FgHW.de

Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung
für Wasserwirtschaft, Abwasser und
Abfall e.V., Bundesgeschäftsstelle
Theodor-Heuss-Allee 17
D – 53773 Hennef
Tel.: 02242/872 – 333
Fax: 02242/872 – 100
vertrieb@dwa.de
www.dwa.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heribert Nacken
Fachgemeinschaft Hydrologische
Wissenschaften in der DWA

Druck und Binden:
Vasen BigPrint, Hennef

Univ.-Prof. Dr. Uwe Grünewald
Hauptausschuss Hydrologie und
Wasserbewirtschaftung der DWA

Umschlaggestaltung:
Dorit Steinberger, München

© FgHW – Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 2009

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeber in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Die wissenschaftliche Richtigkeit der Texte, Abbildungen und Tabellen unterliegt nicht der Verantwortung der Herausgeber.

Die neue EG-Hochwasserrichtlinie In drei Schritten zur Umsetzung

Der seitens der EU-Kommission im Jahr 2000 eingeführte neue und einheitliche Ordnungsrahmen für die Wasserwirtschaft in den Mitgliedstaaten ist mittlerweile fest in den Instanzen der Wasserpolitik verankert, und die ersten Vorschläge für Bewirtschaftungspläne sowie Maßnahmenprogramme wurden zum Jahresende 2008 unterbreitet.

Allerdings hatte die EG-Wasserrahmenrichtlinie von Anfang an eine offene Flanke: Die Belange des Hochwassers mit all seinen Auswirkungen und Implikationen waren in der EG-WRRL nicht integriert.

Die EU hat dieses Manko in der Zwischenzeit durch die Einführung einer eigenständigen Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken behoben, die sich eng an die zeitlichen und organisatorischen Vorgaben der EG-WRRL angliedert und die spezifischen Hochwasser Aspekte der Wasserwirtschaft thematisiert. Neu dabei ist speziell der durchgehende Leitgedanke des Hochwasserrisikomanagements.

Wohin geht jetzt die Reise beim europäischen Hochwasserschutz?

Diese Frage hat die Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften zum Anlass für eine Seminarveranstaltung genommen, deren Vorträge in diesem Heft unserer Schriftenreihe veröffentlicht werden.

Das Ziel des Seminars bestand darin zu erläutern, in welche Teilschritte sich die Umsetzung der EG-Richtlinie aufgliedern lässt, welche Lösungsansätze bereits heute existieren und mit welchen neuen Herausforderungen sich die Wasserwirtschaft in den Folgejahren beschäftigen wird.



Wir hoffen, dass die vorliegende Ausgabe unserer Schriftenreihe Ihnen eine fachlich interessante Hilfestellung für Ihre Auseinandersetzung mit dem Thema des Hochwasserrisikomanagements gibt.

Heribert Nacken

Inhalt

Seite

Günter Meon

Überblick und Verfahren zur Bewertung des Hochwasserrisikos

5

Vorausschauende Bewertung des Hochwasserrisikos*Mathias Deutsch und Karl-Heinz Pörtge*

Historische Unterlagen als eine Grundlage für die Bewertung des Hochwasserrisikos

25

Gabriele Merz und Karlheinz Kraus

Vorausschauende Bewertung des Hochwasserrisikos in Bayern

37

Karl-Heinz Rother

Indikatoren zur Bewertung der Hochwasservorsorge

47

Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten*Markus Disse und Alpaslan Yörük*

Hydraulische Modelle und Unsicherheiten als Basis für Hochwassergefahrenkarten

57

Walter Pflügner

Hochwasserschadensinformationen als Basis für Hochwasserrisikokarten und das Hochwasserrisikomanagement

81

Georg Spanknebel

Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland

95

Pläne für das Hochwasserrisikomanagement*Uwe Müller*

Hochwasserrisikomanagement im Freistaat Sachsen

111

*Heribert Nacken*Hochwasserrisikomanagement im Zusammenspiel mit den
Maßnahmeplänen der EG-WRRL

125

Anschriften der Autoren	137
Erschienene Hefte der Schriftenreihe Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung	139

Überblick und Verfahren zur Bewertung des Hochwasserrisikos

Günter Meon

Zusammenfassung

Es wird die EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie mit ihren drei Schritten der Umsetzung im Überblick vorgestellt und auf die fachliche Umsetzung in Deutschland eingegangen. Der erste Umsetzungsschritt sieht eine „vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos“ vor. Hierfür und insbesondere für die beiden Folgeschritte „Hochwasserrisikokarten“ und „Hochwasserrisikomanagementpläne“ werden synthetische Hochwasserabflüsse für vorgegebene Auftretenswahrscheinlichkeiten benötigt. Dazu werden aktuelle Arbeiten, die von der DWA-Arbeitsgruppe AG HW-4.1 „Hochwassermanagement“ koordiniert werden, umrissen. Eine Bewertung des Hochwasserrisikos einer Flussgebietseinheit schließt auch eine Bewertung der Sicherheit bestehender Wasserbauwerke wie Stauanlagen ein. Für diese Bauwerke wird ein neues Verfahren der Risikobewertung präsentiert, das von den Universitäten Braunschweig und Karlsruhe im BMBF-Förderschwerpunkt RIMAX entwickelt wurde. Das Gesamtziel des Vorhabens bildete die Erarbeitung eines Instrumentariums zur risikobasierten hydrologischen Bemessung geplanter und zur Sicherheitsbewertung bestehender Stauanlagen. Das Verfahren wurde modelltechnisch entwickelt und anhand von Beispielen illustriert. Es ermöglicht, die Bemessungsverfahren gemäß DIN 19700 „Stauanlagen“ durch eine Risikobewertung zu ergänzen. Das Verfahren enthält die Module „extreme synthetische Hochwasserganglinien; Überströmwahrscheinlichkeiten; Bruchwahrscheinlichkeit, Bruchablauf und Bruchwelle; Wellenablauf und Überflutungsgrenzen; Versagensfolgen; Risikokenngrößen und Risikobewertung“.

1. Die EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie im Überblick

Die Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die „Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken“ ist am 26. November 2007 in Kraft getreten. Mit dieser Richtlinie – nachfolgend als Hochwasserrichtlinie bezeichnet – soll ein gemeinsamer Rahmen für die Bewertung und die Verringerung der hochwasserbedingten Risiken für die menschliche Gesundheit, die Umwelt und die Wirtschaft im gesamten Hoheitsgebiet der Europäischen Union (EU) geschaffen werden. Mit der Umsetzung in den EU-Ländern sollen die hochwasserbedingten Risiken insbesondere an Flussläufen und in Küstengebieten verringert werden. Vorgesehen sind (EUROPÄISCHE UNION 2007; LÖW 2008):

- eine vorausschauende Bewertung von Hochwasserrisiken in gefährdeten Flusseinzugsgebieten bis zum 22. Dezember 2011,
- die Anfertigung von Hochwasserrisikokarten für alle Gebiete, in denen ein signifikantes Hochwasserrisiko besteht, bis zum 22. Dezember 2013,

- die Ausarbeitung von Plänen für das Hochwasserrisikomanagement im Rahmen einer umfassenden Zusammenarbeit und Beteiligung der Mitgliedstaaten bis zum 22. Dezember 2015.

Die genannten drei Schritte werden in Anlehnung an LÖW (2008) nachfolgend kurz beschrieben; für Details und Beispiele in Deutschland wird auf die anderen Beiträge des Bandes verwiesen.

Im ersten Schritt sollen die Mitgliedstaaten für jedes Einzugsgebiet und jeden Teil eines internationalen Einzugsgebiets auf ihrem Hoheitsgebiet auf der Grundlage verfügbarer oder leicht abzuleitender Informationen eine „vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos“ vornehmen und dabei bestimmte Beschreibungen sowie eine Prognose der geschätzten Folgen künftiger Hochwasserereignisse erstellen. Auf der Grundlage dieser Bewertung sollen der Richtlinie zufolge in jedem Einzugsgebiet, Teileinzugsgebiet und jedem Küstenabschnitt innerhalb einer Flussgebietseinheit die Gebiete bestimmt werden, bei denen die Mitgliedstaaten davon ausgehen, „dass ein potenziell signifikantes Hochwasserrisiko besteht oder für wahrscheinlich gehalten werden kann“. Damit wird die Gebietseinstufung auf die spezifizierten Risikogebiete beschränkt, die in der deutschen Terminologie als Überschwemmungsgebiete, bei denen durch Hochwasser nicht nur geringfügige Schäden entstanden oder zu erwarten sind (§ 31b Abs. 2 S. 1 Wasserhaushaltsgesetz), bezeichnet werden. Die Mitgliedstaaten haben die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos bis 22. Dezember 2011 abzuschließen und spätestens im Jahre 2018 sowie danach alle sechs Jahre zu überprüfen und, wenn erforderlich, zu aktualisieren.

Als zweiten Schritt sieht die Richtlinie „Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten“ (Hochwasserkarten) vor. Diese sollen die Gebiete mit einem potenziell signifikanten Hochwasserrisiko erfassen und Hochwasser mit niedriger (Extremereignisse, ohne Vorgabe), mittlerer (hundertjährlich oder seltener) und hoher Auftretenswahrscheinlichkeit (ohne Vorgabe) darstellen. Die Wahrscheinlichkeiten bzw. Jährlichkeiten sind somit nur für den mittleren Bereich einseitig spezifiziert. In den Karten sind das Ausmaß der Überflutung, die Wassertiefe bzw. der Wasserstand sowie gegebenenfalls die Fließgeschwindigkeit oder relevante Abfluss anzugeben. Die potenziell hochwasserbedingten nachteiligen Auswirkungen sind bei den genannten Szenarien anzugeben. Sie werden ausgedrückt durch die Anzahl der potenziell betroffenen Bewohner, die Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potenziell betroffenen Gebiet und mögliche Umweltschäden sowie optional weitere als nützlich betrachtete Informationen, wie z. B. Gefahr von Sedimentverlagerung oder Angaben zu anderen bedeutenden Verschmutzungsquellen. Nach der Richtlinie sollen die Mitgliedstaaten sicherstellen, dass die Hochwasserkarten spätestens bis zum 22. Dezember 2013 erstellt und bis zum 22. Dezember 2019 sowie danach alle sechs Jahre überprüft und erforderlichenfalls aktualisiert werden.

Der dritte Schritt besteht in der Erstellung von „Plänen für das Hochwasserrisikomanagement“. Die Mitgliedstaaten haben auf der Ebene der Flussgebietseinheiten oder der Bewirtschaftungseinheiten für die Einzugsgebiete, Teileinzugsgebiete und Küstengebiete, die als Gebiete mit einem potenziell signifikanten Hochwasserrisiko anzusehen sind, solche Pläne zu erstellen und umzusetzen. Allerdings ist der Inhalt dieser Pläne nicht präzise vorgeschrieben. Die Mitgliedstaaten legen für alle Einzugsgebiete, Teileinzugsgebiete und Küstenabschnitte ein angemessenes Schutzniveau fest, wobei der Schwerpunkt auf der Verringerung des Hochwasserrisikos und potenzieller Folgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten sowie auf der Hochwasservorsorge, gegebenenfalls in Verbindung mit Verminderung der Hochwasserwahrscheinlichkeit, liegt. Weitere relevante Aspekte, wie etwa Kosten und Nutzen, Ausdehnung der Überschwemmungsgebiete und der Hochwasserabflusswege sowie Gebiete mit dem Potenzial zur Retention von Hochwasser, die umweltbezogenen Ziele der Wasserrahmenrichtlinie, die Bodennutzung und Wasserwirtschaft, die Raumordnung, die Flächennutzung, der Naturschutz, die Schifffahrt und Hafeninfrastruktur sind zu berücksichtigen. In den Plänen für das Hochwasserrisikomanagement sollen Maßnahmen beschrieben werden, die darauf abzielen, das festgelegte angemessene Schutzniveau zu erreichen. Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements, die in einem Mitgliedstaat ergriffen werden, dürfen gemäß dem Grundsatz der Solidarität das Hochwasserrisiko in benachbarten Ländern nicht erhöhen. Der Hochwasserrisikomanagementplan soll die im Anhang der Richtlinie erläuterten Bestandteile – insbesondere auch Beschreibungen des angemessenen Schutzniveaus und der hierzu erforderlichen Maßnahmen – umfassen. In zeitlicher Hinsicht sieht die Richtlinie vor, dass die Pläne für das Hochwasserrisikomanagement bis zum 22. Dezember 2015 zu erstellen sind. Spätestens im Jahr 2021 und danach alle sechs Jahre sollen die Pläne überprüft und, sofern vonnöten, aktualisiert werden.

2. Strategie der fachlichen Umsetzung der Hochwasserrichtlinie in Deutschland

Der Text zu Kapitel 2 wurde von LÖW (2008) übernommen. Die Hochwasserrichtlinie lässt eine Vielzahl von Punkten offen. Im Interesse einer vergleichsweise einheitlichen Regelung sind die Bestimmungen in diesen Punkten zu konkretisieren. Beispielsweise wird zu definieren sein, nach welchen Kriterien das „potenziell signifikante Hochwasserrisiko“ abzugrenzen ist.

Im Übrigen stellen die Ziele und Aufgabenstellungen der Hochwasserrichtlinie für Deutschland nichts grundsätzlich Neues dar. Die klassische Hochwasservorsorge, die auch den Umgang mit dem Hochwasserrisiko umfasst, bildete bereits in der Vergangenheit eine wichtige Säule der Hochwasserschutzkonzepte der Länder, wie auch die „Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ und die „Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ sowie die „Handlungsempfehlung zur Erstellung von Hochwasser-Aktionsplänen“ verdeutlichen (LAWA, 2003 und 1995; LAWA, 2007).

Aus Sicht der Länder wird daher die Strategie verfolgt, neue Aufgaben, die sich aus der Hochwasserrichtlinie ergeben, in die bestehenden oder in Bearbeitung befindlichen Hochwasserschutzkonzepte zu integrieren. Das Ziel lautet, die laufende Umsetzung der Hochwasserschutzkonzepte durch die Umsetzung der Hochwasserrichtlinie nicht zu verzögern oder zu unterbrechen. Die in den Ländern verfügbaren Ressourcen für den Hochwasserschutz erfordern es, die anfallenden Aufgaben nach Prioritäten geordnet abzuarbeiten. Deshalb ist es beispielsweise nicht möglich, flächendeckende Pläne zu erstellen, die aufgrund der Ressourcenproblematik nicht umgesetzt werden könnten. Dass dabei die Zielerreichung unter Beachtung der Priorisierung im Vordergrund stehen muss, versteht sich von alleine. Die formalen Aspekte der Hochwasserrichtlinie müssen deswegen auf ein vertretbares Niveau reduziert bleiben. Aufwendige Implementierungsstrategien und Abstimmungsprozeduren für formale Anforderungen, wie sie beispielsweise mit den CIS-Prozessen („Common Implementation Strategy“) der Wasserrahmenrichtlinie verbunden sind, führen nicht zu einem verbesserten Hochwasserschutz. Binnen- und Küstenhochwasserschutz sind thematisch eng verknüpft. Mit der Einrichtung des neuen LAWA-Ausschusses „Hochwasserschutz und Hydrologie“ (LAWA-AH) hat die LAWA die notwendigen Strukturen für eine gemeinsame Behandlung der Themen geschaffen.

3. Schritt 1 „Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos“ im Sinne der Hochwasserrichtlinie

Die geforderte vorläufige Bewertung nach der Richtlinie entspricht nicht einer Risikobewertung nach der wissenschaftlich-technischen Definition. Dort basiert die Risikobewertung oder Risikoeinschätzung auf einer Risikoanalyse als erster Stufe. In dieser sind die Auftretenswahrscheinlichkeiten für einen Hochwasserschaden zu ermitteln und mit den quantifizierten Schadensfolgen (Schadenspotenzial, gefährdete Menschen, Umweltindikatoren) zu multiplizieren. Das mittlere jährliche Risiko bzw. die mittlere jährliche Schadenserwartung wird letztlich über eine Integration aller potenziellen Schaden bringenden Ereignisse eines Jahres über deren Wahrscheinlichkeiten und zugehörige Schadensfolgen berechnet. Das quantifizierte Risiko sowie weitere Risikokenngrößen werden gesellschaftlich akzeptierten Risikogrenzwerten gegenübergestellt oder gehen in Kosten-Nutzen-Analysen ein. Bei Überschreitung werden Maßnahmen der Risikominderung angesetzt, und die Risikoanalyse wird wiederholt. Diese zweite Stufe wird als Risikobewertung bezeichnet. Unter Risikomanagement wird der gesamte Prozess des Umgangs mit dem Risiko, dessen Minderung mittels Vorsorge, mit technischen und operationellen Maßnahmen sowie Katastrophenabwehr bei Eintritt des Hochwassers verstanden. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 1 für die Anwendung auf eine Stauanlage veranschaulicht. Kapitel 5 präsentiert hierzu ein Verfahren.

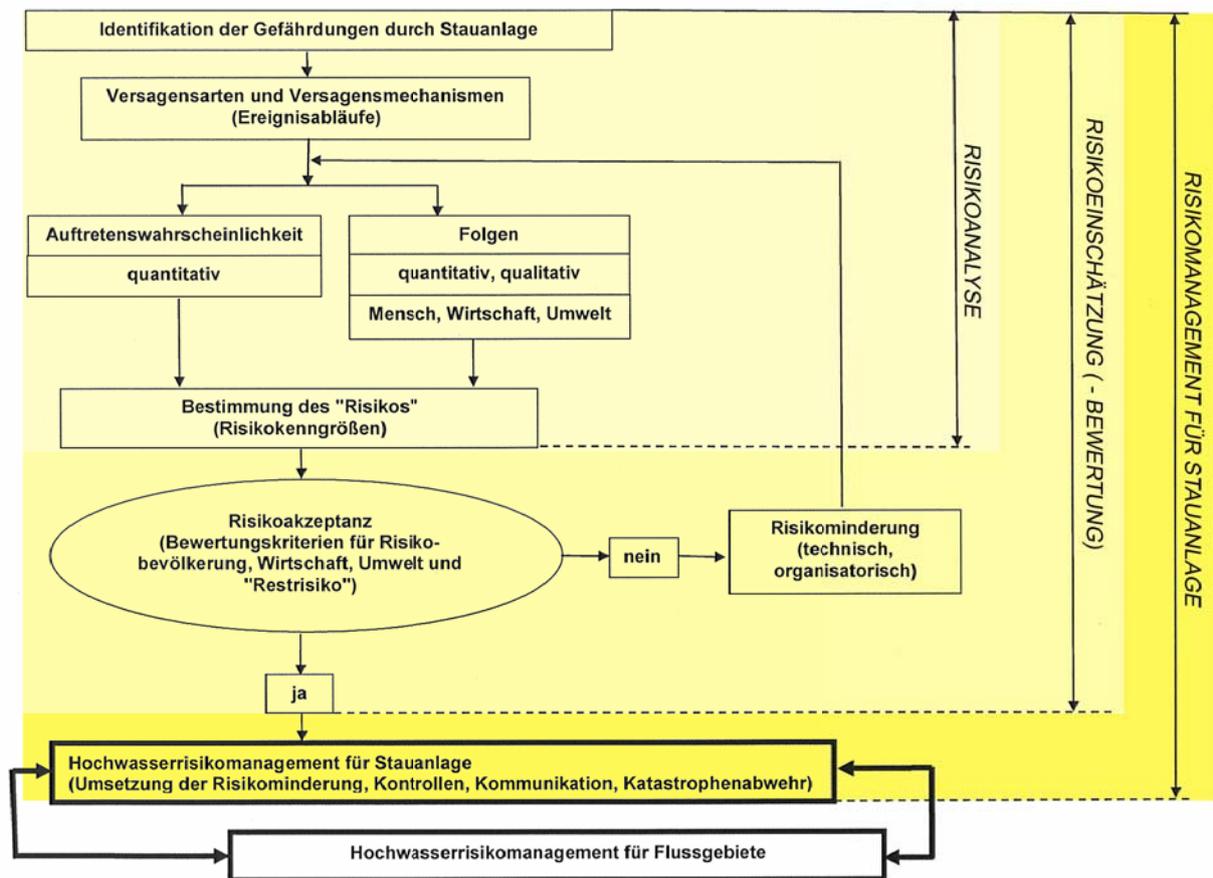


Abb. 1: Ablaufdiagramm für das Hochwasserrisikomanagement einer Stauanlage, umgesetzt im RIMAX-Projekt RIBADD (MEON et al. 2007)

Die geforderte vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos nach der Hochwasserrichtlinie liegt weit unter dem Niveau einer wissenschaftlich-technischen Risikobewertung, wie sie in Kapitel 5 am Beispiel von Stauanlagen erörtert wird.

Als Grundlage für die vorläufige Bewertung nach der Richtlinie fungieren verfügbare und leicht abzuleitende Informationen. Somit sind neue Sachverhaltserhebungen entbehrlich. Aus deutscher Sicht ist dies zu begrüßen, da ausreichende Kenntnisse über die Brennpunkte der Hochwassergefährdung vorliegen. Wichtig ist zudem, dass zur Risikobewertung keine Schadenspotenzialerfassung durchgeführt werden muss (LÖW 2008).

Folglich wird es ausreichend sein, eine Beschreibung vergangener Hochwasser in verbaler Form vorzunehmen; dabei können vorhandene Unterlagen, wie z. B. wasserwirtschaftliche Rahmenpläne, verwendet werden. Kriterien für die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos sind Gefahr für Leib und Leben, Hochwasserschäden sowie Auswirkungen auf die Umwelt.

Die Bewertung der potenziellen nachteiligen Folgen künftiger Hochwasserereignisse auf die menschliche Gesundheit und das Kulturerbe kann über die Zahl der betroffenen Einwohner und die Auflistung hochwassergefährdeter Kulturerbegüter, gegebenenfalls ergänzt um eine Bewertung der Auswirkungen des Hochwassers, erfolgen. Schwerpunkt der Ergebnisse der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos werden bebaute Gebiete und gefährdete Infrastruktureinrichtungen von erheblichem Wert sein. Diese können durch Verschneiden von Siedlungs- und Gewerbeflächen mit hochwassergefährdeten Bereichen z. B. mithilfe von Raumordnungs- oder Bauleitplänen ermittelt werden.

Für die Bewertung der nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt kann z. B. der Datenbestand aus der Online-Datenbank EPER (Europäisches Schadstoffemissionsregister: www.eper.de) verwendet werden. In diesem System werden bundesweit die IVU-Anlagen erfasst. Es wird künftig durch das „Pollutant Release and Transfer Register“ (Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister PRTR – www.home.prtr.de/) ersetzt. Weil Wasser und Hochwasserereignisse Bestandteil des Naturhaushaltes sind, wird davon ausgegangen, dass Naturschutzgebiete/Natura-2000-Gebiete von Natur aus durch Hochwasser betroffen sind. Extremereignisse sind für die vorläufige Bewertung nicht maßgebend und werden nicht oder nur in Ausnahmefällen betrachtet (LÖW, 2008).

Die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos erfolgt neben der verbalen Beschreibung durch Darstellung der Risikogebiete und der Gewässerstrecken mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko in einer Karte in einem geeigneten Maßstab auf Landesebene.

4. Ermittlung von Hochwasserabflüssen für vorgegebene Jährlichkeiten – Erarbeitung einer Handlungsempfehlung durch die DWA-Arbeitsgruppe „Hochwassermanagement“

Insbesondere für Schritt 2 „Erstellung von Hochwassergefahrenkarten“ der Richtlinie werden synthetische Hochwässer für niedrige, mittlere und höhere Auftretenswahrscheinlichkeiten benötigt. Solche Abflüsse sind auch als Bemessungshochwässer für die hydrologische Bemessung und Sicherheitsüberprüfung von Wasserbauwerken wie Stauanlagen und flussbegleitenden Deichen erforderlich. Hierfür arbeitet derzeit ein deutsch-österreichisches Expertenteam unter der Leitung von Prof. Schumann, Ruhruniversität Bochum, einen zeitgemäßen Ansatz mit bestmöglicher Einbringung vorhandener Daten aus. Das Expertenteam ist in die DWA-Arbeitsgruppe AG HW-4.1 „Hochwassermanagement“ eingebunden. Die Arbeiten werden voraussichtlich Ende 2009 abgeschlossen und von der DWA publiziert werden. Nachfolgend wird der derzeit favorisierte Ansatz kurz erörtert, basierend auf nicht publizierten Arbeitsmaterialien des Expertenteams.

Die Ermittlung synthetischer Hochwässer als Grundlage für die Festlegung von Bemessungshochwässern erfolgt bislang traditionell vor allem mithilfe der rein statistischen Auswertung der beobachteten Hochwasserscheitel. Diese Methode stößt in der Praxis häufig an ihre Grenzen, wenn z. B. die Datenreihe sehr kurz oder fehlerbehaftet ist oder die beobachteten Ereignisse nicht aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Besonders die

statistische Bestimmung synthetischer Hochwässer großer Jährlichkeiten erweist sich als problematisch. In den meisten Fällen liegen dem Anwender jedoch neben den beobachteten Hochwasserereignissen weitere hydrologische Informationen vor, die zu einer zuverlässigeren Ermittlung beitragen können (BLÖSCHL & MERZ 2008). Im Folgenden wird ein Ansatz vorgestellt, der durch eine Verknüpfung der traditionellen Hochwasserstatistik mit zeitlichen, räumlichen und kausalen Zusatzinformationen eine zuverlässigere Bestimmung synthetische Hochwässer ermöglichen soll.

Das Konzept dieses Ansatzes besteht darin, verschiedene hydrologische Methoden in Kombination einzusetzen, die sich ergänzende Informationen einbringen und ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Daten nutzen (GUTKNECHT et al. 2006). Der Ansatz ermöglicht auch mehr Spielraum für das Einbringen hydrologischen Sachverständnisses als die rein statistische Analyse.

Zu diesen sich ergänzenden Methoden gehört nach wie vor die Wahrscheinlichkeitsanalyse oder Extremwertstatistik beobachteter Scheitelabflüsse. Auch wenn sie bei limitierten Beobachtungsdaten nur eingeschränkt aussagekräftig ist, so liefert sie dennoch wertvolle Informationen, die in die Gesamtbetrachtung mit einbezogen werden sollten. Dies gilt insbesondere für sehr große Beobachtungswerte, die traditionell häufig als Ausreißer aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wurden. Aber gerade diesen Extremwerten kommt bei der Ermittlung von Hochwässern großer Jährlichkeiten eine besondere Bedeutung zu, da sie wertvolle Informationen zur Hochwasserverteilung enthalten können. Die Ergebnisse der Wahrscheinlichkeitsanalyse sollten zunächst nur als vorläufig betrachtet werden. Sie werden durch die nachfolgend erläuterten Zusatzinformationen in einer abschließenden Gesamtschau der Ergebnisse eingeeengt bzw. korrigiert.

Häufig treten Jahre mit großen Hochwässern unmittelbar hintereinander auf. Manchmal existieren Perioden, in denen über Jahrzehnte keine extremen Hochwässer auftreten, etwa an der Elbe vor dem Katastrophenhochwasser 2002. Die Betrachtung eines längeren Zeitfensters liefert hier ein zuverlässigeres Bild. Dies wird als zeitliche Informationserweiterung bezeichnet, wobei die Reihe der beobachteten Abflussscheitel in einen Bezug zur längeren hydrologischen Geschichte des Gebietes gesetzt wird. Das kann über drei Informationsquellen erfolgen: erstens durch den Vergleich mit längeren Abflussreihen von Nachbargebieten, zweitens durch die Analyse historischen, ggf. aus Archiven aufbereiteter Hochwasserereignisse und drittens durch Reihenverlängerung aus Wasserstandsdaten.

Eine kausale Informationserweiterung kann erreicht werden, indem die Reihe der beobachteten Abflussscheitel mit den Prozessen der Hochwasserentstehung in Bezug gesetzt wird. Eine Kenntnis der hochwasserbestimmenden Prozesse ist besonders dann von Vorteil, wenn weit über den Bereich des bisher Beobachteten hinaus extrapoliert werden muss. Die Hochwasserentstehungsprozesse können unterschieden werden in klima- bzw. niederschlagsbezogene Prozesse und in Gebietsprozesse. So können z. B. durch eine

saisonale Hochwasserstatistik verschiedene Ereignistypen identifiziert werden. Eine weitere sinnvolle kausale Informationserweiterung kann durch die Analyse von Abflussbeiwerten als gebietsabhängige Größen erfolgen. Eine Kombination von Niederschlags- und Gebietsinformationen wird formal bei der Anwendung von Niederschlagsabflussmodellen vorgenommen. Der Einsatz von Niederschlagsabflussmodellen ist bekanntlich dann von großem Nutzen, wenn der Hochwasserablauf durch vorhandene und geplante Retentionsbauwerke im Einzugsgebiet beeinflusst wird. Eine Einschätzung der Jährlichkeit kann sich mit diesem Verfahren allerdings als problematisch erweisen, da die Jährlichkeit des Abflusses nicht notwendigerweise gleich der Jährlichkeit des zugehörigen Niederschlages ist (BLÖSCHL 2007).

Geeignete Instrumente zur räumlichen Informationserweiterung sind z. B. Hüllkurven, Spendendiagramme und Längsschnitte. Im Gegensatz zu Hüllkurven, bei denen maximale Abflüsse unabhängig von deren Eintrittswahrscheinlichkeit analysiert werden, werden bei Spendendiagrammen und Hochwasserlängsschnitten Hochwasserquantile regionalisiert. Weiterhin existieren zahlreiche Regionalisierungsverfahren [z. B. Index flood, Regressionen, Koinzidenz (Copulas) und Geostatistik], mittels derer versucht wird, räumlich übertragbare statistische Aussagen über Zusammenhänge zwischen der Hochwasserstatistik an einem Gewässerquerschnitt und den Gebietscharakteristika des jeweiligen Einzugsgebietes zu ermitteln.

Das zu ermittelnde synthetische Hochwasser wird in einer abschließenden Gesamtschau der Ergebnisse ermittelt bzw. festgelegt. Zu diesem Zweck wird das Ergebnisspektrum aus der Wahrscheinlichkeitsanalyse der beobachteten Scheitelabflüsse durch die Zusatzinformationen aus den hydrologischen Methoden, die zur zeitlichen, kausalen und räumlichen Informationserweiterung herangezogen wurden, eingeengt bzw. korrigiert. Das auf diesem Wege ermittelte „repräsentative“ synthetische Hochwasser ist umso zuverlässiger, je größer und aussagekräftiger die zugrunde liegende Datenbasis ist und je mehr geeignete Methoden zur Informationserweiterung angewandt wurden. Dennoch verbleibt in der Regel eine beträchtliche Unsicherheit, die von Umfang und Qualität der Daten sowie der Jährlichkeit abhängt. Zudem können zukünftig zusätzlich verfügbare Informationen und Ereignisse neue Erkenntnisse mit sich bringen. Das ermittelte Hochwasser gilt demnach lediglich „auf der aktuellen Informationsbasis“. Es ist vorgesehen, die Aussagekraft des so ermittelten repräsentativen Hochwassers einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit über einen Index zu quantifizieren. Aus der Gesamtinformation kann letztlich das Bemessungshochwasser für das wasserbauliche Projekt festgelegt werden.

5. Risikobewertung von Stauanlagen – das Verfahren RIBADD aus dem RIMAX-Förderprogramm des BMBF

5.1 Grundlagen

Die Sicherheit respektive die Versagenswahrscheinlichkeit wasserwirtschaftlicher Anlagen im Hochwasserfall ist sowohl in der Fachöffentlichkeit als auch in den Medien ein seit Jahren aktuelles, zum Teil kontrovers diskutiertes Thema. Als „Versagen“ wird ein unplanmäßiges und unkontrolliertes Überströmen des Absperrbauwerkes einer Stauanlage – Hochwasserrückhaltebecken, Talsperre, Staustufe infolge extremer Hochwasserzuflüsse verstanden. Dieser Vorgang wird auch als hydrologisches Versagen bezeichnet. Wenn aus dem Überströmen ein Bruch mit entsprechender Flutwelle resultiert, ergeben sich in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland gravierende Folgen für die An- und Unterlieger. Die Verluste an Menschenleben und die ökonomischen Schäden waren bei weltweit aufgetretenem hydrologischen Versagen wasserwirtschaftlicher Anlagen mit Bruchfolgen in der Vergangenheit meist deutlich höher als bei einem „natürlichen“ Katastrophenhochwasser in vergleichbaren Flussgebieten. Das hydrologische Versagen gilt als Hauptversagensart bei Stauanlagen.

Die deutsche DIN 19700 (2004) fordert zusätzlich zur vorschriftsmäßig durchgeführten „traditionellen“, das heißt einer auf vorgegebenen Sicherheitsgraden basierenden Bemessung und Sicherheitsnachweisführung auch erstmalig den Blick über die Bemessungs- und Nachweisgrenzen hinaus. So heißt es z. B. in Teil 10, Abschnitt 11: „Die verbleibenden Risiken für die Stauanlagensicherheit infolge des Überschreitens des Bemessungshochwasserzuflusses BHQ_2 [...] sind zu bewerten und in Abhängigkeit von den lokalen Bedingungen durch flankierende konstruktive, bewirtschaftungsseitige und/oder organisatorische Maßnahmen ausreichend zu vermindern.“ In der DIN 19700 sind jedoch keine speziellen Methoden vorgegeben, wie die Bemessungshochwässer bis zum $HQ_{10.000}$ oder gar das PMF als „vermutlich höchstes Hochwasser“ zu ermitteln sind. Der Begriff „Risiko“ wurde nicht definiert, und es fehlen Angaben, wie die Risikobetrachtungen im Detail durchzuführen sind.

Im vorgestellten Vorhaben RIBADD (Risk Based Design of Dams) des BMBF-Förderschwerpunktes „RIMAX“ wird die Umsetzung der neuen DIN 19700 mit zu entwickelnden wissenschaftlich basierten Verfahren für die Ermittlung extremer Abflüsse und für die Risikobetrachtungen unterstützt. Darüber hinaus soll eine Weiterentwicklung der traditionellen Bemessungsmethodik mit vorgegebenen Sicherheitsgraden in Richtung praxisgerechte „risikobasierte Bemessung“ vorangebracht werden. Hierfür wird die hydrologische Bemessung einer geplanten Anlage oder die Sicherheitsüberprüfung einer bestehenden Anlage nicht nur als eine abgegrenzte Dimensionierungsaufgabe (traditionell), sondern mit Einbezug von Versagenswahrscheinlichkeiten der Anlage und von quantifizierten Versagensfolgen (Schäden) durchgeführt. Eine solche risikobasierte Bemessung der Stauanlage benötigt synthetische Hochwasserzuflüsse hoher Jährlichkeiten.

Das Gesamtziel des Forschungsvorhabens war somit die Erarbeitung eines Instrumentariums zur risikobasierten hydrologischen Bemessung geplanter und zur Sicherheitsbeurteilung bestehender Stauanlagen. Das Gesamtverfahren wurde bis zur Risikobewertung modelltechnisch entwickelt und anhand von Beispielen illustriert.

Eine risikobasierte Bemessung oder Sicherheitsbeurteilung einer Stauanlage ist kein neues Verfahren, sondern wird in mehreren Ländern – insbesondere im anglophilen Raum – seit mehreren Dekaden konzeptionell diskutiert und zunehmend in der Bemessungspraxis umgesetzt, meistens jedoch nur fragmentarisch.

In Abbildung 1 ist der Ablauf einer risikobasierten Bemessung einer Stauanlage über die Stufen „Risikoanalyse“ und „Risikobewertung“ selbsterklärend dargestellt. Werden die Umsetzung risikomindernder Maßnahmen in der Planung bzw. bei der Umgestaltung einer bestehenden Anlage sowie Monitoring-, Kontroll- und Kommunikationsaktivitäten für den Echtbetrieb mit einbezogen, spricht man vom „Risikomanagement der Stauanlage“.

5.2 Gesamtverfahren RIBADD

Das Gesamtverfahren ist in Abbildung 2 schematisch veranschaulicht und enthält die folgenden sechs Module:

- extreme synthetische Zuflussganglinien,
- Überströmwahrscheinlichkeiten,
- Bruchwahrscheinlichkeit, Bruchablauf und Bruchwelle,
- Wellenablauf und Überflutungsgrenzen,
- Versagensfolgen (Menschen, Wirtschaft, Umwelt),
- Risikokenngrößen, Risikobewertung.

Das Modul 1 wurde von der Universität Karlsruhe erarbeitet. Die Module 2 bis 6 und das Gesamtverfahren wurden von der Technischen Universität Braunschweig, die das Verbundvorhaben koordinierte, erstellt.

Es wurden größtenteils vorhandene Modelle (Software) und Verfahren übernommen und, wo notwendig, weiterentwickelt. Das Gesamtverfahren wurde exemplarisch auf zwei reale Flussgebiete mit Stauanlagen angewandt. Die Erarbeitung wurde fachlich von den hochschulexternen Partnern „Ruhrverband“ und „Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen“ begleitet, die auch Projektgebiete sowie Daten zur Verfügung stellten. Im Vorhaben werden die Daten- und Modellunsicherheiten im Verfahrensablauf durchgehend abgeschätzt, und der Einfluss der Unsicherheiten auf die Risikobewertung wird quantifiziert. Aus den Anwendungen wurde eine Handlungsempfehlung abgeleitet. Das Vorhaben wurde 2008 abgeschlossen (ANHALT & MEON, 2008).

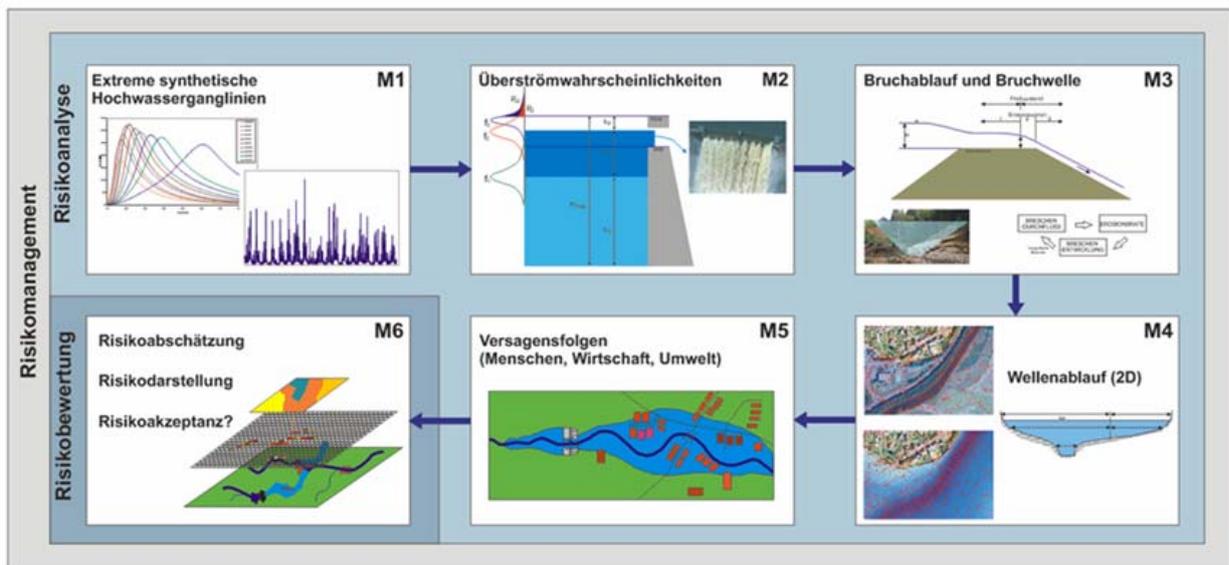


Abb. 2: Module des Vorhabens RIBADD zur Durchführung einer Risikoanalyse und -bewertung für Stauanlagen

5.3 Modul 1: Extreme synthetische Hochwasserzuflüsse

Für das Modul 1 wurde ein Verfahren zur Ermittlung extremer Zuflussganglinien in Stauanlagen entwickelt. Hierbei wurden Abbildung 3 entsprechend zwei Ansätze verfolgt. Es handelt sich um einen deterministischen und einen probabilistischen Ansatz.

Beim deterministischen Ansatz kommt das am ehemaligen Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (TH) entwickelte und in der Praxis weitverbreitete Flussgebietsmodell (FGM) zum Einsatz (IHRINGER, 2003).

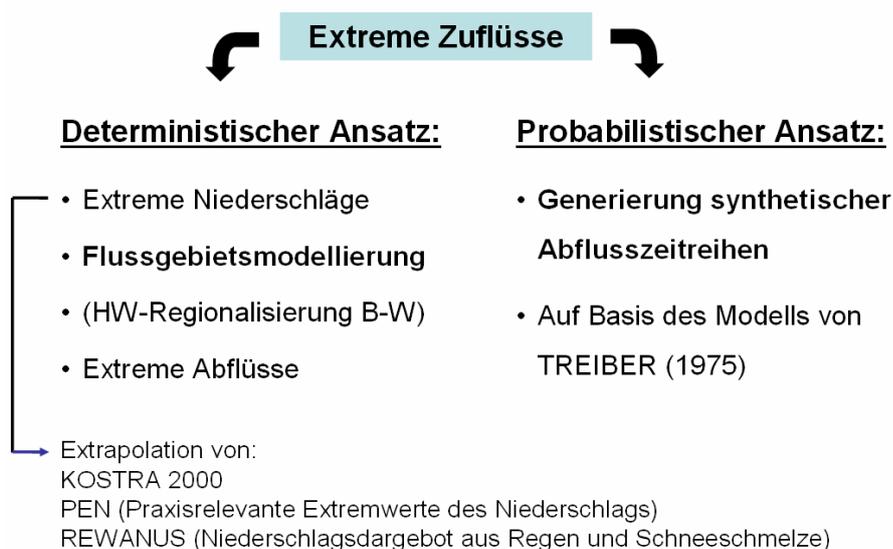


Abb. 3: Verfahren für Modul 1 „Extreme synthetische Hochwasserzuflüsse in Stauanlage“

Für die Flussgebietsmodellierung wurden gemäß Abbildung 3 die Niederschläge auf verschiedene Arten bis zur Jährlichkeit von 100.000 Jahren extrapoliert. Die simulierten Abflüsse, die mit extrapolierten Niederschlägen aus KOSTRA-DWD 2000 (ITWH, 2005) ermittelt wurden, stimmen gut mit den extrapolierten Werten der Pegelstatistik überein (Abbildung 4). Zu Details und zur Einbringung in Modul 2 wird auf den BMBF-Schlussbericht verwiesen.

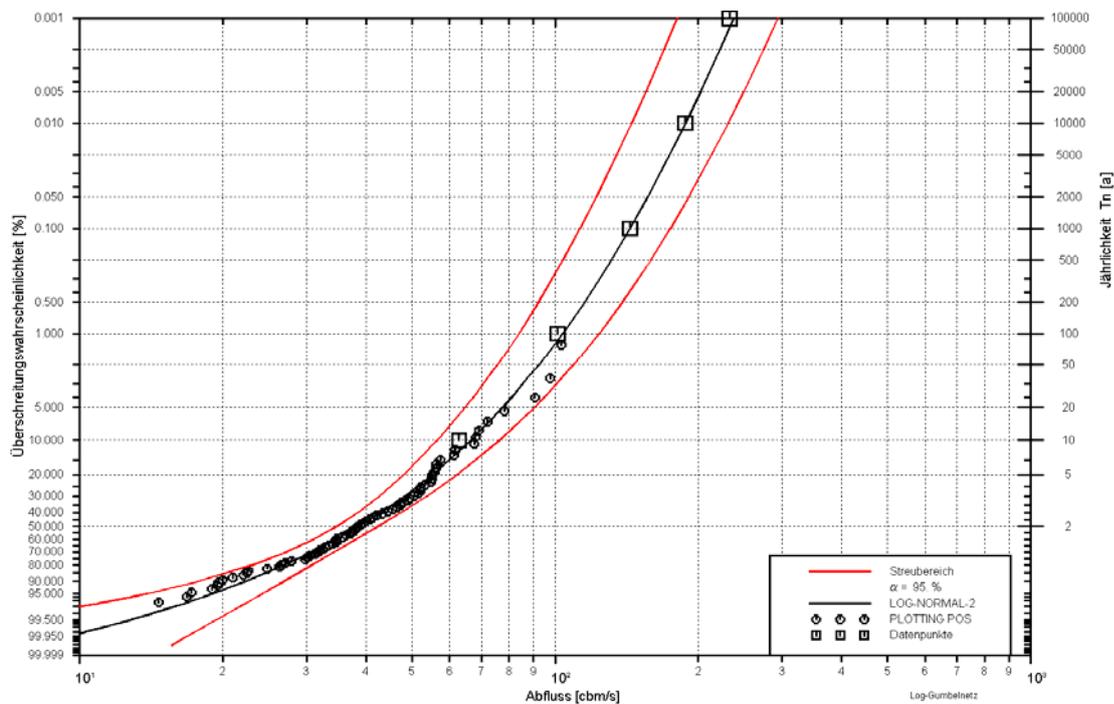


Abb. 4: Pegel Völlinghausen/Möhne: Vergleich der Scheitelwerte aus der Hochwasserstatistik (Serie 1933 – 2005; LN-2 Verteilung) und aus der Simulation mit dem Flussgebietsmodell (quadratische Symbole) bis zu einer Jährlichkeit von 100.000 a.

Beim probabilistischen Ansatz müssen synthetische Abflusszeitreihen generiert werden. Für die Fallstudie „Möhnetalsperre“ wurden mit einem Modell auf der Basis von TREIBER (1975) Abflusszeitreihen auf Tagesbasis von insgesamt über 1.000.000 Jahren Länge generiert. Die Güte der generierten Zeitreihen konnte anhand einer Vielzahl statistischer Kriterien (Jahres- und Monatsscheitelwerte, Dauerlinie etc.) nachgewiesen werden. Exemplarisch sind in Abbildung 6 die Jahresscheitelwerte der 46 gemessenen Jahre den generierten Jahresscheitelwerten als Plotting Positionen im Wahrscheinlichkeitsnetz gegenübergestellt.

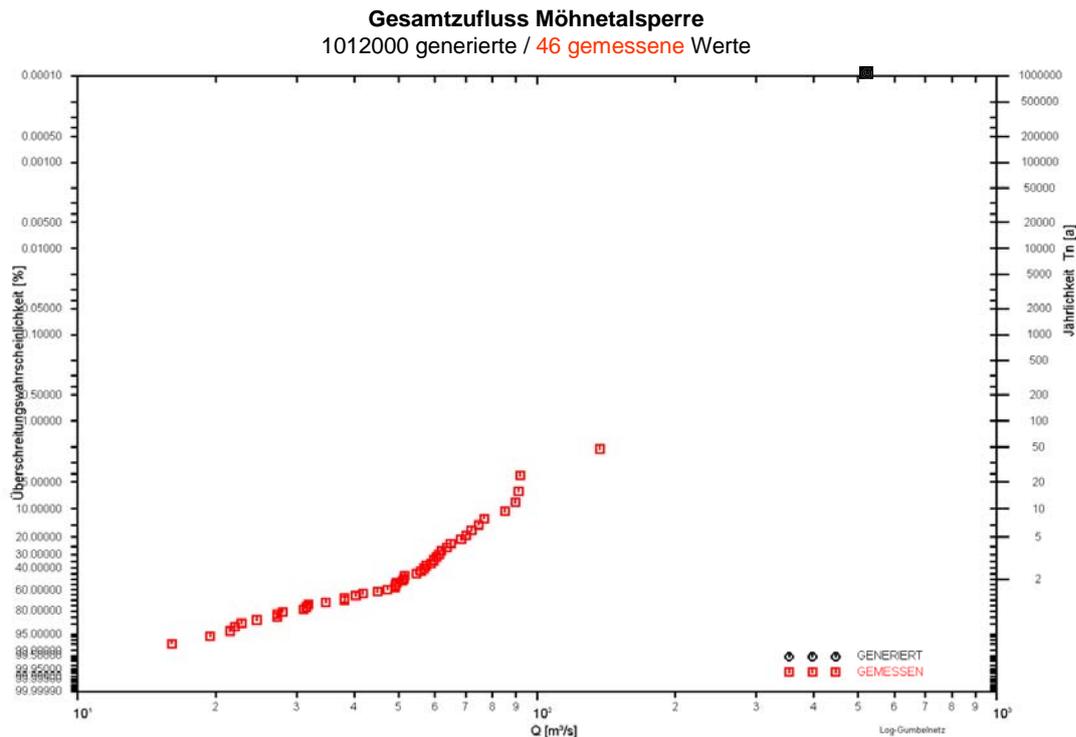


Abb. 5: Vergleich von gemessenen (quadratische Symbole) und generierten Jahresscheitelwerten des Zuflusses (runde Symbole) der Möhne-Talsperre

5.4 Modul 2 „Überströmwahrscheinlichkeit“

Im Vorhaben sind grundsätzlich drei Arten des hydrologischen Versagens zu unterscheiden: Hochwassergefährdung der Unterlieger durch hohe Abflüsse über die Hochwasserentlastung – häufig verbunden mit Bauschäden an der Entlastung, Überströmen des Absperrbauwerkes ohne Bruchfolgen, Überströmen mit Bruch des Absperrbauwerkes.

Die Modellierung der Überströmwahrscheinlichkeiten (Fall 2 und Fall 3) ist mit verschiedenen Ansätzen durchführbar. Einen einfachen Ansatz bildet die analytische Lösung, bei der sich die Überströmwahrscheinlichkeit P_V aus direkter Integration der Wahrscheinlichkeitsdichten der Zufallsvariablen Belastung s (Zuflussvolumen) und Belastbarkeit r (zur Aufnahme der Welle aktuell verfügbarer Stauraum) nach folgender Grundgleichung berechnen lässt (MEON & PLATE 1989):

$$P_V = \iint f_{r,s}(r,s) \cdot dr \cdot ds$$

Für diesen Ansatz können die Zuflusswellen aus dem deterministischen Verfahren des Moduls 1 herangezogen werden.

POHL (1997) entwickelte ein Verfahren, das die Belastung und Belastbarkeit einer Stauanlage detaillierter als MEON & PLATE (1989) berücksichtigt. Anstelle der analytischen Lösung wird auf Jahresbasis eine Monte-Carlo-Simulation von Belastungen (parametrisierte Jahreshochwasserwelle, Windereignis) und Belastbarkeiten (Anfangswasserstand, Öffnung der Betriebsauslässe) mit einer Retentionsberechnung des Wellenablaufens im Speicher kombiniert. Der erhaltene maximale Wasserstand wird mit der Kronenhöhe verglichen. Ein Überschreiten gilt als Versagen. Die Überströmungswahrscheinlichkeit pro Jahr ergibt sich aus dem Verhältnis der Anzahl der Versagensfälle zum gesamten Simulationszeitraum. Für das Verfahren sind aus historischen Daten Wahrscheinlichkeitsdichten für die Kenngrößen des zufließenden Jahreshochwassers, die Öffnung des Betriebsauslasses, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Anfangswasserstand beim Eintreffen des Hochwassers vorab aufzustellen. Das Verfahren birgt eine gewisse Unsicherheit in der Generierung der Zuflusswellen, die aus den gezogenen Werten vorliegender Verteilungen des Jahreszuflussscheitels und der Wellenfülle zusammengesetzt werden.

Aussagekräftiger ist ein Verfahren, mit dem der Betrieb der Stauanlage über eine Langzeitsimulation auf Tagesbasis nachgebildet werden kann, um dann aus der Anzahl der aufgetretenen Versagensfälle im Simulationszeitraum die Überströmungswahrscheinlichkeit abzuleiten. Dieses Verfahren wurde letztlich im Projekt verwendet. Anstelle der generierten Jahreshochwässer im Pohl-Verfahren wurden als Input die generierten Zeitreihen des Zuflusses in die Talsperre auf Tagesbasis mittels des TREIBER-Modells verwendet und mit probabilistisch ermittelten Anfangswasserständen aus vorhandenen Aufzeichnungen und Wellenaufhöhen infolge Wind entsprechend Abbildung 6 kombiniert.

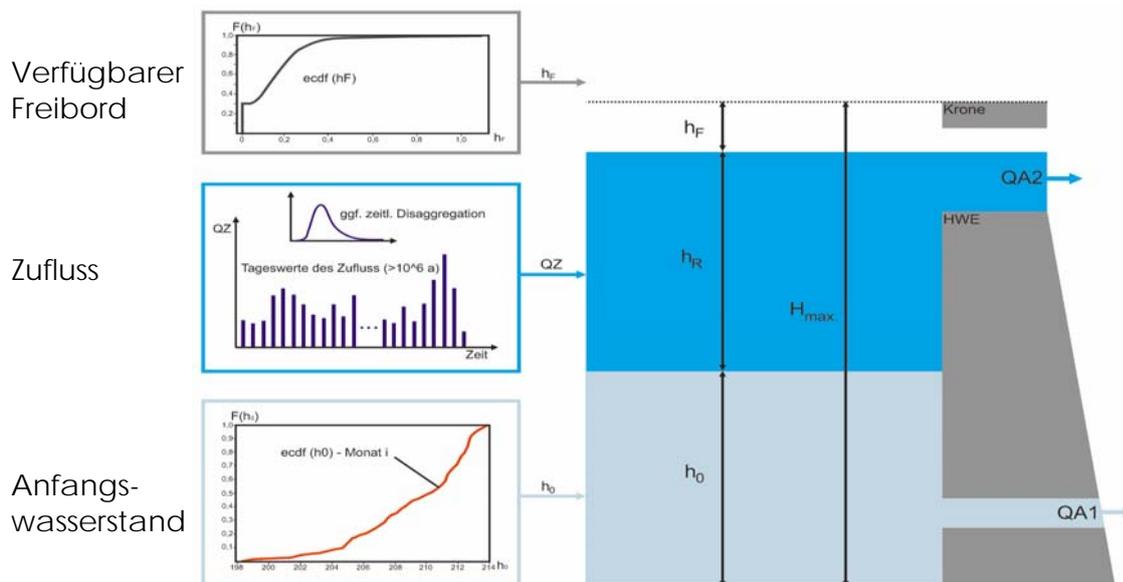


Abb. 6: Projekt RIBADD Ermittlung der Überströmungswahrscheinlichkeit einer Stauanlage durch Überlagerung von Anfangswasserstand, Zufluss und Windbelastung über Langzeitsimulationen

5.5 Modul 3 „Bruchwahrscheinlichkeit, Bruchablauf und Bruchwelle“

Im Projekt wurden zwei Grundtypen von Absperrbauwerken betrachtet: Staumauern und Staudämme. Staumauern sind im Allgemeinen gegen einen Breschenbruch infolge Überströmung resistent. Bei Staumauern ist die Wirkung des Überstaus auf die allgemeine Standsicherheit des Bauwerks in Betracht zu ziehen. Bei Staudämmen und Hochwasserrückhaltebecken aus Schüttmaterial, die unplanmäßig überströmt werden, besteht schon nach kurzen Überströmdauern die große Gefahr einer rückwärtsschreitenden Erosion, ausgehend von der luftseitigen Dammböschung. Daraus kann sich eine Anfangsbresche ausbilden und den Dambruch initiieren. Aus Versagensaufzeichnungen und Modellversuchen zur Überströmung wurde in Anlehnung an MEON (1989) eine konditionelle Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Zustandekommen eines Dambruches in Abhängigkeit von der Dauer und Höhe der Überströmung entwickelt.

Das Versagen durch Überströmen der Dammkrone mit Bruchfolgen hat bei Dämmen, die sachgerecht nach den gängigen Bemessungsvorschriften bemessen sind, eine äußerst geringe Wahrscheinlichkeit, ist aber bei der vorliegenden Fragestellung als mögliche Extremsituation von Bedeutung. Auch ist der Möglichkeit Rechnung zu tragen, dass Teile der Hochwasserentlastung verklaust sein können, was die Wahrscheinlichkeit eines Versagens erhöht. Zur Simulation eines Dambruches infolge Überströmens wurden mehrere in der Ingenieurpraxis und Wissenschaft vorhandene Modelle verglichen. Für die Anwendungen im Vorhaben wurde letztlich ein eigenes Bruchmodell entwickelt, welches auf dem Modell von MEON (1989) aufbaut (siehe Abbildung 7). Es handelt sich um ein parametrisches Modell, das stochastische Ansätze zur Bestimmung der Anfangsbresche und des Dammmaterials beinhaltet. Anhand dieses Modells sind die Bruchwellen in ihren Zufallseigenschaften und Unsicherheiten beschreibbar.

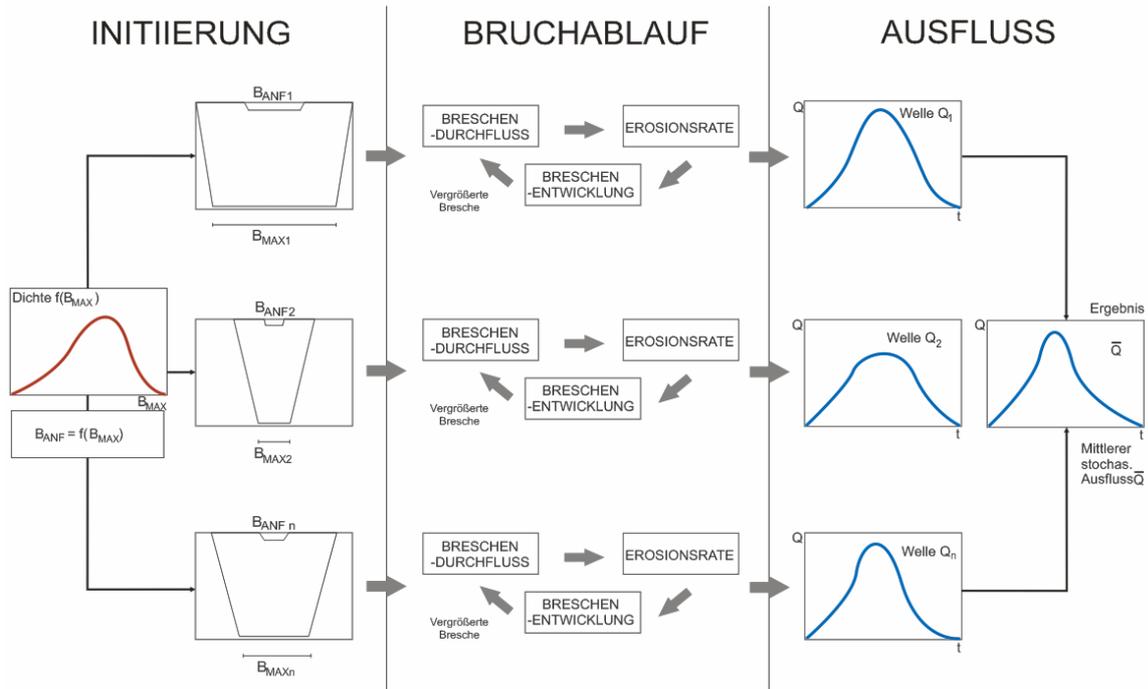


Abb. 7: Bruchmodell mit stochastischer Ausflussganglinie in Anlehnung an MEON (1989): Für eine „theoretisch erreichbare Endbreschenform“ wird die Initialbresche abgeleitet. Daraus werden der Ausfluss und die Breschenentwicklung über physikalische Ansätze berechnet. Mittels Monte-Carlo-Simulation werden für zahlreiche mögliche Breschenformen eine mittlere stochastische Ausflussganglinie und ihre Unsicherheitsbänder ermittelt.

5.6 Modul 4 „Wellenablauf und Überflutungsgrenzen“

Das Ablaufen der Bruchwelle nach Unterstrom lässt sich mittels eindimensionaler oder zweidimensionaler hydrodynamischer Modelle auf Basis der Saint-Venant-Gleichungen beschreiben. Eine Zusammenstellung verschiedener Modelle findet sich z. B. in ICOLD (1998).

Im Vorhaben kommt das zweidimensionale (2D) Modell MeadFlow für die hydrodynamische Simulation des Wellenablaufs zum Einsatz. MeadFlow ist ein Finite-Elemente-Modell. Es hat sich wegen seiner sehr kurzen Rechenzeiten, seiner Aussagekraft und seiner Stabilität für die Berechnung von Wasserspiegellagen sowie Überflutungsräumen auch in komplexen Flusslandschaften bewährt (LEISMANN & MEON 2002).

Es werden die ermittelten hydrodynamischen Kenngrößen der Berechnungsknoten wie Fließtiefe, Fließgeschwindigkeit, Produkt aus Fließtiefe und Fließgeschwindigkeit an das Modul 5 „Versagensfolgen“ übergeben. Abbildung 8 zeigt Ergebnisse der Überflutungsmodellierung unterhalb der einer Talsperre für ein Bruchzenario mit einem maximalen Scheitelabfluss von $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$.



Abb. 8: Überflutungshöhen und Strömungsvektoren für ein Dammbuchszzenario mit $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ aus Strömungssimulation mit 2D-Modell MeadFlow

5.7 Modul 5 „Versagensfolgen“

Die Ermittlung der Versagensfolgen bildet den abschließenden Schritt innerhalb der Risikoanalyse. Es wird grundsätzlich zwischen direkten Vermögensschäden, indirekten Vermögensschäden und nicht monetär bewertbaren Schäden differenziert. Als direkte Vermögensschäden werden die Schäden an Gebäuden, Inventar, Hausrat, Infrastruktur, Gewässern u. a. bezeichnet. Ökologische Schäden, sozioökonomische Schäden, physische und psychische Beeinträchtigungen von Personen können kaum monetär erfasst werden.

Im Vorhaben erfolgt neben der Ermittlung der direkten Vermögensschäden eine Abschätzung der gefährdeten und mit dem Verlust des Lebens bedrohten Personen. Eine Quantifizierung der gefährdeten Personen und potenziellen Todesfälle ist wichtig, da die Risikoakzeptanz im Wesentlichen hierauf ausgerichtet ist.

Nach einer Analyse der heutigen Möglichkeiten zur Schadensabschätzung (BUCK 2006) wurde im Vorhaben mithilfe geografischer Informationssysteme ein Werkzeug für die Schadensabschätzung des Gesamtverfahrens entworfen und auf die Beispielgebiete angewandt. Die eingesetzten Schadensfunktionen basieren auf vorhandenen Auswertungen, z. B. der HOWAS-Datenbank. Die Funktionen wurden durch eigene Auswertungen von Schadensdaten des Elbehochwassers 2002 für Bereiche ergänzt, für die bislang noch keine Funktionen verfügbar waren,

5.8 Modul 6 „Risikokenngrößen, Risikobewertung“

In Anlehnung an nationale und internationale Vorgehensweisen im Zusammenhang mit wasserbaulichen Anlagen und anderen technischen Einrichtungen wird das Risiko als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und dem daraus resultierenden Schaden ermittelt. Durch Integration über die gesamte Bandbreite aller möglichen Schadensereignisse bezüglich Auftretenswahrscheinlichkeiten und dazugehörigen

Schäden der betrachteten Versagensart im Flussgebiet ergibt sich das jährliche Versagensrisiko (risk costs) oder die mittlere jährliche Schadenserwartung in der Einheit [€/Jahr].

Daneben gelten als weitere Risikokenngrößen unter anderem die Versagenswahrscheinlichkeiten, die quantifizierbaren Schäden der Versagensereignisse, die Anzahl der gefährdeten Personen im Überflutungsgebiet sowie das Gefährdungspotenzial aus der Verknüpfung von Wahrscheinlichkeiten und gefährdeten Personen. Die Kenngrößen werden im Vorhaben auf ihre Eignung im Rahmen der Beispielanwendungen ermittelt, beurteilt und gegebenenfalls erweitert, etwa durch Einbezug der Lebensdauer der Anlage. Für Versagenswahrscheinlichkeiten und Gefährdungspotenziale finden sich in der internationalen Entwicklung erste Empfehlungen zu Risikoakzeptanzgrenzen, aufbereitet z. B. von RISSLER (2000) in Abbildung 9 und MEON (2005). Das quantifizierte Versagensrisiko ist zum Vergleich von Projektvarianten, für eine Nutzen-Kosten-Betrachtung oder für eine Mehrkriterienbetrachtung verwendbar.

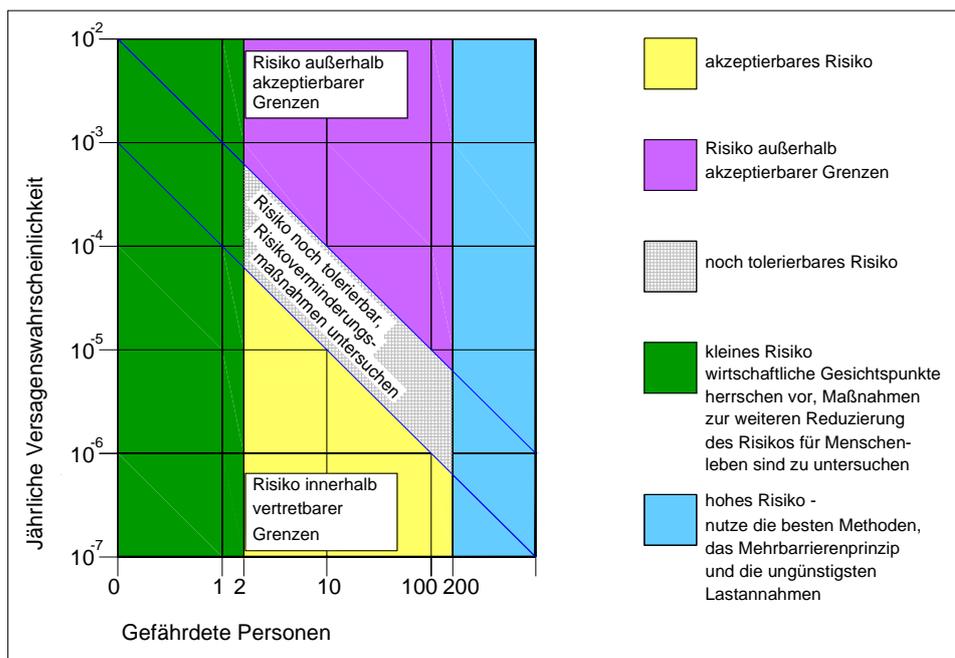


Abb. 9: F-N-Diagramm nach Vorschlag des U. S. Bureau of Reclamation (RISSLER 2000)

Literatur

- ANHALT, M. & G. MEON (2008): Risk-based procedure for design and verification of dam safety. Proc. 4th International Symposium on Flood Defence, Toronto, Canada.
- BLÖSCHL, G. & R. MERZ (2008): Bestimmung von Bemessungshochwässern gegebener Jährlichkeit Aspekte einer zeitgemäßen Strategie. Wasserwirtschaft 98 (11), S. 12-18.
- BLÖSCHL, G. (2007): Einsatz von Simulationsmethoden bei der Bestimmung extremer Abflüsse. In: Extreme Abflussereignisse (Hrsg. D. Gutknecht). Wiener Mitteilungen 206, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, TU Wien, S. 227-246.
- BUCK, W. (2006): Zweckorientierte Aufstellung von Wasserstand-Schadensfunktionen. In: Proceedings Internationale Konferenz „Strategien und Instrumente zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes“, Institut für Wasserwirtschaft und Ökotechnologie, Hochschule Magdeburg.
- DIN 19700 (2004): Staunlagen. Beuth-Verlag, Juli 2004.
- EUROPÄISCHE UNION (2007): Tätigkeitsbereiche der Europäischen Union – Zusammenfassung der Gesetzgebung. <http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l28174.htm>.
- GUTKNECHT, D. et al. (2006): Ein „Mehr-Standbeine“-Ansatz zur Ermittlung von Bemessungshochwässern kleiner Auftretenswahrscheinlichkeiten [A „Multi-Pillar“-Approach to the Estimation of Low-Probability Design Floods]. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft 58 (3-4), S. 44-50.
- ICOLD (1998): Dam-Break Flood Analysis. International Commission on Large Dams, Bulletin 111, Paris.
- IHRINGER, J. (2003): Softwarepaket: Hochwasseranalyse und -berechnung – Anwenderhandbuch, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe (TH).
- ITWH (2005): Software KOSTRA-DWD 2000. Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA, 2007): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasser-Gefahrenkarten. Kulturbuch-Verlag, ISBN 978-3-88961-254-0.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA, 2003): Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz (www.lawa.de).
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA, 1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz (www.lawa.de).
- LEISMANN, M. & G. MEON, (2002): Das Modell MeadFlow für die praxisgerechte 2D-Modellierung von Strömungen in Flusslandschaften, Wasserwirtschaft, Heft 6, 2002.
- LÖW, M. (2008): EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie – Umsetzung in Deutschland aus Sicht der LAWA. Vortrag mit Text am Niedersächsischen Gewässerforum 2008 in Hildesheim, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). http://www.nlwkn.niedersachsen.de/master/C38225074_N38017584_L20_D0_I5231158.html.

- MEON, G. (2005): Hochwasserbemessung, Restrisiko und Risikoakzeptanz. In: Kleeberg, H.-B. & Meon, G. (Hrsg.), „Hochwasser – Vorsorge und Schutzkonzepte“, Band 11.05, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Hydrologische Wissenschaften, Fachgemeinschaft der DWA.
- MEON, G. (1989): Sicherheitsanalyse einer Talsperre für den Hochwasserfall. Mitteilungen Heft 35 des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft (jetzt: Institut für Wasser und Gewässerentwicklung), Universität Karlsruhe.
- MEON, G. et al. (2007): Risikobasierte Verfahren zur Hochwasserbemessung von Stauanlagen – Übersicht zum laufenden RIMAX-Projekt. In: Extreme Abflussereignisse (Hrsg. D. Gutknecht). Wiener Mitteilungen 206, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, TU Wien, S. 101-115.
- MEON, G. & E. J. PLATE (1989): Zuverlässigkeit einer Talsperre für den Hochwasserfall. Wasserwirtschaft, Heft 7/8, 1989.
- POHL, R. (1997): Überflutungssicherheit von Talsperren. Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 11, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, TU Dresden.
- TREIBER, B. (1975): Ein stochastisches Modell zur Simulation von Tagesabflüssen. Mitteilungen des Institutes für Wasserbau III der Universität Karlsruhe (TH), Heft 5.
- RIBLER, P. (2000): Die Hochwasserbemessung als Teil eines in sich schlüssigen Sicherheitskonzeptes für Talsperren. In: Korrespondenz Abwasser KA, Heft 11, Nov. 2000.

Historische Unterlagen als eine Grundlage für die Bewertung des Hochwasserrisikos

Mathias Deutsch und Karl-Heinz Pörtge

Zusammenfassung

Im Rahmen umfangreicher Quellenrecherchen konnten in den zurückliegenden Jahren von einer Arbeitsgruppe am Geographischen Institut der Universität Göttingen umfangreiche wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevante Altunterlagen (ca. 1840 bis um 1950) in Archiven und Forschungsbibliotheken erfasst und ausgewertet werden. Hierzu gehören unter anderem Hochwasserberichte aus den 1980er- und 1990er-Jahren sowie frühe amtliche Überschwemmungsflächenkartierungen. Diese Quellen können bei entsprechender Bearbeitung auch für die Bewertung des Hochwasserrisikos von Fließgewässern von Bedeutung sein. Im vorliegenden Beitrag werden mit Blick auf entsprechende Maßgaben in der Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken wichtige Archivalien vorgestellt. Besondere Beachtung finden dabei historische Informationen, in denen über vergangene Hochwasserereignisse berichtet wird bzw. die Angaben über extreme Hochwasser der Vergangenheit enthalten. Möglichkeiten einer aktuellen Nutzung werden diskutiert.

1. Vorbemerkungen

Am 6. November 2007 wurde im Amtsblatt der Europäischen Union die Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken veröffentlicht (folgend: HWRM-RL) (AMTSBLATT DER EU 2007). Das Ziel der Richtlinie lautet, innerhalb der EU zukünftig die Risiken und nachteiligen Folgewirkungen von Hochwasserereignissen zu verringern. Mit der HWRM-RL werden den EU-Mitgliedstaaten drei wichtige Arbeitsschritte vorgegeben:

- die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos, wobei eine Identifikation des „signifikanten Hochwasserrisikos“ zu erfolgen hat (Kapitel II),
- die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten für Flussgebiete mit einem signifikanten Hochwasserrisiko (Kapitel III) sowie
- die Erstellung von Plänen für das Hochwasserrisikomanagement für Flussgebiete mit einem signifikanten Hochwasserrisiko (Kapitel IV) (ebd.).

Für diesen Beitrag sollen insbesondere die in Kapitel II genannten Anforderungen im Mittelpunkt stehen, wobei aber auch Maßgaben des Kapitels III Berücksichtigung finden. So wird in Kapitel II Art. 4 Abs. 2 festgelegt, dass eine vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos „auf der Grundlage verfügbarer oder leicht abzuleitender Informationen“ erfolgen soll. Dabei müssen zumindest folgende Punkte beachtet werden:

(a) Es sind „in geeignetem Maßstab angelegte Karten der Flussgebietseinheiten [zu erstellen], aus denen die Grenzen der Einzugsgebiete, Teileinzugsgebiete und, sofern vorhanden, der Küstengebiete sowie die Topografie und die Flächennutzung hervorgehen“.

(b) Es ist „eine Beschreibung vergangener Hochwasser, die signifikante nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten hatten und bei denen die Wahrscheinlichkeit der Wiederkehr in ähnlicher Form weiterhin gegeben ist, einschließlich ihrer Ausdehnung und der Abflusswege sowie einer Bewertung ihrer nachteiligen Auswirkungen“ vorzunehmen.

(c) Es muss „eine Beschreibung der signifikanten Hochwasser der Vergangenheit, sofern signifikante nachteilige Folgen zukünftiger ähnlicher Ereignisse erwartet werden könnten“, erfolgen (ebd.).

Unbestritten sind diese drei Punkte für die erfolgreiche Umsetzung der Anforderungen der HWRM-RL (Umsetzungsfrist hier: 22. Dezember 2011) von großer Bedeutung. Aber nicht nur aus Sicht der praxisbezogenen historischen Hochwasserforschung stellt sich die Frage, was konkret mit der Formulierung „Beschreibung vergangener Hochwasser“ (siehe die Punkte b und c) gemeint ist. Sollte man bei der vorläufigen Bewertung ausschließlich Bezug auf signifikante/extreme Ereignisse nehmen, die vor wenigen Monaten bzw. Jahren abgelaufen sind? Im Sinne der Buchstaben b) und c) wäre diese Vorgehensweise korrekt, da z. B. die Hochwasser von 1993 (Rhein), 1997 (Oder) und 2002 (Elbe) durchaus in der Vergangenheit liegen. Oder hat der Gesetzgeber in Kapitel II der HWRM-RL auch den Blick auf einen länger zurückliegenden Zeitraum gerichtet? Wenn dem so ist, wäre dies zu begrüßen. Gerade durch die Auswertung amtlicher Gutachten, Drucke, Hochwasserabbildungen und Fotodokumente, die Auskunft über den Verlauf und die katastrophalen Schadwirkungen seltener historischer Hochwasser im Zeitraum ab ca. 1840 bis um 1950 geben, könnten bei gleichzeitiger Berücksichtigung historischer Überschwemmungsflächenkarten wesentliche Erkenntnisse über das Ausmaß seltener/extremer Abflussereignisse gewonnen und folgend in aktuelle Planungen integriert werden.

In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass auch in der von der LAWA herausgegebenen „Strategie zur Umsetzung der Hochwassermanagement-Richtlinie in Deutschland“ (Stand: 10. September 2008) Erläuterungen zum Punkt „Hochwasser in der Vergangenheit“ leider fehlen (LAWA 2008). Es wird von der LAWA lediglich ausgeführt, dass für die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos auch eine Beschreibung abgelaufener Hochwasser mit signifikant nachteiligen Auswirkungen erforderlich ist. Die Beschreibungen sollten „verbal erfolgen“, wobei „ggf. vorhandene Unterlagen (z. B. wasserwirtschaftliche Rahmenpläne, Karten) verwendet werden [können]“ (ebd.).

Es ist nicht Gegenstand des Beitrages, dieses Problem weiter zu diskutieren. Mit Blick auf die nachfolgenden Ausführungen gehen die Autoren davon aus, dass laut HWRM-RL (Kapitel II) für die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos eines Fließgewässers auch Dokumente über außergewöhnliche, vergangene Hochwasser aus dem Zeitraum ab ca. 1850 bis um 1950 gemeint sind. Das gilt – trotz aller Restriktionen – übrigens auch für die geforderte Erstellung von Hochwassergefahrenkarten (siehe HWRM-RL, Kapitel III), bei denen die historisch überlieferten Angaben zur maximalen Ausdehnung von

Überschwemmungsflächen zumindest zur Kenntnis genommen werden sollten. Soweit plausibel und anhand amtlicher Texte bzw. Überschwemmungsflächenkarten belegbar, liefern vor allem die zwischen 1906 und etwa 1920/25 erstellten Kartenwerke heute noch wesentliche Sachinformationen über die Abmessungen überschwemmter Flächen. Unter Umständen können aber auch weitaus ältere Überschwemmungsflächenkarten herangezogen werden. Zu nennen sind u. a. Kartenwerke aus den Jahren 1841 (Weser) und Elbe (1845 sowie 1890).

Angesichts der o. g. Anforderungen der HWRM-RL und vor dem Hintergrund äußerst umfangreicher, bislang kaum beachteter Quellenbestände zum historischen Hochwassergeschehen in den Archiven und Forschungsbibliotheken der Bundesrepublik Deutschland sollen nachfolgend ausgewählte wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevante Altunterlagen vorgestellt und mögliche Aussagen für die Bewertung des Hochwasserrisikos diskutiert werden.

2. Wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevante Altunterlagen – Begriffsbestimmung

Unter wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanten Altunterlagen wird die Gesamtheit des Archivgutes verstanden, welches entweder mittelbar oder unmittelbar Bezug zu den Sachbereichen „Wasserwirtschaft“ oder „Wasserbau“ aufweist. In der Regel werden diese Altunterlagen in staatlichen und kommunalen Archiven verwahrt. In einigen Fällen lagern alte Bestände aber auch in Dienstarchiven bzw. Registraturabteilungen der Umwelt- und Wasserfachbehörden. Häufig handelt es sich bei den Altunterlagen um Arbeitsdokumente, das heißt, sie wurden von Angestellten der Wasserwirtschafts-, Kulturbau- und Wasserbauämter handschriftlich, später auch mit Maschine, erstellt. Von besonderem Interesse für die Auswertung schwerer historischer Hochwasser und die Abschätzung möglicher Risiken in der Zukunft sind Altunterlagen, die etwa zwischen 1870/ 80 bis um 1945 entstanden sind.

Generell lässt sich der Bestand wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanter Altunterlagen wie folgt gliedern: handschriftliche Quellen (u. a. Berichte über Hochwasserereignisse, Angaben zur Ermittlung von Überschwemmungsflächen etc.), gedruckte Quellen (u. a. sog. „Denkschriften“, die kurze Zeit nach herausragenden Hochwasserereignissen beispielsweise von Landesbehörden veröffentlicht wurden), Karte, Pläne, Zeichnungen (u. a. amtlich festgestellte Überschwemmungsflächenkarten) sowie Fotodokumente (v. a. ab etwa 1920 zunehmend genutzte Dokumentationsform, Hochwasserfotos sind u. a. in vielen amtlichen Hochwasserberichten zu finden).

3. Zum Wert und zur Bedeutung wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanter Altunterlagen (ca. 1850 bis um 1950) für die Bewertung des Hochwasserrisikos

Viele Altunterlagen in Staats-, Kommunal- und Dienstarchiven besitzen neben einem wissenschaftlichen auch einen bisher kaum wahrgenommenen praktischen Wert für die Abschätzung des Hochwasserrisikos. Um dies zu verdeutlichen, sollen nachfolgend Einzeldokumente vorgestellt werden.

3.1 Dokumente zur Beschreibung vergangener Hochwasser

(I) Amtliche Hochwasserberichte und Druckschriften

Zu den wichtigen Quellen, die Beschreibungen vergangener Hochwasser der vergangenen 100 bis 150 Jahre enthalten und damit Informationen zur längerfristigen Abschätzung des Hochwasserrisikos an einem Fließgewässer liefern können, gehören amtliche Hochwasserberichte sowie Druckschriften von Landesbehörden (siehe Abbildung 1). Verfasser waren oftmals Landesbeamte, die u. a. als leitende Angestellte im Bereich des Hochwasserschutzes oder in den statistischen Landesämtern tätig waren. Ausführlich haben sie die Ereignisse beschrieben und darüber hinaus die Hochwasserschäden und Verluste an den jeweils betroffenen Fließgewässern genau dokumentiert.



Abb. 1: 1927, ein Jahr nach dem schweren Sommerhochwasser von 1926, veröffentlichte das Anhaltische Statistische Landesamt in Dessau eine umfassende Abhandlung zum Ereignis. In der Publikation sind nicht nur Berichte zum Verlauf der Elbe- und Muldehochwasser zu finden, sondern es wurden auch Daten zu den Schäden und Verlusten zusammengestellt.

(II) Fotodokumente

Ergänzend zu den o. g. Hochwasserberichten wurden vor allem nach dem Ersten Weltkrieg durch die Mitarbeiter von Wasserwirtschafts- und Wasserbaubehörden verstärkt Fotodokumentationen von Hochwasserereignissen erstellt. So konnten z. B. für das schwere Hochwasser der Steinach, welches am 18. Januar 1939 u. a. in der Ortschaft Oberlind (Südthüringen) bedeutende Überschwemmungen verursachte, zahlreiche Fotoaufnahmen gefunden werden (siehe Abbildungen 2 und 3). Die im Rahmen eines vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU) koordinierten Projektes erfassten Bilddokumente befinden sich heute im Bestand des Thüringer Talsperren- und gewässerkundlichen Archivs in Tambach-Dietharz.



Abb. 2 und 3: Zwei Fotos aus einer Hochwasserdokumentation zum Abflussereignis der Steinach am 18. Januar 1938, hier: Ortslage Oberlind (Quelle: Thüringer Talsperren- und gewässerkundliches Archiv, Tambach-Dietharz)

(III) Dokumente/Karten zur Ausweisung von Überschwemmungsflächen

Wie im Verlauf jahrelanger Quellenrecherchen festgestellt wurde, lagern v. a. in den Staats- und Kommunalarchiven zahlreiche Überschwemmungsflächenkarten. Zumeist wurden sie nach 1840 angefertigt. Anlass waren zum einen schwere Hochwasserereignisse (siehe Abbildungen 4 und 5). Zum anderen erfolgte die Ausfertigung der Überschwemmungsflächenkarten auf Grundlage gesetzlicher Maßgaben. In beiden Fällen übernahmen die Vermessungs- bzw. Kartierungsarbeiten erfahrene Landvermesser und Wasserbauingenieure. Vor allem in Preußen aber auch in Sachsen waren in die Arbeiten häufig Artillerie- oder Pionieroffiziere eingebunden. Nicht zuletzt aus diesem Grund

zeichnen sich viele Überschwemmungsfächenkarten durch eine hohe Qualität aus und sind gerade wegen der präzisen Darstellungen überschwemmter Gebiete für Vergleiche mit aktuellen Karten gut geeignet.

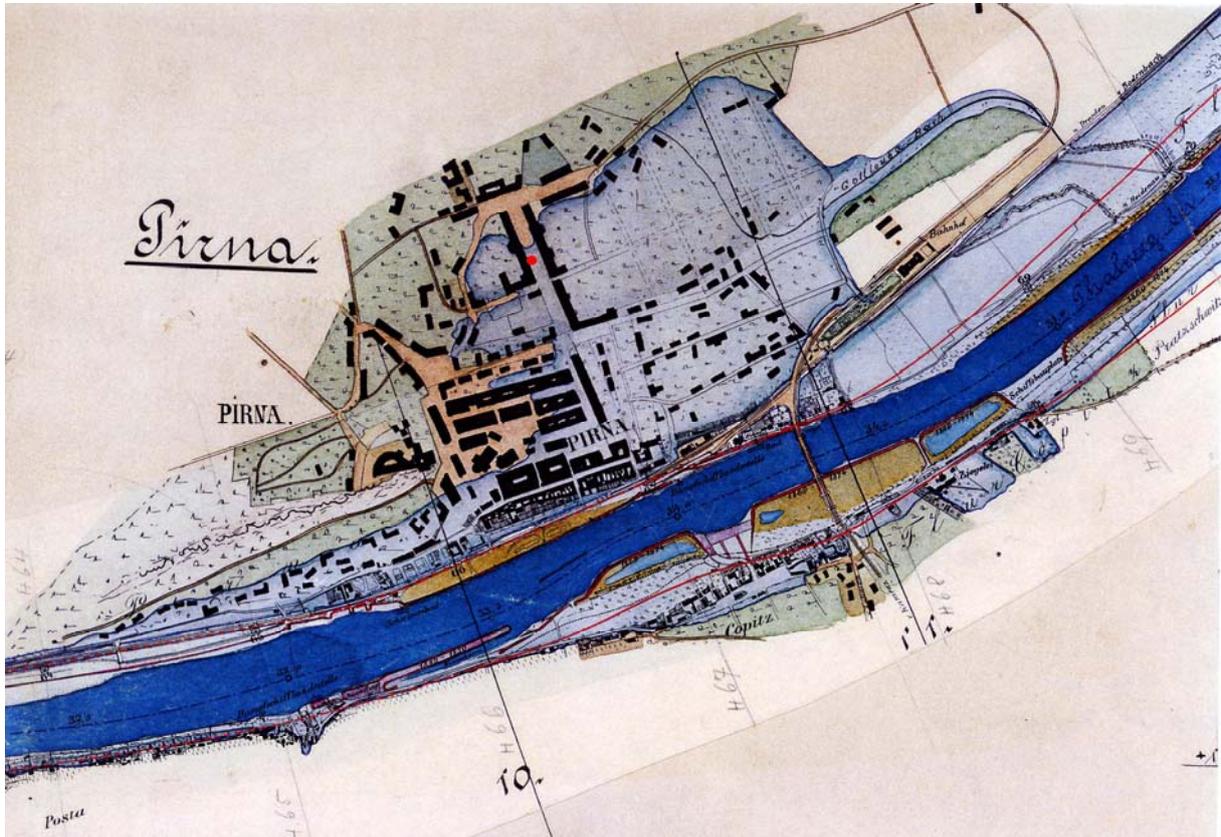


Abb. 4: Überschwemmungsfächenkartierung für die Stadt Pirna die Karte wurde kurze Zeit nach dem schweren Hochwasser vom September 1890 durch Mitarbeiter der Baubehörde Pirna erstellt. (Quelle: Stadtarchiv Pirna)

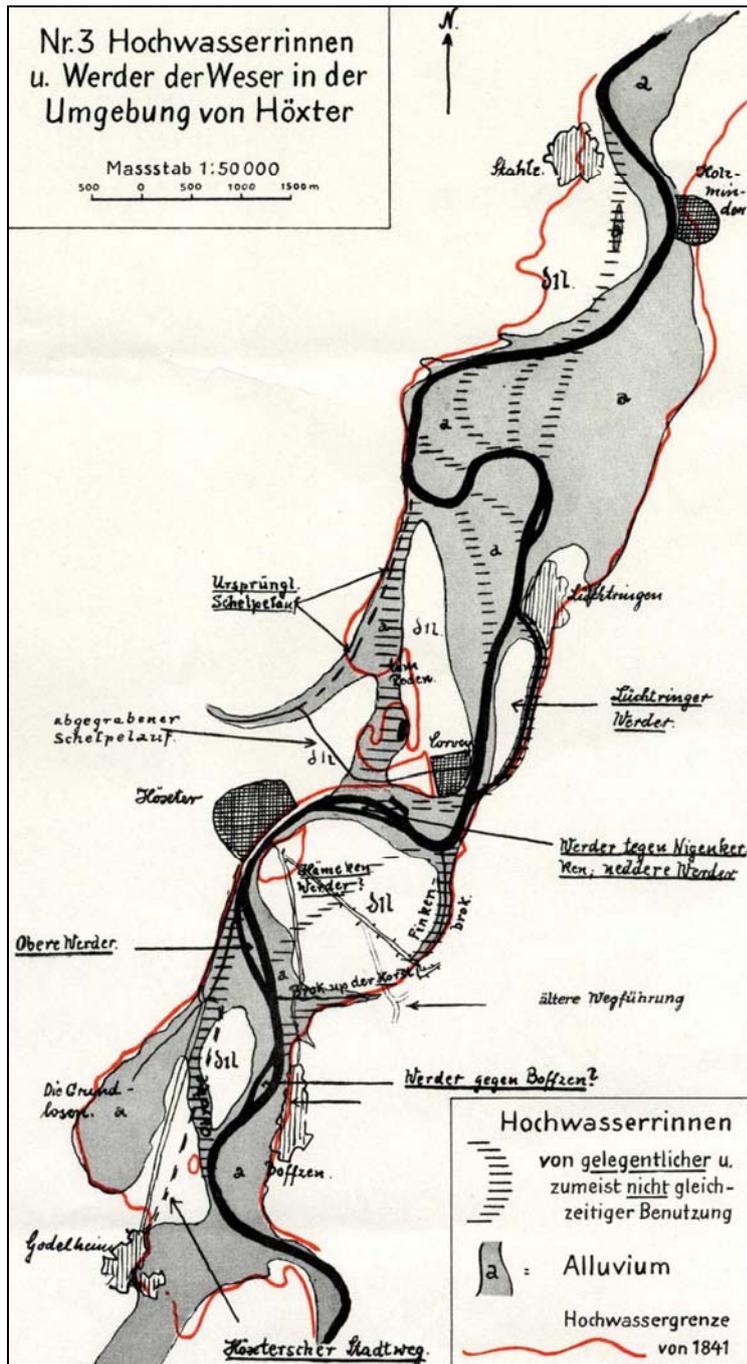


Abb. 5: Überschwemmungsflächenkartierung für einen Laufabschnitt der Weser (hier: Bereich Höxter) mit Eintragungen der Überschwemmungsflächen beim Winterhochwasser 1841 (Quelle: KRÜGER 1930/ 31, nach Originalvorlage der Wasserstraßendirektion Hannover)

Da die Anfertigung historischer Überschwemmungsflächenkarten aus Kostengründen zumeist nur nach sehr schweren Überschwemmungen angeordnet wurde, ist davon auszugehen, dass man ab etwa 1840 v. a. seltene, extreme Abflussereignisse dokumentiert hat. Zu nennen sind beispielsweise entsprechende Kartenwerke von der Weser (Kartierungen nach dem Hochwasser von 1841 durch Mitarbeiter der Wasserstraßendirektion Hannover, nach KRÜGER 1930/ 31), Saale und Elbe (Kartierungen nach den Hochwassern im September bzw. November 1890). Vergleiche mit Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 25.09

Überschwemmungsflächenkartierungen jüngerer Datums (vgl. dazu Karten, die in Thüringen und Sachsen-Anhalt nach dem schweren Hochwasser vom April 1994 erstellt wurden) bieten sich an. Sie sind, gerade mit Blick auf die längerfristige Beurteilung von Risiken, wertvoll.

Ein Fallbeispiel soll abschließend diese Tatsache nochmals verdeutlichen. Nach 1905 bzw. 1913 wurden von der preußischen Regierung auf Grundlage des Gesetzes zur Verhütung von Hochwassergefahren bzw. des Preußischen Wassergesetzes auch im Regierungsbezirk Merseburg (Preußische Provinz Sachsen) „Verzeichnisse der bei Hochwasser Gefahr bringenden Wasserläufe“ angefertigt. Dabei handelt es sich um Überschwemmungsflächenkarten im Maßstab 1:2000. Sie wurden beispielsweise 1912 für Laufabschnitte der Unstrut angefertigt und zeigen die damals bekannten, maximalen Überschwemmungsflächen (siehe Abbildung 6). 50 Jahre später, im Sommer 1962, erfolgte eine erneute Dokumentation der Flächen durch das Entwurfsbüro für Gebiets-, Stadt- und Dorfplanung des Rates des Bezirkes Halle/S. (siehe Abbildung 7). Auch wenn heute durch die zuständigen Behörden in Thüringen und Sachsen-Anhalt neue Karten erstellt bzw. veröffentlicht wurden (vgl. u. a. THÜRINGER LANDESVERWALTUNGSAMT 2007), so könnten dennoch aus den beiden alten Überschwemmungsflächenkarten zahlreiche ergänzende Detailinformationen entnommen und im Rahmen aktueller Feststellungen des Überschwemmungsrisikos an der Unstrut zur Plausibilisierung genutzt werden.

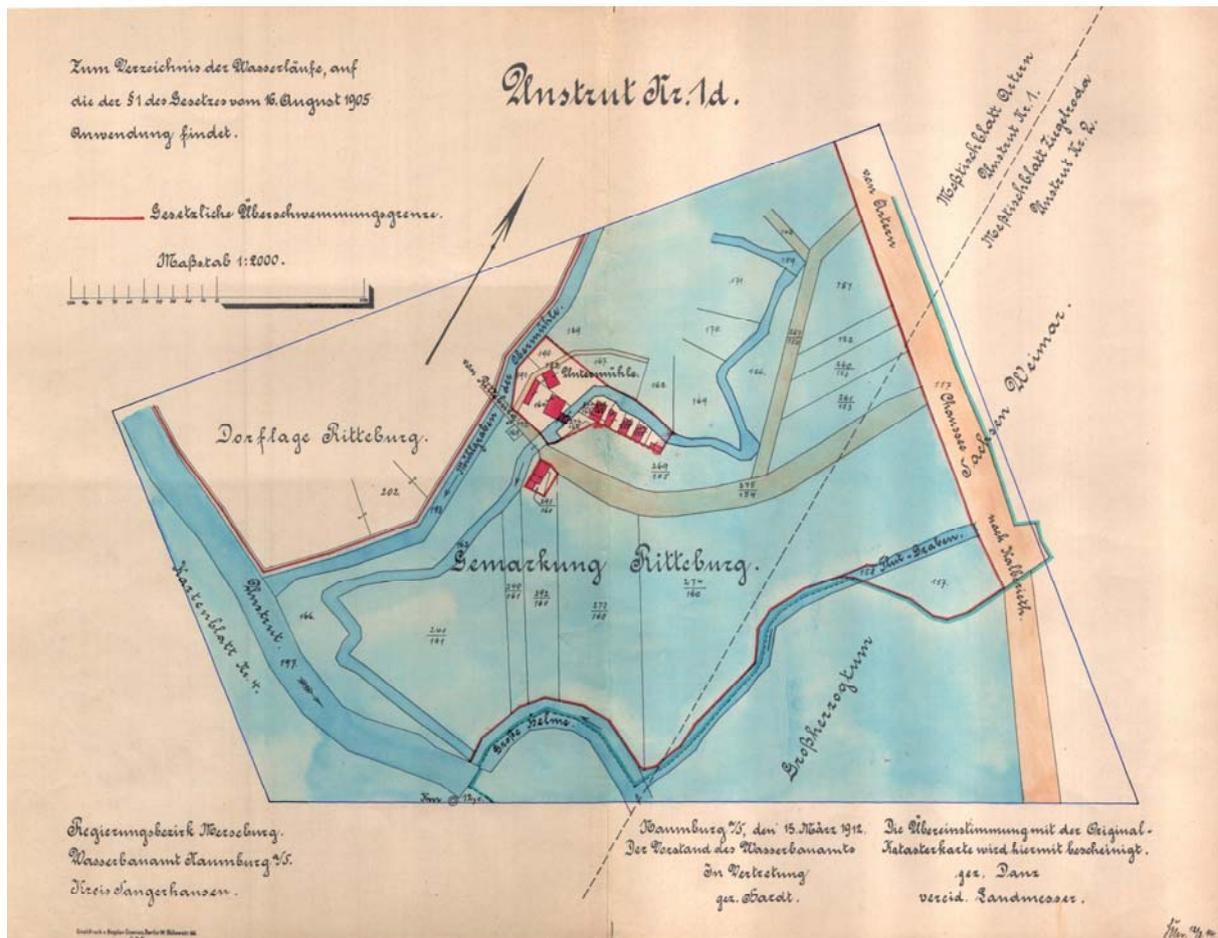


Abb. 6: Ausschnitt aus der Überschwemmungsflächenkartierung für den preußischen Laufabschnitt der Unstrut, hier Gemarkung Ritteburg, aus dem Jahr 1912 (Quelle: Kartensammlung Geographisches Institut der Universität Göttingen)

Überschwemmungsbereiche im Raum Artern (Stand 1962)

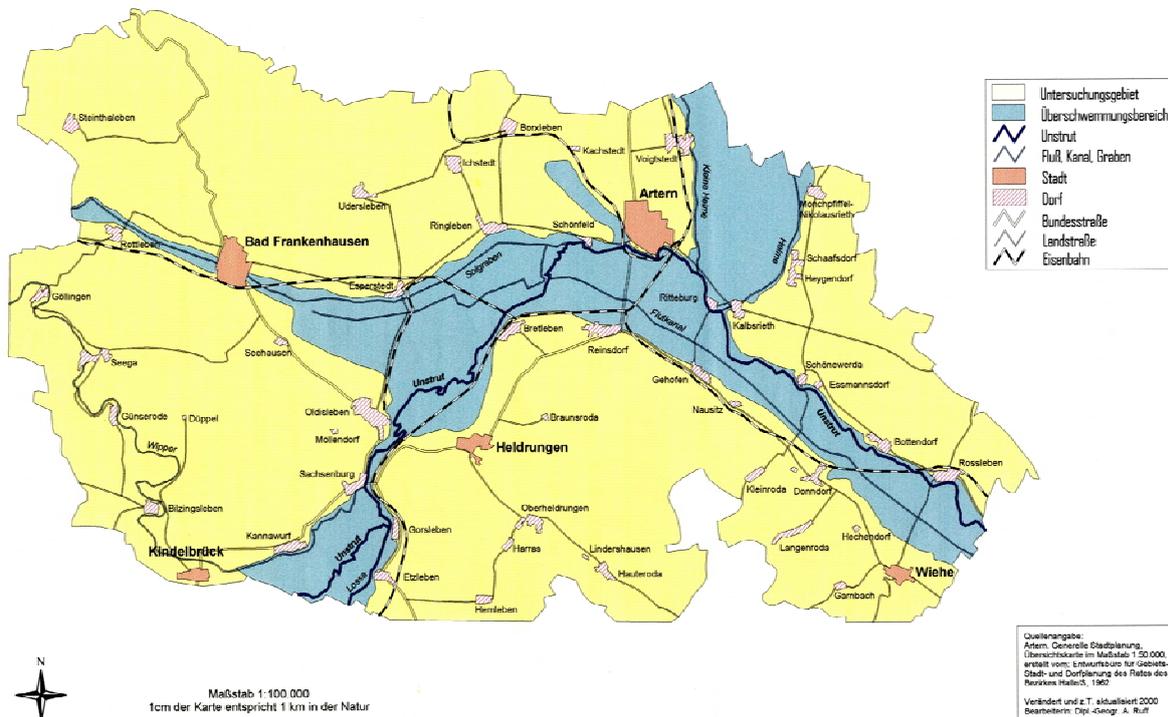


Abb. 7: Ausweisung der Überschwemmungsbereiche an der Unstrut aus dem Jahr 1962 (verändert nach Originalvorlage durch Dipl.-Geogr. A. Ruf, Frühjahr 2000)

4. Schlussbemerkungen zur Einbindung wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevanter Altunterlagen in die Bewertung des Hochwasserrisikos

Sofern wasserwirtschaftlich/wasserbaulich relevante Altunterlagen, insbesondere Überschwemmungsflächenkartierungen sowie Hochwasserbeschreibungen, aus dem Zeitraum ab etwa 1840 bis um 1950 in Archiven oder Bibliotheken vorhanden sind, sollten diese bei der Bewertung des Hochwasserrisikos mit berücksichtigt werden. Hierfür ist ein historisch-ingenieurtechnischer Ansatz zu empfehlen. Das heißt, durch die enge Zusammenarbeit von Vertretern aus den Bereichen der Geistes- und Ingenieurwissenschaften können sachrelevante Archivalien erhoben, kritisch bewertet und abschließend in laufende Planungen eingebunden werden. Für die Arbeiten bietet sich ein Arbeitsablauf an, der von den Verfassern ursprünglich für den Bereich „Bauplanung/Baumaßnahmen“ entwickelt wurde, aber durchaus auch auf Fragestellungen zur Ermittlung von Altunterlagen zum Hochwasserrisiko übertragbar ist (siehe Abbildung 8).

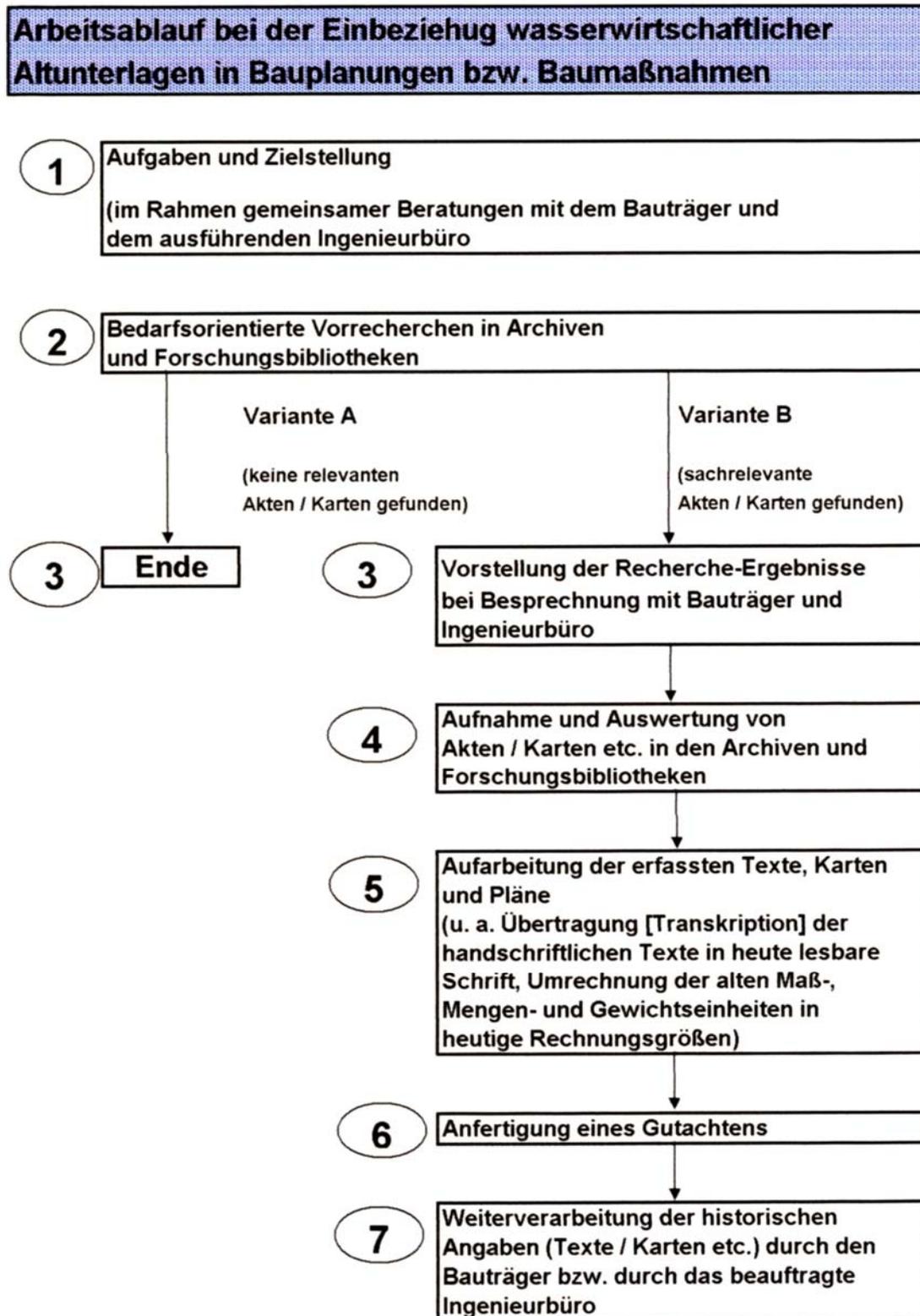


Abb. 8: Schema zum Arbeitsablauf für die Ermittlung von Altunterlagen (Bereich „Bauplanung/„Baumaßnahmen“). Das Schema ist jedoch auch auf Arbeiten zur Ermittlung von Altunterlagen zum Hochwasserrisiko anzuwenden. (Quelle: eigener Entwurf; Deutsch/Pörtge)

Dank

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern folgender Einrichtungen und Fachbehörden für die freundliche Unterstützung der Forschungen: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Landeshauptarchiv Sachsen-Anhalt (Abteilungen Dessau, Magdeburg und Merseburg), Stadtarchiv Pirna, Thüringer Talsperren- und gewässerkundliches Archiv (Tambach-Dietharz). In den Jahren 2005 bis 2007 sind die Arbeiten im Rahmen eines vom BMBF finanzierten Forschungsvorhabens am Geographischen Institut der Georg-August-Universität Göttingen durchgeführt worden (Teilprojekt von RIMAX, Förderkennzeichen: 2 WH 0511). Ausdrücklich wird dem BMBF nochmals für die Förderung gedankt! Im Jahr 2008 konnten die Arbeiten im Rahmen eines DFG-Projektes an der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig fortgeführt werden (Förderkennzeichen: HE 939/18-3). Der DFG wird an dieser Stelle gedankt.

Literatur

AMTSBLATT DER EU (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. Amtsblatt der Europäischen Union, 6.11.07, L 288/, S. 27 ff.

ANHALTISCHES STATISTISCHES LANDESAMT (Hrsg.) (1927): Das Sommerhochwasser des Jahres 1926 in Anhalt. Mitteilungen des Anhaltischen Statistischen Landesamtes Nr. 60, Dessau.

KRÜGER, H. (1930/ 31): Höxter und Corvey – Zeitschrift für Westfalen, Höxter.

LAWA (2008): Strategie zur Umsetzung der Hochwassermanagement-Richtlinie in Deutschland, LAWA-ad-hoc-Ausschuss „Hochwasser“, Stand: 10. September 2008.

Die Bewertung des Hochwasserrisikos in Bayern

Gabriele Merz und Karlheinz Kraus

Zusammenfassung

Die Umsetzung der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (EG-HWRM-RL) ist in Bayern angelaufen. So wird derzeit die vorläufige Bewertung durchgeführt, da für diese Phase der Umsetzung die Regelung für Übergangsmaßnahmen nach Art. 13 der Richtlinie in Anspruch genommen werden soll. Hierbei kommt es in hohem Maße darauf an, den Zweck dieser vorläufigen Bewertung im Auge zu behalten – nämlich die Festlegung einer Gebietskulisse, für die dann im weiteren Umsetzungsprozess Gefahren- und Risikokarten erstellt und Hochwasserrisikomanagementpläne entwickelt werden sollen. Außerdem wird im Rahmen des EU-geförderten Projekts FloodScan intensiv an Methoden gearbeitet, die es ermöglichen sollen, den hohen Aufwand für die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten zu reduzieren, ohne Abstriche bei der Qualität hinnehmen zu müssen.

1. Die Anforderungen der EG-HWRM-RL an die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos

Die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (EG-HWRM-RL) kann insgesamt in zwei große Arbeitsschritte unterteilt werden: die Ist-Analyse von Hochwasserrisiken und die Erarbeitung von Plänen zum Umgang mit diesen Risiken. Die Ist-Analyse wird durch die Richtlinie wiederum in zwei Phasen unterteilt, nämlich die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos und die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten.

Grundlage der vorläufigen Bewertung sollen vorhandene bzw. leicht abzuleitende Informationen sein über Topografie und Flächennutzung, vergangene Hochwasserereignisse und ihre Folgen sowie – soweit das die Mitgliedstaaten für erforderlich halten – die potenziellen Folgen künftiger Hochwasserereignisse unter möglichst umfassender Berücksichtigung von wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten, der Wirksamkeit von Schutzeinrichtungen und langfristigen Entwicklungen. Die Auswirkungen von Hochwasser sind im Hinblick auf die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit zu bewerten. Dabei sollen auch mögliche Veränderungen unter dem Blickwinkel des Klimawandels einbezogen werden.

Aufgrund des Aufbaus der Richtlinie kann davon ausgegangen werden, dass das Ziel der vorläufigen Risikobewertung in erster Linie darin besteht, sich einen Überblick über die Hochwasserrisiken in Europa zu verschaffen, um dann, wie in Art. 5 der Richtlinie vorgegeben, die Gebiete zu definieren, in denen ein potenziell signifikantes Hochwasserrisiko gegeben ist. Der vorgesehene Fortschreibungszyklus von sechs Jahren stellt sicher, dass Risikogebiete, die in der ersten Umsetzungsphase beispielsweise aufgrund

fehlender Daten noch nicht erkannt wurden, zu einem späteren Zeitpunkt nachgeführt werden können.

2. Vorgehensweise bei der vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos in Bayern

Ziel der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos ist die Identifizierung der Gebiete, in denen laut EG-HWRM-RL ein „potenziell signifikantes Hochwasserrisiko“ besteht. Dem trägt auch das Strategiepapier der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Umsetzung der Richtlinie Rechnung, das in der 136. LAWA-Vollversammlung beschlossen wurde. Dort wird formuliert, dass die Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko die Schwerpunkte des Hochwasserrisikos im jeweils betrachteten Gebiet beinhalten und damit Gefahrenkarten, Risikokarten und Hochwasserrisikomanagementpläne nur für Gebiete mit erhöhtem Risiko zu erarbeiten sind.

Bayern hat mit einer Landesfläche von 70.549 km² Anteil an den drei internationalen Flussgebieten Donau, Rhein und Elbe und dem nationalen Flussgebiet Weser, wobei Elbe und Weser mit zusammen 2.000 km² nur einen geringen Flächenanteil darstellen. Von den ca. 80.000 km Gewässern haben rund 25.000 km ein Einzugsgebiet größer 10 km² und sind damit Teil des Gewässernetzes der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL).

Die EG-HWRM-RL selbst gibt keine Gebietskulisse vor. Sie verlangt jedoch für die verschiedenen Phasen der Umsetzung eine Koordination mit der EG-WRRL. Es wurde daher vereinbart, das Gewässernetz der EG-WRRL in Bayern als Ausgangsbasis für die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos heranzuziehen. Ergänzt wird dieses Gewässernetz noch um Gewässer mit kleinerem Einzugsgebiet, von denen den örtlichen Wasserwirtschaftsämtern bekannt ist, dass sie in der Vergangenheit bei Hochwasserereignissen größere Schäden verursacht haben.

Grundlage für diese vorläufige Bewertung sollen leicht verfügbare Daten sein:

Da für einen großen Teil des zu betrachtenden Gewässernetzes bisher keine Überschwemmungsgebiete ermittelt wurden, werden als potenziell von Hochwasser betroffenen Gebiete die wassersensiblen Bereiche herangezogen, die aus den Konzeptbodenkarten anhand typischer Auenböden und Grundwasserböden im Maßstab 1:25.000 abgeleitet wurden. Sie kennzeichnen den natürlichen Einflussbereich des Wassers, in dem es zu Überschwemmungen kommen kann, und erfassen damit sowohl die kleineren Gewässer, für die bisher keine Überschwemmungsgebiete ermittelt wurden, als auch die Bereiche hinter den Schutzeinrichtungen, die bei Extremereignissen betroffen sein können. Die wassersensiblen Bereiche werden bereits seit Mitte der 1990er-Jahre kartiert und neben den für HQ₁₀₀ ermittelten Überschwemmungsgebieten in einem zentralen Internetkartendienst, dem „Informationsdienst überschwemmungsgefährdete Gebiete“ (IÜG), der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt (www.iug.bayern.de) (LOIPERSBERGER & RIEGER 2005).

Für die vorläufige Risikobetrachtung reichen die für ein HQ_{100} ermittelten Überschwemmungsgebiete nicht aus. Aufgrund der rechtlichen Definition schränken sie das Überschwemmungsgebiet auf das Gebiet zwischen dem Gewässer und einer Hochwasserschutzanlagen, die für ein HQ_{100} bemessen ist, ein. Die geschützten Gebiete, die bei Versagen der Schutzanlage oder bei Extremereignissen jenseits eines hundertjährigen Ereignisses besonders stark betroffen wären, werden nicht berücksichtigt. Gerade in diesen Bereichen ist das Schadenspotenzial aber besonders hoch, weil die Bevölkerung sich dort vor Hochwasser sicher fühlt und nur bei extremen Ereignissen überhaupt betroffen ist.

Die wassersensiblen Bereiche hingegen berücksichtigen aufgrund ihrer Entwicklung aus den Konzeptbodenkarten keine Hochwasserschutzanlagen und stellen daher theoretisch auch das Gebiet dar, das bei Versagen der Schutzanlage oder bei größeren Ereignissen überflutet wird. Sie zeichnen sich zwar wegen ihrer Entstehung nicht durch eine so hohe Genauigkeit aus wie die Überschwemmungsgebiete, für eine vorläufige Risikobetrachtung sollten sie indes hinreichend genau sein. Die wassersensiblen Bereiche liegen in Bayern für einen großen Teil der Landesfläche mit Ausnahme des Alpenraumes und eines Teilbereichs von Franken flächendeckend vor. Für die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos wurden sie auf das zu betrachtende Gewässernetz der EG-WRRL reduziert.

Im Alpenraum stellt sich die Gefahrensituation etwas anders dar als im übrigen Bayern. Bezüglich einer Gefährdung durch Wasser sind im Alpenraum weniger die engen, kaum besiedelten Wildbachtäler potenziell signifikante Risikogebiete, sondern in erster Linie die Schwemmkegel der Wildbäche, die sich am Austritt des Gewässers am Fuße der Berge in den Talraum bilden. Die Schwemmkegel waren in der Vergangenheit ein bevorzugtes Siedlungsgebiet, weil sie vor den Überschwemmungen des Talraums Schutz boten. Bei Starkniederschlägen im Wildbacheinzugsgebiet sind jedoch gerade diese Schwemmkegel sowohl durch schnell abfließendes Wasser als auch durch Murstöße stark bedroht. Die derzeit bekannten Schwemmkegel sind im Informationsdienst Alpine Naturgefahren (IAN) erfasst und bereits entsprechend ihres Risikos eingestuft. Darüber hinaus erfasst die bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung u. a. im Rahmen des Projekts „Einzugsgebiete Alpiner Regionen – EGAR“ seit einigen Jahre auf regionaler Ebene (Maßstab 1:25.000) den Zustand alpiner Einzugsgebiete und beurteilt ihn hinsichtlich der Gefahrenpotenziale. Auch diese Daten fließen in die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos mit ein.

Für die Gebiete in Bayern, für die weder Konzeptbodenkarten noch Daten aus EGAR vorlagen, wurden hilfsweise mit einer GIS-Methodik Tallagen erzeugt. Damit steht für das gesamte zu betrachtende Gewässernetz eine Datengrundlage für die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos zur Verfügung.

Für eine Bewertung des Risikos werden die Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) zugrunde gelegt. Dort ist die „tatsächliche Nutzung“ von Flächen erfasst. Durch Verschneidung der potenziell hochwassergefährdeten

Gebiete mit den bebauten Gebieten aus ATKIS werden die Bereiche sichtbar, in denen ein potenzielles Hochwasserrisiko gegeben ist.

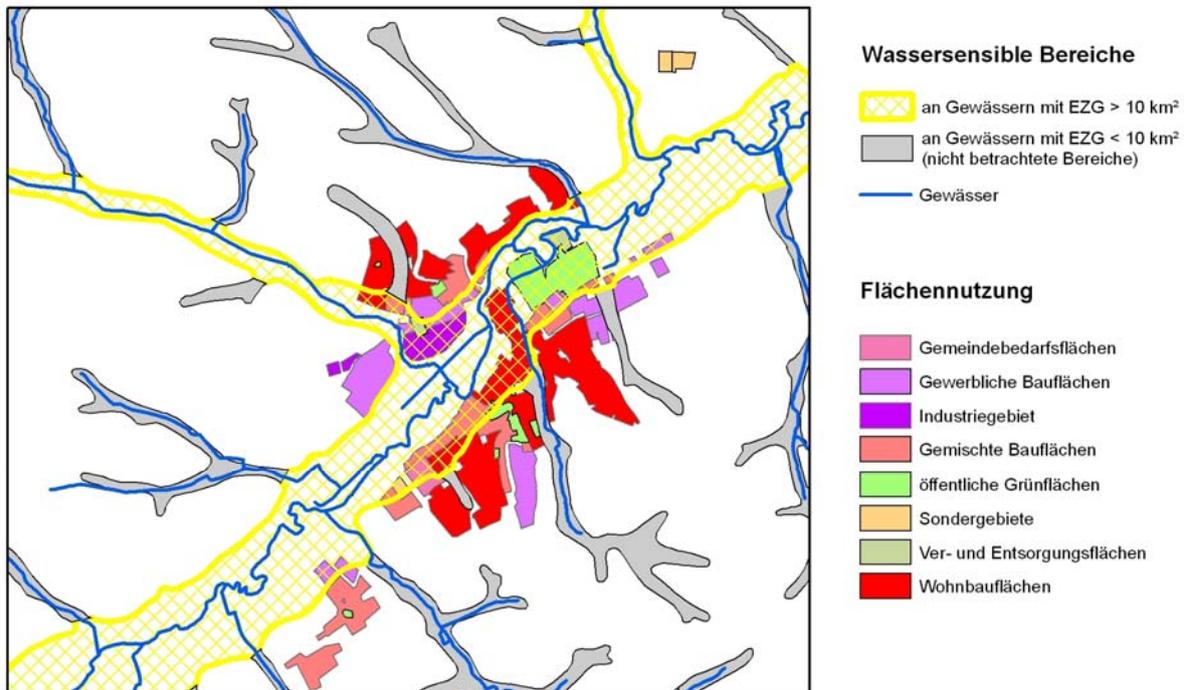


Abb. 1: Zur Identifizierung der potenziell hochwassergefährdeten Gebiete werden die wassersensiblen Bereiche auf das Gewässernetz der Wasserrahmenrichtlinie reduziert und dann mit den Flächennutzungsdaten verschnitten.

In der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos sollen insbesondere auch vergangene Hochwasserereignisse und ihre Folgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und die wirtschaftliche Tätigkeiten berücksichtigt werden. In den vergangenen Jahrzehnten gab es in Bayern immer wieder große Hochwasserereignisse. Darunter waren auch einzelne, die zumindest in Teilabschnitten das Ausmaß eines hundertjährigen Hochwasserereignisses (HQ₁₀₀) erreicht und überschritten haben. Dabei war seit 1850 der Donaauraum in Bayern häufiger von überregionalen Großereignissen betroffen als das Maingebiet. In jüngerer Vergangenheit waren es das große Donauhochwasser von 1954, das Pfingsthochwasser von 1999 sowie die Ereignisse von 2002 und 2005.

Die großen überregionalen Hochwasserereignisse sind meist gut dokumentiert, da sie Schäden in einem Umfang verursachen, der politisches und gesellschaftliches Handeln erforderlich macht (MERZ & KRAUS 2007). In einer Veröffentlichung des Bayerischen Landesamts für Umwelt wurden für die Flussgebiete Main, Elbe und Donau sowie den Alpenraum eine Reihe großer Hochwasserereignisse und ihre Folgen für den Laien verständlich aufbereitet.

3. Festlegen der Gewässerstrecken mit signifikantem Hochwasserrisiko

Für die Erhebung der Gewässerstrecken, an denen ein potenzielles Hochwasserrisiko gegeben ist, wurden die potenziellen Risikoflächen den Gewässerachsen zugeordnet und so grundsätzlich schadgeneigte Gewässerabschnitte erzeugt. Dieser im Wesentlichen automatisiert erzeugte Datensatz wurden von der örtlich zuständigen Wasserwirtschaft auf der Basis der vorhandenen Orts- und Fachkenntnisse dahin gehend plausibilisiert und ergänzt, ob bereits bis zu einem hundertjährigen Hochwasserereignis Schäden entstehen oder erst bei Extremereignissen.

Auf Basis dieser Datenlage werden derzeit die Gewässerstrecken mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko bestimmt. Dabei finden auch die Anzahl der betroffenen Einwohner und die für die wirtschaftliche Tätigkeit verwendeten Flächen Berücksichtigung. Dies erfolgt in Anbetracht des Zwecks der vorläufigen Risikobewertung sowie der Genauigkeit der Ausgangsdaten überschlägig.

Eine weitere Bewertung des Risikos ist dann möglich, wenn Hochwassergefahrenkarten erstellt sind. Dem trägt auch die EG-HWRM-RL in der zweiten Umsetzungsphase Rechnung, in der Hochwassergefahren- und aus diesen Hochwasserrisikokarten zu erstellen sind.

4. Vorbereitung für die systematische Erstellung von Hochwassergefahrenkarten

Für die Gebiete, in denen ein potenziell signifikantes Hochwasserrisiko besteht, sind für verschiedene Hochwasserszenarien Hochwassergefahrenkarten zu erstellen. Dabei soll auch ein Extremereignis jenseits des HQ_{100} mit betrachtet werden. Für die Methodik, die zur Erstellung der Hochwassergefahrenkarten zur Anwendung kommt, ist die Frage nach der Zielgruppe für die Karten von entscheidender Bedeutung. Wenn die Daten später für die konkrete Katastropheneinsatzplanung verwendet werden sollen, muss an die Genauigkeit der Datengrundlagen sowie des Berechnungsmodells ein hoher Anspruch gestellt werden.

Die in den vergangenen Jahren für die Ermittlung und Festsetzung der Überschwemmungsgebiete für HQ_{100} entwickelte Vorgehensweise (2D-Modellierung) entspricht dem derzeitigen Stand der Technik und ist notwendigerweise sehr genau, weil die sich aus der Festsetzung ergebenden rechtlichen Konsequenzen erhebliche Folgen für die mögliche Nutzung jedes einzelnen Grundstücks nach sich ziehen. Die Abgrenzung der Überschwemmungsgebiete für ein HQ_{100} muss daher gerichtsfest sein. Der Aufwand dafür ist relativ hoch.

Das LfU entwickelt deshalb derzeit im Rahmen des von der EU geförderten Projekts FloodScan gemeinsam mit dem Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG) und der Technischen Universität München (TUM) Verfahren, mit denen der Einsatz zweidimensionaler Strömungssimulationen für die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten vereinfacht und verbessert werden soll. Die Aktivitäten reichen dabei von der Optimierung der mittels Laserscanning gewonnenen digitalen Geländemodelle sowie den Verfahren zur

Klassifikation der Landbedeckung über die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten bis hin zur Verbesserung der Information der Öffentlichkeit über diese Hochwassergefahren. Dabei wurden bereits einige vielversprechende Ergebnisse erzielt (RIEGER et al. 2007):

Unter den verschiedenen Herstellungsmethoden digitaler Geländemodelle hat sich das Airborne Laserscanning (ALS) in den vergangenen Jahren als wirtschaftliche und hochgenaue Methode bewährt. Das LVG Bayern hat bisher für ca. 70 % der Landesfläche von Bayern Laserscanning-Befliegungen durchführen lassen. Je nach Punktdichte der Ausgangsdaten kann daraus ein DGM in einer Auflösung von 5 m, 2 m oder 1 m Gitterweite abgeleitet werden. Seit dem Jahr 2006 ist die Punktdichte des Laserscannings für ein DGM in 1 m Gitterweite ausreichend. Dieses DGM bildet die Datengrundlage für den weiteren Optimierungs- und Ausdünnungsprozess bei der hydraulischen 2D-Modellierung. Bis 2010 soll ein DGM aus Laserscanning flächendeckend für Bayern vorliegen.

Eine zentrale Anforderung der Nutzung von Laserscanner-Daten in Verbindung mit 2D-Modellen ist eine effiziente Ausdünnung der Geländemodelle. Im Auftrag des LfU wurde daher ein Programm entwickelt, das eine Reduzierung der Gitterpunkte um mehr als 95 % erlaubt. Dabei sollen alle hydraulisch relevanten Geländestrukturen erhalten bleiben und die für die Modellrechnung relevanten Anforderungen an das Berechnungsnetz erfüllt werden (MICHEL 2006), ohne dass Bruchkanten manuell erzeugt werden müssen. Das Programm (LASER_AS-2d) wurde erfolgreich in der Pilotregion Donau getestet. Im Rahmen von FloodScan wird es bei der Berechnung von Überschwemmungsgebieten in unterschiedlichsten Flussgebieten eingesetzt.

Parallel dazu wurde die Software zur Ausdünnung weiterentwickelt, um die Qualität des ausgedünnten Netzes weiter zu verbessern und die Rechenzeiten zu verkürzen. Konkret wurden in jüngster Zeit Verbesserungen erzielt, die von einer verbesserten Flussschlaucherstellung über eine verbesserte Extraktion von Bruchkanten bis hin zu einer deutlichen Reduzierung der Rechenzeit führen.

Zur Ableitung von Oberflächenrauheiten werden Informationen über die Landbedeckung benötigt. Diese können aus verschiedenen Quellen abgeleitet werden. Im Sinne einer kosteneffizienten Erhebung dieser Informationen werden derzeit drei verschiedene Quellen für die Ableitung der Rauheiten verwendet und im Rahmen vergleichender Untersuchungen getestet. Genauso wie bei der Prozessierung des digitalen Geländemodells steht auch hier die Optimierung von Aufwand und erforderlicher Genauigkeit im Hinblick auf die hydrotechnische Modellierung im Vordergrund.

Im Rahmen von FloodScan werden für ein breites Spektrum natürlicher Gewässertypen „Best-Practice-Ansätze“ entwickelt, um zukünftig einen effizienten Mitteleinsatz zu ermöglichen. Dazu sind Pilotuntersuchungen an einer Vielzahl von Gewässern erforderlich. Die Erkenntnisse sollen auch für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten eingesetzt werden. Aktuell wird der Einsatz der verschiedenen Datenquellen im Rahmen der

2D-Modellierung in einer Reihe von Projekten getestet. Ein erster erfolgreicher Test bei der Verwendung des neuen Verfahrens wurde an der Donau durchgeführt (MICHEL 2006). Für das Untersuchungsgebiet von ca. 42 km² konnte die Anzahl der verwendeten DGM-Punkte um ca. 98 % weitgehend automatisiert reduziert werden, ohne dass abflussrelevante Abweichungen im Ergebnis festzustellen waren. Dadurch kann eine instationäre 2D-Berechnung auf einem handelsüblichen PC durchgeführt werden.

Die erfolgreiche Untersuchung an der Donau gab den Ausschlag, zukünftig voll auf den Einsatz von Laserscanner-Daten in der hydraulischen Modellierung zu setzen. Durch die breite Anwendung der Methode in unterschiedlichen Einzugsgebieten soll das Verfahren in den nächsten Jahren weiter verbessert werden. Gesamtziel ist die Erstellung eines „Rezeptbuchs“, wie die hydraulische Modellierung unter Vorgabe der angestrebten

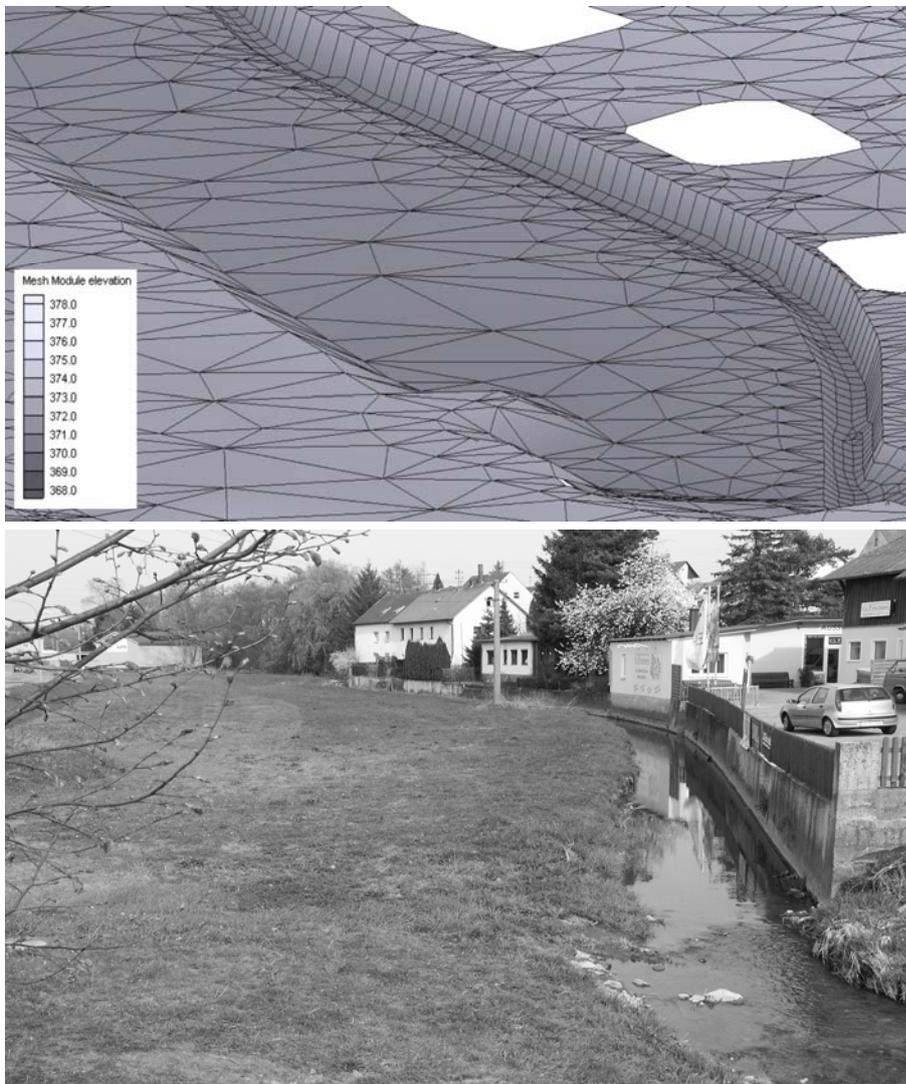


Abb. 2: Ausgedünntes Berechnungsnetz (oben) für den Krumbach (unten), ein kleines Gewässer in der Oberpfalz

Genauigkeit und mit den zur Verfügung stehenden Grundlagendaten optimiert ablaufen kann. Besonders wichtig ist dabei ein effizienter Mitteleinsatz. Mittlerweile wurde eine Reihe weiterer Berechnungen auch an kleinen Gewässern erfolgreich abgeschlossen.

Im Zusammenhang mit der Modellierung von Extremereignissen soll weiterhin untersucht werden, inwieweit eine vereinfachte Modellierung des Flussschlauchs zu hinreichend genauen Ergebnissen führt. Im Rahmen der Modellierung stellen Vermessungsarbeiten (von Querprofilen, Durchlässen, Bauwerken) einen erheblichen Kostenfaktor dar. Gerade bei sehr kleinen Gewässern mit geringer Wassertiefe stellt sich deshalb die Frage, wie sensitiv die Modellierung von Extremereignissen auf eine vereinfachte Darstellung der Flussschlauchs auf der Basis von Laserscanner-Daten reagiert.

Ein weiterer Schritt zur Vorbereitung der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten ist ein Pilotprojekt an der Iller, dem Grenzgewässer zwischen Bayern und Baden-Württemberg. Dort werden auf der Grundlage eines Staatsvertrags Hochwassergefahrenkarten für die in Baden-Württemberg üblicherweise vorgesehenen Hochwasserszenarien (HQ₂, HQ₁₀, HQ₂₀, HQ₅₀, HQ₁₀₀, HQ_{Extrem}) mit dem in Bayern üblicherweise zur Anwendung kommenden Programm Hydro AS 2-d erstellt. Ziel dieser Zusammenarbeit ist es, von der in Baden-Württemberg praktizierten systematischen Erstellung von Hochwassergefahrenkarten für große Gewässerstrecken zu lernen.

5. Aktuelle Rahmenbedingungen bei der fachlichen Umsetzung und Erwartungen an den Umsetzungsprozess

Die Erarbeitung eines effektiven fachlichen Umsetzungskonzepts der EG-HWRM-RL wird nach wie vor durch die Diskrepanzen zwischen den europäischen, nationalen und landesspezifischen Rechtsvorschriften gehemmt. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Begrifflichkeiten als auch hinsichtlich der Vorgehensweise und der terminlichen Vorgaben.

Beispielsweise ist die Definition des potenziell signifikanten Hochwasserrisikos eine wesentliche Voraussetzung für die konkrete Planung. Die Richtlinie selbst definiert die Signifikanz nicht näher. Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) verwendet im Zusammenhang mit der Notwendigkeit der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten den Begriff „nicht nur geringfügige Schäden“. Diese Definition sollte jedoch nicht auf die Umsetzung der EG-HWRM-RL übertragen werden, da hier eine Vielzahl von Kleinflächen mit erfasst werden, die für eine Gesamtbetrachtung im europäischen Rahmen kaum von Bedeutung sein können. Da die jetzigen Festlegungen maßgeblich die fachliche Strategie und damit den erforderlichen Mitteleinsatz beeinflussen, ist es wichtig, möglichst zügig zu konkreten nationalen Regelungen zu gelangen.

Auch in fachlicher Hinsicht wäre es wichtig, sich möglichst bald auf eine einheitliche Linie zumindest bezüglich eines Mindeststandards zu verständigen. Dazu gehört beispielsweise eine fachliche Festlegung des zu betrachtenden Extremereignisses jenseits des HQ₁₀₀. Hier sollten von den Ländern keine unterschiedlichen Philosophien verfolgt werden. Um eine

Vergleichbarkeit der Risiken im Bundesgebiet herbeizuführen und auch in den nun anstehenden Arbeitskreisen auf europäischer Ebene Einfluss nehmen zu können, ist eine schnelle Einigung der Länder im Rahmen der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser notwendig.

Nachdrücklich ist allen Bestrebungen entgegenzuwirken, mit denen versucht wird, die Kompromisse, die bei der Erarbeitung der Richtlinie gefunden wurden, um die unterschiedlichen Interessen in ganz Europa in Einklang zu bringen, nun im Umsetzungsprozess durch enge Vorgaben einzuschränken. Dies gilt sowohl für die Übergangsregelung als auch für überzogene Vorstellungen zur Definition „Hochwasser“. Der Wunsch, alle Gefahren auf einmal zu betrachten, unabhängig davon, ob sie nun von oberirdischen Gewässern, von Grundwasser oder von bei Starkregenereignissen wild abfließendem Wasser herrühren, kann sehr schnell dazu führen, dass der Zweck der Gefahren- und Risikokartierung verfehlt wird. Zum einen fehlen derzeit die fachlich-methodischen Grundlagen für die Erarbeitung konkreter Gefahrenkarten für Überflutungen aus Grundwasser oder wild abfließendem Wasser. Zum anderen führt die Vermischung unterschiedlicher Gefahrensituationen nicht zur gewünschten Bewusstseinsbildung bei den Betroffenen. Für den einzelnen Bürger muss es möglich sein, Ursache und Umfang der Gefahr erkennen und abschätzen zu können. Nur dann ist er auch in der Lage, die erforderlichen konkreten Maßnahmen zur Eigenvorsorge zu treffen.

Literatur

- LOIPERSBERGER, A. & D. RIEGER (2005): Informationsdienste zu Naturgefahren im Internet – Bayer. Gemeindetag 5/2005.
- RIEGER, D. et al. (2007): 2d-Modellierung von Überschwemmungsgebieten mit optimierten Eingangsdaten.
- MICHEL, F. (2006): Großflächige numerische 2d-Modellierung auf Basis eines hochauflösenden Laserscanner-Gitters (1-m) Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen Heft 32; S. 517-524.
- BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2008): Leben mit dem Fluss – Hochwasser im Spiegel der Zeit.
- Merz, G. & K. Kraus (2007): Hochwasserschutz im Freistaat Bayern – Forum für Hydrologische Wissenschaften, Heft 22.07; S. 33-46.

Indikatoren zur Bewertung der Hochwasservorsorge

Karl-Heinz Rother

Zusammenfassung

Die öffentliche Diskussion über die Abwehr von Hochwassergefahren und die Beherrschung von Hochwasserschäden hat in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Szenarien wahrscheinlicher Klimaentwicklungen, die eher ein Ansteigen der Hochwassergefahren erwarten lassen, unterstreichen diese Bedeutung. Neben dem Ausbau technischer Schutzbauten wird dabei Strategien der Hochwasservorsorge durch Kontrolle und Minderung von Schadenspotenzialen ein immer größerer Stellenwert zugemessen.

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) hat ein Projekt in Angriff genommen mit dem Ziel, für konkrete Räume den Status der ergänzenden nicht baulichen Hochwasservorsorge zu bewerten und damit den Beteiligten die Möglichkeit zu geben, sich über den eigenen Status Rechenschaft abzulegen und daraus gegebenenfalls Entscheidungen zur Verbesserung der Hochwasservorsorge abzuleiten.

Mit diesem Ziel wird von einer Arbeitsgruppe der DWA das Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“ entwickelt. Über den Stand der Arbeiten wird berichtet

1. Einführung

1.1 Veranlassung

Die Entwicklung der Hochwasserschäden der vergangenen Jahre hat den Schutz vor Hochwasser zunehmend in den Blickpunkt des Interesses der Gesellschaft gerückt. Während vielfach noch die Forderungen nach Investitionen in aufwendige Schutzbauwerke im Vordergrund des öffentlichen Interesses stehen, herrscht seit Mitte der 1990er-Jahre ein breiter Konsens der Fachleute dahin gehend, dass zur nachhaltigen Wirksamkeit technischer Hochwasserschutzkonzepte parallel und ergänzend auch auf die Entwicklung der Schadenspotenziale verstärkt Einfluss genommen werden sollte. Die Hochwasserschutznovelle zum Wasserhaushaltsgesetz des Bundes vom Mai 2005 und die Europäische Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (2007/60/EG) vom Oktober 2007 tragen dieses Erkenntnis in besonderer Weise Rechnung.

Die Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Schadenspotenziale sind vielfältig und komplex und nicht allein einer konkreten Zuständigkeit zuzuordnen. Beginnend mit der Auswahl des Standortes für eine Nutzung, der baulichen Gestaltung der Nutzung, dem Verhalten vor und während des Hochwasserereignisses bis hin zur materiellen Risikovorsorge für den Schadensfall, sind der Gesetzgeber und die einschlägigen Fachverwaltungen, die Kommunen in ihrer örtlichen Kompetenz, aber auch Handwerk und Wirtschaft und nicht zuletzt Bürgerinnen sowie Bürger für das eigene Handeln gleichermaßen gefordert, Verantwortung zu übernehmen.

1.2 Aktuelle Defizite

Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, bedarf es der Diskussion und letztlich des Konsens aller Beteiligten über die erfolgreichen Strategien zur Begrenzung und Minderung von Schadenspotenzialen. Eine aktuelle Bilanz über den Erfolg dieses Diskurses und den tatsächlichen Stellenwert dieser Strategien im Bewusstsein der Beteiligten zeigt ein deutliches Missverhältnis zwischen formuliertem Anspruch und dem alltäglichen Handeln der Entscheider.

In der Regel weisen derartige Abweichungen von Wollen und Handeln auf einen Mangel an Information und eine fehlende Konkretisierung dessen hin, was zu tun ist. Erfahrungsgemäß geht bei derartigen komplexen Wirk- und Verantwortungszusammenhängen nur zu rasch die Übersicht verloren, das Wichtige vom Unwichtigen und das Naheliegende vom ferner Liegenden zu unterscheiden. Es fehlt an einem Maßstab, den vorhandenen Stand der Hochwasservorsorge zu bewerten und darauf aufbauend zielgerichtet zu verbessern. Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) hat im November 2007 eine Arbeitsgruppe „Indikatorensystem zur Bewertung der Hochwasservorsorge“ konstituiert, mit dem Ziel, einen Maßstab zur Bewertung der Hochwasservorsorge zu entwickeln und zu etablieren (ROTHER 2007).

2. Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“

2.1 Projektentwicklung

Unter der Zielvorgabe, ein einfach zu handhabendes Instrument zu entwickeln, das mit überschaubarem Aufwand dennoch eine ausreichende Trennschärfe erreicht, wurde ziemlich rasch deutlich, dass alle Versuche, die Bewertung an quantitativ im Detail belegten Daten auszurichten, am Erhebungsaufwand scheitern würden.

Zweitens war bald erkennbar, dass Problembewusstsein und Fachkompetenz je nach der Größe der Kommune und der Zeitnähe der Erfahrung mit einem aktuellen Hochwasser so unterschiedlich sind, dass die Akteure in der Auseinandersetzung mit dem Thema „Hochwasservorsorge“ nicht allein gelassen werden sollten.

Drittens ist es im Sinne der eigentlichen Zielsetzung, die Hochwasservorsorge zu verbessern, nicht damit getan, allein Defizite aufzuzeigen, sondern die Akteure sollen in die Lage versetzt werden zu erkennen, welche Maßnahmen erforderlich sind, ihre Situation zu verbessern, und sie sollen dazu angehalten werden, diese Maßnahmen auch ins Werk zu setzen.

Diese Erkenntnisse und Überlegungen führen darauf hin, ein Audit anzubieten und zu etablieren, das von an einheitlichen Maßstäben orientierten Auditoren begleitet wird und mit einer öffentlichkeitswirksamen Zertifizierung abschließt. Ziel dabei ist, für eine Vergleichbarkeit der Bewertungen zu sorgen, ohne den Freiraum für die Gutachter, eigene Verantwortung zu übernehmen, unnötig einzuschränken.

Parallel bildet die fachlich-inhaltliche Beratung das Rückgrat des Audits. Im Rahmen des Beratungsangebots müssen konkrete Maßnahmenvorschläge unterbreitet werden können, um in den verschiedenen Bewertungsfeldern erkannte Defizite ausfüllen zu können. Es wird die Vorstellung entwickelt, die Maßnahmenebene durch das Instrument einer „Best Practice“-Liste auszufüllen, das sich ausgehend von einem Grundgerüst an Maßnahmen aus der Innovationskraft der teilnehmenden Kommunen selbst entwickelt.

Ein derartiges Audit steht nicht in Konkurrenz zur Umsetzung der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, sondern fungiert als Instrument, die Umsetzung der Ziele der nicht baulichen Hochwasservorsorge (non-structural Measures) zu unterstützen und dabei insbesondere Kommunen und Verbänden eine Plattform zu bieten, sich aktiv in die Umsetzung einzubringen. Voraussetzung hierfür ist, dass Begrifflichkeiten, Verfahren und Termine auf die Umsetzung der Richtlinie ausgerichtet sind und Doppelarbeiten vermieden werden bzw. ausgeschlossen sind.

2.2 Zielsetzung und Zielgruppen

Das Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“ ist für alle Beteiligten eine Chance, unter sachkundiger Anleitung das Terrain des vorhandenen Status der Hochwasservorsorge zu sondieren und darauf aufbauend einen Prozess zu etablieren, der mit kontrolliertem Aufwand an Zeit und Ressourcen zu einer nachvollziehbaren Verbesserung der Situation aller Beteiligten im Umgang mit Hochwassergefahren führt.

Das Audit wendet sich an kommunale Gebietskörperschaften oder andere regional abgegrenzte Verantwortungsgemeinschaften mit dem Angebot, für den so definierten Bereich einer Risikogemeinschaft fach- und zuständigkeitsübergreifend Rechenschaft abzulegen, wie gut es um den Status der Vorsorge zur Bewältigung von Hochwassergefahren in objektiver Bewertung bestellt ist und welche Maßnahmen konkret ergriffen werden sollten, um für die Zukunft noch besser aufgestellt zu sein.

2.3 Ablauf und Organisation

Das Audit ist ein Angebot der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) in Ergänzung des seit 2001 mit Erfolg angebotenen Audits zum technischen Sicherheitsmanagement wasserwirtschaftlicher Anlagen (TSM). Das Audit TSM beschränkt sich bewusst auf die Abprüfung der Umsetzung öffentlich-rechtlicher Verpflichtungen von Betreibern wasserwirtschaftlicher Anlagen bzw. von Gewässerunterhaltungspflichtigen, während das Audit „Vorsorge vor Hochwasser wie gut sind wir vorbereitet“ aufgrund des vielseitigen Anspruchs der Hochwasservorsorge die kommunale Gebietskörperschaft oder eine andere regional abgegrenzte Risiko- und Verantwortungsgemeinschaft allein als Schirm benutzt, auf den alle Anforderungen an eine sachgerechte Hochwasservorsorge zuständigkeits- und fachübergreifend projiziert werden. Konkret gliedert sich das Audit in drei Abschnitte:

Statusbewertung	- Für vorgegebene Bewertungsfelder wird der Grad der Zielerfüllung für eine umfassende Hochwasservorsorge festgestellt und nach einem vorgegebenen Bewertungsmaßstab bewertet.
Maßnahmenempfehlung	- Es werden Maßnahmen zur Verbesserung der Zielerfüllung empfohlen. Es liegt in der Entscheidung der gemeinsamen Verantwortung der Risikogemeinschaft einer Kommune bzw. eines Verbandes, ob und welche Maßnahmen auf die Agenda gesetzt werden, um die Statusbewertung zu verbessern.
Zielkontrolle	- Im vereinbarten Kontrollzeitraum wird die Zielerfüllung überprüft und der Bewertungsstatus bestätigt oder bei Nichterreichung gegebenenfalls auch revidiert.

2.4 Inhaltliche Eckpunkte

(1) Die Erhebung des Status der Hochwasservorsorge bezieht sich auf die definierte Risikogemeinschaft einer Kommune, eines Verbandes oder einer anderweitig in der Sorge vor Hochwasser begründeten Verantwortungsgemeinschaft ungeachtet tatsächlicher Sach- und Fachzuständigkeit, da nur mit einem solchen zuständigkeits- und fachübergreifenden Ansatz der komplexen Materie Rechnung getragen werden kann.

(2) Die Erhebung nutzt die mit dem Strategiepapier der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz in der Bundesrepublik Deutschland (1995) eingeführten Vorsorgekategorien von Flächenvorsorge, Bauvorsorge, Verhaltensvorsorge und Risikovorsorge als Bewertungsfelder, die für das Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“ über eine begrenzte Zahl von Zielkriterien konkretisiert und ausgefüllt werden.

(3) Der Zustand komplexer Systeme ob zu einem konkreten Zeitpunkt als befriedigend oder weniger befriedigend empfunden ist dem Grunde nach das Ergebnis eines mitunter auch über längere Zeiträume ablaufenden Prozesses. Das hier abgeleitete Audit zur Bewertung des Status der Hochwasservorsorge verzichtet daher weitgehend auf die buchhalterische Erhebung und Abprüfung quantitativ belegter Zustandszahlen und beschränkt sich auf die Bewertung von Randbedingungen, von denen ein positiver Einfluss auf die Entwicklung der Hochwasservorsorge erwartet wird.

(4) Neben dem vorgefundenen Status der Hochwasservorsorge gehen auch geplante Projekte und Initiativen in die Bewertung zur Zertifizierung ein, wenn sie in einem überschaubaren Zeitraum zum Abschluss gebracht werden. Die Zertifizierung wird in Orientierung an den Fortschreibungszeiträumen der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie für einen Zeitraum von sechs Jahren ausgesprochen.

(5) Um das Profil der Hochwasservorsorge über das gesamte Spektrum der Hochwassererscheinungen abzubilden, wird die Bewertung der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie vom Oktober 2007 folgend auf drei Ebenen, dem zehnjährlichen Hochwasser HQ10, dem hundertjährigen Hochwasser HQ100 und einem Extremhochwasser HQextr durchgeführt. Über die Höhe des anzunehmenden Extremereignisses existiert in den Bundesländern noch keine einheitliche Willensbildung als untere Grenze dürfte ein HQ200 anzunehmen sein.

(6) Das Audit versetzt die Risikogemeinschaft einer Kommune oder eines Verbandes in die Lage, Stärken und Schwächen auf dem Feld der Hochwasservorsorge zu identifizieren, zu analysieren, sich dem Vergleich mit anderen zu stellen und daraus zielgerichtetes Handeln zur Fortentwicklung der Hochwasservorsorge sowohl im eigenen Verantwortungsbereich abzuleiten wie auch in anderen Verantwortungsbereichen einzufordern.

3. Aufwand und Nutzen

Beim Aufwand für das Audit ist zu unterscheiden in den externen Aufwand der Auditoren, den internen Aufwand des Auditierten zur Bereitstellung der Informationen für die Erstbewertung und den Aufwand für die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung des Vorsorgestatus. Der externe Aufwand für die Auditoren kann nach aller Erfahrung auf wenige 1.000 Euro begrenzt werden. Auch der Aufwand für die Bereitstellung der Informationen für die Erstbewertung bleibt überschaubar, da bei der Konzeption der Bewertungsfelder bewusst darauf geachtet worden ist, keine aufwendigen Datenerhebungen herauszufordern.

Der eigentliche Kostenfaktor liegt bei den Maßnahmen, die gegebenenfalls initiiert und realisiert werden, um den Status der Hochwasservorsorge zu verbessern. Die Entscheidung darüber bleibt in der Abwägung und damit Gestaltbarkeit der Risiko- und Verantwortungsgemeinschaft selbst, sodass zu jedem Zeitpunkt eine volle Kostenkontrolle gegeben ist.

Entscheidend für die Akzeptanz und den Erfolg des Audits wird sein, inwieweit es gelingt, für jeden der Beteiligten die Vorteile deutlich werden zu lassen, die sich für ihn aus der Teilnahme am Prozess und letztlich der abschließenden Zertifizierung ergeben. Das nächste Hochwasser kommt bestimmt, und danach werden nach aller Erfahrung Schuldige für das Ausmaß der Schäden gesucht: Die politisch Verantwortlichen können darauf verweisen, alles unternommen zu haben, auf ein solches Ereignis in bestmöglicher Weise vorbereitet zu sein. Bürgerinnen und Bürger ebenso wie Unternehmen und Gewerbetreibende werden die Erfahrung machen, dass sie weniger Schäden zu beklagen haben als andere in vergleichbarer Situation, die sich der Auditierung und dem damit verbundenen Prozess der Qualitätssicherung nicht gestellt haben. Wirksame Schadensbegrenzung und positive Erfahrungen durch die verbesserte Hochwasservorsorge auf der Ebene einer Kommune schaffen daneben eine gute Basis, Hochwasserschäden versicherbar zu machen und eine risikogerechte Tarifierung zu ermöglichen. In der Summe dieser Erfahrungen sollte in einer

erfolgreichen Auditierung ein nicht zu unterschätzendes Standortmerkmal gesehen werden, gewerbliche wie auch private Ansiedlungsentscheidungen positiv zu befördern.

4. Perspektiven und Zeitplan

Wie die Erfahrung zeigt, braucht ein derartiges Angebot Zeit, um im Bewusstsein der Akteure den Stellenwert zu bekommen, der sie dazu bringt, das Angebot auch anzunehmen. Der von der Europäischen Union angestoßene Prozess zur Erarbeitung einzugsgebietsweiter Pläne zum Hochwasserrisikomanagement bietet dafür auch einen formalen Rahmen. In den von der europäischen „Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken“ verbindlich geforderten Hochwasserrisikomanagementplänen sind Ziele und Maßnahmen zu benennen, welche die Folgen von Hochwasser für Gesundheit, Umwelt einschließlich Kulturerbe sowie wirtschaftliche Tätigkeiten verringern, wobei auch Maßnahmen der nicht baulichen Hochwasservorsorge (non-structural measures) ihren Stellenwert haben sollen. Vor diesem Hintergrund ist ein Audit zur Förderung der Hochwasservorsorge eine Maßnahme bei der Umsetzung der Richtlinie und damit legitimer Bestandteil der europäischen Hochwasserrisikomanagementpläne.

Die Bewertungsfelder sind definiert (siehe Anlage 1) und durch konkrete Kriterien ausgefüllt. Im Januar 2009 ist ein ausgewählter Kreis späterer Systemanwender eingeladen, um das Produkt im überschaubaren Labormaßstab eines Workshops auf Praktikabilität und Anwendernähe zu überprüfen. Die Diskussion der Gewichtung der Bewertungsfelder und deren quantitative Ausfüllung ist auch Gegenstand des Workshops.

Im Ergebnis gibt es eine Bewertungsmatrix (siehe Anlage 2), aus der in einem ersten Schritt eine Bewertung für jede der drei Bewertungsebenen von HQ10, HQ100 und HQextr abgeleitet wird. Die Einzelbewertungen für die drei Bewertungsebenen werden als Grundlage für eine Zertifizierung zu einer Gesamtbewertung über alle drei Hochwasserkompartimente zusammengeführt. Das Verfahren ist ebenfalls Gegenstand der Diskussion des Januar-Workshops.

Nach der Auswertung der Ergebnisse des Workshops im Februar geht das Produkt entsprechend den Regularien der DWA in eine Runde der Beteiligung der Fachöffentlichkeit, mit dem Ziel, das Produkt eines Audits „Hochwasser wie gut sind wir vorbereitet“ im Sommer 2009 als DWA-Merkblatt zu veröffentlichen.

Literatur

EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (2007): Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, ABl. L 288 vom 6.11.2007, Straßburg, S. 27-34.

ROTHER, K. H. (2007): Der Hochwasser-TÜV: Indikatoren zur Bewertung der Hochwasservorsorge, In: Schriftenreihe der FgHW, Heft 22, München.

Indikatorensystem zur Bewertung der Hochwasservorsorge

Anlage 1

Audit „Hochwasser wie gut sind wir vorbereitet“

Stand: 22.12.2008

Bewertungsfelder

Bewertungspunkte (BP)

	Information	Ziel in	keine
	vorhanden,	3 Jahren	Aktivitäten
	Ziel erreicht	erreicht	geplant

A Flächenvorsorge

1. Gefährdungsprofil

1.1 Flächen

xx *) x*) -

1.2 Menschliche Gesundheit

*) *Bewertungsmatrix wird noch erstellt.*

1.3 Umwelt

1.4 Kulturerbe

1.5 Wirtschaftliche Tätigkeiten

1.6 Wertevermögen

1.7 Kritische Infrastruktur

1.8 Regionalspezifische Risiken

1.9 Relative Betroffenheit der Bevölkerung

1.10 Relative Betroffenheit von Wertevermögen

2. Hochwasserrisiko in der Bauleitplanung

2.1 Überflutungsflächen

2.2 Textliche Festsetzungen

3. Informationsangebote an Bürgerinnen und Bürger

3.1 Grundstücksrisiko

3.2 Interaktivität

3.3 Visualisierung

4. Erhaltung und Wiedergewinnung von Hochwasserrückhalt

4.1 Hochwasserrückhalteflächen

4.2 Sicherung und Wiedergewinnung

B Bauvorsorge

1. Wissen um die Schadenspotenziale

2. Beratung zur Minderung der Schadenspotenziale

2.1 Beratungsangebot im Allgemeinen

2.2 Beratung im Bauantragsverfahren

3. Beispielhafte Umsetzung

4. Erfolgskontrolle

C Verhaltensvorsorge

1. Hochwasservorhersage

2. Alarm- und Einsatzplanung

2.1 Kommunale Verantwortung

2.2 Betriebliche Verantwortung

2.3 Bürgerverantwortung

3. Erfolgskontrolle

D Risikovorsorge

1. Information zur Eigenverantwortung
2. Zu erwartende Schadenshöhen
3. Information zur Versicherungslandschaft
4. Erfolgskontrolle

Indikatorensystem zur Bewertung der Hochwasservorsorge

Anlage 2

Audit „Hochwasser wie gut sind wir vorbereitet“

Stand: 22.12.2008

Zusammenfassende Bewertung

Bewertungsmatrix A

Flächenvorsorge

Merkmal	→1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2
HQ10	1A1.1	1A1.2	1A1.3	1A1.4	1A1.5	1A1.6	1A1.7	1A1.8	1A1.9	1A1.10	1A2.1	1A2.2	1A3.1	1A3.2	1A3.3	1A4.1	1A4.2
HQ100	2A1.1	2A1.2	2A1.3	2A1.4	2A1.5	2A1.6	2A1.7	2A1.8	2A1.9	2A1.10	2A2.1	2A2.2	2A3.1	2A3.2	2A3.3	2A4.1	2A4.2
HQextr	3A1.1	3A1.2	3A1.3	3A1.4	3A1.5	3A1.6	3A1.7	3A1.8	3A1.9	3A1.10	3A2.1	3A2.2	3A3.1	3A3.2	3A3.3	3A4.1	3A4.2

Merkmal	→1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2
HQ10	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
HQ100	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
HQextr	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Bewertungsmatrix B, C, D

Bauvorsorge

Verhaltensvorsorge

Risikovorsorge

Merkmal	→	1	2.1	2.2	3	4	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2	3	4
HQ10		1B1	1B2.1	1B2.2	1B3	1B4	1C1	1C2.1	1C2.2	1C2.3	1C3	1D1	1D2	1D3	1D4
HQ100		2B1	2B2.1	2B2.2	2B3	2B4	2C1	2C2.1	2C2.2	2C2.3	2C3	2D1	2D2	2D3	2D4
HQextr		3B1	3B2.1	3B2.2	3B3	3B4	3C1	3C2.1	3C2.2	3C2.3	3C3	3D1	3D2	3D3	3D4

Merkmal	→	1	2.1	2.2	3	4	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2	3	4
HQ10		I	I	I	I	I	I---I	I	I	I	I	I---I	I	I	I
HQ100		I	I	I	I	I	I---I	I	I	I	I	I---I	I	I	I
HQextr		I	I	I	I	I	I---I	I	I	I	I	I---I	I	I	I

Ergebnis

∑ HQ10 _____ Punkte ∑ HQ100 _____ Punkte ∑ HQextr _____ Punkte

Legende: 0 – x1 → ☹ x1 – x2 → 😊 x2 – x3 → 😊 😊 x3 – x4 → 😊 😊 😊

Hydraulische Modelle und Unsicherheiten als Basis für Hochwassergefahrenkarten

Markus Disse und Alpaslan Yörük

Zusammenfassung

Hochwassergefahrenkarten fungieren als unverzichtbare Basis für Hochwassermanagementpläne und für die Planung von Evakuierungs- und Sicherungsmaßnahmen. In der Regel werden diese Karten für verschiedene Abflussjährlichkeiten erstellt. Dabei sind sowohl die Bestimmung der hydrologischen Extremwerte als auch die Berechnung der Wasserspiegellagen und Überschwemmungsflächen mithilfe hydrodynamischer Modelle mit Unsicherheiten verbunden.

Den Kern der in diesem Beitrag präsentierten Unsicherheitsanalyse bildet die Quantifizierung der Parameterunsicherheiten in hydraulischen Berechnungen. Hierzu werden mittels Monte-Carlo-Simulationen die Einflüsse der Parameter Flussschlauchrauigkeit, Flussschlauchsohlhöhe, Vorlandrauigkeit und Vorlandhöhe untersucht. Die Berechnungen werden an einem synthetischen Gerinne sowie an einem Flussabschnitt am Oberen Main durchgeführt. Für die Dimensionierung des synthetischen Gerinnes dient der Abschnitt am Oberen Main als Vorlage.

Am synthetischen Gerinne beträgt die maximale Wassertiefenschwankung bei einem stationären Abfluss der Jährlichkeit 100 bis zu 0,5 m, wobei 80 % der simulierten Wassertiefen innerhalb einer Schwankungsbreite von 0,25 m liegen. Die Parametereinflüsse und somit die Unsicherheiten am Oberen Main sind örtlich stark unterschiedlich. Um eine allgemeine Aussage hinsichtlich der Parameterunsicherheiten treffen zu können, wird das Gebiet in drei Abschnittstypen unterteilt. In Abschnitten, in denen ein ungestörter Abfluss im Vorland und Flussschlauch erfolgt, verhält sich die Wassertiefenschwankung nahezu identisch wie am synthetischen Gerinne. Abschnitte unmittelbar vor und innerhalb von Einengungen, in denen der Abfluss überwiegend über den Flussschlauch erfolgt, besitzen eine maximale Wassertiefenspannweite von 0,55 m und eine Differenz aus den Quantilwerten 90 % und 10 % von 0,28 m. In Abschnitten unmittelbar vor Wehren ist die Parameterunsicherheit am geringsten. Die maximale Differenz liegt hier bei 0,35 m und die der Quantilwerte bei 0,22 m. Die maßgebenden Parameter für die Unsicherheit sind die Vorlandhöhe und die Vorlandrauigkeit. Eine signifikante Korrelation der Jährlichkeit eines Abflusses mit der maximal möglichen Spannweite der Wassertiefe ist für das untersuchte Gebiet nicht zu erkennen.

Durch Vergleichsrechnungen mit unterschiedlichen hydrodynamischen Modellen konnten außerdem die Unterschiede der simulierten Wassertiefen bei sonst gleichen Randbedingungen bestimmt und der Einfluss verschiedener Modellkonzepte erfasst werden.

1. Einleitung

Die EU-Hochwassermanagementrichtlinie schreibt verbindlich vor, dass bis zum 22. Dezember 2013 für hochwassergefährdete Gebiete Hochwasserrisikokarten und Hochwassergefahrenkarten veröffentlicht werden müssen. Diese Karten sollen für

Hochwasser mit niedriger, mittlerer und (gegebenenfalls) hoher Wahrscheinlichkeit erstellt werden.

Damit Hochwassergefahrenkarten ein zuverlässiges Hilfsmittel für das Management von Hochwassergefahren sein können, sollten die Unsicherheiten der ermittelten Überschwemmungsflächen und -tiefen zumindest annähernd bekannt sein. Der Schwerpunkt in diesem Beitrag ist die Bestimmung der hydraulischen Unsicherheiten, da die Abflüsse aus der Hydrologie als definierter Input den Überschwemmungskarten zugrunde liegen.

2. Modellgebiete

2.1 Oberer Main

Das Flusseinzugsgebiet des Oberen Mains liegt im Norden Bayerns und grenzt südlich an die Regnitz, südöstlich an die Naab, nordöstlich an das Flussgebiet der Elbe und im westlichen Norden an die Weser. Die Einzugsgebietsfläche beträgt an der Mündung zu Pegel Kemmern rund 4420 km² mit einer Ausdehnung in der Nord-Süd-Richtung von 70 km und in der Ost-West-Richtung von 90 km (siehe Abbildung 1).



Abb. 1: Das Einzugsgebiet des Oberen Mains (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch)

Am Pegel Kemmern ($A_{EO} = 4251 \text{ km}^2$), nahe des Gebietsauslasses, weist der Main einen mittleren Abfluss von $MQ = 43,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und einen mittleren Höchstabfluss von

MHQ = 355 m³/s auf. Für den Zeitraum 1931 bis 2003 wurde im Jahr 1967 der höchste beobachtete Abfluss von HHQ = 1000 m³/s erreicht (25.12.1967).

Als Modellgebiet für die hydraulischen Berechnungen dient der Flussabschnitt zwischen Flusskilometer (FKM) 465,5 (Zusammenfluss von Roter Main und Weißer Main) und FKM 437,4 (siehe Abbildung 2).

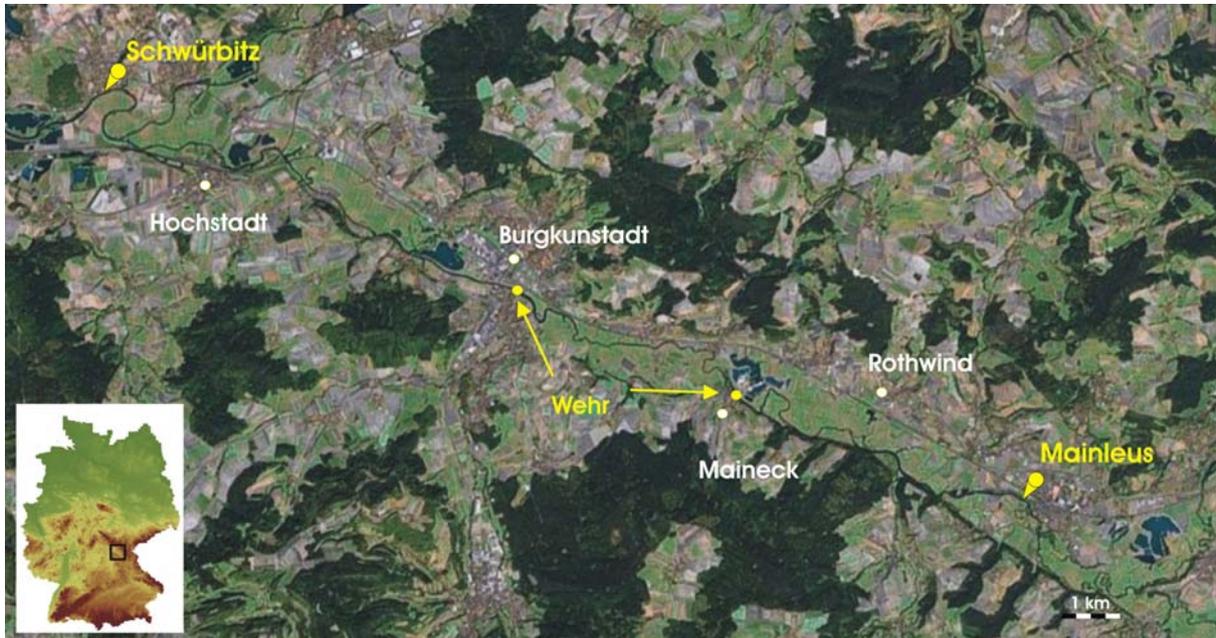


Abb. 2: Modellgebiet (Quelle: Google Earth), gekennzeichnet sind die Wehre, bei denen infolge von Bruchkanten oder Einengungen der Abfluss überwiegend über das Wehr erfolgt

Innerhalb dieser 28 Flusskilometer befinden sich die beiden Pegel Mainleus ($A_{EO} = 1169 \text{ m}^3/\text{s}$, FKM 461,1, PNP 284,56 m ü. NN) und Schwürbitz ($A_{EO} = 2419 \text{ m}^3/\text{s}$, FKM 438,3, PNP 263,5 m ü. NN), sodass Daten von dem Pegel Mainleus für die obere Zuflussrandbedingung und Daten des Pegels Schwürbitz für die untere Randbedingung herangezogen werden können. Am Pegel Mainleus beträgt der mittlere Abfluss $MQ = 14,1 \text{ m}^3/\text{s}$ und der mittlere Höchstabfluss $MHQ = 150 \text{ m}^3/\text{s}$. Am 26.01.1995 wurde der höchste, im Zeitraum 1931 bis 2003 beobachtete Abfluss $HHQ = 357 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei einem Wasserstand von 4,42 m) erreicht. Am Pegel Schwürbitz liegt der mittlere Abfluss bei $MQ = 29,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und der mittlere Höchstabfluss bei $MHQ = 303 \text{ m}^3/\text{s}$. Hier wurde der höchste bisher beobachtete Abfluss von $HHQ = 764 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei einem Wasserstand von 5,73 m) am 24.12.1967 verzeichnet.

Der betrachtete Flussabschnitt hat zwei seitliche Zuflüsse. Zum einen mündet vom Süden die Weissmain Krassach ($HQ_{100} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$, FKM 448,8) und vom Norden die Rodach ($HQ_{100} = 470 \text{ m}^3/\text{s}$, FKM 440) in den Main. Das mittlere Gefälle beträgt 0,1 %. Die Querprofilbreite (Uferbreite) liegt zwischen 18 m im Kopfgebiet und 26 m am unteren Gebietsrand. Mit einer mittleren Talbreite von gut 800 m besitzt das Gebiet relativ große Überschwemmungsflächen. Da das Tal eingedeicht und quer zur Fließrichtung relativ flach verläuft, ist im Hochwasserfall von einer schnellen Benetzung der Vorländer auszugehen. Der Hochwasserabfluss findet somit in der eingedeichten Fläche statt, wodurch bei

zunehmendem Abfluss eher mit einer Änderung der Wassertiefe als mit einer Änderung der Überschwemmungsfläche zu rechnen ist.

Im Modellgebiet existieren vier Wehre in Kombination mit Seitenarmen zur Energiegewinnung. Interessant sind solche Abschnitte, in denen der Abfluss durch Bruchkanten im Vorland beeinträchtigt wird. So überqueren beispielsweise in Hochstadt und in Mainbeck Straßendämme das Flusstal, die auch Unterführungen für den zumindest teilweise durchgängigen Hochwasserabfluss im Vorland enthalten. Ein weiterer nennenswerter Abschnitt ist der bei der Ortschaft Burgkunstadt. Hier wird der gesamte Abfluss durch den Flussschlauch gezwängt.

Die Landnutzung (Vorland) ist in Abbildung 3 zu finden. Darin haben Wiesen und Weiden mit 52 % den größten und Ackerland mit 28 % den zweitgrößten Flächenanteil. Die Flussufer besitzen durchweg einen relativ hohen Vegetationsanteil.

Bei Betrachtung eines HQ_{100} -Ereignisses sind Siedlungs- und Waldflächen kaum betroffen. Wird also hinsichtlich der Landnutzung allein die Überschwemmungsfläche betrachtet, so liegen überwiegend Wiesen und Weiden sowie zu einem geringen Teil Ackerland vor.

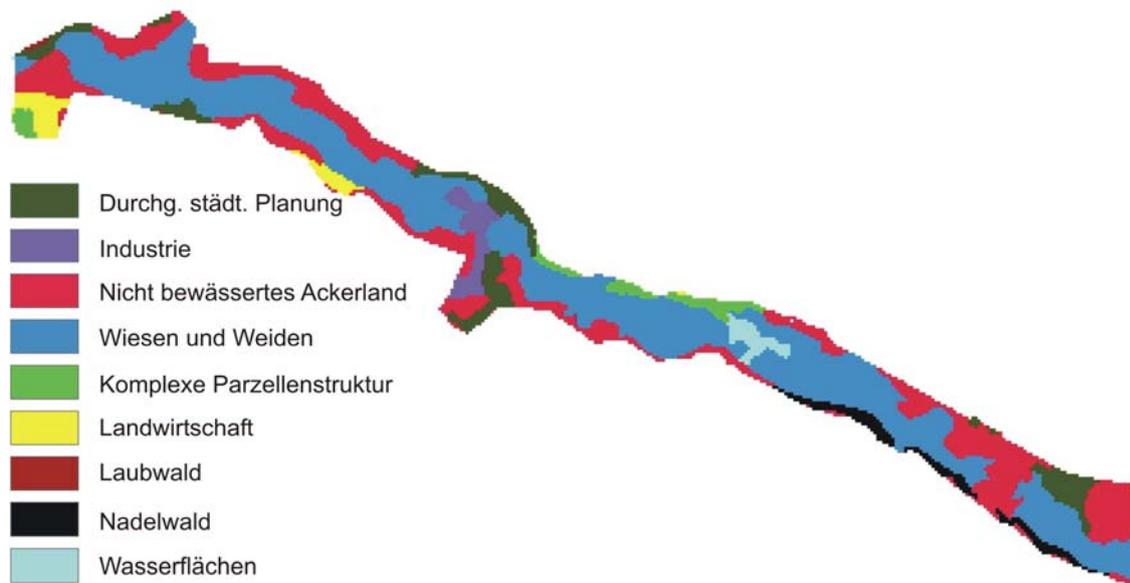


Abb. 3: Landnutzung (Überschwemmungsflächen) im Flussabschnitt (aus: CORINE Land Cover 2000)

2.2 Synthetisches Gerinne

Neben dem Flussabschnitt am Oberen Main werden auch Untersuchungen an einem synthetischen Gerinne durchgeführt. Der künstliche Flussabschnitt hat eine Länge von 30 km, wobei die mittleren Dimensionen des Abschnittes am Oberen Main als Vorlage für das synthetische Gerinne dienen. Demnach wird eine Talbreite von 835 m angesetzt, die sich in einen Flussschlauch der Breite 27 m (Uferabstand) sowie in ein linkes und rechtes Vorland mit je 400 m Breite aufteilt. Daran schließen sich auf beiden Seiten Dämme mit einer Breite von 4 m bis zur Dammkrone an (vgl. Abbildung 4). Das mittlere Gerinnegefälle wird entsprechend zum Oberen Main zu 0,1 % angesetzt.

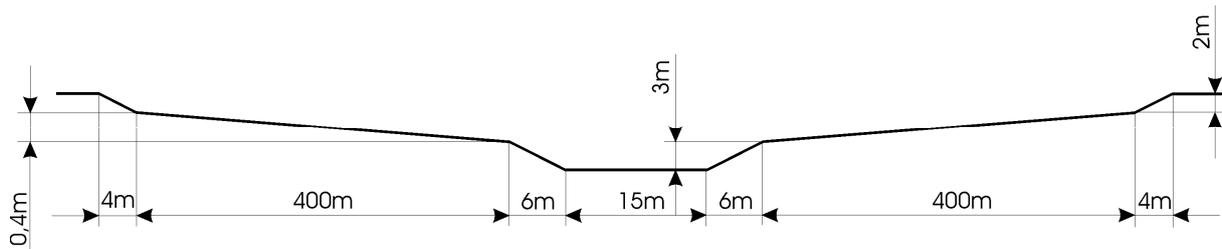


Abb. 4: Querprofil des synthetischen Gerinnes (nicht maßstabsgetreu!)

3. Hydrodynamische Berechnung von Überschwemmungsflächen

3.1 Vorbemerkung

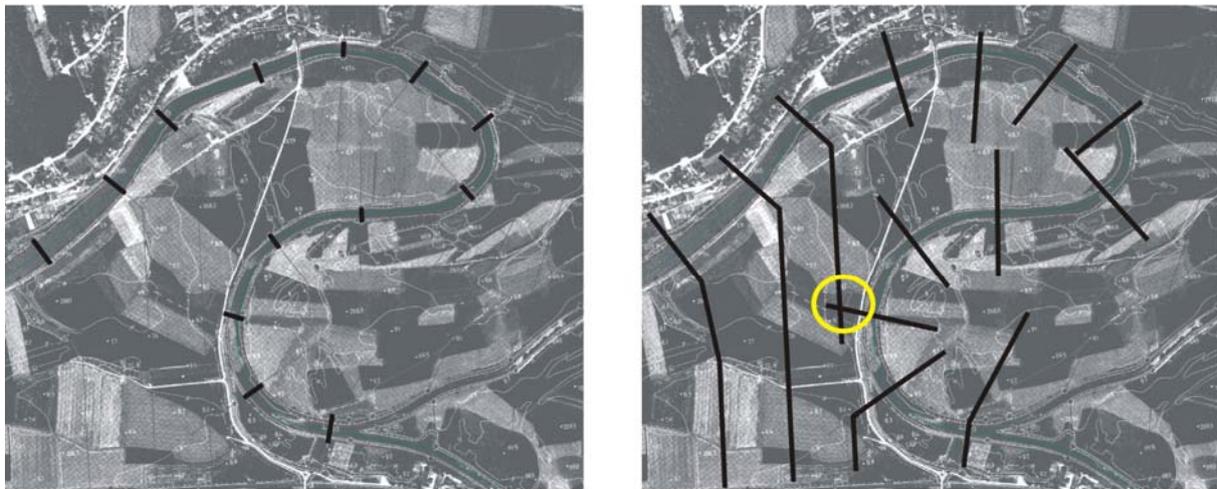
Die hydrodynamische Berechnung von Überschwemmungsflächen kann grundsätzlich mit den dreidimensionalen (3D) Navier-Stokes-Gleichungen gelöst werden. Da die Berechnung von Überschwemmungsflächen zumeist mit großen Modellflächen verbunden ist, reicht hierzu die derzeitige Rechnerkapazität trotz steigender Tendenz nicht aus. Daher haben sich 3D-Modelle bisher nicht durchsetzen können und finden in erster Linie bei Detailbetrachtungen (z. B. Turbinen, Bauwerken, Aerodynamik von Fahrzeugen etc.) Anwendung. Deshalb werden in diesem Kapitel reine eindimensionale (1D), reine zweidimensionale (2D) und hybride (1D/2D) Modellkonzepte betrachtet. Eine allgemeine Beschreibung des Modellierungsprozesses hinsichtlich Ablauf, Fehlerpotenzialen und Kontrollmöglichkeiten ist in Forkel (2004) zu finden.

3.2 Eindimensionale Hochwassermodellierung

Obwohl mit steigender Rechnerleistung die Anwendung von 2D- und 1D-/2D-Modellen sukzessive wächst, werden 1D-Modelle wider Erwarten in der Praxis noch sehr häufig angewendet. Gängige 1D-Modelle berücksichtigen die Rauheitsverhältnisse sowohl für kompakte Gerinne als auch für gegliederte Gerinne mit Bewuchs auf Vorländern und Böschungen. Für stationäre Abflüsse sei hier verwiesen auf DVWK (1991) oder BWK (2000) und für instationäre Abflussverhältnisse auf TESCHKE (2004) sowie SCHRAMM (2005). Durch den 1D-Charakter ist zu beachten, dass Prozesse wie Turbulenz oder Sekundärströmungen, die sich über die gesamte Wassersäule verteilen, auf die Sohlrauigkeit addiert werden und somit durch die Sohlreibung Berücksichtigung finden.

Wird ein 1D-Modell zur Berechnung von Überschwemmungsflächen aufgebaut, so ist hinsichtlich der Werkzeugwahl zunächst zu entscheiden, ob die Betrachtung der Energiegleichung nach Bernoulli ausreicht (stationäre Abflussbetrachtung) oder die Lösung der flächengemittelten Saint-Venant-Gleichungen zur Simulation instationärer Ereignisse erforderlich ist. Im Modell wird das Flussgerinne mittels Querprofilen beschrieben, welche zumeist die Knoten des Berechnungsschemas darstellen. Dabei ist es relevant, ob es sich bei dem Modellgebiet um kompakte Querschnitte oder gegliederte Querschnitte handelt. Bei kompakten Querschnitten wird im Allgemeinen das Flussgebiet mit einem einzelnen Flussast beschrieben. Durch die Zuweisung von Rauigkeiten für jeden Abschnitt zwischen zwei Querprofilen können die Verluste profilweise abgebildet werden. Dieses Berechnungsnetz wird gegebenenfalls durch Bauwerke ergänzt und zur Quantifizierung dieser Einflüsse auf den Wasserspiegel unmittelbar vor und hinter dem Bauwerk berechnet.

Liegt ein gegliedertes Gerinne vor und erfolgt der Hochwasserabfluss über Flussschlauch und Vorländer, so sind die Querprofile über den Flussschlauch hinaus entsprechend zu erweitern. Während die Beschreibung des Flusses durch einzelne Querprofile bei geradlinigem Flussverlauf keine große Problematik birgt, sieht sich der Modellierer in mäandrierenden Bereichen einigen Herausforderungen gegenübergestellt. Die Querprofilspur verläuft zwar im Flussschlauch senkrecht zur Fließrichtung, muss aber in den Vorländern so angepasst werden, dass diese sich für unterschiedliche Stationierungen nicht überschneiden (vgl. Abbildung 5 rechts, markierter Bereich). Schließlich stellen diese Querprofilspuren später Linien gleicher Wasserstände dar, und die Wassertiefe sollte entlang der Fließrichtung profilweise eine fallende Tendenz besitzen.



— Querprofilspur

Abb. 5: Abbildung des Flussgerinnes mittels Querprofilen. Links: Abfluss über den Flussschlauch (kompaktes Gerinne). Rechts: Abfluss über Flussschlauch und Vorland (gegliedertes Gerinne)

Aus diesem Grund werden die Profilsuren in den Vorländern abgelenkt und der zu erwartenden Linie gleichen Wasserstandes angepasst. Alternativ kann für den Flussschlauch und jeweils für die Vorländer separat ein Flussast definiert werden, der parallel verläuft und in bestimmten Abständen durch Verbindungen kommunizieren kann. Diese Methode besitzt zusätzlich den Vorteil, dass die unterschiedlichen Längen beider Vorländer in einer Schleife Berücksichtigung finden. Dem liegt der Gedanke zugrunde, dass die Abflüsse in dem gegliederten Querschnitt in einzelne Anteile aufgeteilt werden können. Ein Problem, das sich durch die Aufteilung des Profils in einzelne Anteile ergibt, besteht in der Zuweisung der Rauigkeiten in den Trennflächen. Die gängigste Methode ist, dass bei der Betrachtung des Flussschlauchabflusses der Trennfläche die Rauigkeit der Sohle zugewiesen wird, während für die Vorlandabflussanteile keine Trennflächenrauigkeit angesetzt wird (KOHANE 1991; BRETSCHNEIDER & ÖZBEK 1997). Um bei diesem Verfahren nicht zu große Wasserspiegelunterschiede in den einzelnen Ästen (Flussschlauch- und Vorlandabfluss) zu erhalten, müssen ausreichende Verknüpfungspunkte geschaffen werden, in denen der Wasserstand aller Äste identisch ist.

Eine weitere Problematik, die sich in mäandrierenden Abschnitten oder bei Schleifen ergeben kann, sind Kurzschlussströmungen. In diesem Fall sind solche Prozesse durch

Seitenarme abzubilden. Auch die Bereiche von Bauwerken, die im Hochwasserfall umströmt werden können, müssen mit einem Seitenarm erweitert werden, um dies auch modellieren zu können.

Der Aufbau eines 1D-Modells kann demnach in folgende Arbeitsschritte eingeteilt werden:

- Einteilung des Flussgerinnes in Abschnitte, in denen kompakt oder gegliedert (Aufteilung des Querprofils) gerechnet werden soll,
- Erstellung des Gerinnesystems inklusive der Bauwerke,
- Abbildung von Kurzschluss- und möglicher Bauwerksumströmungen durch Seitenarme,
- Implementierung möglicher Bruchkanten (Straßendämme) in das Flusssystem durch zusätzliche Bauwerke oder Querprofile,
- Aufteilung des Gerinnesystems in Abschnitte verschiedener Rauigkeiten,
- Kalibrierung des Modells.

3.3 Zweidimensionale Hochwassermodellierung

Im Allgemeinen sind 2D-Modelle geeignet zur Simulation flächiger Abflüsse mit unbekannter oder wechselnder Fließrichtung, beispielsweise bei überströmten Vorländern, Überflutungsflächen oder Ästuaren (CONNELL et al., 2001). Des Weiteren dienen sie der kleinskaligen Simulation von Strömungen in Gerinnekurven, Ablösungen bei Buhnen oder seitlichen Einleitungen (DVWK, 1999).

Die reine 2D-Hochwassersimulation erfolgte mit dem Programm Hydro_AS-2D (vgl. NUJIC 1998; NUJIC 2003), das schwerpunktmäßig für die Berechnung von Damnbrüchen und Flutwellenausbreitungen entwickelt wurde. Es kann für die allgemeine zweidimensionale Strömungs- und Abflusssimulation eingesetzt werden. Unter Verwendung der Finite-Volumen-Methode erfolgt die räumliche Diskretisierung unter Berücksichtigung von Bruchkanten und lokal erhöhter Netzauflösung auf Basis linearer Dreiecks- und Viereckselemente. Das Prä- und Postprocessing erfolgt mit dem Programm Surface Water Modeling System bzw. SMS (EMS-i, 2007).

Der Aufbau des 2D-Modellnetzes kann dabei in folgende Arbeitsschritte aufgeteilt werden:

- Erstellung des Flussschlauchnetzes,
- Aufbau des Vorlandnetzes unter Berücksichtigung der Bruchkanten,
- Erzeugung des Gesamtnetzes aus Flussschlauch- und Vorlandnetz,
- Implementierung von u. a. Bauwerken und Gebäuden in das Gesamtnetz,
- Kalibrierung des Modells.

Als Grundlage für die Erstellung des Flussschlauchnetzes dienen vorhandene Querprofildaten in Kombination mit den Uferlinien. Daraus wird durch Interpolation zwischen den Querprofilen das Netz, bestehend aus Rechteckelementen mit einem Seitenverhältnis von 1:3 (NUJIC 2003), für das Gerinne erzeugt.

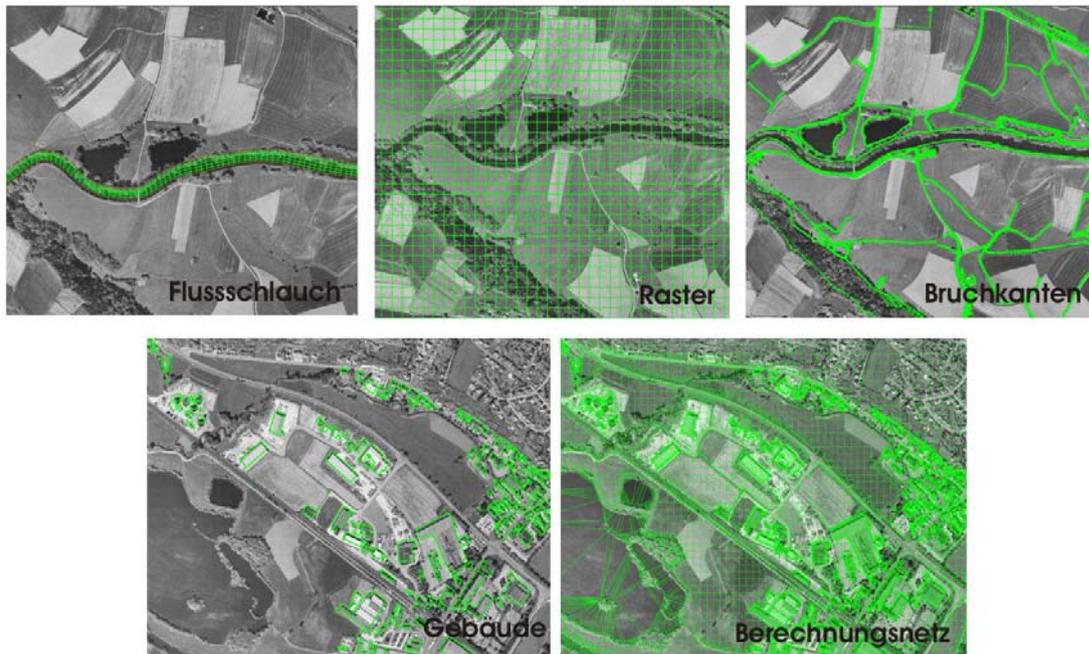


Abb. 6: Erstellung des 2D-Berechnungsnetzes

Aus den Vorlandhöhenpunkten entsteht in Kombination mit den Bruchkanten das Vorlandnetz, das im Anschluss mit dem Flussschlauch zu einem Gesamtnetz verschritten wird (vgl. Abbildung 6). Müssen auch Bauwerke abgebildet werden, so können für vereinzelte Elemente definierte Eigenschaften zugewiesen (z. B. eine Überfallhöhe und -breite für einen Wehrüberfall) und das Netz modifiziert werden. Nicht durchströmbare Flächen (z. B. Gebäude, Straßendämme oder Brücken) werden als ein Netzelement in das Berechnungsnetz implementiert und entsprechend mit einer übertrieben großen Rauigkeit belegt oder aus dem Berechnungsnetz ausgeschnitten. Folglich wird jedem Element eine Rauigkeit zugewiesen und kann hinsichtlich der Kalibrierung angepasst werden. Die Berechnung des Reibungsgefälles erfolgt nach der Formel von Darcy-Weisbach, wobei das Reibungsgefälle aus dem anzugebenden Manningwert berechnet wird. Hierbei wird der hydraulische Radius gleich der Wassertiefe gesetzt. Die Turbulenz wird im Modell durch eine Kombination aus dem empirischen Viskositätsansatz und dem Ansatz einer über das Element konstanten Viskosität abgebildet.

Der Vorteil des 2D-Modells liegt somit in der zusammenhängenden vermaschten Struktur, in der jedes Element mit dem Nachbarelement kommuniziert. Das Wasser kann somit nicht nur entlang des Flussschlauchs abfließen, sondern auch quer dazu, worin die bessere Abbildung von Retentionseffekten im Gegensatz zu 1D-Modellen begründet liegt. Während der Simulation einer ansteigenden Hochwasserwelle werden Elemente neu benetzt, oder beim Rückgang des Hochwassers fallen diese wieder trocken. Die Nachteile von 2D-Modellen sind neben der hohen Rechenzeit u. a. die Modellierung schmaler Flussläufe, Gräben, Kanäle oder Bauwerke, die 1D einfacher und effizienter abgebildet werden können.

3.4 Hybride Ansätze zur Hochwassermodellierung

Da großräumige 2D-Berechnungen kaum effizient durchzuführen sind, entstanden bereits Anfang der 1990er-Jahre erste Ansätze zur Kopplung von 2D-Modellen mit 1D-Modellen

(BECHTELER et al 1993). Durch eine Kopplung der Modelltypen ist es möglich, Gewässersysteme mit stark heterogenen Längenskalen modellieren zu können. Der Modellierer hat dementsprechend die freie Wahl des jeweils optimalen Modelltyps und die Möglichkeit der schrittweisen Einbindung von Teilmodellen in ein Gesamtmodell.

Zunächst ist zu beachten, dass hybride bzw. gekoppelte (1D-/2D-)Modelle grundsätzlich auf zwei unterschiedlichen Ansätzen beruhen können. Zum einen wird unter diesem Begriff verstanden, dass der Abfluss im Flussschlauch 1D und der über die Vorländer 2D erfolgt, wobei beide Prozesse miteinander verknüpft sind. Dieser Ansatz wird im vorliegenden Beitrag als gekoppeltes 1D-/2D- bzw. hybrides Modell verstanden. Der zweite Ansatz ist eine Kopplung von Flussabschnitten, die unterschiedlich komplex berechnet werden. So können gezielt Flussabschnitte rein 1D und die Zwischenbereiche rein 2D berechnet werden. Durch entsprechende Werkzeuge wird eine Verknüpfung beider Abschnitte erzeugt.

Da trotz ständig steigender Rechnerkapazitäten die Rechenzeiten für 3D- und 2D-Modelle in der Hochwassermodellierung sehr hoch geblieben sind, konnten sich wider Erwarten hybride Modelle auf dem Markt etablieren. Der grundsätzliche Gedanke dabei ist, dass für die Strömung im Flussschlauch eine 1D-Betrachtung ausreicht, während das Vorland lückenlos nur 2D dargestellt und somit der Prozess der Retention genauer abgebildet werden kann. Dadurch entfällt ein erheblicher Anteil an Berechnungsknoten (Flussschlauch), und die Simulationszeit nimmt entsprechend ab. Dabei können die Teilmodelle für Flussschlauch- und Vorlandabfluss unabhängig voneinander erstellt, verifiziert und betrieben werden. Auf diese Weise wird auch die Abbildung komplexe Systeme durch einzelne Submodelle erleichtert. Allerdings stellt sich die Kopplung beider Komponenten in einem mäandrierenden Bereich schwierig dar, da durch die beschriebenen Kopplungskonzepte kein Impulsaustausch zwischen Vorland- und Flussschlauchabfluss stattfindet.

4. Unsicherheiten in hydrodynamischen Berechnungen

4.1 Einleitung

Numerische Modelle sind für die Ingenieurpraxis unerlässlich geworden. Hinsichtlich der Modellgenauigkeit ist der Vergleich mit der Natur das entscheidende Maß, wobei auch mit Messfehlern bei den Naturdaten zu rechnen ist. Das Problem ist jedoch, dass eine mathematisch exakte Fehlerbetrachtung nicht vorgenommen werden kann; denn durch die Vielzahl an Einflussparametern und Annahmen im mathematischen Modell sind einzelne Fehlerquellen (z. B. vereinfachte Betrachtung komplexer Strömungsvorgänge, Turbulenz, Einfluss des Schwebstoff- und Geschiebetransports etc.) explizit nicht vollständig erfassbar (DVWK 1999). Die Fehlerquellen können allgemein in drei Kategorien eingeteilt werden:

- numerische Fehler,
- Modellfehler,
- Messfehler.

Die numerischen Fehler beinhalten die Diskretisierungs- und Rundungsfehler. Während die gesuchte Lösung durch eine Differenzialgleichung beschrieben wird, erfolgt die numerische Approximation durch eine Diskretisierung. Zur Eingrenzung des Diskretisierungsfehlers dienen Konvergenztests, in denen das Verhalten der Ergebnisse für unterschiedliche Zeit- und Raumskalen untersucht wird. Ob die Ergebnisse gegen einen beliebigen oder identischen Endzustand konvergieren, gibt Aufschluss über ihre Korrektheit. Im Allgemeinen

ist von einer Konvergenz der Ergebnisse auszugehen, wenn die Ort- und Zeitschrittweiten ausreichend klein gewählt werden. In der Praxis wird jedoch mit feiner werdender Diskretisierung die meist heterogene Tiefenstruktur des Modellgebiets stärker aufgelöst, woraus größere Bodengradienten resultieren, die sich wiederum nachteilig auf die numerische Genauigkeit auswirken. Für die Strömungsgleichungen führt eine feinere Diskretisierung zu einer höheren Auflösung von Wirbeln im Berechnungsgitter. Daher bedingt eine Netzverfeinerung nicht zwangsläufig ein gutes Konvergenzresultat. Zudem ist der Diskretisierungsfehler wegen der beschränkten Zahlendarstellungen in Computern (Rundungsfehler) nicht exakt berechenbar.

Die Modellfehler resultieren aus den vielen zu treffenden Annahmen und Vereinfachungen. So wird für ein 1D-Modell mit einer querschnittsgemittelten Geschwindigkeit gerechnet, weshalb Querströmungen, Sekundärströmungen, Turbulenz etc. keine Berücksichtigung in den Modellgleichungen finden können. Somit sind die Modellfehler in den Modellgleichungen zu suchen und sind abhängig von der Dominanz einzelner modellgebietsabhängiger Prozesse und deren mathematischer Abbildung.

Mit dem Begriff „Messfehler“ sind Fehler in den Profilaufnahmen, Befliegungsdaten und auch Pegelmessungen gemeint. Das bedeutet, dass in die Un-/Genauigkeit des Modells ein entscheidender Faktor eingeht, der nicht dem Modell zuzuschreiben ist.

Als vierte Fehlerquelle sei zudem die Instationarität des Modellgebietes erwähnt. Die Vegetation sowie die Abflussprofile ändern sich über das gesamte Jahr, während das Modell nur einen Zustand abbilden kann. Dies spielt zwar für Bemessungszwecke eher eine untergeordnete Rolle (gerechnet werden würde etwa der *worst case*), aber für Prognosemodelle ist dies ein wesentlicher Faktor hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse.

In diesem Beitrag wird davon ausgegangen, dass die verwendeten Modelle keine numerischen Fehler aufweisen. Außerdem sollen die (individuellen) Messfehler nicht Gegenstand der Analyse sein. Dementsprechend werden im Folgenden die Parametereinflüsse sowie der Einfluss der Modellkomplexität durch Vergleichsrechnungen betrachtet.

4.2 Parameterunsicherheiten

Die Monte-Carlo-Technik repräsentiert das Standardverfahren unter den stochastischen Simulationsmethoden und dient für zahlreiche Unsicherheitsanalyseverfahren als Grundlage. Die Rechtfertigung, dass Zufallszahlen die Basis für das Ergebnis eines mathematisch basierten Modells darstellen, findet die Monte-Carlo-Methode im Gesetz der großen Zahlen. Dieses Gesetz besagt, dass sich die relative Häufigkeit eines Zufallsergebnisses immer weiter an die theoretische Wahrscheinlichkeit für dieses Ergebnis annähert, je häufiger das Zufallsexperiment durchgeführt wird.

Somit liegt der Nachteil der Monte-Carlo-Simulationen darin, dass ihre Genauigkeit im direkten Zusammenhang zur Anzahl der Simulationsläufe steht. Daher ist meist eine hohe Anzahl an Simulationsläufen erforderlich, um ein statistisch repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Eine eindeutige Angabe über die Anzahl der erforderlichen Simulationsläufe ist in der Literatur nicht zu finden. Sie ist abhängig von der Problemstellung und fällt in der Literatur unterschiedlich aus. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei der Variation

eines Parameters 100 Simulationen ein annähernd korrektes Ergebnis des Mittelwertes liefern und mehr als 1.000 Simulationen erforderlich sind, um die Varianzen und Kovarianzen richtig abschätzen zu können (FORKEL 2004). Liegen mehrere unsichere Parameter vor, so potenziert sich die Anzahl der Simulationsläufe. Daher liegt auch der Hauptnachteil dieser Methode in der Rechenzeit sowie der Rechenkapazität.

Um dem entgegenzuwirken, ist ein geeigneter Zufallszahlengenerator zu wählen. Dadurch soll bereits mit einer geringen Anzahl von Zufallszahlen die Parameterspannweite stochastisch (Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe und Verteilung) ausreichend abgedeckt werden. Das Thema des Minimierens der Monte-Carlo-Simulationen ist besonders in der hydrologischen Modellierung verbreitet (z. B. in KHU & WERNER 2003). Entscheidende Faktoren für die Qualität der Monte-Carlo-Verfahren verkörpern die Modelleingangsgrößen (vgl. u. a. PECK et al. 1988). Sie werden durch einen Parameterraum (maximale und minimale Parametergröße) und eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion definiert, aus dem der Zufallszahlengenerator schließlich die Parameterwerte für die Simulationen zieht. Ist beispielsweise die Annahme der Verteilung einer Zufallsvariablen nicht richtig, oder sind die Zufallszahlen nicht wirklich *zufällig* und zeigen möglicherweise periodische Schwankungen oder Trends, so besitzen in diesem Fall die Ergebnisse einer Monte-Carlo-Simulation keine statistische Relevanz.

4.3 Latin Hypercube Sampling

Somit spielen die Eingangsdaten für die Monte-Carlo-Simulation eine entscheidende Rolle für die Aussagekraft der Ergebnisse. Es handelt sich um Modellparameter, die durch ein Feld mit Parameterkombinationen definiert werden. Um die Qualität der Modellergebnisse in Abhängigkeit eines Parameters gewährleisten zu können, müssen die Zufallsfelder die Statistik der Naturdaten besitzen (gleiche Mittelwerte und Varianzen). Denn nur in diesem Fall wird der Modellparameter durch ein Zufallsfeld gut abgebildet. Liegt ein direkter Zusammenhang zwischen den Parametern vor, hat auch die Kovarianz bei der Generierung der Zufallsfelder Berücksichtigung zu finden. Diesbezüglich ist beispielsweise bei der Betrachtung der Rauigkeiten im Vorland und Flussschlauch im Sommer eine positive Kovarianz (beide Parameter besitzen einen *gleichsinnigen* linearen Zusammenhang, bzw. hohe Werte der Flussschlauchrauigkeit gehen einher mit hohen Vorlandrauigkeitswerten) zu erwarten.

FORKEL (2004) beschreibt vier der bekanntesten Simulationsverfahren, anhand derer geeignete Zufallsfelder generiert werden können:

- Latin Hypercube Sampling,
- Turning-Band-Simulationen (Prinzip der Reduktion des mehrdimensionalen Zufallsfeldes auf mehrere eindimensionale stochastische Prozesse, vgl. u. a. OPHEYS et al. 1994 nach FORKEL 2004),
- sequenzielle Simulationsverfahren (die Verteilung der bereits simulierten Werte wird analysiert und für die Simulation weiterer Werte mit einbezogen, vgl. OPHEYS 1997),
- Simulated Annealing (vgl. OPHEYS 1997).

In diesem Beitrag kommt die Latin-Hypercube-Methode zur Anwendung, die für eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Simulationen beispielsweise gleich verteilte oder normal

verteilte (Gauß-Normalverteilung) Zufallszahlen generiert. Hierzu wird die Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung eines jeden zu variierenden Parameters P_i in Abschnitte gleicher Wahrscheinlichkeiten unterteilt. Abbildung 7 zeigt beispielhaft die Generierung von zwei Zufallsfeldern (gleich und normal verteilt) zur gemeinsamen Verwendung für eine Monte-Carlo-Simulation.

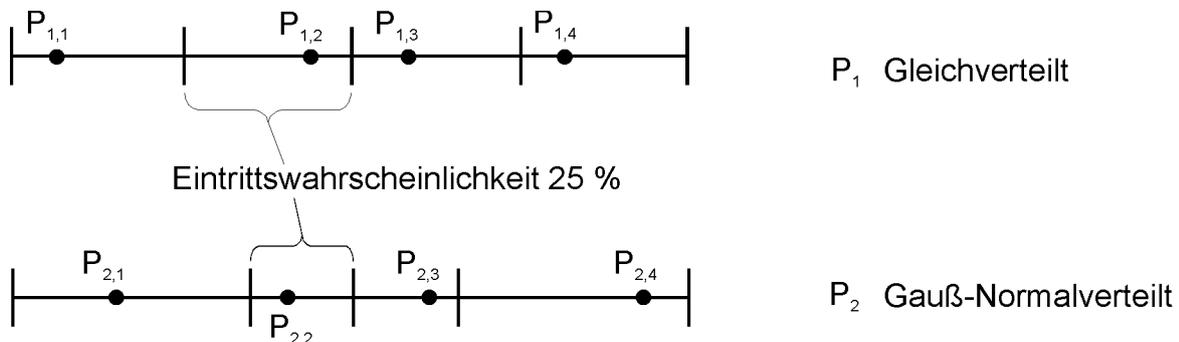


Abb. 7: Prinzip der Latin-Hypercube-Methode der beiden Parameter P_1 und P_2 für eine Zufallsfeldgröße $P_x = 4$ und bei unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen

Die Anzahl der Abschnitte entspricht dabei der Größe des Zufallsfeldes bzw. der Anzahl der Monte-Carlo-Simulationen (in dem Beispiel handelt es sich um vier Abschnitte mit einer jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit von 25 %). Ist jeder Parameterraum in Abschnitte gleicher Wahrscheinlichkeiten unterteilt, dann wird aus jedem dieser Abschnitte ein zufälliger Parameterwert $P_{i,j}$ (mit $j = 1, 2, \dots, P_x$) gezogen. Um nun für eine Simulation jeweils eine zufällige *Parameterkombination* zu erhalten, folgt für jeden Parameter getrennt eine zufällige Permutation der Reihenfolge. Somit haben die Parameter in sich die definierten stochastischen Eigenschaften, und die Kombination von mehreren zu variierenden Parametern ist zudem zufällig, sodass der gesamte zu erschließende Parameterraum gut approximiert wird.

Der Vorteil der Latin-Hypercube-Methode ist nicht nur die Anwendbarkeit auf Parameter unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen, sondern auch, dass bei einer festen Anzahl von Simulationen stets eine bessere Annäherung der vorgegebenen Statistik eines jeden Parameters erhalten wird als mit einer rein zufälligen Verteilung. Einen weiteren Vorteil dieses Verfahrens birgt zudem die einfache Berücksichtigung von Korrelationen verschiedener Parameter untereinander (siehe FORKEL 2004).

4.4 Untersuchte Modellparameter

Im Rahmen dieses Beitrags werden die Einflüsse der Parameter Flussschlauchrauigkeit (k_{stFS}), Vorlandrauigkeit (k_{stVL}), Flussschlauchsohlhöhe (y_{FS}) und Vorlandhöhe (y_{VL}) auf den Wasserstand untersucht. Hierzu werden die in Tabelle 1 zusammengefassten Parameterräume bzw. die Spannweiten herangezogen. Da der Abfluss in Hochwassergefahrenkarten durch die Hydrologie vorgegeben ist, erfolgte keine Untersuchung, inwiefern unterschiedliche Abflusswerte die Überflutungstiefen und -flächen beeinflussen.

Tab. 1: Parameterräume für einen vegetationsarmen Zustand (Zustand im Winter)

Parameter	Schwankungsbreite
k_{stFS}	30-44 $m^{1/3}/s$
k_{stVL}	25-40 $m^{1/3}/s$
y_{FS}	$\pm 0,2$ m
y_{VL}	$\pm 0,15$ m

Die Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen aller Parameter werden als gleich verteilt angesetzt, da die gewählten Spannweiten aller Parameter verhältnismäßig klein und somit in einem sehr plausiblen Bereich definiert werden.

4.5 Synthetisches Gerinne

Im Vorfeld der Unsicherheitsanalysen wird das synthetische Gerinne hinsichtlich seiner Abflusseigenschaften analysiert. Diesbezüglich werden zunächst Schlüsselkurven und die dazugehörigen Anteile an Vorland- und Flussschlauchabfluss errechnet. Der Einfluss der veränderlichen Flussschlauchrauigkeit auf die Schlüsselkurve (SK) und auf den Anteil des Vorlandabflusses (Anteil VL) ist in Abbildung 8 dargestellt. Darin wird deutlich, dass abhängig von der Flussschlauchrauigkeit der Beginn der Vorlandüberflutungen in einem Abflussbereich von $Q = 110$ bis 150 m^3/s liegen und der Anteil des Vorlandabflusses bis zu 22 % variieren kann. Zudem ist für $Q = 100$ m^3/s mit einer maximalen Wasserstandsdifferenz von 57 cm zu rechnen, die mit zunehmendem Abfluss und dem damit verbundenen Eintreten des Vorlandabflusses auf 9 cm abnimmt.

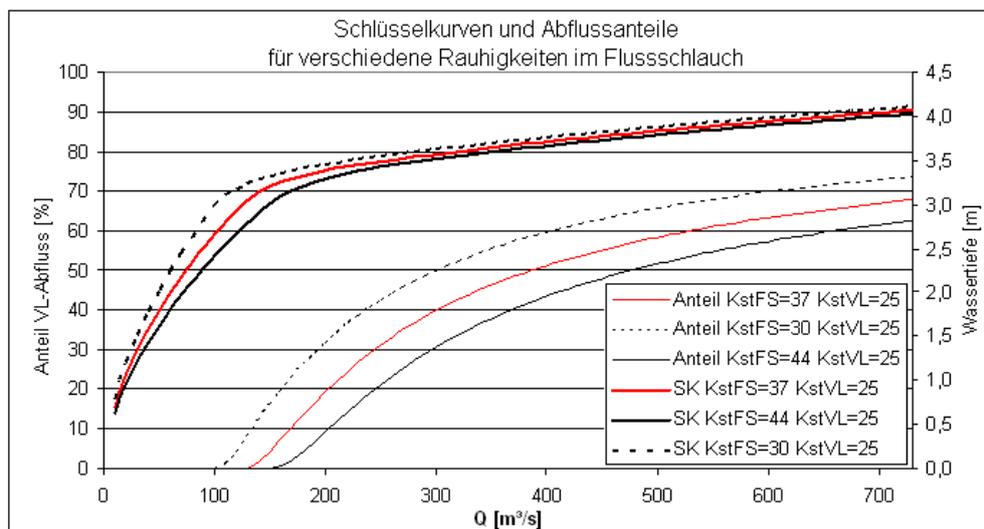


Abb. 8: Einfluss der Flussschlauchrauigkeit auf die Schlüsselkurve und auf die Abflussanteile

Die Einflüsse der Vorlandrauigkeit, Vorlandhöhe und der Flussschlauchhöhe können den Abbildungen 9, 10 und 11 entnommen werden. Hierin wird deutlich, dass mit zunehmendem Strickler-Beiwert für das Vorland auch die Differenz der Wasserspiegellagen zunimmt und für den höchsten Abfluss bei 20 cm liegt, während durch das geringe Verhältnis von Sohl- zu Talbreite der Unterschied der Abflussanteile mit ca. 3 % relativ niedrig bleibt. Die Änderung

der Gerinnesohl- und der Vorlandhöhe bewirkt eine Wasserspiegeländerung in fast gleicher Dimension, wobei der Einfluss der Gerinnesohle im Hochwasserfall eher marginal ist.

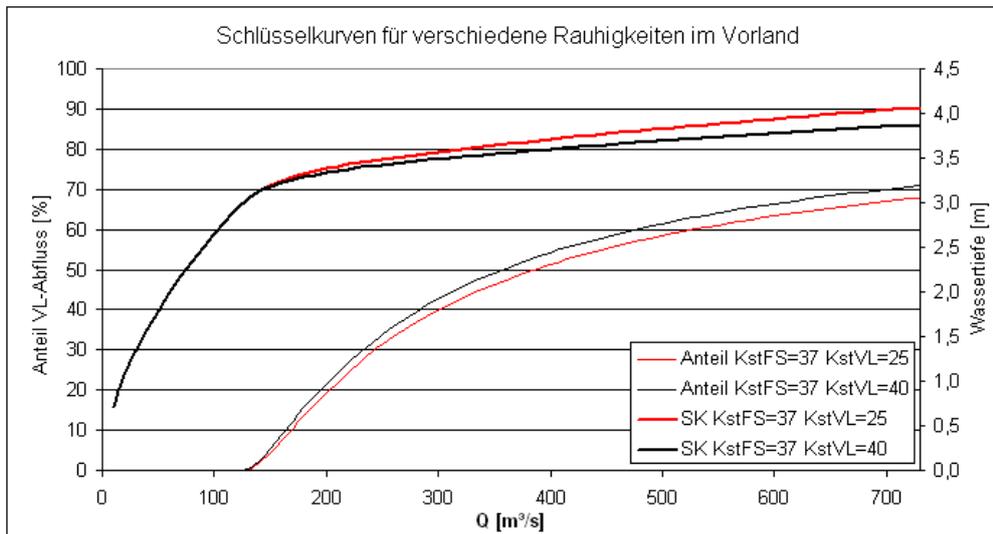


Abb. 9: Einfluss der Vorlandrauigkeit auf die Schlüsselkurve und auf die Abflussanteile

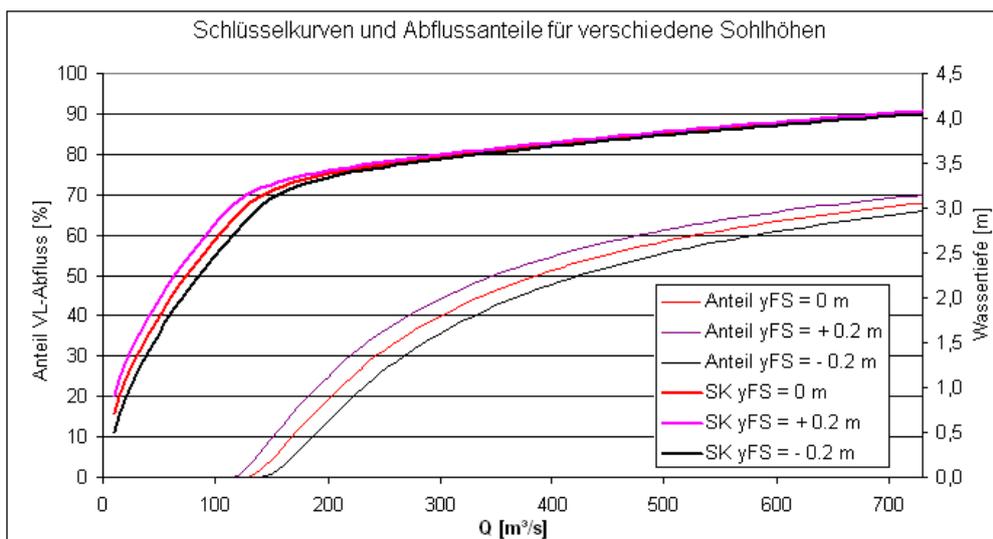


Abb. 10: Einfluss der Sohlhöhe auf die Schlüsselkurve und auf die Abflussanteile

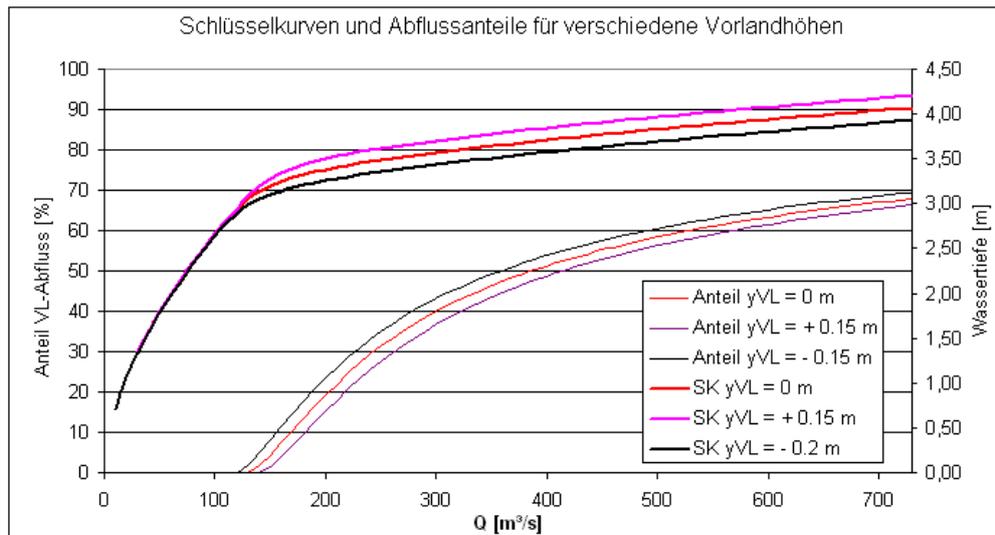


Abb. 11: Einfluss der Vorlandhöhe auf die Schlüsselkurve und auf die Abflussanteile

Nachdem die Wasserspiegelunterschiede für die definierten Parametergrenzwerte bekannt sind, stellt sich nun die Frage nach dem Verhalten des Wasserstandes innerhalb dieser Parametergrenzen. Aus diesem Grund werden Monte-Carlo-Simulationen durchgeführt, bei denen jeweils ein Parameter statistisch aus einem definierten Parameterraum nach der Latin-Hypercube-Methode generiert wird, während die restlichen Parameter unverändert den Mittelwert ihres Parameterraums beibehalten. Für diese Untersuchung werden alle Parameterräume gleich verteilt angenommen. Die statistische Auswertung der simulierten Wasserstände liefert schließlich für jeden Parameter die Information hinsichtlich der Verteilung des Wasserstandes innerhalb der Wassertiefenspannweiten.

Tabelle 2 zeigt daraus eine Zusammenfassung für einen Abfluss der Jährlichkeit 100 ($Q = 460 \text{ m}^3/\text{s}$). Hieraus geht hervor, dass die Vorlandhöhe den größten, die Vorlandrauigkeit einen mittleren und die Flussschlauchrauigkeit sowie Flussschlauchsohlhöhe einen eher geringen Einfluss auf die Wasserspiegellage besitzen. Dies gilt auch bei der Betrachtung der Wasserspiegelschwankung innerhalb der 10 %- und 90 %-Quantile.

Tab. 2: Auswertung der Wasserspiegellagen bei Variation einzelner Parameter (2000 Parameterwerte, gleich verteilt) für $Q = 460 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht HQ_{100})

[m]	$k_{st}VL$	$k_{st}FS$	yFS	yVL
Mittelwert	3,71	3,71	3,71	3,71
Standardabw.	0,04	0,02	0,01	0,08
Min.	3,65	3,67	3,69	3,57
Max.	3,78	3,75	3,72	3,85
Δh_{max}	0,13	0,08	0,03	0,28
10 %-Quantil	3,66	3,68	3,69	3,60
90 %-Quantil	3,77	3,74	3,72	3,82
$\Delta h_{Quantile}$	0,11	0,06	0,03	0,22

Nachdem die Analyse der einzelnen Parameter abgeschlossen ist, erfolgt die eigentliche Unsicherheitsanalyse, indem die Wasserspiegeländerung bei gleichzeitiger Variation aller Parameter untersucht wird.

In Tabelle 3 sind die Auswertungen der Monte-Carlo-Simulationen bei der gleichzeitiger Variation aller Parameter aufgelistet. Demnach liegen die maximalen Wasserspiegelschwankungen zwischen 0,44 und 0,51 m und sind somit fast doppelt so groß wie bei der alleinigen Variation der Vorlandhöhe. Diese hohen Werte relativieren sich bei der Betrachtung der Schwankungsbreite innerhalb der Quantilgrenzen, die in diesem Fall zwischen 0,23 und 0,27 m und daher nur wenig über der Wasserspiegelschwankung im Vergleich zur alleinigen Variation der Vorlandhöhe liegen. Die Standardabweichung liegt bei einer nahezu symmetrischen Verteilung der Wassertiefen über das gesamte Abflussspektrum konstant bei ca. 0,1 m.

Tab. 3: Auswertung der Wasserspiegellagen bei Variation aller Parameter (Monte-Carlo-Simulationen mit 7000 Parameterkombinationen, gleich verteilt), Spalten entsprechen HQ_5 , HQ_{20} , HQ_{100} und HQ_{1000}

[m]	$Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 320 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 460 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 730 \text{ m}^3/\text{s}$
Mittelwert	3,38	3,55	3,71	3,96
Standardabw.	0,09	0,09	0,09	0,10
Min.	3,15	3,34	3,48	3,72
Max.	3,60	3,77	3,95	4,23
Δh_{max}	0,46	0,44	0,48	0,51
10 %-Quantil	3,26	3,43	3,59	3,82
90 %-Quantil	3,49	3,67	3,83	4,09
$\Delta h_{Quantile}$	0,23	0,23	0,24	0,27

4.6 Modellabschnitt am Oberen Main

In diesem Abschnitt wird der Parametereinfluss auf stationäre Hochwasserereignisse am Oberen Main untersucht. Wie im vorangegangenen Kapitel wird auch hier zunächst die maximale Wasserspiegelspannweite bei der Variation einzelner Parameter analysiert.

Zusätzlich wird die mittlere Wassertiefe h in jeder Rasterzelle angegeben (für mittlere Parameterwerte), um die Wasserspiegeldifferenzen im Verhältnis zu sehen. Da die Analysen für das synthetische Gerinne zeigen, dass der Einfluss der Sohlhöhe verhältnismäßig klein ist, wird dieser Parameter für die Untersuchungen am Oberen Main als konstant angenommen.

Abbildung 12 zeigt die Sensitivität der Wassertiefe auf die einzelnen Parameter bei einem Abfluss der Jährlichkeit 100. Darin ist auf den ersten Blick zu erkennen, dass bezogen auf die Flächenanteile die Flussschlauchrauigkeit den geringsten und die Vorlandrauigkeit den zweitgeringsten Einfluss besitzt, gefolgt vom Abfluss, der um $\pm 15\%$ variiert wurde, und schließlich der Vorlandhöhe. Gleichwohl sind die Einflüsse aller Parameter örtlich variabel, sodass sich auch die Einflüsse der Parameter jeweils unterschiedlich verhalten. Zur Differenzierung dieser örtlichen Variabilität wird die Modellstrecke durch drei Abschnittstypen charakterisiert, in denen sich die Parametereinflüsse jeweils unterscheiden:

- **AS1:** Abschnitte, in denen ein normaler bzw. ungestörter Abfluss im Flussschlauch und Vorland erfolgt, wie beispielsweise unmittelbar nach dem oberen Zulauf, unterhalb Mainleus bis Rothwind, auf der halben Strecke zwischen Maineck und Burgkunstadt, unmittelbar nach Burgkunstadt sowie dem Bereich nach Hochstadt.
- **AS2:** Abschnitte unmittelbar vor (auf einer Länge von ca. 1 bis 2 km) und innerhalb von Einengungen, in denen der Vorlandabfluss durch Flaschenhälse (z. B. Brücken oder Unterführungen) erfolgen muss, wie beispielsweise die Abschnitte bei Mainleus, Burgkunstadt und Hochstadt.
- **AS3:** Abschnitte unmittelbar vor Wehren (auf einer Länge von gut 1 km), wobei das Wehr einen Flaschenhals darstellt und somit der größte Anteil des Vorlandabflusses über das Wehr abfließen muss, wie die Flussabschnitte vor den Wehren bei Maineck und Burgkunstadt. Hier ist allerdings zu beachten, dass bei Burgkunstadt das Vorland kontinuierlich bis zum Wehr eingeschnürt wird (vgl. AS2), während bei Maineck das Wasser im Vorland durch einen Straßendamm über der gesamten Talbreite steht und durch eine ca. 50 m breite Unterführung im Damm ein Abfluss im Nebenschluss zum Wehr gegeben ist.

Die mögliche Wasserspiegelschwankung infolge der Flussschlauchrauigkeit liegt nach Abbildung 12 für Abschnittstypen AS1 zwischen 0,07 und 0,12 m. Vor Einengungen (AS2) ist der Einfluss mit 0,17 m größer und mit bis zu 0,4 m innerhalb von Einengungen (Burgkunstadt) am größten. Vor Wehren ist die Sensitivität der Wassertiefe auf die Flussschlauchrauigkeit mit weniger als 0,04 m am geringsten. Die mögliche Schwankungsbreite der Wassertiefe infolge der Vorlandrauigkeit liegt bei AS2 zwischen 0,05 m und 0,13 m. Den größten Einfluss besitzt die Vorlandrauigkeit in AS1 mit Wasserspiegeländerungen zwischen 0,15 und 0,20 m, und den geringsten Einfluss vor Wehren mit ca. 0,06 m. Für den Abfluss treten die größten Schwankungen mit 0,3 bis 0,35 m in AS2 auf. In AS1 liegen diese bei 0,15 m und in AS3 bei 0,18 m. Der Einfluss der Vorlandhöhe liegt gleichmäßig zwischen 0,23 m (vor Einengungen) und 0,27 m. Allein vor Burgkunstadt ist die Wasserspiegeländerung infolge der Vorlandhöhenänderung unter 0,1 m,

weil sich das zuströmende Wasser über ein sich nicht veränderndes Querprofil zwingen muss.

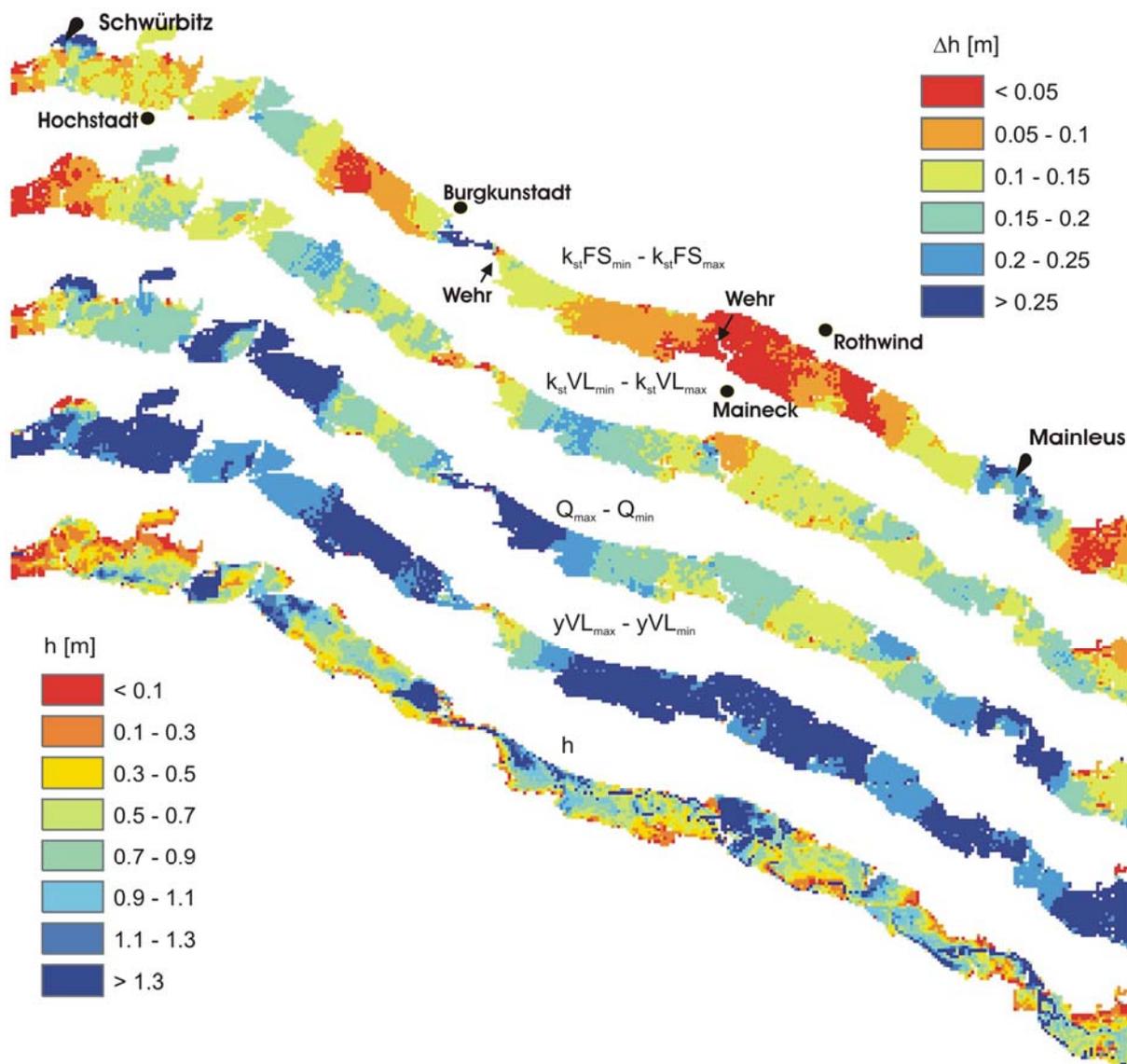


Abb. 12: Maximale Wasserspiegeländerung bei Variation eines Parameters (vgl. Tabelle 2)
 $Q = 460 \text{ m}^3/\text{s}$ (Jährlichkeit 100), $Q_{\max} = 530 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\min} = 390 \text{ m}^3/\text{s}$

Als Bezugsgröße für die Wasserspiegeldifferenzen in Abbildung 12 sind ebenso die Wassertiefen oberhalb des bordvollen Abflusses abgebildet, die sich für jeweils einen mittleren Parameterwert in jeder Rasterzelle ergeben. Mit einer mittleren Wassertiefe von 0,5 bis 1,0 m sind die möglichen Wasserspiegelschwankungen infolge der definierten Parameterschwankungsbreiten verhältnismäßig groß.

Um eine Aussage über die Modellunsicherheit infolge falsch angenommener Parameter treffen zu können, erfolgen auch hier Monte-Carlo-Simulationen. Ein Simulationslauf basiert dabei auf 2.000 Simulationen. Variiert werden die Rauigkeiten im Vorland und Flussschlauch sowie die Vorlandhöhe für die drei stationären Abflusszustände HQ_{100} , HQ_{20} und HQ_5 . Hinsichtlich der Parameterverteilungen wird eine Gleichverteilung aller Parameter angenommen.

Als Ergebnis der Monte-Carlo-Simulationen werden die möglichen Wasserspiegelschwankungen sowie die Standardabweichung und Schiefe ausgegeben. In Abbildung 13 sind diese Wasserspiegelschwankungen für den Simulationslauf HQ₁₀₀ aufgezeichnet. Um diese im Verhältnis zur Wassertiefe zu sehen, ist auch die mittlere Wassertiefe (h) oberhalb des bordvollen Wasserstandes dargestellt.

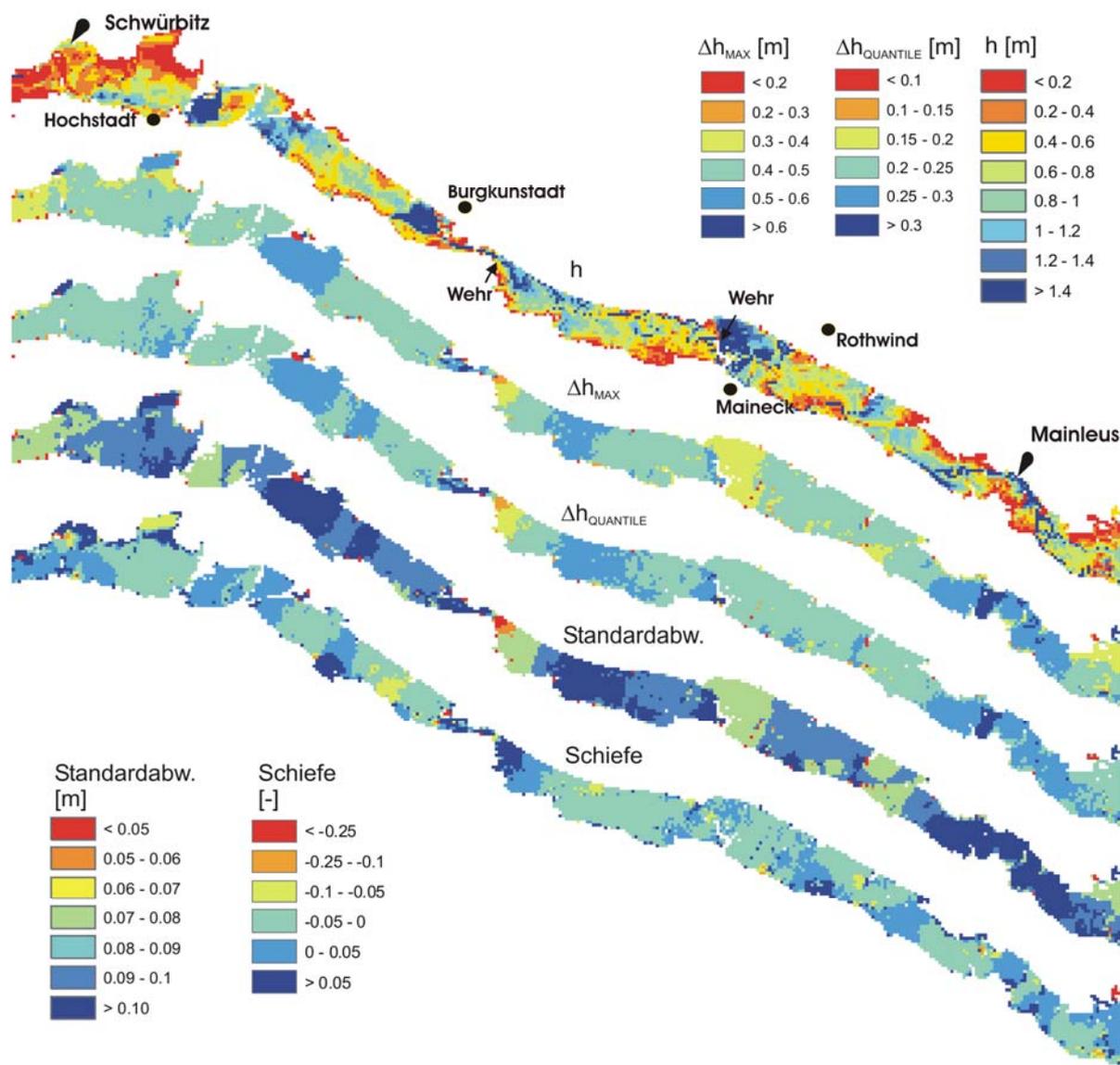


Abb. 13: Auswertung Monte-Carlo-Simulationen für den Lauf HQ₁₀₀ ($\Delta h_{Quantile}$ ist die Differenz aus 90 %- und 10 %-Quantilwert)

Die Ergebnisse belegen, dass die maximale Wasserspiegelschwankung mit 0,55 m in Bereichen vor Einengungen (AS2) auftreten (Mainleus und Hochstadt). Die Differenz zwischen den Quantilwerten ist mit 0,28 m allerdings halb so groß. Für normale Abflusszustände (AS1) liegt die maximale Wasserspiegeldifferenz bei 0,5 m, wobei die Schwankung zwischen den Quantilwerten ebenfalls mit 0,25 m halb so groß ist. Die Standardabweichung liegt für das gesamte Gebiet überwiegend zwischen 0,08 und 0,10 m, während die Schiefe bis auf den Abschnitt bei Burgkunstadt vernachlässigbar klein

ist. Um gegebenenfalls eine Abflussabhängigkeit der Wasserspiegelschwankungsbreiten analysieren zu können, erfolgen auch Monte-Carlo-Simulationen für Abflüsse der Jährlichkeiten 20 und 5.

Tabelle 4 zeigt zusammenfassend diese Wasserspiegelschwankungen. Daraus wird deutlich, dass mit abnehmendem Abfluss zwar die Wasserspiegelschwankungen ebenfalls abnehmen, jedoch nur in einem relativ geringen Maß (0,05 bis 0,1 m). Lediglich für den Bereich AS3 (Wehr und Bruchkante bei Maineck) ist ein paradoxes Bild zu erkennen. Mit abnehmendem Abfluss steigt die Wasserspiegelschwankung von gut 0,35 m auf über 0,55 m an. Dies ist dadurch zu erklären, dass in diesem Abschnitt sowohl ein Abfluss über das Wehr als auch durch eine Unterführung im Straßendamm (bei weiter ansteigendem Abfluss ebenso durch eine Überströmung der Bruchkante) erfolgen kann. Für große Abflüsse teilt sich der Abfluss für alle möglichen Parameterkombinationen in diese beiden (drei) Abflussanteile auf. Bei kleineren Abflüssen hingegen erfolgt für eine Großzahl an Parameterkombinationen der Abfluss allein über das Wehr. Die maßgebende Spannweite für die Wassertiefe ist somit die Wehrkrone und die Höhe, bei welcher der Abfluss in der Unterführung eintritt. Da sich hierzu das Wasser im Vorland aufstauen muss, bis sich ein Abfluss durch die Unterführung im Straßendamm bildet, stellen sich hier verhältnismäßig große Wassertiefenschwankungen ein.

Werden die vorliegenden Wasserspiegelschwankungen mit denen für das synthetische Gerinne verglichen (vgl. Tabelle 4 mit Tabelle 3), so geben beide nahezu gleiche Ergebnisse wieder, wonach für Bereiche normaler Abflusszustände eine Wasserspiegelschwankung von 0,4 bis 0,5 m möglich ist.

Tab. 3: Übersicht der Wasserspiegeldifferenzen für die Simulationsläufe HQ₁₀₀, HQ₂₀ und HQ₅ [m]

	HQ ₁₀₀		HQ ₂₀		HQ ₅	
	Δh_{Max}	$\Delta h_{\text{Quantile}}$	Δh_{Max}	$\Delta h_{\text{Quantile}}$	Δh_{Max}	$\Delta h_{\text{Quantile}}$
AS1	0,5	0,25	0,4	0,24	0,38	0,24
AS2	0,55	0,28	0,5	0,25-0,34	0,42	0,23
AS3	0,35	0,22	0,44	0,2	0,53	0,25

5. Vergleich der Ergebnisse verschieden komplexer Modelle

Insgesamt liegen zwischen den verschiedenen komplexen Modellen (2D, 1D, hybrid 1D/2D) Unterschiede infolge der unzureichend berücksichtigten Mikrotopografie sowie des Impulsaustausches zwischen Vorland und Flussschlauch vor, was aber abhängig vom Modellierer im Rahmen bleibt und durch eine Kalibrierung kompensiert werden kann. Dies bestätigen Vergleichsstudien, die darauf hinweisen, dass einfache konzeptionelle Modelle durchaus in der Lage sind, ähnlich gute Resultate wie komplizierte physikalische Modelle zu erbringen (siehe z. B. HORRITT & BATES 2002). Der Sachverstand des Modellierers spielt indes hierbei eine entscheidende Rolle.

Als abschließender Vergleich sind in Abbildung 14 die Wasserspiegeldifferenzen für das 2D-Programm Hydro_AS (oben) und das hybride 1D-/2D-Modell SOBEK (unten)

gegenübergestellt, wenn der hundertjährige Abfluss (stationär) um $\pm 15\%$ schwanken würde.

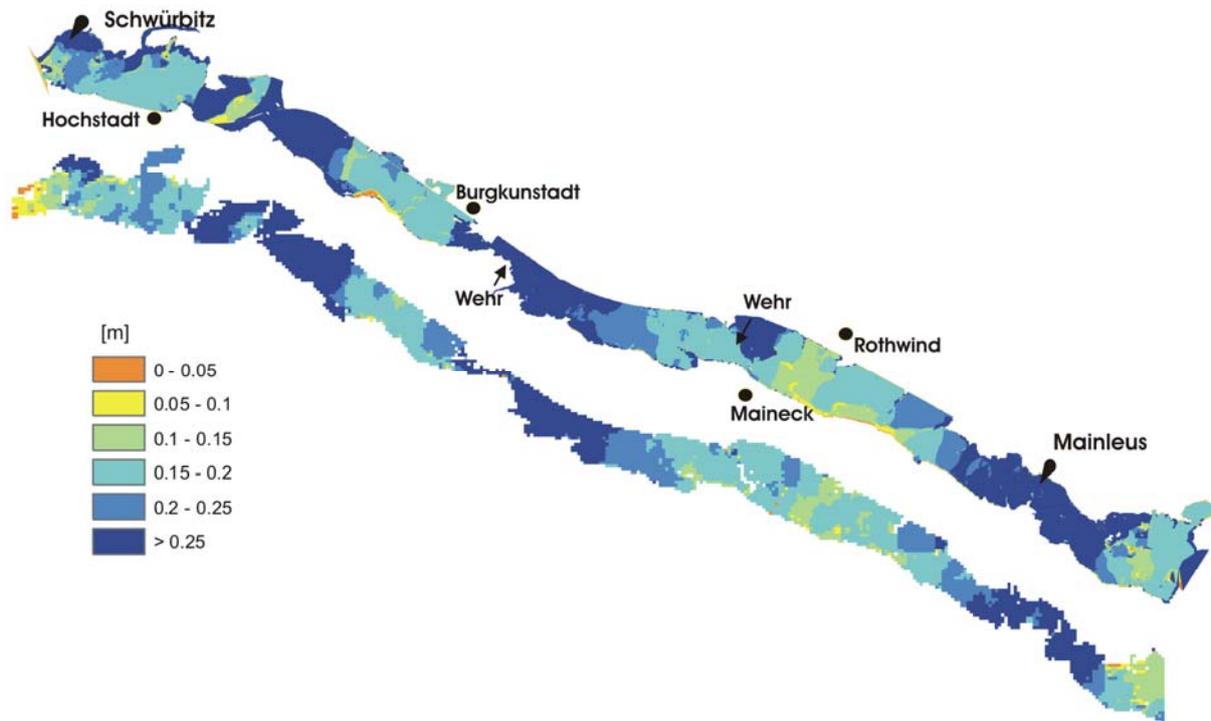


Abb. 14: Wasserspiegeldifferenz aus den Berechnungen $HQ_{100} + 15\%$ minus $HQ_{100} - 15\%$, oben Hydro_AS, unten SOBEK

Aus den Abbildungen wird deutlich, dass grundsätzlich beide Modelle (hybrid und 2D) die gleichen Sensitivitäten wiedergeben. Die Unterschiede zwischen dem Raster (SOBEK) und der Netzstruktur (Hydro_AS) ist zu erkennen.

Abschließend sei erwähnt, dass NOACK (2007) für denselben Modellabschnitt des Oberen Mains die Einflüsse der Netzauflösung im 2D-Modell untersucht hat. Hierzu wurden die Netzauflösungen (für das Vorland) 40 und 60 m gewählt und die Ergebnisse mit denen des Netzes basierend auf einem 20 m aufgelösten Netz verglichen. Das Ergebnis zeigt zwar für große Flächen übereinstimmende Wassertiefen, allerdings werden an Engstellen (Burgkunstadt) und an abflusswirksamen Geländestrukturen Unterschiede bis zu 0,1 m (zwischen 20 und 40 m Netzauflösung) bzw. 0,25 m (zwischen 20 und 60 m Netzauflösung) errechnet.

6 Abschließende Bemerkung

Aus diesem Beitrag wurde ersichtlich, dass die hydraulischen Unsicherheiten für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten nicht zu vernachlässigen sind. Für mittelgroße Fließgewässer sind die 10 %- bis 90 %-Vertrauensintervalle bei realistischen Parametervariationen mit circa 30 cm anzugeben. Für kleinere Gerinne können die Unsicherheiten auch wesentlich größer sein. Obwohl die Modellunsicherheiten einzugsgebietsabhängig und somit die Ergebnisse nicht bedenkenlos auf andere Gebiete

anzuwenden sind, bildet das hier beschriebene Vorgehen eine objektive Grundlage für individuelle Untersuchungen.

Eine ausführliche Darstellung des Untersuchungskonzeptes und der Ergebnisse sind in der Dissertation von YÖRÜK (2008) enthalten, welche die wesentliche Grundlage für diesen Beitrag lieferte.

Literatur

- BECHTELER, W., S. HARTMANN & A. J. OTOO (1993): Coupling of 2D- and 1D-models and integration into geographic information systems, *Advances in Hydro-Science and -Engineering*, Volume I.
- H. BRETSCHEIDER & T. ÖZBEK (1997): Durchflussermittlung bei gegliederten Gerinnen, *Zeitschrift Wasserwirtschaft*, 87. Jahrgang, Nr. 4, S. 206-209.
- BWK (2000): Grundlagen für stationäre, eindimensionale Wasserspiegellagenberechnungen, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e. V.
- CONNELL, R. J., D. J. PAINTER & C. BEFFA (2001): Two-dimensional flood plain flow. II: Modell validation, *Journal of Hydrological Engineering*. ASCE, 6 (5).
- DVWK (1991): Hydraulische Berechnung von Fließgewässern, Nummer 220/1991, In: *Merkblätter zur Wasserwirtschaft*, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), Bonn: Kommissionsvertrieb Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- DVWK-Heft 127 (1999): Numerische Modelle von Flüssen, Seen und Küstengewässern, (Eds.: Zielke, W.), *Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser*, Bonn.
- EMS-i (2007): SMS, Surface Water Modelling System, Environmental Modeling System Inc., Version 9.0, Januar 2007.
- FORKEL, C. (2004): Numerische Modelle für die Wasserbaupraxis: Grundlagen, Anwendungen und Qualitätsaspekte, *Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft*, Heft 130, RWTH Aachen.
- M. S. HORRITT & P. D. BATES (2002): Evaluation of 1D and 2D numerical models for prediction river flood inundation, *Journal of Hydrology* 268, pp. 87-99.
- S. T. KHU & M. G. F. WERNER (2003): Reduction of Monte-Carlo simulation runs for uncertainty estimation in hydrological modelling, *Hydrology and Earth System Sciences*, 7 (5), pp. 680-692.
- KOHANE, R. (1991): Berechnungsmethoden für Hochwasserabfluss in Fließgewässern mit überströmten Vorländern, *Mitteilungen des Instituts für Wasserbau*, Heft 73, Universität Stuttgart.
- NOACK, M. (2007): Unsicherheit hydraulischer Modelle in der operationellen Hochwasservorhersage, *Beiträge zum Treffen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (JuWi-Treffen)*, Band 9, Herausgeber Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kassel.
- NUJIC, M. (1998): Praktischer Einsatz eines hochgenauen Verfahrens für die Berechnung von tiefengemittelten Strömungen, *Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München*, Heft 62, München.
- NUJIC, M. (2003): HYDRO_AS-2D – Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, *Benutzerhandbuch*.
- OPHEYS, S., A. F. B. TOMPSON & G. ROUVE (1994): Comparison of two indicator simulations methods, *Proceedings of the Xth International Conference on Computational Methods in Water Resources* Eds. A. Peters et al., Kluwer Academic Publishers, pp. 563-570.

- OPHEYS, S. (1997): Numerische Untersuchungen zur Dispersion in anisotrop heterogenen, porösen Medien, Heft 113, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH-Aachen.
- PECK, A. et al. (1988): Consequences of spatial variability in aquifer properties and data limitations for groundwater modelling practice, IAHS Publication No. 175, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- SCHRAMM, J. M. (2005): Eindimensionale Berechnung instationärer und diskontinuierlicher Strömungen in abflussschwachen naturnahen Fließgewässern, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Heft 138, RWTH Aachen.
- TESCHKE, U. (2004): Zur Berechnung eindimensionaler instationärer Strömungen von natürlichen Fließgewässern mit der Methode der Finiten Elemente, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 7, Nr. 458, Düsseldorf: VDI Verlag.
- YÖRÜK, A. (2008): Unsicherheiten bei der hydrodynamischen Modellierung von Überschwemmungsgebieten (Dissertation), Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 99, München.

Hochwasserschadensinformationen als Basis für Hochwasserrisikokarten und das Hochwasserrisikomanagement

Walter Pflügner

Zusammenfassung

Im ersten Abschnitt des Vortrags wird erläutert, was die DWA-AG HW-4.4 unter „Hochwasserschadensinformationen“ versteht und was sie dazu in dem Mitte des vergangenen Jahres erschienenen DWA-Themenhefts erarbeitet hat. Anschließend wird im zweiten Abschnitt darauf eingegangen, inwieweit solche Hochwasserschadensinformationen auch als Basis für die sogenannten Hochwasserrisikokarten (HWRK) bzw. auch für das Risikomanagement dienen können: Durch Analyse der diesbezüglichen Forderungen in der HWRMRL wird klargestellt, dass die dafür erforderlichen Risikoinformationen nur einen Teilausschnitt aus dem Gesamtbestand der Hochwasserschadensinformationen darstellen. Als Fazit daraus ergeben sich im dritten Abschnitt einige Schlussfolgerungen hinsichtlich der Beschäftigung mit HWRK im Vergleich zu den übrigen Hochwasserschadensinformationen.

1. Was ist unter „Hochwasserschadensinformationen“ zu verstehen? Was bietet die DWA-Arbeitshilfe?

Die DWA-Arbeitsgruppe HW-4.4 „Hochwasserschäden“ hat unter der Leitung von Herrn Dr.-Ing. W. Buck von Mitte 2006 bis Mitte 2008 ein Grundlagenpapier über den Umgang mit Daten und Informationen im Bereich der Hochwasserschäden (kurz: Hochwasserschadensinformationen) erarbeitet.

Dieser Bericht ist im August 2008 als DWA-Themenheft „Arbeitshilfe Hochwasserschadensinformationen“ erschienen (DWA 2008). Er enthält vielerlei Empfehlungen für die „gute Praxis“ beim Umgang mit Hochwasserschadensinformationen.

Diese DWA-Arbeitshilfe soll allen im Hochwasserschutz Tätigen, insbesondere Planern und Entscheidungsträgern, die wesentlichen Grundlagen dafür vermitteln zu erkennen, wie sie die ihnen gestellten Aufgaben zukünftig angemessen erfüllen können. Dies setzt ausreichendes Faktenwissen voraus, mithin Daten und Informationen über potenzielle Hochwasserschäden bzw. deren Vermeidung oder Verminderung.

Zwischen Daten und Informationen wird hier im Sinne der Definitionen aus der Datenverarbeitung unterschieden: Daten sind die „Rohdaten“, also gemessene oder empirisch festgestellte Größen; Informationen sind darauf aufgesetzte „interpretierte“ Aussagen. „Um aus Daten Informationen zu gewinnen, müssen sie in einem Bedeutungskontext interpretiert werden. So kann die Zahlenfolge 12345678 zum Beispiel in Abhängigkeit vom Kontext für eine Telefonnummer, eine Kontonummer oder die Anzahl von Kfz-Neuzulassungen in einem bestimmten Zeitraum stehen. Als reiner Datensatz betrachtet handelt es sich bei 12345678 nur um eine Aneinanderreihung von Zahlen oder Symbolen.

Die Bedeutung wird erst im jeweiligen Kontext sichtbar.“ (zitiert aus dem Stichwort „Daten“ bei Wikipedia).

So gesehen, kann man ganz abstrakt konstatieren, dass es stets darum geht, Daten zu beschaffen und aufzubereiten und sie dann kontextuell (durch Beziehungen, Modelle bzw. gar mathematische Funktionen) so zu verknüpfen, dass die jeweiligen Bedeutungszusammenhänge interpretiert werden können – möglichst nicht nur für Insider, sondern vielmehr insbesondere für all die sogenannten Entscheidungsträger über Hochwasserschutzstrategien und -maßnahmen sowie für die potenziell von Hochwasser Betroffenen.

Das Verknüpfen und Interpretieren beinhaltet übrigens vielfach Bewertungen, insbesondere bei den Schadenspotenzialen, den zu erwartenden Schäden, den Schadensminderungen usw. – dies kann eine ökonomische, ökologische und/oder Sozialverträglichkeitsbewertung im Sinne des Nachhaltigkeitskonzepts sein.

Dass in den Formulierungen oben auf Faktenwissen abgestellt wird, soll darauf hinweisen, dass es in vorderster Linie stets um sogenannte harte Daten, also im landläufigen Sinne „echte Fakten“, geht und nicht oder allenfalls nur ersatzweise „weiche“ Daten gefragt sind.

Solche Fakten sind im Bereich des Hochwasserschutzes nötig, um entweder Gefährdungslagen zu beschreiben (Gefährdung im Ist-Zustand, im Status-quo-Fall ohne zusätzliche Maßnahmen usw.) oder um Maßnahmenwirkungen in ihrer Bedeutsamkeit herausarbeiten zu können.

Im Bereich des technischen Hochwasserschutzes ist, vor allem konstruktiv, in den vergangenen 50 Jahren viel geschafft worden (allerdings z. T. auch mit der Folge, dass solche Anlagen jetzt an das Ende ihrer technischen Lebens- bzw. Nutzungsdauern oder an Instandhaltungsgrenzen heranwachsen oder neuen, künftigen Umweltbedingungen im weitesten Wortsinn nicht mehr gewachsen zu sein scheinen, z. B. den potenziell eintretenden Veränderungen infolge des Klimawandels).

Das Wissen um Gefährdungslagen ist insbesondere in den vergangenen knapp 20 Jahren ebenfalls durch eine ganze Reihe grundlegender Flussgebietsuntersuchungen, Schadenspotenzialuntersuchungen usw. in Verbindung mit entsprechenden Kartierungen und Veröffentlichungen signifikant verbreitert worden (leider gilt das bislang vorwiegend für die Talräume der großen Gewässer, jedoch noch nicht für die Einzugsgebiete insgesamt, insbesondere auch noch nicht für die meisten Gewässer niedrigerer Ordnung und deren FEG).

Das Wissen um die Gefährdungslagen führt allein aber noch nicht dazu, dass Schäden im Ereignisfall oder gar Schadenspotenziale generell vermindert würden.

Dazu müssen erst Maßnahmen geplant, optimiert und vor allem in optimaler Abstimmung, also möglichst „integriert“, realisiert werden.

Voraussetzung dafür, dass all diese Aktivitäten in die richtige Richtung wirken, sind gute Daten und Informationen. Da sich die Umweltbedingungen im weitesten Wortsinn jedoch wandeln, braucht man mehr, neue, zusätzliche, bessere Daten und Informationen.

Man sollte und kann sich auf diesem Gebiet daher nicht mit dem bisher Erreichten zufriedengeben, sondern muss sich vielmehr Folgendes fragen:

- Wie ist der heute allgemein erreichte Stand in der Praxis?
- Welche Defizite gibt es?
- Was muss geschehen, um bestehende Defizite abzubauen?
- Wie müsste dementsprechend eine gute Praxis im Umgang mit hochwasserrelevanten Daten und Informationen aussehen?
- Was sind die essenziell wichtigen Anforderungen der Zukunft dafür? Was wird gesetzlich verlangt? Was ist gesellschaftspolitisch gefordert?
- Wie lassen sich diese einzelnen Anforderungen in einen Gesamtrahmen im Sinne eines Leitbilds der „guten Praxis“ überführen?
- Welche Voraussetzungen müssen geschaffen werden, damit die Zuständigen in Büros und Verwaltung in den Stand versetzt werden, ihre Aufgaben entsprechend einem solchen Leitbild der „guten Praxis“ zu organisieren und zu bearbeiten?

Diese Fragen hat die Arbeitsgruppe diskutiert und die Befunde und Antworten sowie die Schlussfolgerungen daraus in der vorgelegten DWA-Arbeitshilfe verarbeitet. Deren Ziel und Zweck war nicht, einzelne Fehler „nachzuweisen“ oder die vielerlei Mängel in der gängigen Praxis im Detail zu diskutieren oder dafür gar Einzellösungen zu generieren. Die umfangreichen Erfahrungen in der Arbeitsgruppe begründen jedoch die Feststellung, dass die Anwendungspraxis in den Bereichen der

- Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen,
- Anwendung analytischer Projektbewertungen,
- Entscheidungsvorbereitung und Entscheidung,
- Risikoinformation und -kommunikation

heute vielerlei Mängel und Defizite aufweist, die größtenteils auf teils quantitativ, teils qualitativ ungenügende Eingangsdaten selbst oder/und auf den inadäquaten Umgang mit den Daten und Hochwasserschadensinformationen zurückzuführen sind.

Die Arbeitshilfe knüpft daran an und entwickelt daraus die Grundzüge für ein Leitbild der „guten Praxis“ für alle entsprechenden Untersuchungen in Form von Empfehlungen. Die wesentlichsten davon wurden im Text deutlich hervorgehoben (durch grau hinterlegte

Kästen), im Textabschnitt 3.4 zusammengefasst und in Kapitel 5 in Form von Thesen im Zusammenhang dargestellt.

Daraus ergeben sich nicht nur vielfältige, direkt nutzbare, Hinweise für die Anwender, sondern implizit gleichzeitig auch die wesentlichen Ansatzpunkte für Maßnahmen der Qualitätssicherung, welche vonseiten der Auftraggeber solcher Untersuchungen ergriffen werden müssen.

Was die Unterscheidungen zwischen „guter Praxis“, „Qualitätssicherung“ und „Qualitätsmanagement“ betrifft, so wurden hier folgende Definitionen angewandt:

- Die „gute Praxis“ besteht in Verfahrensweisen, die jeder Nutzer der Arbeitshilfe, sei er nun Auftraggeber oder Auftragnehmer, für sich anwenden kann, indem er die Empfehlungen beachtet und umsetzt. Der Begriff „gute Praxis“ wird hier benutzt, weil er im Gegensatz zum Begriff der „guten fachlichen Praxis (GfP)“ in Deutschland noch nicht normiert ist (zur GfP vgl. z. B. die Ausführungen zum Stichwort bei Wikipedia). Als Vorläufer kann das bereits früher in den USA eingeführte Konzept der „best practice“ angesehen werden, welches allerdings auf besten, somit also höchsten Qualitätsanspruch abstellt und insoweit an der Realität vorbeigeht: Dieser wäre schon erheblich geholfen, wenn allseits eine gute Praxis angewandt würde. Neben der GfP, die im Natur- und Bodenschutzrecht verankert ist, gibt es in Deutschland seit Langem auch die „gute Laborpraxis“ im Chemiebereich, in welcher es um Sicherheitsprüfungen an chemischen Produkten geht. Somit kann man zusammenfassen, (1) dass hinter diesen Konzepten die Vorstellung steht, dass von jedem verlangt werden kann, dass er ein gutes Vorgehen praktiziert, aber nicht von jedem, dass er den besten Standard erfüllen kann. (2) Die „gute Praxis“ zeichnet sich dadurch aus, dass sie bessere Vorgehensweisen (methodisch und empirisch) anwendet, als in der Praxis im Durchschnitt angewandt werden.
- „Qualitätssicherung“ setzt dagegen ähnlich wie das strikere Konzept der „Qualitätskontrolle“ eine Organisation entsprechend dem Vier-Augen-Prinzip voraus: Niemand kann sich selbst kontrollieren bzw. kann jeder behaupten, es sei „gute Praxis“ was er tue, jedoch kann dies nur von Dritten bewertet werden.
- „Qualitätsmanagement“ ist demgegenüber mehr als die konkreten einzelnen Tätigkeiten zur Kontrolle und Sicherung der Qualität: „Qualitätsmanagement oder QM bezeichnet grundsätzlich alle organisierten Maßnahmen, die der Verbesserung von Produkten, Prozessen oder Leistungen jeglicher Art dienen [...] Das Qualitätsmanagement besteht aus Qualitätsplanung, Qualitätslenkung, Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung.“ (zitiert nach Wikipedia) Produkte, auf die sich das QM konzentriert, sind im hiesigen Diskussionsrahmen Daten über Nutzungen, Nutzer, Hochwasserlastfälle, Betroffenheiten, Schäden, welche bestimmte Qualitätsansprüche erfüllen sollen, oder eben Informationen, wie z. B. Kartendarstellungen, Berechnungsergebnisse usw.

Zentral wichtig für das Verständnis der Gesamtzusammenhänge ist die Systematik in Kapitel 1 der Arbeitshilfe als Grundlage für die Zu- und Einordnung der im Bereich Hochwasserschutz vielfältig vorhandenen und benötigten Daten sowie Informationsquellen. Sie geht von den Nutzergruppen aus und thematisiert damit zunächst die Frage, WER Schadensdaten und -informationen benötigt (Tabelle 1).

Tab. 1: Nutzer der Schadensdaten (gruppiert)

BETROFFENE (Bestand): Bevölkerung Wirtschaft Landwirtschaft Forstwirtschaft Kommunen Landkreise Länder Bund Sonstige (z. B. Bahn)
ENTSCHEIDER: Kommunen Landkreise Länder Bund Sonstige (z. B. Bahn)
FACHPLANER: Wasserwirtschaft Raumordnung Landesplanung Regionalplanung Bauleitplanung Landschaftsplanung Verkehrsplanung Agrarplanung
POTENZIELL BETROFFENE (Neubau/Neuansiedlung): Architekten Fachplaner Bauherren
VERSICHERUNGSWIRTSCHAFT: Versicherungsgesellschaften Rückversicherer Versicherungsverbände
KATASTROPHENSCHUTZ: Einsatzplanung Einsatzkräfte

Das beginnt mit den Gruppen der Betroffenen und reicht hin bis zum Katastrophenschutz.

Empirisch ergab sich, dass sinnvollerweise mindestens sechs Nutzergruppen zu unterscheiden sind. Die Bedürfnisse der sechs genannten Gruppen nach Daten und Informationen sind sehr unterschiedlich, wie die nächste folgende Betrachtungsperspektive zeigte.

Dort wurde gefragt, WELCHE Schadensdaten und sonstigen Daten es gibt bzw. geben sollte (Tabelle 2). An Schadensdaten sind dies mindestens folgende:

Tab. 2: Kategorien von Schadensdaten

Ursachen, Typen, Genese, Abläufe, Szenarien der Hochwasserereignisse Hintergrundinformationen, wie Annahmen, Rechengrundlagen, historische Daten Überschwemmungsgrenzen, Anschlaglinien Überflutungshöhen Betroffene Gemeinden, Gemeindeteile, Straßenzüge, Objekte Gefahr für Leib und Leben allgemein Gefahren für bestimmte Gruppen von Betroffenen Gebäudeschäden Hausrats-/Inventarschäden Schäden in Betrieben/an Produktionsanlagen Betroffene Großobjekte (Gewerbe und Industrie) Schäden an Maschinen (beweglich) Schäden an Vorräten Betroffene landwirtschaftlich genutzte Flächen Betroffene forstwirtschaftlich genutzte Flächen Ernteschäden Straßenschäden Brückenschäden Schäden an wasserwirtschaftlichen Anlagen, Deichen usw. Schäden an Schienenwegen Schäden an sonstigen Infrastrukturobjekten Schäden an Krankenhäusern Schäden an sonstigen Einrichtungen des Gesundheitswesens, Seniorenheime usw. Schäden an Kultur-/Denkmalschutzobjekten Schäden an Versorgungsanlagen (Wasser, Gas, Strom usw.) Schäden an Entsorgungsanlagen (Abwasser, Abfallwirtschaft usw.) Schäden an anderen Sonderobjekten (öffentliche Einrichtungen, wie Schulen, Behörden usw.) Schäden durch Betriebsausfälle Wertschöpfungsverluste Prosperitätsschäden Sonstige tangible (d. h. monetär fassbare) und intangible Folgeschäden, wie Umweltschäden

Die meisten dieser Daten müssen noch aufgespalten werden in physische, monetäre und u. U. weitere. Vielzahl und Vielfalt erhöhen sich indes noch wesentlich mehr: Neben den Schadensdaten existieren ferner noch Geodaten, hydrologische und hydraulische Daten,

Nutzungsdaten, Objektdaten, Nutzerdaten, Ereignisdaten, Schadenspotenzialdaten, wasserwirtschaftliche Bezugsdaten usw.

Die Aufzählung allein genügt bereits als Hinweis, dass Datenbeschaffung, Datenverarbeitung, Datenmanagement, Datenbankhaltung usw. keine trivialen Aufgaben sind, sondern gut geplant und gut durchgeführt werden müssen.

Denn es gibt nicht nur unterschiedliche Datentypen, sondern auch verschiedenste Verwendungszwecke, die jeweils spezifische Eignungskriterien tragen, sich insbesondere in der erforderlichen Genauigkeit, im Detaillierungsgrad usw. unterscheiden.

Die Diskussion, WOFÜR die unterschiedlichen Hochwasserschadensinformationen benötigt werden, führte zum Ergebnis, dass etwa fünf bis sechs grundverschiedene Zwecksetzungen zu unterscheiden sind (Tabelle 3):

Tab. 3: Hauptanwendungszwecke von Daten + Informationen über Hochwasserschäden

Hauptzwecke der Daten und Informationen über Hochwasserschäden
Informationsquelle und -medium
Entscheidungsgrundlage
Planungsgrundlage
Grundlage für planerische Festsetzungen (Überschwemmungsgebiete, Risikozonen)
Arbeitsgrundlage
Planungs- und Arbeitsgrundlage für die Einsatzplanung und den operativen Einsatz

Dementsprechend werden Hochwasserschadensdaten und -informationen im Einzelfall in der Praxis unterschiedlich erfasst, verarbeitet und aufbereitet, was die Frage klärt, WIE mit ihnen umgegangen wird bzw. werden sollte.

Die Aufbereitung führt zu bestimmten Produkten (Karten, Tabellen, Berichten, Plänen etc.) und setzt stets die Klärung der Frage voraus, WELCHE Produkte benötigt werden. Dies ergibt sich zum einen aus gesetzlichen Forderungen z. B. nach Überschwemmungsgrenzen, der Bestimmung von Risikogebieten, nach Hochwassergefahrenkarten, Hochwasserrisikokarten usw. Zum anderen hängt dies von den Fragestellern und Fragestellungen ab: Wer gut planen und Schutzmaßnahmen optimieren will, der muss sich fundierte Grundlagen schaffen.

Nach Auffassung der DWA-Arbeitsgruppe HW-4.4 ist eine „gute Praxis“ im Bereich Hochwasserschutz künftig nur dann zu erreichen, wenn stets klar definiert wird:

- WER die Nutzer sind und alle infrage kommenden Nutzergruppen dementsprechend vom Beginn der Datenbeschaffungen bis hin zu den Endprodukten adäquat berücksichtigt werden (wesentliche Kriterien dabei: Eindeutigkeit, Vollständigkeit, Interpretierbarkeit etc.). Dabei ist stets zu berücksichtigen, dass die Hochwasserschadensinformationen

und die Informationen über die durch Schutzmaßnahmen erreichbare Schadensminderung immer mindestens auch wichtige Informations- und Kommunikationsfunktionen zu erfüllen haben und das oft nicht nur gegenüber den oben erwähnten Nutzergruppen, sondern bis hin zu den Geldgebern und Kontrollinstanzen.

- WELCHE Schadensdaten vorliegen, welche benötigt werden, welche dementsprechend fehlen, WIE sie zu beschaffen und aufzubereiten sind, WOFÜR und in WELCHER Form. Dies muss bereits im Zuge der Vorbereitung der Vergabe der Untersuchungen (meist in Form von Flussgebietsuntersuchungen, kurz: FGU) explizit und detailliert geschehen und den Ausschreibungsgrundsätzen der Wahrheit, Klarheit und Vollständigkeit entsprechen. Die bereits verfügbaren Datengrundlagen sowie die Vorgaben für die Durchführung der Untersuchungen sind in Verbindung mit der sorgfältigen, fachkundigen Begleitung und mit laufenden Qualitätskontrollen die wichtigsten „Schlüssel“ für gute Produkte in Form von Informationsquellen, Entscheidungsgrundlagen, Planungsgrundlagen usw. Die nötigen Spezifizierungen müssen in der Regel im Zusammenspiel zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern geschehen und setzen umfängliche Sachkenntnisse und Erfahrungen voraus. Dies verlangt des Weiteren, dass die Planer als Auftragnehmer ihre Beratungspflichten ernst nehmen und dass die Auftraggeber stets eine mittel- bis langfristige Perspektive ins Auge fassen.

Insgesamt gilt es zu erkennen und zu begreifen, dass schlechte bzw. fehlende Daten und Hochwasserschadensinformationen der Zielerreichung hinderlich sind. Über allen Untersuchungen, Planungen und Maßnahmen muss im Bereich des Hochwasserschutzes das Oberziel der nachhaltigen Entwicklung stehen. Dazu müssen angesichts der erheblichen Mittel für Schutzmaßnahmen angemessen tiefgehende Untersuchungen der Primär- und Folgewirkungen, der Vor- und Nachteile, der Nutzen und Kosten, der verbleibenden „Restrisiken“ usw. stattfinden. Dies verlangen nicht nur das Haushaltsgrundsätzegesetz (siehe § 6 Abs. 2) und die Haushaltsordnungen des Bundes, der Länder und der Gemeinden samt ihren Verwaltungsvorschriften für die Durchführung von Nutzen-Kosten- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, sondern das gebieten vielmehr der gesunde Menschenverstand und die Verantwortung gegenüber der Gesellschaft.

Hauptziel der DWA-Arbeitshilfe war vor diesen Hintergründen, zunächst einmal die logisch miteinander verknüpften Denkstrukturen herauszuarbeiten, die nötig sind, um

- zu erkennen und abzuwägen, was beim Beschaffen, Auswerten, Verwerten und Wiederverwenden von Schadensdaten und daraus abgeleiteten Schadensinformationen alles zu bedenken ist (Kapitel 1),
- zu überblicken, was alles zu beachten und zu unternehmen ist, um wirklich gute Planungen entwickeln zu können (Kapitel 2), und
- in den einzelnen Flussgebieten und unter verschiedenen Bedingungen bei der Ableitung und Übertragung von Schadensbeziehungen auch alle wirklich relevanten Einflussgrößen adäquat zu behandeln (Kapitel 3).

In Kapitel 4 wurden die praxisrelevanten Themenbereiche aufgelistet, an denen Forschung, Entwicklung und Praxis zukünftig intensiv weiterarbeiten müssen. In einem Fazit wurden in Kapitel 5 die wichtigsten Empfehlungen dann auch noch in Form von Thesen zusammengefasst.

2. Hochwasserschadensinformationen als Basis für Hochwasserrisikokarten (HWRK) und das Hochwasserrisikomanagement

Was haben nun aber die Hochwasserschadensinformationen bzw. auch die Ausführungen in der DWA-Arbeitshilfe mit Risikoanalysen, Risikodarstellungen oder gar dem Risikomanagement zu tun?

Dies ist leicht zu erklären, nämlich damit, dass die DWA-Arbeitshilfe genau aus den Erkenntnissen aus dem Kreis der Arbeitsgruppenmitglieder heraus entstanden ist, dass

- (1) das Hochwasserrisikomanagement in der Praxis immer stärker ins Zentrum rücken bzw. gerückt werden (!) muss;
- (2) dafür der Bedarf an qualitativ hochwertigen Planungsleistungen ständig wächst und
- (3) die Aufgaben im Bereich des Hochwasserrisikomanagements derart vielfältig und anspruchsvoll sind, dass alle Versuche, diese Aufgaben „quick and dirty“ zu lösen, nicht nur scheitern dürften (wie die Erfahrungen der vergangenen Jahren bereits gezeigt haben), sondern dass dies auch unübersehbare Folgewirkungen für die Bemühungen um angemessenen Hochwasserschutz nach sich ziehen könnte.

Insofern wurde bei Ausarbeitung der DWA-Arbeitshilfe bereits auch schon „mit einem Auge“ auf die Entwicklung der HWRMRL geschaut, aber eben nur mit einem Auge (ebd., S. 4 ff.). Denn schließlich ist das Hochwasserrisikomanagement zumindest prinzipiell für Deutschland nichts Neues. Wesentliche Grundgedanken und Elemente sind seit Langem fixiert (LAWA 1995, 1999, 2000, 2003). Gesetzlich wird bereits seit 2005 in Deutschland Ähnliches gefordert wie jetzt von der HWRMRL (Bundesregierung 2002, Hochwasserschutzgesetz 2005). Und es gibt umfängliche, objektive Erfahrungen darüber, was sich bewährt hat, wo etwas schief gelaufen ist, mit welchem Aufwand-Nutzen-Relationen die Aktivitäten verbunden sind usw. Von daher sind die Optimierung des Hochwasserrisikomanagements in Deutschland und die Unterstützung der Praxis dabei aus Sicht der DWA-Arbeitsgruppe höherrangige und in einigen Punkten vielleicht auch anspruchsvollere Aufgaben als die alleinige Fokussierung auf die Forderungen in der HWRMRL. Versuche, die Aktivitäten daraufhin zu beschränken, bedeuteten eine ganz schlimme Fehlentwicklung!

Man darf nicht vergessen, dass die HWRMRL die Ergebnisse von Verhandlungsprozessen widerspiegelt, die zur Folge haben, dass nicht alle Forderungen logisch konsequent, hinsichtlich der Hochwasserschadensinformationen vollständig oder gar in allen Punkten für ein gutes Hochwasserrisikomanagement in Deutschland zwingend notwendig wären. Von daher ist sich die Arbeitsgruppe bewusst, dass letztlich wohl nur diejenigen Bestandteile

akzeptiert und in der Praxis angewandt werden, von deren fachlicher Notwendigkeit man (mehrheitlich) überzeugt ist (ebd., S. 6).

Was bedeutet das konkret für die Hochwasserrisikokarten (HWRK)? Um dies einschätzen zu können, sollte man sich die entsprechenden Forderungen der HWRMRL vergegenwärtigen. Die nachfolgende Abbildung enthält dazu als Exzerpt in Stichworten die wesentlichsten Forderungen (Abbildung 1). Mit Bezug zu den Ausführungen in den sogenannten Erwägungen in der Einleitungspassage (linke Spalte) wird auch das Durchführen „vorläufiger Bewertungen“ als eigener Schritt behandelt (2. Spalte von links). Die folgenden drei farblich hinterlegten Spalten fassen stichwortartig zusammen, was in der HWRMRL zur Bearbeitung der einzelnen Schutzgüter in den drei Hauptprodukten, den HWGK, den HWRK und den HWRMP, ausgesagt wird.

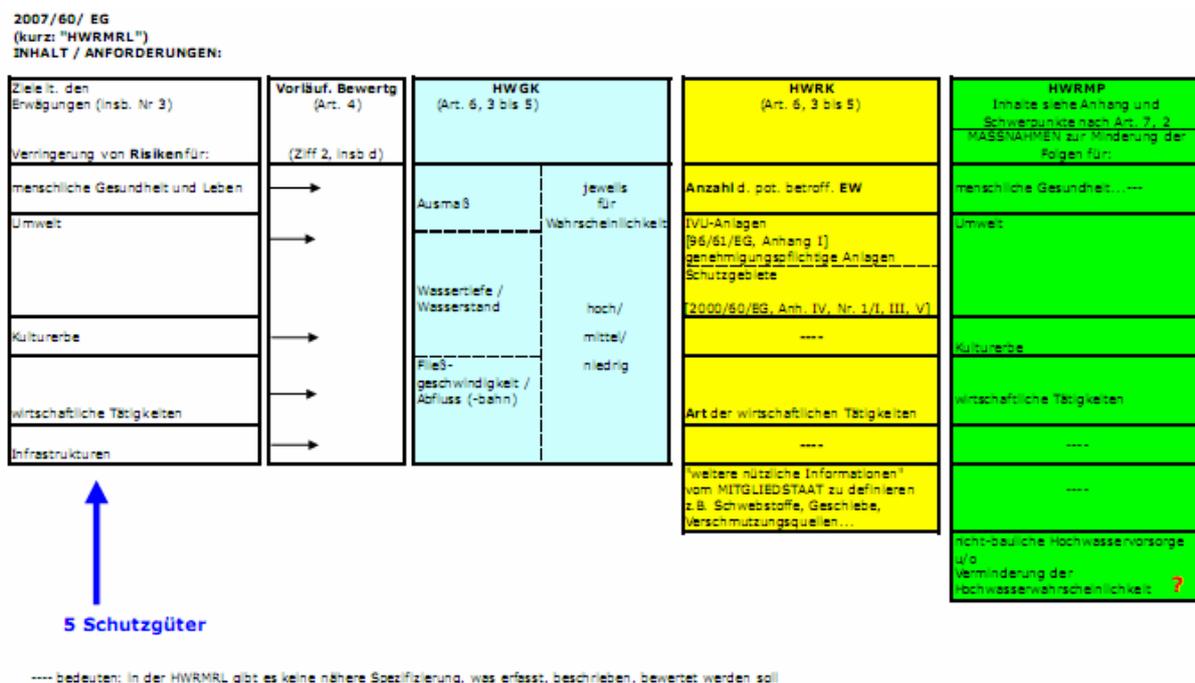


Abb. 1: Anforderungen an die Behandlung von Schutzgütern in der HWRMRL – schematische Zusammenfassung der inhaltlichen Mindestanforderungen

Insgesamt erkennt man daraus, dass inhaltliche Mindestanforderungen entweder gar nicht vorhanden (vgl. den Schutzgutbereich „Infrastrukturen“) oder sehr (interpretationsbe-)dürftig ausgedrückt (z. B. Art der wirtschaftlichen Aktivitäten anstelle von deren Schadenspotenzialen) oder thematisch recht einseitig gemessen am empirischen Problembestand (z. B. Schutzgutbereiche Umwelt, Kulturerbe) behandelt wurden.

Am eingängigsten und aus deutscher Sicht wohl mit dem geringsten Diskussionsbedarf behaftet dürften die Mindestanforderungen in der HWRMRL betreffend die HWGK sein, aber dies auch nur deshalb, weil entsprechende Diskussionen in Deutschland in den vergangenen Jahren bereits vorgelaufen sind, nicht etwa deswegen, weil dies ohne erheblichen

Ressourceneinsatz zu bewerkstelligen wäre. Indessen kann man wohl feststellen, dass die Diskussionen zu einem breiten Konsens geführt haben, dass entsprechende (innerhalb der Risikogebiete) flächendeckende, aktuelle Kartierungen nach dem heutigen Stand der Technik (hydrologisch, hydraulisch) weithin fehlen. Dies hat zwischenzeitlich bereits, zum Teil schon vor dem HWSG 2005, eine ganze Reihe entsprechender Anstrengungen in Gang gesetzt (vgl. z. B. die HWGK in Sachsen, Baden-Württemberg). Daraus kann man schließen, dass zumindest im Prinzip bereits Konsens darüber herrscht, was in die HWGK hineingehört und was nicht bzw. wie sie dementsprechend auszusehen haben; betreffend die methodischen und empirischen Mittel für die Produktion der HWGK scheint dies jedoch noch keineswegs zu gelten.

Mit der letzten Feststellung kommt man unmittelbar zu einem weiteren wichtigen Aspekt, nämlich zum Kriterium der Vergleichbarkeit und damit zu der Frage, ob die interregionale Vergleichbarkeit auch ein Anliegen der HWRMRL ist. Nach Ansicht des Verfassers ergibt sich weder aus den sogenannten Erwägungen in der Präambel noch den Formulierungen in den Artikeln, dass dies ein wichtiges Ziel auf der europäischen Ebene ist. Gleichwohl sollte für Deutschland durchaus diskutiert werden, welchen Stellenwert dieser Aspekt besitzt. Es ist zu vermuten, dass wenn nicht diesbezüglich entsprechende Mindestfestlegungen erfolgen dies zumindest in allen Anwendungsfällen mit Grenzüberschreitung zu Problemen führen könnte (Diskussion über die Vergleichbarkeit der Gefahrenlagen, der Risikoniveaus, der Maßnahmenprioritäten usw.). Grenzüberschreitend in dem gerade gebrauchten Sinne sind übrigens alle Maßnahmen, die nicht nur rein lokal wirken; die Vergleichbarkeitsdiskussion entsteht erfahrungsgemäß bereits dann, wenn nur eine Gemeindegrenze überschritten wird. Man darf nicht glauben, dass die Problematik erst relevant wird, wenn Hochwasserschutz national grenzüberschreitend wird.

Aus dieser Perspektive scheint es sehr wünschenswert, wenn es gelänge, sich relativ schnell zu einem gemeinsamen Mindeststandard für die HWRK hinzuarbeiten (einschließlich Festlegung in einem Leitfaden etwa analog Baden-Württemberg 2005), wobei man sich bei der Konsensfindung nicht so sehr an der HWRMRL orientieren sollte, sondern vielmehr ausdiskutieren sollte, welche Daten und Informationen für gute Hochwasserschutzplanungen und gutes Hochwasserrisikomanagement nach dem Stand der Erkenntnisse hierzulande mindestens benötigt werden und deshalb tunlichst aktuell gehalten werden sollten. Aus diesem Gesamtumfang heraus ergäben sich dann die selektiven Anforderungen entsprechend der HWRMRL sozusagen im Nebenschluss, ohne dass für die Erfüllung der HWRMRL irgendwelche gesonderten Aufwendungen anfallen dürften. Diese Herangehensweise scheint aus Sicht der DWA-Arbeitsgruppe die einzig sinnvolle zu sein, zumal nicht die HWRK als von zentraler Bedeutung an sich angesehen werden dürfen, sondern vielmehr nur als Mittel zum Zweck: Wichtig sind (nur) diejenigen Hochwasserrisikoinformationen, die für gute Hochwasserschutzplanungen und gutes Hochwasserrisikomanagement erforderlich sind. Welche dies sind, muss offenbar in Deutschland noch intensiv diskutiert werden, und zwar nicht theoretisch oder politisch, sondern vor allem praktisch anhand entsprechender Pilotstudien usw. Die Festlegungen

müssen daraufhin fachkundig begründet getroffen werden, genauer fachtechnisch interdisziplinär. Gesichtspunkte der Administrierbarkeit sind wichtig, dürfen aber nicht dominant werden.

3. Schlussfolgerungen für die Beschäftigung mit HWRK und HWRMP

Als Fazit aus dem bislang erreichten Diskussionsstand ergeben sich somit einige wichtige Schlussfolgerungen hinsichtlich der Beschäftigung mit HWRK im Vergleich zu den übrigen Hochwasserschadensinformationen: Insbesondere sollten HWRK in Deutschland so ausgestaltet werden, dass sie die Implementierung der Vorsorgestrategien möglichst gut unterstützen; dazu müssen sie umfassender angelegt sein als von der HWRMRL gefordert, wodurch die dort spezifizierten Darstellungen eigentlich als „Kuppelprodukte“ erscheinen, die bei Realisierung einer guten Planungspraxis ohnehin „nebenbei“ generiert werden (können).

Zweitens drängt sich der Schluss auf, dass die praktische Befassung mit Hochwasserschadensinformationen sich stärker auf deren Nutzbarmachung für das Hochwasserrisikomanagement fokussieren sollte. In dem Zusammenhang ist die Vorstellung wichtig, dass Hochwasserrisikomanagement im Sinne der HWRMRL mehr als ein „Prozess“ denn als ein einzelner, einmaliger „Schritt“ zu verstehen ist. Dementsprechend sollte bei den Diskussionen über die Ausgestaltung der Hochwasserrisikomanagementpläne (HWRMP) weniger an die Produktion von Plänen im ingenieurtechnischen Sinne gedacht werden, sondern vielmehr an die Entwicklung der (umfassend verstandenen) Vorsorgestrategien mit allen ihren vier Säulen, die mittels kybernetischer Regelkreise mit periodischen Erfolgskontrollen verbunden werden, woraus dann konsequent Aktualisierungen der HWRMP im Sinne von Fortschreibungen mit operationalen Zielformulierungen folgen. Dies ist nach Ansicht des Verfassers eigentlich das wichtigste Element der HWRMRL, weil der Regelkreisgedanke in den Richtlinien text wiederum genauso deutlich eingearbeitet wurde, wie in der WRRL bereits vor über acht Jahren geschehen (vgl. Art. 13 Abs. 7 WRRL 2000/60/EG). Eine solche Zielplanung mit Erfolgskontrollschleifen wird von den Vorläufer-Arbeitskreisen der jetzigen DWA-Arbeitsgruppe seit Langem propagiert (vgl. DVWK S 121 S. 5 f.; siehe auch folgende Abbildung). Im gesamten bisherigen deutschen Umweltrecht war sie bisher jedoch nicht vorhanden. Vielleicht war dies auch ein Grund dafür, dass man sich auch im Hochwasserschutz mit der kontinuierlichen Fortentwicklung der Schutz- und Vorsorgestrategien sowie mit der konsequenten Auswertung von Erfolgskontrollen oft so schwer getan hat. Jedenfalls könnten sich signifikante Verbesserungspotenziale ergeben, wenn man auf allen zuständigen Ebenen (bei Gemeinden, Zweckverbänden, in den Flussgebietseinheiten usw.) die Chance nutzen würde, welche die HWRMRL in diesem Punkt bietet.

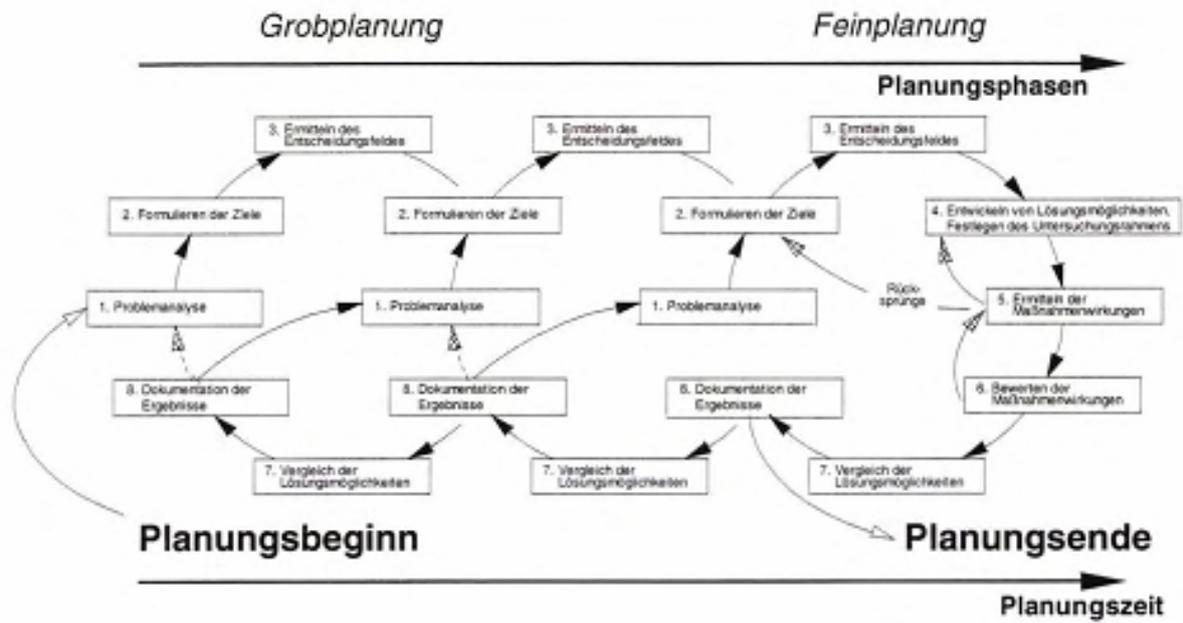


Abb. 2: Genereller Planungskreislauf mit Erfolgskontrollschleifen

Literatur

- UMWELTMINISTERIUM/INNENMINISTERIUM/WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg Leitfaden, Stuttgart, Juli 2005.
- BUNDESREGIERUNG 2002: 5-Punkte-Programm der Bundesregierung zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 15. September 2002.
- DWA (Hrsg.): Arbeitshilfe Hochwasserschadensinformationen, DWA Themenheft, Hennef, August 2008.
- DVWK (Hrsg.): Maßnahmen an Fließgewässern umweltverträglich planen. DVWK Schriftenreihe, Heft 121, Bonn, 1998.
- HOCHWASSERSCHUTZGESETZ (Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes) vom 3. Mai 2005, BGBl 2005, Teil I, Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 9. Mai 2005 .
- LAWA (Hrsg.): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Hochwasser – Ursachen und Konsequenzen, herausgegeben im Auftrag der Umweltministerkonferenz, Stuttgart, November 1995.
- LAWA: LAWA-Expertengruppe „Hochwasser-Aktionspläne“: Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hochwasser-Aktionsplänen. Schwerin, 1999.
- LAWA: Wirksamkeit von Hochwasservorsorge- und Hochwasserschutzmaßnahmen, 2000.
- LAWA: Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz, 2003.
- RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 23. OKTOBER 2000 ZUR SCHAFFUNG EINES ORDNUNGSRAHMENS FÜR MASSNAHMEN DER GEMEINSCHAFT IM BEREICH DER WASSERPOLITIK (WRRL), Amtsblatt Nr. L 327 vom 22/12/2000, S. 0001-0073.
- RICHTLINIE 2007/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES ÜBER DIE BEWERTUNG UND DAS MANAGEMENT VON HOCHWASSERRISIKEN (HWRMRL) vom 23. Oktober 2007, Amtsblatt Nr. L 288 vom 06/11/2007, S. 27-34.

Stichworte „Daten“, „gute fachliche Praxis“ und „Qualitätsmanagement“ aus Wikipedia.

Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in Deutschland

Hans-Georg Spanknebel

Zusammenfassung

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hatte im Jahre 1995 „Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ (LAWA 1995) veröffentlicht, nach denen neben der Verbesserung des Wasserrückhaltes in den Einzugsgebieten der Gewässer und dem unumgänglichen technischen Hochwasserschutz der Hochwasservorsorge eine bedeutende Rolle bei der Vermeidung von Hochwasserschäden zukommt. Diese Rolle wurde durch die Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung dieser Leitlinien (LAWA 2004) nochmals unterstrichen. An herausgehobene Stelle setzte die LAWA dabei die Erarbeitung von Hochwassergefahrenkarten. Diese sollen für hochwassergefährliche Flüsse mit hohem Schadenspotenzial flächendeckend und mit vergleichbarem Inhalt erstellt werden. Hochwassergefahrenkarten sollen der Information sowohl der Verwaltung als auch der Öffentlichkeit dienen und unmittelbar zur Verminderung von Hochwasserschäden beitragen. Die am 26.11.2008 in Kraft getretene Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, HWRM-RL) thematisiert die Instrumente Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarte in Art. 6. Nicht zuletzt aus diesem Grund hatte sich die LAWA dazu entschlossen, eine Empfehlung zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten herauszugeben, die demnächst inhaltlich erweitert werden soll (LAWA 2007).

1. Begriffe und Gesetzlichkeiten

1.1 Hochwassergefahrenkarten

Die LAWA-Empfehlungen behandeln in der aktuellen Fassung sowohl die Erarbeitung von Hochwassergefahrenkarten als auch von Hochwassergefahrenzonenkarten, die sich wie folgt unterscheiden:

Hochwassergefahrenkarten stellen die Gefährdung durch ein Hochwasserereignis als Zusammenwirken von Eintrittswahrscheinlichkeit und Intensität dar. Hochwassergefahrenkarten sollen für alle Gebiete erstellt werden, bei denen durch Hochwasser größere Schäden zu erwarten sind. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird durch die Jährlichkeit des Ereignisses wiedergegeben. Als Merkmal der Intensität wird in der Regel die Wassertiefe verwendet, aber auch die Darstellung anderer Intensitäten, wie z. B. der Fließgeschwindigkeit, ist möglich.

Hochwassergefahrenzonenkarten entstehen aus der fachspezifischen Interpretation der Hochwassergefahrenkarten. Hochwassergefahrenzonenkarten dienen beispielsweise als Instrument zur Übersetzung der wasserwirtschaftlichen in eine raumordnerische Fachinformation. Sie sollen erforderlichenfalls erstellt werden und zeigen in Abhängigkeit von Eintrittswahrscheinlichkeit und Intensität Gefahrenzonen. Hierbei wird in der Regel in vier Zonen mit der Abstufung erhebliche, mittlere, geringe und Restgefährdung unterschieden (LAWA 2007).

Die räumliche Ausdehnung von Hochwasserereignissen kann im Zuge der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten durch Betrachtung verschiedener Lastfälle bestimmt werden. Die Wassertiefen ergeben sich durch Verschneidung der ermittelten Überflutungshöhen (Wasserspiegellagen) mit den entsprechenden Geländehöhen. Flächen mit einer strömungsbedingten Gefährdung sind in der Regel in Nebenflüssen und in den Oberläufen der Hauptgewässer zu erwarten.

Auf die Ermittlung von Gefahrenzonen soll hier nicht näher eingegangen werden.

1.2 Hochwasserrisikokarten

In Hochwasserrisikokarten sollen zusätzlich zu den Informationen der Hochwassergefahrenkarten potenzielle hochwasserbedingte nachteilige Auswirkungen dargestellt werden.

Die Erstellung der Karten erfordert gemäß Art. 5 Nr. 6 HWRM-RL nicht zwingend die Ermittlung von Schadenspotenzialen (LAWA 2008). Eine Empfehlung der LAWA zur Aufstellung von Hochwasserrisikokarten existiert bisher nicht.

1.3 Überschwemmungsgebiete

Überschwemmungsgebiete sind nach der Formulierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern sowie sonstige Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt, durchflossen oder für die Hochwasserentlastung bzw. Rückhaltung beansprucht werden.

Entsprechend den Regelungen des WHG, werden als Überschwemmungsgebiete mindestens die Gebiete festgesetzt, in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in hundert Jahren zu erwarten ist (HQ_{100}). Dieses Ereignis wird oft auch als Bemessungshochwasser oder maßgebendes Hochwasser bezeichnet. Die Überschwemmungsgebiete werden damit lediglich anhand statistischer Größen ermittelt.



Abb. 1: Hochwasser im April 1994 an der Saale in Jena (Thüringen) (Foto: LaNaServ, D. Stremke)

Natürliche Überschwemmungsgebiete umfassen jedoch in der Regel auch Bereiche, die außerhalb des vom maßgebenden Hochwasser betroffenen Geländes und oftmals sogar außerhalb von Hochwasserschutzdeichen liegen. Sowohl das WHG als auch das Raumordnungsgesetz (ROG) definieren dazu überschwemmungsgefährdete Gebiete bzw. Bereiche, die zu ermitteln, in Kartenform darzustellen und für den vorbeugenden Hochwasserschutz zu sichern sind, soweit durch Überschwemmungen erhebliche Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit entstehen können.

Im Zuge der Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten sollte, wie oben beschrieben, sinnvollerweise auf die Methodik zur Ermittlung von Überschwemmungsgebieten und überschwemmungsgefährdeten Gebieten zurückgegriffen werden.

1.4 Gesetzlicher Auftrag

1.4.1 Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

Die HWRM-RL sieht in Art. 6 die Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten auf der Ebene dafür festzulegender Flussgebiets- oder Bewirtschaftungseinheiten bis zum 22.12.2013 vor.

In den Hochwassergefahrenkarten sind folgende Szenarien darzustellen:

- Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Extremereignisse,
- Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (i. d. R. HQ₁₀₀),
- ggf. Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit.

Für jedes Szenario sind

- das Ausmaß der Überflutung,
- die Wassertiefe oder ggf. der Wasserstand und/oder
- die Fließgeschwindigkeit oder der relevante Durchfluss

anzugeben.

Hochwasserrisikokarten beinhalten Angaben zu möglichen hochwasserbedingten negativen Auswirkungen wie

- zur Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner,
- zur Art der wirtschaftlichen Tätigkeit im potenziell betroffenen Gebiet,
- zu Anlagen, die im Falle der Überflutung unbeabsichtigte Umweltverschmutzungen verursachen können, oder
- zu potenziell gefährdeten Wasserschutz-, Naturschutz- und Flora-Fauna-Habitat-Gebieten (FFH-Gebiete nach EU-Richtlinie über die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen).

Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten sind für alle Gebiete, bei denen davon auszugehen ist, dass ein signifikantes Hochwasserrisiko besteht oder für wahrscheinlich gehalten wird, aufzustellen. Die entsprechenden Gebiete sind im Zuge der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos gemäß Art. 4 HWRM-RL zu ermitteln.

1.4.2 Wasserhaushaltsgesetz

Regelungen zur Aufstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten enthält das WHG bisher nicht. In den Bundesländern, die das WHG in Landesrecht umsetzen müssen, dürfte jedoch Konsens dahin gehend herrschen, dass Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten einen wesentlichen Bestandteil der Hochwasserschutzpläne gemäß § 31 d WHG verkörpern.

Sehr genau ist im WHG stattdessen die Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten vorgegeben. Gemäß § 31 b WHG bestimmen die Länder die Gewässer oder Gewässerabschnitte, bei denen durch Hochwasser nicht nur geringfügige Schäden entstanden oder zu erwarten sind. Für diese Gewässer oder Gewässerabschnitte setzen die Länder bis zum 10.05.2012 Überschwemmungsgebiete fest und erlassen dem Schutz vor Hochwasser dienende Vorschriften, soweit es

- zum Erhalt oder zur Verbesserung der ökologischen Strukturen der Gewässer und ihrer Überflutungsflächen,
- zur Verhinderung erosionsfördernder Eingriffe,
- zum Erhalt oder zur Rückgewinnung natürlicher Rückhalteflächen,
- zur Regelung des Hochwasserabflusses oder
- zur Vermeidung und Verminderung von Schäden durch Hochwasser

erforderlich ist.

Für Gewässerabschnitte, in denen ein hohes Schadenspotenzial bei Überschwemmungen besteht, endet die Frist zur Festsetzung bereits am 10.05.2010.

Überschwemmungsgebiete sind in ihrer Funktion als Rückhalteflächen zu erhalten. Frühere Überschwemmungsgebiete, die als Rückhalteflächen geeignet sind, sollen soweit wie möglich wiederhergestellt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit nicht entgegenstehen.

Betrachtet man die Terminstellungen der HWRM-RL und des WHG, so wird deutlich, dass Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und die Aufstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten nach einem abgestimmten Zeitplan, phasenweise zeitgleich, erfolgen müssen.

1.4.3 Landeswassergesetze

Regelungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten finden sich auch in den Landeswassergesetzen derzeit nicht explizit, sondern sind in den Vorgaben zur Aufstellung von Hochwasserschutzplänen, Hochwasseraktionsplänen oder Hochwasserschutzkonzepten (Verwendung synonym) indirekt enthalten.

Die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten, die in den meisten Fällen durch Rechtsverordnung (RVO) erfolgt, ist in allen Landeswassergesetzen geregelt. Ausnahmen bestehen z. B. in Baden-Württemberg, wo Gebiete, die bei einem HQ₁₀₀ überschwemmt werden, per Gesetz Überschwemmungsgebiete sind. Die Gebiete müssen lediglich in Karten dargestellt und veröffentlicht werden. Zuständig für das Führen der RVO-Verfahren sind in der Regel die oberen, teilweise aber auch die unteren Wasserbehörden.

Der Erlass einer RVO zur Festsetzung eines Überschwemmungsgebietes erfolgt auf der Grundlage fachtechnischer Ermittlungen, in deren Ergebnis das Gebiet in Karten z. T. flurstücksgenau abgegrenzt werden kann. Bis zur Festsetzung eines Überschwemmungsgebietes durch RVO gelten in einigen Ländern (z. B. in Sachsen und Thüringen) Arbeitskarten, in denen die Gebiete dargestellt sind, als Grundlage für Genehmigungen und die Anordnung von Maßnahmen. Die Arbeitskarten werden befristet gleichrangig behandelt. Die bereits nach früheren Gesetzen (z. B. dem preußischen Wassergesetz oder dem Wassergesetz der DDR) festgelegten Hochwassergebiete sind den Überschwemmungsgebieten in einer Reihe von Ländern unbefristet gleichgestellt. Allerdings ist eine Überarbeitung wegen der vielfach ungenauen Kartengrundlagen in vielen Fällen erforderlich.

2. Empfehlungen der LAWA zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten

2.1 Ausgangssituation

Die Darstellung und Publikation von Hochwassergefahren gewinnt, spätestens seit der Veröffentlichung der „Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz“ (LAWA 2004), immer mehr an Bedeutung. Diese bezeichnen Hochwassergefahrenkarten als integrierenden Bestandteil aller Bereiche des Hochwasserschutzes. Obwohl das WHG, wie bereits erwähnt, die Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten nicht direkt vorschreibt, hat eine ganze Reihe von Bundesländern bereits damit begonnen, diese Karten vor allem als Vorarbeit für die gemäß § 31 d WHG bis zum 10.05.2009 zu erarbeitenden Hochwasserschutzpläne zu erarbeiten.

Vor diesem Hintergrund und aufgrund des Umstandes, dass für die Diskussion des Entwurfs der HWRM-RL in diesem Punkt keine einheitliche Position der Länder vorhanden war, hatte die LAWA im Ergebnis eines Workshops in Erfurt im November 2004 (KLEEBERG 2005) die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) um Koordinierung der notwendigen Arbeiten für die LAWA-Empfehlungen gebeten. Als Ergebnis liegen seit März 2006 die „Empfehlungen der LAWA zur Aufstellung von Hochwasser-Gefahrenkarten“ (LAWA 2007) vor.

2.2 Form und Inhalt der Hochwassergefahrenkarten

Hochwassergefahrenkarten sind Karten, die folgende Informationen enthalten:

- die räumliche Ausdehnung von Hochwasserereignissen mit unterschiedlichen Wiederkehrintervallen, auch bei Versagen von Schutzeinrichtungen,
- die Wassertiefen für die betrachteten Ereignisse,
- die Flächen mit einer strömungsbedingten Gefährdung,
- die Ausdehnung eines historischen oder Extremereignisses,
- die Lage und Funktion von Schutzeinrichtungen,
- den notwendigen Detaillierungsgrad für örtliche Auswertungen und Planungen (LAWA 2004).

Hochwassergefahrenkarten sind Werkzeuge für Siedlungsentwicklung und Katastrophenschutz. Mit ihrer Hilfe sollen die Kommunen in die Lage versetzt werden, eine an die Gefährdung angepasste Siedlungsentwicklung zu planen und im Ernstfall effektiv auf Hochwasser zu reagieren. Aus diesen Gründen sollten die Kommunen zu einem frühen Zeitpunkt in den Erstellungsprozess einbezogen werden.

Aufgrund der häufigen Wahl als Bemessungsziel und der Praxis bei der Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten ist in den Hochwassergefahrenkarten mindestens die Überschwemmungsfläche beim hundertjährigen Hochwasserereignis darzustellen. Sind gefährliche Situationen bei häufig auftretenden Ereignissen zu erwarten, können zusätzlich Hochwasserereignisse kleiner als HQ_{100} für die Veranschaulichung gewählt werden. Um die Gefährdung durch seltene Ereignisse zu verdeutlichen, sollte auch die überschwemmte Fläche bei einem extremen Hochwasserereignis in den Karten enthalten sein.

Die Wassertiefe ist die Hochwassereigenschaft, die den größten Einfluss auf den Hochwasserschaden besitzt. Sie fungiert daher als Hauptparameter für die Hochwasserintensität. Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Fließgeschwindigkeit. Besonders in stärker geneigtem Gelände treten bei Hochwasser hohe Fließgeschwindigkeiten auf, die zu dramatischen Schäden an Gebäuden und Infrastruktur führen können. Die Gefährdung von Personen steigt ebenfalls mit der Fließgeschwindigkeit. Bereits ab Geschwindigkeiten von 0,5 m/s und entsprechenden Wassertiefen muss damit gerechnet werden, dass Personen in Lebensgefahr geraten. Zur kartografischen Abbildung der Intensität Wassertiefe werden fünfstufige Farbintensitätsskalen empfohlen, bei denen Farbton und Farbhelligkeit variiert werden. Die Überflutungstiefen in offenen (ohne Deiche) und in geschlossenen Systemen (mit Deichen) werden mit unterschiedlichen Farbtönen dargestellt (Abbildung 2). Es ist auch möglich, Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit gemeinsam in einer Karte zu verwenden. Der Leitfaden Hochwassergefahrenkarten des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV 2003) enthält hierzu einen geeigneten Vorschlag.

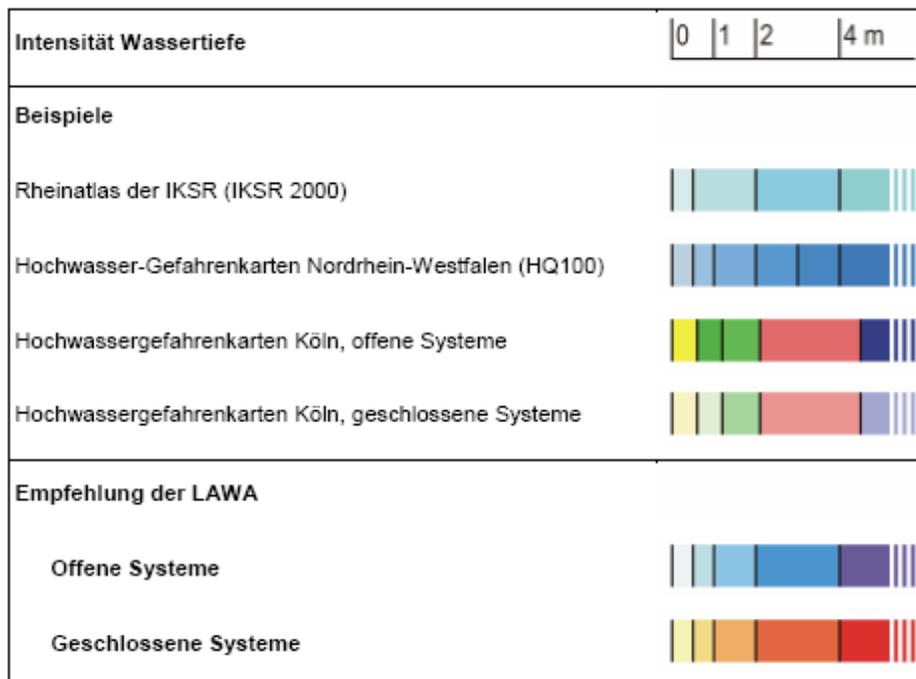


Abb. 2: Farbskalen für die Intensität Wassertiefe

2.3 Verbreitung von Hochwassergefahrenkarten

Hochwassergefahrenkarten sind keine Dokumente, die ausschließlich behördenintern genutzt werden sollen. Sie sind vor allem auch konzipiert worden, um der Öffentlichkeit vorhandene Gefahren auf anschauliche Weise mitzuteilen. So haben die bereits seit 2001 erarbeiteten Hochwassergefahrenhinweiskarten eine Vorstufe der Hochwassergefahrenkarten im Maßstab 1:100.000 eine große Verbreitung auch über die elektronischen Medien gefunden. Beispielhaft für die Information über Hochwassergefahren im Internet sind der Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein (Rheinatlas) (IKSR 2001), der grenzüberschreitende Atlas der Überschwemmungsgebiete im Einzugsgebiet der Mosel (SGD Nord 2004) oder der Elbe-Atlas (ELLA 2006).

Trotz wachsender Nutzerdichte der elektronischen Medien sollten aber nach wie vor auch klassische Verbreitungswege wie der Druck von Atlanten oder der Aushang von Hochwassergefahrenkarten in öffentlichen Gebäuden oder an geeigneten, von der Öffentlichkeit stark frequentierten Orten nicht vernachlässigt werden.

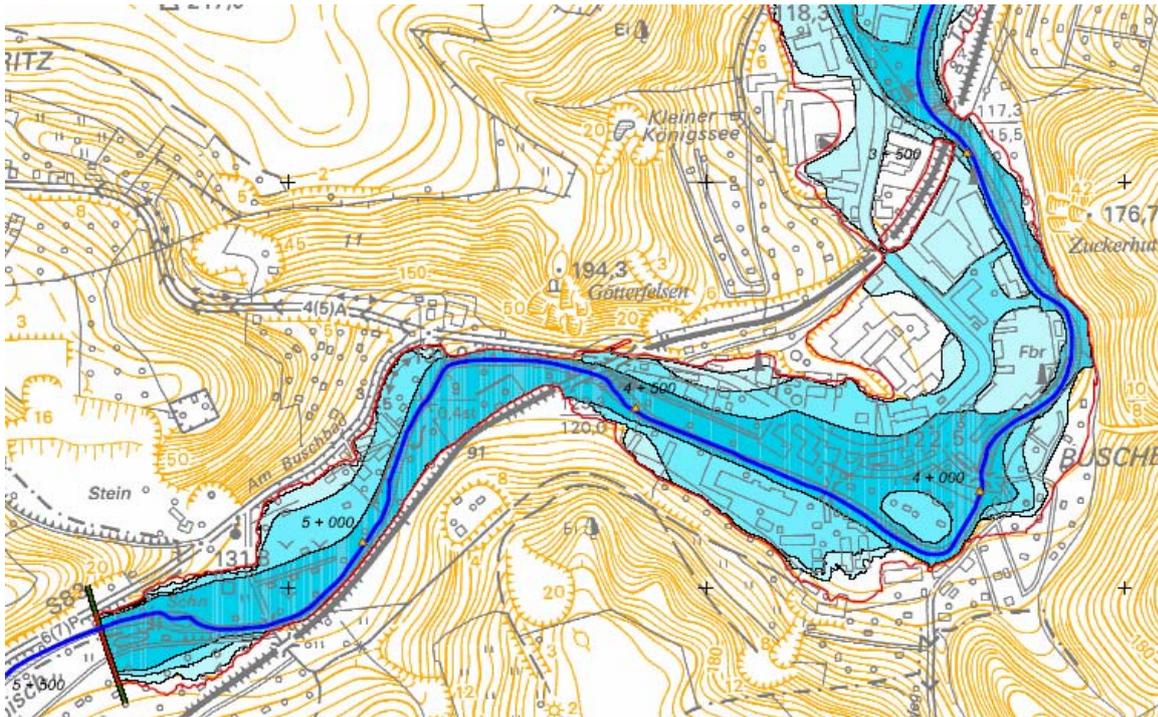


Abb. 3: Sächsische Hochwassergefahrenkarte für HQ_{100} mit drei Intensitätsklassen
[Anschlaglinie (rot) entspricht Extremhochwasser]

3. Aufstellung von Hochwasserrisikokarten

Zur Aufstellung von Hochwasserrisikokarten existieren derzeit zwar schon konkrete Vorstellungen, aber noch kein Leitfaden, der diese Vorstellungen aufgreifen und Empfehlungen dahin gehend geben würde, wie diese praktisch umzusetzen sind.

Neben den in der HWRM-RL allgemein formulierten Inhalten der Hochwasserrisikokarten (siehe auch Abschnitt 1.4.1) gibt es in den Bundesländern Überlegungen, wie diese zu präzisieren sind. Das gilt insbesondere für die Anlagen, von denen Gefahren für die Umwelt ausgehen. Hierzu gehören

- Anlagen nach Anhang I der Richtlinie 96/61/EG,
- sonstige Industrieanlagen mit erheblichem Gefährdungspotenzial,
- Abwasserbehandlungsanlagen.
-

Außerdem sollten in den Hochwasserrisikokarten auch Anlagen und Einrichtungen dargestellt werden, die für die Daseinsvorsorge von Bedeutung sind oder wichtigen sozialen Zwecken dienen. Hierzu gehören

- Energieerzeugungsanlagen ab 50 MW,
- Umspannwerke,
- sonstige wichtige Energieversorgungsanlagen,
- Wasserversorgungsanlagen,

- wichtige Verkehrswege,
- Telekommunikationseinrichtungen,
- Krankenhäuser,
- sonstige Sozialeinrichtungen (Pflegeheime, Kinderheime).

Im Rahmen des INTERREG-Projektes LABEL („Adaption to Flood Risk in the Elbe River Basin“) soll ab 2009 ein Leitfaden für die Aufstellung von Hochwasserrisikokarten im Elbegebiet verfasst und an Beispielgebieten pilothaft getestet werden.

4. Überschwemmungsgebiete als Grundlage von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten

4.1 Überblick

Die Ermittlung der durch Hochwasser gefährdeten Flächen erfolgt durch Bestimmung der Wasserspiegellagen für das maßgebende Hochwasser (HQ_{100}) und für die zusätzlich ausgewählten Lastfälle (HQ_{10-50} , HQ_{Extrem}) sowie durch anschließende Überlagerung mit den Höheninformationen des Geländes. Die Methodik der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten liefert mithin das fachtechnische Rüstzeug für die Aufstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten.

Neben der Ermittlung der hydrologischen Grundlagendaten sind zunächst hochgenaue digitale Geländemodelle (DGM) der Talauen auf der Basis von Luftbildern oder Laserscanning-Daten, ergänzt durch terrestrische Vermessung von Gewässerprofilen zu erzeugen. Durch hydraulische Modellierung der ausgewählten Gewässerstrecken und Berechnung für das jeweils maßgebende Hochwasser ergibt sich die Wasserspiegellage, die mit den Geländeinformationen in einem geografischen Informationssystem (GIS) zu verschneiden ist.

Im Ergebnis dieser Arbeiten entstehen Übersichts- und je nach Verwendungszweck auch flurstücksgenaue Karten, die das Überschwemmungsgebiet eindeutig beschreiben und nach Überprüfung der Plausibilität und gegebenenfalls Nachprüfung vor Ort Bestandteil des Entwurfes der Rechtsverordnung zur Festsetzung des Überschwemmungsgebietes werden. Die Plausibilitätsprüfung kann durch Luftbilder, Satellitenaufnahmen oder Radardaten eines abgelaufenen Hochwassers oder durch Aufmessungen von Hochwassermarken bzw. sichtbaren Grenzlinien (sog. Geschwemmsellinien) gestützt werden. In Ausnahmefällen, wenn eine Luftbildbefliegung beim Durchgang des maßgebenden Hochwassers erfolgt, können Bilddokumente auch direkt zur Herstellung von Karten herangezogen werden (LAWA 2002).

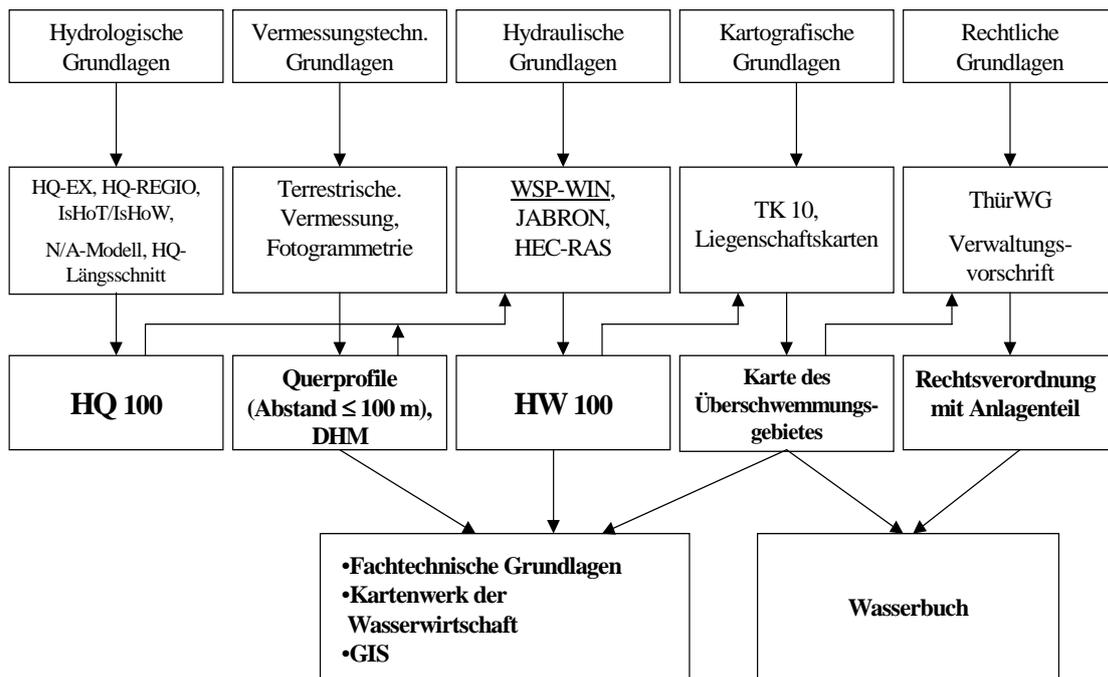


Abb. 4: Übersicht zur Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten

4.2 Methodik der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten

Soweit bereits abgelaufene Hochwasser hydrologisch im Bereich des maßgebenden Hochwassers (HQ₁₀₀) einzuordnen sind, kann die Abgrenzung der Überschwemmungsgebiete durch Auswertung vorhandener fachtechnischer Unterlagen wie

- Bilddokumente (Fotos, Videos, Luftbildsenkrecht- oder -schrägaufnahmen, Satellitenaufnahmen) und Radardaten,
- Kartierungen historischer Hochwasserereignisse,
- Auswertung vorhandener Hochwassermarken

und zusätzlichen

- Geländebegehungen,
- vermessungstechnische Geländeaufnahmen,
- Befragungen und
- Plausibilitätsüberprüfungen vor Ort

erfolgen.

Die in der Regel erforderliche Abgrenzung und Ausweisung von Überschwemmungsgebieten auf der Basis hydrologischer und hydraulischer Berechnungsverfahren beinhaltet:

- die Ermittlung des maßgebenden Hochwasserabflusses im Längsschnitt (DVWK 1999),
- die terrestrische Vermessung der Gerinneprofile,
- die fotogrammetrische Ermittlung der Vorland- und Auen-/Talprofile mittels Luftbildbefliegung bei Gewässern mit ausgedehnten Auenbereichen,

- die hydraulischen Berechnungen der bordvollen Abflüsse und der Wasserspiegellagen für den Bemessungsabfluss (HQ_{100}) und die zusätzlichen Lastfälle,
- die Darstellung der sich aus den Wasserspiegellagenberechnungen ergebenden Überschwemmungsgebiete in topografischen Karten (TK 10) und
- gegebenenfalls die Darstellung der sich aus den Wasserspiegellagenberechnungen ergebenden Überschwemmungsgebiete in homogenisierten Liegenschaftskarten (LiKa).

4.3 Bearbeitungsschritte bei der Verwendung hydraulischer Berechnungsverfahren

4.3.1 Vermessung und Luftbildauswertung

Im Rahmen von Gewässer- und Geländebegehungen ist die notwendige Feldarbeit zur Bestimmung der hydraulischen Einflussgrößen, zur Ermittlung der Berechnungsansätze und zur Festlegung der zu vermessenden Profile vorzunehmen.

Die terrestrische Vermessung umfasst die Aufnahme von Gerinneprofilen bis ca. 10 m von der Böschungsoberkante in einem mittleren Abstand von ca. 100 m (bei gleichförmigen Gewässerabschnitten ca. 150 m) zueinander und von Sonderprofilen (Ober- und Unterwasserprofile von Wehren, Brückenprofile) entsprechend den hydraulischen Erfordernissen. Aufzunehmen sind dabei die den Abflussquerschnitt begrenzenden Konturen der Bauwerke. Weiterhin ist die Ermittlung des Sohlgefälles im betreffenden Gewässerabschnitt vorzunehmen. Der Wasserspiegel vom Aufnahmetag (mit Datumsangabe) ist einzumessen.

Entsprechend den Erfordernissen der Luftbildauswertung, der Erstellung eines hydraulischen Flussgebietsmodells und der Kartenbearbeitung müssen in der Örtlichkeit Passpunkte gekennzeichnet und eingemessen werden. Dazu sollte eine Signalisierung von abgemarkten Steinen, Kanaldeckeln oder sonstigen unveränderlichen Marken so vorgenommen werden, dass sie im Luftbild erkannt und lage- sowie höhenmäßig bestimmt werden können. Bei der Einmessung von Neupunkten mittels GPS sollten mindestens vier Satelliten zur Verfügung stehen, um eine Lage- und Höhengenaugkeit von ca. ± 10 cm zu erzielen.

Die Luftbildbefliegung hat die Anfertigung stereoskopischer Aufnahmen mit mindestens 60 % Längsüberdeckung zum Ziel. Dabei ist eine ausreichende Erfassung der möglichen Überschwemmungsgebiete des gesamten Talauenbereichs sicherzustellen. Im Bereich der Überschwemmungsgebiete größerer Ausdehnung kann es erforderlich sein, Luftbilder von mehreren Flugstreifen anzufertigen. Eine parallele Lage der Flugstreifen zueinander und eine entsprechende Querüberdeckung (mind. 30 %) sollte dabei gewährleistet sein. Für die Erarbeitung von Querprofilen oder DGM müssen die Luftbilder in entsprechender Qualität vorliegen. Eine Flughöhe von 1.000 m ist demzufolge nicht zu überschreiten. Zur konkreten Einordnung der Luftbilder wird eine detaillierte Bildmittenübersicht benötigt.

Alternativ zur Aufnahme und Auswertung von Luftbildern können auch Daten von Laserscanner-Befliegungen, die von den meisten Landesvermessungsämtern angeboten werden, Verwendung finden. Zu beachten ist dabei, dass es sich um geprüfte Daten handeln sollte, in denen nur Messpunkte enthalten sind, die tatsächlich das Gelände erreicht haben (RIEGER 2005).

4.3.2 Hydraulische Berechnungen

Die hydraulischen Berechnungen werden in vielen Fällen mit dem Wasserspiegellagenprogramm WSP-WIN (Rechenkern Knauf) durchgeführt. Zur Pflege und Weiterentwicklung des Programms besteht eine Nutzergemeinschaft mehrerer Bundesländer. Soweit keine speziellen Anforderungen vorliegen, kommt ein stationäres eindimensionales hydrodynamisches Spiegellinienmodell (stationär ungleichförmig) für die Berechnung der Wasserspiegellagen zur Anwendung.

Dazu sind folgende Schritte erforderlich:

- Erstellung der Ansätze für das hydraulische Modell durch Stationierung der Profile, Festlegen der Trennflächen zwischen Flussbett und Vorländern sowie Festlegen der Rauheiten und durchströmten Bereiche,
- Modelleichung durch Herstellung der Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Wasserständen an den Profilen durch Änderung der festgelegten Rauheiten,
- hydraulische Berechnung für den bordvollen Abfluss des Gewässerprofils, die Wasserspiegellage bei HQ_{100} und für weitere ausgewählte Lastfälle sowie für Verzweigungen unter Ansatz des Kontinuitätsprinzips im Fall geteilter Volumenströme.

Die Ermittlung großflächig überschwemmter Bereiche an naturnahen Fließgewässern mit großer geometrischer Varianz und teilweise auch von urbanen Bereichen mit komplexen Abflusssystemen ist häufig nur mithilfe zweidimensionaler Modellierungen möglich. Solche Simulationen können u. a. Aufschluss über die Abflussaufteilungen im Flussschlauch und den Vorländern, über Überschwemmungsgrenzen, Retentionswirkung, Überflutungsdauer, Strömungsgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Sohlenschubspannungen geben. Die flächendeckende Anwendung zweidimensionaler Modelle für die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten ist wegen des höheren Arbeitsaufwands und der längeren Rechenzeiten in vielen Bundesländern momentan jedoch noch die Ausnahme (PATT 2001). Soweit in Hochwassergefahrenkarten die Fließgeschwindigkeit als Gradmesser der Intensität herangezogen werden soll, sind stets zweidimensionale Untersuchungen zu empfehlen.

4.3.3 Bestimmung und Darstellung der Überschwemmungsgebietsgrenzen und der Wassertiefen

Zur Bestimmung der Grenzen der Überschwemmungsgebiete erfolgt die Verschneidung der berechneten Wasserspiegellagen mit den fotogrammetrisch eingemessenen Profilen bzw. dem DGM, bezogen auf das maßgebende Hochwasserereignis bzw. den betrachteten Lastfall. Es folgen eine Plausibilitätsüberprüfung und die Anpassung an die Topografie der TK 10 (Abbildung 5) sowie ein abschnittsweiser Vor-Ort-Abgleich bei unplausiblen Grenzverläufen.

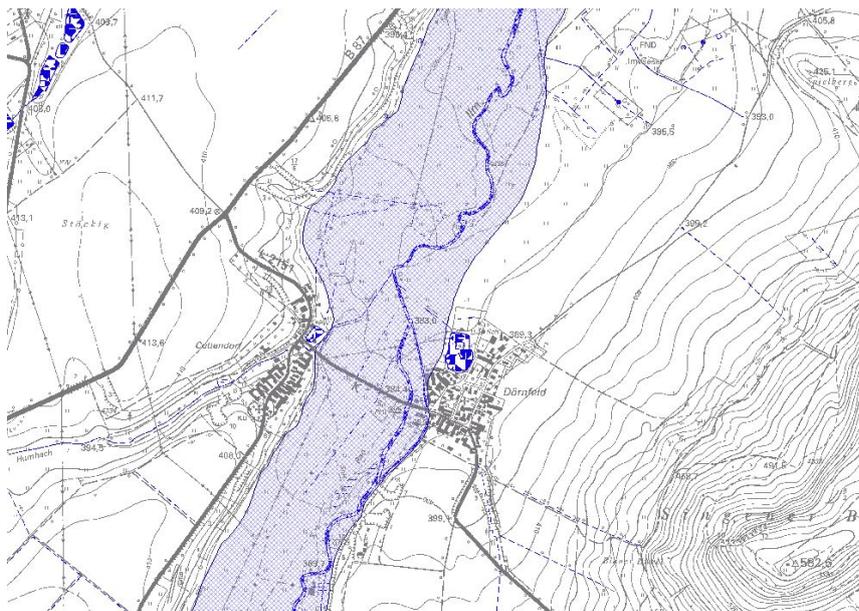


Abb. 5: Kartierte Überschwemmungsfläche an der Ilm in Thüringen (TK 10)

So sind z. B. Bahntrassen, Straßen und Flurstücke bzw. Flurstücksteile, die in der Örtlichkeit hochwasserfrei liegen, auch in den Karten hochwasserfrei darzustellen. Die Darstellung der Grenzen der Überschwemmungsgebiete in den TK 10 richtet sich nach DIN 2425, Teil 5.

Die Wassertiefen werden im GIS durch Differenzbildung zwischen Wasserspiegellage und Geländehöhe ermittelt und entsprechend der Farbskalierung in Abbildung 2 in die Überschwemmungskarten bzw. die Hochwassergefahrenkarten übernommen.

5. Stand der Bearbeitung

In einer Reihe von Bundesländern ist die Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten bereits relativ weit fortgeschritten, so z. B. in Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Sachsen. In Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg stehen dafür sogar eigene Leitfäden zur Verfügung. In den meisten Ländern befinden sich die Arbeiten indes noch am Anfang, sodass die LAWA-Empfehlungen (LAWA 2007) als Grundlage dienen, um einen, zumindest innerhalb der großen Flussgebiete, einheitlichen Standard zu gewährleisten (Abbildung 6).

Land	Gefahrenzonen	Wassertiefen	Fließgeschwindigkeit	Jährlichkeiten
Nordrhein-Westfalen	nein	ja	ja	10-50, 100, Extrem
Baden-Württemberg	nein	ja	nein	10, 50, 100, Extrem
Sachsen	nein	ja	Nein/ teilweise spezifischer Durchfluss	20, 50, 100, 200, Extrem
Rheinland-Pfalz	vereinfacht	teilweise	Nein/ teilweise	50, 100, 200, Extrem

Abb. 6: Inhalte der Hochwassergefahrenkarten in den Bundesländern

Die Aufstellung von Hochwasserrisikokarten beschränkt sich derzeit auf Pilotvorhaben in den o. g. Ländern. Hierzu wird u. a. im Zuge der Erstellung von Arbeitshilfen zur Umsetzung der HWRM-RL und der 2009 startenden INTERREG-Projekte ein Fortschritt zu erwarten sein.

Wenn man die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten als Vorarbeit für die Aufstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten ansieht, so können alle Länder einen guten Fortschritt verzeichnen. Dieser wurde durch den LAWA-ad-hoc-Ausschuss Hochwasser seit 1999 mithilfe von Erfassungsbögen zur Bilanzierung der Ausweisung von Überschwemmungsgebieten dokumentiert. Danach waren 2007 an den Gewässern 1. Ordnung bundesweit etwa 70 % der auszuweisenden Überschwemmungsgebiete festgesetzt, im Verfahren befindlich oder zumindest fachtechnisch abgegrenzt. Bei den Gewässern 2. Ordnung war der Nachholbedarf größer. Dort belief sich diese Zahl auf ca. 60 % (Stand: 04/2007).

Literatur

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (BLfW) (2001): Kurzfassung der Vorträge zur Fachtagung „Überschwemmungsgebiete – Ermittlung und Know-how, Umsetzungsbeispiele“, München.
- BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2007): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasser-Gefahrenkarten, Mainz.
- BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2008): Strategie zur Umsetzung der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie in Deutschland (unveröffentlicht).
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (1999): Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen, Merkblätter zur Wasserwirtschaft 251/1999, Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (1999): Hochwasserabflüsse, Schriftenreihe des DVWK Heft 124, Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- GEMEINSCHAFTSINITIATIVE ELLA (2006): Elbe-Labe Vorsorgende Hochwasserschutzmaßnahmen durch transnationale Raumordnung Elbe-Atlas, Dresden (<http://www.floodmaps.de>).
- INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSE) (2001): Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglicher Schäden bei Extremhochwasser am Rhein, Koblenz (<http://rheinatlas.de>).
- KLEEBERG, HANS-B. (Hrsg.) (2005): Hochwasser-Gefahrenkarten, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 8/2005, Hydrologische Wissenschaften-Fachgemeinschaft in der DWA, Hennef.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz, Stuttgart.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2002): Empfehlungen zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten und zur Festlegung von überschwemmungsgefährdeten Bereichen, unveröffentlicht.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2004): Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz, Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MUNLV) (2003): Leitfaden Hochwasser-Gefahrenkarten, Düsseldorf.
- PATT, H. (Hrsg.) (2001): Hochwasser-Handbuch, Auswirkungen und Schutz, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- RIEGER, D. (2005): Neue Möglichkeiten zur Verwendung von Laserscanner-Daten für die 2d-Modellierung in Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall ... da kennen wir uns aus!, DWA-Landesverband Bayern, München, Tagungsband zur DWA-Landesverbandstagung Bayern am 26. und 27.10.05 in Neu-Ulm.

- SPANKNEBEL, G. (2000): Hochwasservorsorge – eine staatliche Aufgabe in Beiträge zum Hochwasser/Hochwasserschutz in Vergangenheit und Gegenwart, Erfurter Geografische Studien, Heft 9, Selbstverlag des Instituts für Geografie der PH Erfurt.
- SPANKNEBEL, G. (2006): Überschwemmungsgebiete und Hochwasser-Gefahrenkarten als Instrumente der Hochwasservorsorge in Hochwasser Vorsorge und Schutzkonzepte in Beiträge zum Seminar am 6./7. November 2006 in Stein bei Nürnberg, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 18/2006, Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften in der DWA, Hennef.
- SPANKNEBEL, G. (2007): Hochwasser-Gefahrenkarten in Deutschland – Die Empfehlung der LAWA, In: Die neue EU-Hochwasserrichtlinie – Wohin geht die Reise beim europäischen Hochwasserschutz?, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 22/2007, Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften in der DWA, Hennef.
- STRUKTUR- UND GENEHMIGUNGSDIREKTION NORD, Regionalstelle für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz (SGD Nord) (2004): Grenzüberschreitender Atlas der Überschwemmungsgebiete im Einzugsgebiet der Mosel, Trier (<http://www.gefahreatlas-mosel.de>).

Hochwasserrisikomanagement im Freistaat Sachsen

Uwe Müller

Zusammenfassung

Seit dem Extremhochwasser vom August 2002 hat im Freistaat Sachsen der Hochwasserschutz einen höheren Stellenwert bekommen. Um bei zukünftigen Hochwasserereignissen ähnlich katastrophale Schäden zu verhindern, sind neben der Schaffung günstigerer gesetzlicher Randbedingungen in Sachsen viele Anstrengungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes unternommen und zahlreiche Hochwasserschutzprojekte begonnen oder bereits realisiert worden. Damit hat Sachsen seine Lehren aus dem Ereignis von 2002 gezogen und im integrierten Hochwasserrisikomanagement einen großen Schritt nach vorn getan.

Im folgenden Beitrag sollen ausgewählte Beispiele zur Umsetzung des integrierten Hochwasserrisikomanagements im Freistaat vorgestellt werden.

1. Integriertes Hochwasserrisikomanagement

Allein die ganzheitliche Betrachtung des Hochwasserschadensrisikos und das ressortübergreifende Handeln aller vom Hochwasser Betroffenen kann zu einem möglichst hohen Hochwasserschutz und damit zur Minimierung der Hochwasserschäden führen. Diesen äußerst vielschichtigen Vorgang bezeichnet man heute als integriertes Hochwasserrisikomanagement.

Das Hochwasserschadensrisiko ist das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und der Ereignisschwere des Hochwassers bzw. der vom Hochwasser verursachten Schäden. Das Hochwasserschadensrisiko wird von mehreren komplex miteinander verbundenen Ebenen, wie z. B. Prozessebene, Maßnahmenebene, Schadensebene, rechtliche Ebene, politische Ebene und gesellschaftliche Ebene, beeinflusst.

Die einzelnen Ebenen stehen miteinander in unterschiedlich starken Wechselbeziehungen und beeinflussen sich damit gegenseitig. So können z. B. nicht nachhaltig ausgeführte Hochwasserschutzmaßnahmen (Maßnahmenebene) sich nachteilig auf alle anderen genannten Ebenen, wie etwa Verschärfung des Abflussverhaltens (Prozessebene), Erhöhung der Schadpotenziale (Schadensebene), Zweifel an der Sinnfälligkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen (politische Ebene) und Verlust an Akzeptanz (gesellschaftliche Ebene), auswirken.

Ziel des integrierten Hochwasserrisikomanagements ist die größtmögliche Reduzierung des Hochwasserschadensrisikos unter Beteiligung aller Betroffenen und Akteure aller Ebenen mit allen verfügbaren Mitteln, in allen Phasen des Risikokreislaufes (MÜLLER 2009).

2. Hochwasserschutzkonzepte

Der Freistaat Sachsen hat nach dem Hochwasser vom August 2002 beginnend mit einer Ereignisanalyse über die Erarbeitung von Hochwasserschutzkonzepten (HWSK) und die Erstellung von Gefahrenkarten versucht, das Katastrophenhochwasser methodisch aufzuarbeiten und ein sinnvolles Hochwasserschutzinvestitionsprogramm abzuleiten.

Auf Grundlage des § 99b Abs. 1 Sächsisches Wassergesetz sind durch die Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) bereits für alle Gewässer I. Ordnung und für den im Freistaat Sachsen liegenden Teil der Elbe 47 Hochwasserschutzkonzepte (HWSK) nach einer einheitlichen Aufgabenstellung auf Grundlage der neuesten Erkenntnisse des Hochwasserschutzes aufgestellt worden. Diese HWSK entsprechen den gemäß § 31d Wasserhaushaltsgesetz geforderten Hochwasserschutzplänen und stellen die wasserwirtschaftlichen Rahmenpläne für einen nachhaltigen Hochwasserschutz dar.

Jedem HWSK wurde stets eine Ereignisanalyse (LfUG 2004) des Augusthochwassers 2002 zugrunde gelegt, um die Wiederholung von Fehlern aus der Vergangenheit zu vermeiden. Das prinzipielle Vorgehen für die Erstellung der Hochwasserschutzkonzepte lehnte sich an die Empfehlungen des schweizerischen Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) an und wurde auf die sächsischen Verhältnisse angepasst. Die integrale Strategie eines umfassenden Hochwasserschutzes beinhaltet die Berücksichtigung eines angemessenen Schutzes des Lebens- und Wirtschaftsraumes, die Verhinderung eines Anstieges der Schadenssummen durch Vorsorgemaßnahmen und die Erkennung der Gewässer als bedeutende Teile von Natur und Landschaft. Der verfügbare Raum, den man einem Gewässer bei der Planung und Erstellung von Maßnahmen geben muss, spielte dabei eine zentrale Rolle. Dies war eine der entscheidenden Fragen, die im Rahmen der Hochwasserschutzkonzepte beantwortet werden musste. Insbesondere die bestehende „Konkurrenzsituation“ zwischen den einzelnen Verkehrsträgern und dem eigentlichen Gewässerraum bedurfte und bedarf einer eingehenden Erörterung.

Die Hochwasserschutzstrategie beinhaltet eine Gefahrenanalyse, die Differenzierung der Schutzziele, eine zweckmäßige Maßnahmenplanung und die Begrenzung des verbleibenden Risikos.

Die flächendeckend hohen Schäden des Augusthochwassers 2002 überstiegen die bisherigen Erfahrungen und machten deutlich, dass solche extremen Ereignisse mit baulichen Maßnahmen nur begrenzt beeinflussbar sind und dass stets Restrisiken verbleiben. Moderner nachhaltiger Hochwasserschutz muss deshalb auch das Schadenspotenzial vermindern. Aus diesem Grund ist eine genaue Analyse der Gefahren erforderlich. In die Betrachtung sind alle maßgebenden Schadensprozesse einzubeziehen. Die Folgen eines Hochwassers sind grundsätzlich durch die drei Einflussgrößen Art, Intensität und Dauer der Prozesse bestimmt. Meist sind nicht nur Reinwasserabflüsse maßgebend. Ebenso muss den Prozessen Erosion, Sedimentation und Holztransport eine große Bedeutung beigemessen werden. Bereits die Bestimmung von Spitzenabflüssen ist aufgrund der Vielfalt der Einflussfaktoren immer mit Unsicherheiten verbunden, noch größer sind diese bei der Ermittlung von Feststofffrachten oder Geschwemmsel.

Der erste Schritt einer ganzheitlichen Betrachtungsweise besteht in einer differenzierten Ereignisanalyse nach einem Hochwasserereignis. Diese bildet die eigentliche Basis für die Erstellung der Hochwasserschutzkonzepte. Dabei werden die Schaden verursachenden Prozesse (Wasser, Geschiebe, Geschwemmsel) detailliert untersucht. Dazu gehören nicht nur die Ermittlung der Ursachen, sondern auch die Zuordnung einer bestimmten Wahrscheinlichkeit und das Aufzeigen von Problembereichen. Die aus dieser Analyse

gewonnenen Erkenntnisse spielen im Weiteren bei der Definition von Szenarien möglicher Gefährdungsbilder eine wichtige Rolle.

Tab. 1: Empfehlung für Wiederkehrintervalle verschiedener Objektkategorien (LTV 2003)

Objektkategorie	Richtwert für das maßgebende mittlere statistische Wiederkehrintervall T_n in Jahren
Sonderobjekte	im Einzelfall bestimmen
geschlossene Siedlungen	100
Einzelgebäude, nicht dauerhaft bewohnte Siedlungen	25
Industrieanlagen	100
überregionale Infrastrukturanlagen	100
regionale Infrastrukturanlagen	25
landwirtschaftlich genutzte Flächen	5
Naturlandschaften	-

Speziell das Ereignis vom August 2002, welches als seltenes Ereignis für Sachsen bezeichnet werden kann, fungiert als sehr gute Basis, um die Prozessverhältnisse der Gewässer zu erkennen und entsprechende Grundlagen für die Hochwasserschutzkonzepte auszuarbeiten.

Während früher die Maßnahmen des Hochwasserschutzes auf ein Ereignis bestimmter Jährlichkeit dimensioniert worden sind, sollten die Schutzziele heute nutzungs- bzw. objektbezogen festgelegt werden. Je nachdem, welche Gefahren an einem bestimmten Ort auftreten können, und je nachdem, welche Schutzbedürfnisse bestehen, werden die Schutzziele unterschiedlich festgelegt. Dort, wo Menschen oder hohe Sachwerte betroffen sein können, wird das Schutzziel höher angesetzt als etwa in land- oder forstwirtschaftlich genutzten Gebieten. Entsprechend dürfen einige Objekte oft, andere selten, wieder andere möglichst nie überflutet werden. Eine mögliche Lösung wird in Tabelle 1 dargestellt.

Die Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist ein iterativer Optimierungsvorgang auf Basis des ermittelten Gefährdungs- und Schadenspotenzials und anschließender Nutzen-Kosten-Analysen, bei der umfassende Interessenabwägungen stattfinden müssen. Präventive Maßnahmen, wie z. B. sachgerechte Unterhaltung der Gewässer, werden dabei stets Vorrang genießen. Durch raumplanerische Maßnahmen, wie Ausweisung von Gefahrengebieten, Freihalteräumen, Überflutungszonen oder Festlegung von Bauauflagen, soll das Schadenspotenzial vermindert werden. Nur dort, wo eine schützenswerte Nutzung bereits besteht, oder dort, wo nach Abwägung aller Interessen eine Änderung der Nutzung unbedingt erforderlich ist, sollen bauliche und technische Maßnahmen das Gefahrenpotenzial mindern. Ebenfalls Bestandteil einer Maßnahmenplanung ist die Erarbeitung einer Notfallplanung, durch die sich das immer verbleibende Restrisiko auf ein

akzeptierbares Maß reduzieren lässt. Dabei spielt die Planung temporärer Maßnahmen (Erhöhung von Ufern durch Holzbalken oder Sandsäcken) eine ebenso wichtige Rolle wie die Vorbereitung von Evakuierungen und Rettungsmaßnahmen.

Die HWSK sind einer Träger-Öffentlicher-Belange-Beteiligung unterzogen worden. Nach Abwägung und Einarbeitung aller relevanten Belange sind die HWSK durch das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) bestätigt und durch die LTV sowie Landkreise (Untere Wasserbehörden) öffentlich zugänglich gemacht worden.

3. Gefahrenkarten

Gefahrenkarten sollen zur Gefahrendarstellung dienen. Sie zeigen auf, welche Gebiete wegen bestehender Naturgefahren nicht oder nur bedingt für bestimmte Nutzungen geeignet sind. Sie sollten die fachliche Grundlage für die Umsetzung in der Raumplanung (z. B. Ausscheidung rechtsverbindlicher Gefahrenzonen oder Erlass von Bauvorschriften) und die Planung von Maßnahmen des Objektschutzes seitens der Grundeigentümer bilden. In der Überlagerung der Gefahrengebiete mit bestehenden Nutzungen werden Konflikte aufgezeigt. Die Gefährdung eines bestimmten Raumes wird durch die beiden Parameter Intensität der Einwirkung und Wahrscheinlichkeit des betrachteten Prozesses beschrieben (siehe Abbildung 1).

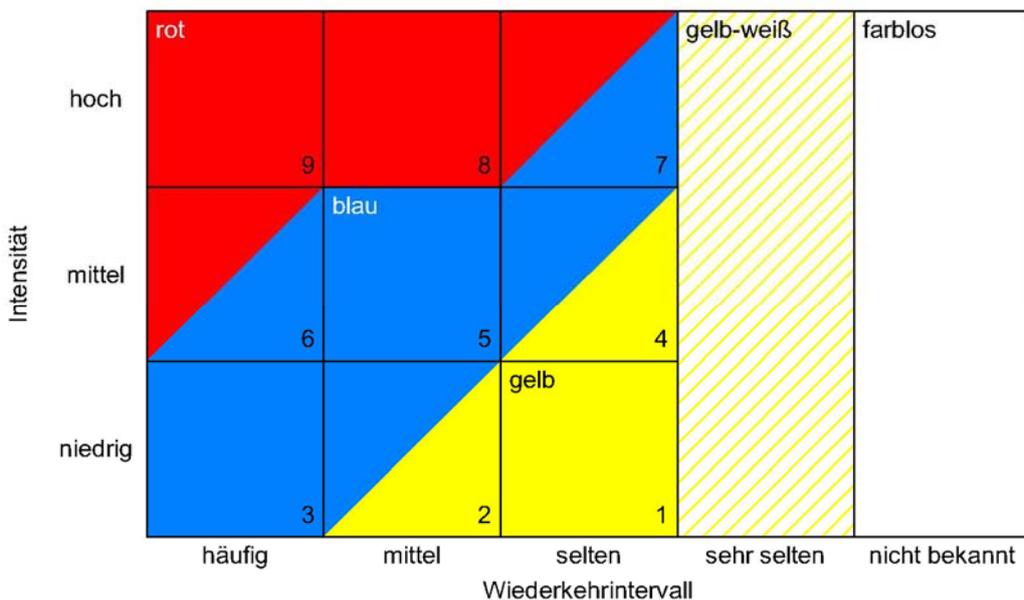


Abb. 1: Gefahrenstufendiagramm für sächsische Verhältnisse (LTV 2003)

Als Grundlage für Gefahrenkarten dienen die Intensitätskarten. Für die Ermittlung der Intensität wird für Hochwassergefahren die Wassertiefe oder das Produkt aus Wassertiefe mal Geschwindigkeit verwendet. Die Klassifizierung in Stufen richtet sich primär nach der Gefährdung für den Menschen. In der Endform der Gefahrenkarten (Abbildung 2) werden die in Tabelle 2 erläuterten Zonen veranschaulicht.

Tab. 2: Gefahrenstufen und ihre Bedeutung (LTV 2003)

Gefahrenstufe	sachliche Bedeutung	mögliche raumplanerische Bedeutung
rot	erhebliche Gefährdung	außerhalb von Ortschaften Verbotsbereich
		innerhalb von Ortschaften Gebotsbereich/Auflagenbereich
blau	mittlere Gefährdung	Gebotsbereich/Auflagenbereich
gelb	geringe Gefährdung	Hinweisbereich/Auflagenbereich
gelb-weiß	Restgefährdung	Hinweisbereich/Auflagenbereich
weiß	nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung	nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Einschränkungen

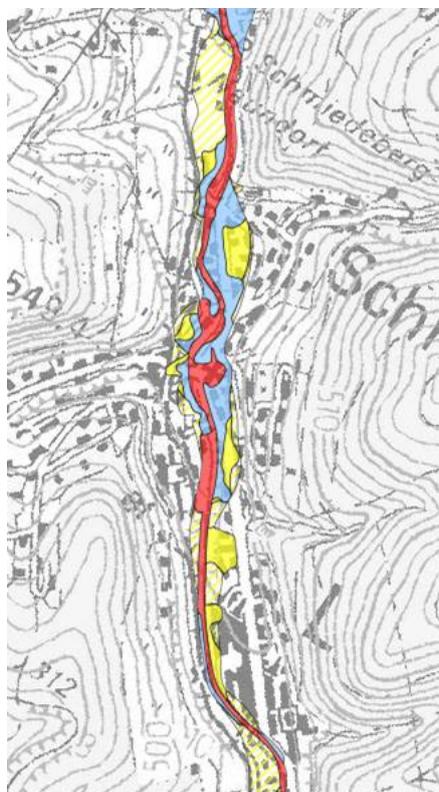


Abb. 2: Ausschnitt Gefahrenkarte Schmiedeburg (MÜLLER et al. 2004)

Bei der Erarbeitung der Hochwasserschutzkonzepte nehmen diese Karten eine große

Bedeutung ein. Grundsätzlich ist damit zu rechnen, dass es auch mit Hochwasserschutzmaßnahmen Zonen geben wird, in denen es eine erhebliche Gefährdung für Bauten und Menschen geben wird. Diese Tatsache sollte zukünftig in der Raumplanung berücksichtigt werden.

Bei der Bearbeitung der HWSK für über 3.000 km Fließgewässer hat sich gezeigt, dass die Erarbeitung der in Abbildung 2 vorgestellten Gefahrenkarten zu aufwendig und damit zeitnah nicht realisierbar ist. Deshalb wurde eine sächsische Variante der Gefahrenkarte entwickelt, welche die für Sachsen typischen Prozesse abbildet und anschließend 568 Gefahrenkarten für die Gefahr Überschwemmung für alle betroffenen Gemeinden hergestellt (Abbildung 3). Diese Karten stellen eine Weiterführung der Intensitätskarte Überschwemmung dar, wobei hier auch der Geschiebetransport und die Verklausung berücksichtigt worden sind. Zusätzlich ist noch die Verbindung zum nächsten oberhalb liegenden Hochwasserpegel hergestellt. Alle 568 Gefahrenkarten sind mit den HWSK durch das SMUL bestätigt und ebenfalls öffentlich zugänglich gemacht worden.

Mit der erläuterten Herangehensweise sind alle Hochwasserschutzkonzepte und Gefahrenkarten erarbeitet worden. Zeitgleich erfolgten schon Objektplanungen und Bauausführungen von Maßnahmen, die aufgrund von Zwangspunkten nicht den Hochwasserschutzkonzepten entgegenstehen.

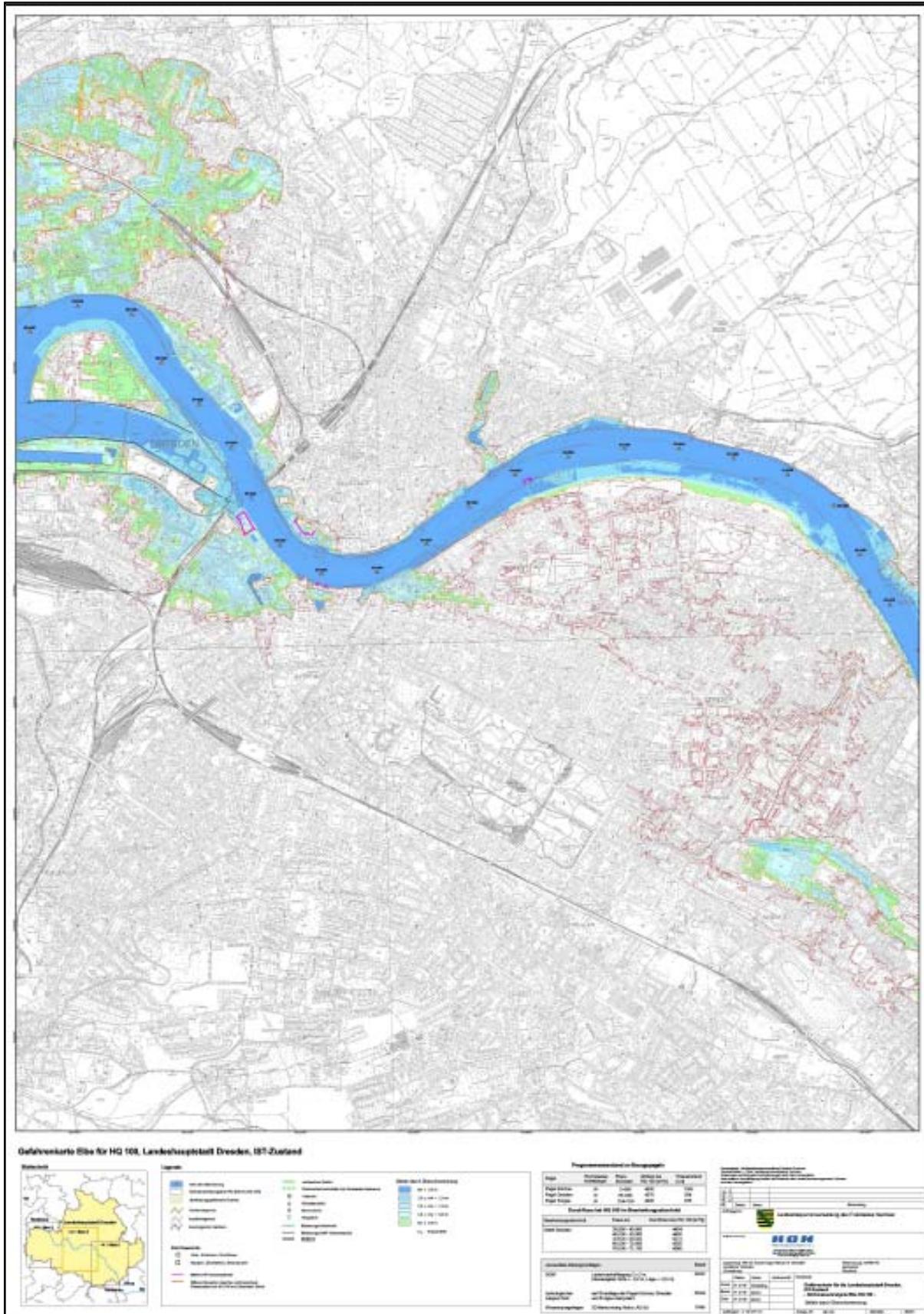


Abb. 3: Ausschnitt Gefahrenkarte Überschwemmung Dresden (LTV)

4. Hochwasserschutzinvestitionsprogramm

Die in den HWSK beschriebenen ca. 1.600 Hochwasserschutzmaßnahmenkomplexe in einem Wertumfang von ca. 2 Milliarden Euro beinhalten Maßnahmen zum natürlichen Rückhalt in der Fläche, des technischen Hochwasserschutzes und der weitergehenden Hochwasservorsorge. Um zu einer fachlich sinnvollen und auch wirtschaftlichen Abarbeitungsreihenfolge zu kommen, sind alle Maßnahmenkomplexe einem mehrstufigen Priorisierungsverfahren unterzogen worden. In der ersten Stufe sind alle Maßnahmen eines HWSK nach der in Abbildung 4 gezeigten Methodik bewertet sowie in eine Rang- und Reihenfolge überführt worden.

Nachdem eine Maßnahmenreihenfolge innerhalb der HWSK feststand, mussten in einem zweiten Bearbeitungsschritt alle Maßnahmen HWSK-übergreifend priorisiert werden. Zu diesem Zweck sind die in Tabelle 3 aufgeführten Kriterien verwendet worden.

Nach der Durchführung beider Priorisierungsschritte konnten alle Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes mit den entsprechenden Wichtungen im Hochwasserschutzinvestitionsprogramm des Freistaates Sachsen zusammengefasst werden (siehe auch Abbildung 5).

Mit der der Umsetzung wichtiger Maßnahmen ist bereits begonnen und viele sind inzwischen auch realisiert worden.

Nr.	Kriterium	Erläuterung			Bewertung	Punkte
		Schadenspotenzial	Schadenserwartung	Nutzen-Kosten-Verhältnis		
1	Gefährdungs- und Schadenspotenzial oder Nutzen-Kosten-Verhältnis von Maßnahmen	≥ 3.000 TEUR	$> 30-50$ TEUR/a	$N-K-V > 1,1$	hoch	36
		≥ 1.000 TEUR	> 10 TEUR/a	$N-K-V = 0,9 - 1,1$	mittel	24
		< 1.000 TEUR	< 10 TEUR/a	$N-K-V < 0,9$	gering	12
2	Besonderes (zusätzliches) Gefährdungspotenzial	Besonderes Gefahrenpotenzial durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten und dynamische Prozesse im HW-Fall, exponierte Lage, insbesondere genutzte Insellagen			hoch	8
					mittel	4
					gering	0
3	Besonderer Schutzstatus	Betroffenheit zentraler technischer Versorgungseinrichtungen, z. B. Wasserwerke, Sondernutzungen, historisch bedeutsame Bereiche			ja	8
					nein	0
4	vom Objekt ausgehende Gefährdungen	z. B. Kontaminationsgefahr durch zentrale Lagerung WG Stoffe, Zerstörung von KA, Abschwemmen von beweglichen Teilen			ja	8
					nein	0
5	vorhandener Schutzgrad HQ	Bewertung des Verhältnisses zwischen vorhandenem realen Schutzgrad HQ (Tvorh) und dem Schutzziel HQ(Tziel) Abstufung: Tvorh/Tziel			$< 50\%$	20
					$50-74\%$	10
					$75-95\%$	5
					$>95\%$	0
6	Wirksamkeit der Maßnahmen zur Verbesserung Hochwasserrückhalt und Hochwasserabfluss	überregional - HRB mit Wirkung über eine Ortslage hinaus, große wirksame Deichrückverlegungen/ hydraul.-hydrol. Auswirkungen längs im Bereich mehrerer km			hoch	20
		regional - Wirksamkeit innerhalb einer Ortslage/Maßnahmengruppe v. a. im Bereich der Vorländer nachweisbar, Reichweite längs bis zu wenigen hundert m			mittel	10
		lokal - Wirkung rein auf das unmittelbare Objekt am Gewässer beschränkt			gering	5
7	Sonstige Kriterien	erwartete induzierte Auswirkungen z. B. durch Verbesserung des Alarm- u. Meldesystems, Maßnahmen, die als politisch bedeutsam einzuordnen sind, zwingend zusammenhängende Maßnahmengruppen, sonstige Aspekte/Kriterien			bedeutsam	8
					im üblichen Bereich	4
					untergeordnet	1
8	Umsetzung EU-WRRRL	Verbesserung der Gewässerstrukturgüte der Durchgängigkeit, der Auendynamik etc.			Verbesserung	4
					neutral	0

Abb. 4: Priorisierung innerhalb eines HWSK (LTV)

Tabelle 3: HWSK-übergreifende Priorisierung [LTV]

Priorisierungskriterium	Teilaspekte	Bewertungsmaßstäbe	Priorisierungspunkte	Gesamtsumme				
Schadenspotenzial SP(T)kum.	X	nahe 0 Mio € (fast keines)	0	max. 25	max. 100			
		< 2 Mio € (gering)	5					
		2 ... 10 Mio € (mittel)	15					
		> 10 Mio € (hoch)	25					
Nutzen-Kosten-Verhältnis	X	nahe 1 (äußerst gering)	0	max. 25		max. 100		
		1 ... 2 (gering)	5					
		2 ... 5 (mittel)	15					
		> 5 (hoch)	25					
Wasserwirtschaftliche Effekte WW	Verbesserung Retentionsvermögen	keine oder nur lokale Verbesserung	0	max. 10			max. 25	
		Verbesserung mit regionaler Wirkung	5					
		Verbesserung mit überregionaler Wirkung	10					
	Verbesserung Abflussverhältnisse	keine oder nur lokale Verbesserung	0	max. 10	max. 25			
		Verbesserung mit regionaler Wirkung	5					
		Verbesserung mit überregionaler Wirkung	10					
Verbesserung Gewässerökologie und/oder Gewässerstrukturgüte	keine oder unwesentliche Verbesserung	0	max. 5	max. 25				
	signifikante (nicht nur unwesentliche) Verbesserung	5						
Vulnerabilität VU	Besondere Betroffenheit bzw. Verwundbarkeit	keine besondere Betroffenheit	0			max. 10		max. 25
		mittelschwere besondere Betroffenheit	5					
		schwere besondere Betroffenheit (insbesondere akute Lebensgefahr)	10					
	Besondere Folgegefahren (von Objekten ausgehende Gefährdungen)	keine nennenswerten Folgegefahren	0			max. 10	max. 25	
		mittelschwere Folgegefahren	5					
		große, schwerwiegende Folgegefahren	10					
Besonderes Schutzerfordernis (fehlende Hochwasserverteidigbarkeit)	kein besonderes Schutzerfordernis	0	max. 5		max. 25			
	bestehendes besonderes Schutzerfordernis	5						

Bewertung/Priorität: 0 bis 30 Punkte: gering; 35 bis 60 Punkte: mittel; 65 bis 100 Punkte: hoch

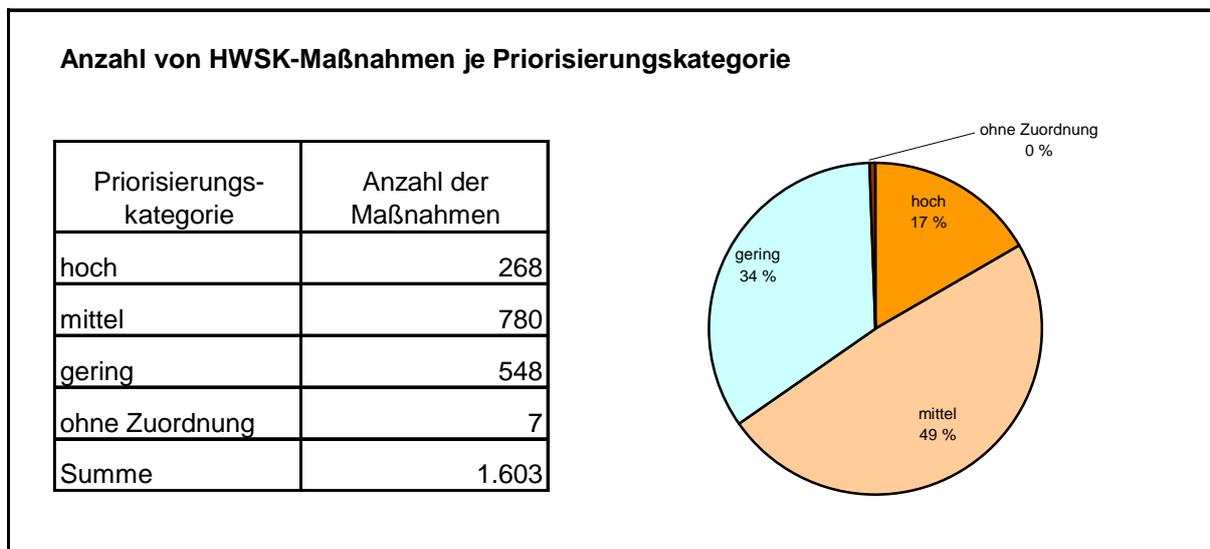


Abb. 5: HWSK-Maßnahmen je Priorisierungskategorie (LTV)

5. Maßnahmenvielfalt bei der Umsetzung der Hochwasserschutzkonzepte

Die über 1.600 Maßnahmenkomplexe der HWSK zergliedern sich in mehrere Tausend Einzelmaßnahmen, die wie unter Kapitel 4 schon angedeutet Maßnahmen zum natürlichen Rückhalt in der Fläche, des technischen Hochwasserschutzes und der weitergehenden Hochwasservorsorge beinhalten. Im Weiteren soll nur auf die Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes eingegangen werden.

Hier kann man prinzipiell nach punktuellen Maßnahmen (z. B. Hochwasserrückhaltebecken) und linienhaften Maßnahmen (z. B. Deiche) unterscheiden. Die punktuellen

Hochwasserschutzmaßnahmen entfalten in der Regel ihre Wirkung beginnend von ihrem Standort bis weit flussabwärts. Die linienhaften Schutzmaßnahmen wirken meist lokal an ihrem Standort und haben flussabwärts kaum Auswirkungen. In der folgenden Aufzählung werden beispielhaft technische Hochwasserschutzmaßnahmen benannt, die bisher im Wirkungsbereich der LTV zum Einsatz gekommen und/oder geplant sind:

Bau oder Erweiterung von Hochwasserrückhaltebecken; Bau von Poldern; Deichbau; Deichrückverlegungen; Hochwasserschutzmauern; mobile Hochwasserschutzwände; Gewässeraufweitungen; Gewässerumverlegungen; Gewässerfreilegungen; Bau von Umflutern oder Flutrinnen; ingenieurbioökologische und technische Uferbefestigungen; Renaturierungen usw.

Welche der vielfältigen Varianten zum Einsatz kommen kann, hängt von sehr vielen Randbedingungen, wie z. B. gesamtgesellschaftlicher Effizienz, Genehmigungsfähigkeit, Schutzwirkung, Eingriffswirkung, Eigentumsverhältnissen, wasserwirtschaftlichem Effekt, usw., ab. Anhand der Vorgehensweise zur Auswahl von Hochwasserrückhaltebeckenstandorten und einer Polderstudie soll kurz dokumentiert werden, dass im Vorfeld von Planungs- und Genehmigungsverfahren sich die LTV intensiv mit der geeigneten Maßnahmenauswahl auseinandersetzt.

Im Dezember 2002 beauftragte die LTV eine Recherche zur Bewertung potenzieller Beckenstandorte für Hochwasserrückhaltebecken (HRB) im Freistaat Sachsen. Diese Recherche und Erfassung möglicher Beckenstandorte für den technischen Hochwasserschutz sowie deren Bewertung unter Berücksichtigung von Besiedlung, Infrastruktur und Umwelt ergab eine erste Übersicht von 207 potenziellen Beckenstandorten aus räumlicher Sicht (MÜLLER 2006). Bei der weiteren Selektion blieben im Rahmen der HWSK noch 77 HRB-Standorte übrig. Aus diesen sind dann mittels Machbarkeitsstudien die zweckmäßigsten Standorte unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, technischer, sozialer und ökologischer Kriterien ausgewählt und bewertet worden. Die LTV ist bestrebt, bis 2013 über zehn Beckenstandorte zu realisieren. So ist z. B. beim HRB Lauenstein (Bauzeit 2002 bis 2006) an der Müglitz in Auswertung des Hochwassers vom August 2002 noch während der Bauausführung der Hochwasserrückhalteraum von 2,5 Mio. m³ auf 5 Mio. m³ erhöht worden. Im Rahmen eines ELLA-Projektes (BfG 2006) ist eine Bewertung potenzieller Retentionsräume an der Elbe mit dem WAVOS-Modell vorgenommen worden. Hierbei sind sowohl potenzielle Polderstandorte als auch Deichrückverlegungen an der Elbe mit untersucht worden.

6. Operationelles Hochwassermanagement

Die bisherigen Ausführungen belegen, dass durch die vielfältigen Aktivitäten zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in Sachsen wesentlich günstigere Voraussetzungen zum operationellen Hochwassermanagement geschaffen worden sind. Die folgenden Beispiele sollen zur Untersetzung dienen.

Die umfassenden Vorsorgemaßnahmen, die fachliche Ausweisung der Gefährdungsgebiete und die ständige Information der Betroffenen zu Hochwassergefährdungen haben zur

Verbesserung des Grundschutzes und zur Reduzierung der Betroffenheit geführt, sodass sich die Wasserwehren auf Schwerpunktbereiche konzentrieren können.

Durch die in Abschnitt 7 erwähnte Schaffung effizienterer Kommunikationswege und -systeme im Landeshochwasserzentrum sind die Informationen zu bevorstehenden Hochwasserereignissen viel schneller und qualifizierter bei den Betroffenen, sodass hier keine wertvolle Zeit verloren geht.

Die umfangreichen Informationen in den HWSK und insbesondere in den Gefahrenkarten bieten die Grundlage für genauere und zielgerichtete Einsatz- und Alarmpläne der vor Ort agierenden Wasserwehren.

Der Bestand der Hochwasserreservelager, wo durch die LTV Materialien zur Wasserwehr für die Landkreise vorgehalten werden, ist in Auswertung des Hochwasserereignisses von 2002 an die Anforderungen der Praxis angepasst worden.

Mittels Schulungen der Wasserwehren wird deren Effizienz im Einsatzfall wesentlich erhöht. Durch Schaffung zusätzlicher Flussmeistereien bei der LTV wird die Präsenz von Fachpersonal an den Gewässern erhöht, und im Katastrophenfall kann unter Beibehaltung der eigenen Handlungsfähigkeit eine bessere Fachberatung der Katastrophenleitstäbe erfolgen.

7. Weitere Maßnahmen zur Hochwasservorsorge

Parallel zur Umsetzung neuer Hochwasserschutzmaßnahmen sind die bestehenden Anlagen, wie z. B. die Talsperren, durch bauliche Veränderungen oder geänderte Bewirtschaftung in ihrer Hochwasserschutzwirkung verbessert worden.

Durch die Schaffung effizienterer Kommunikationswege und -systeme im Landeshochwasserzentrum sind die Hochwasservorhersage, Hochwassermeldung und Hochwasserwarnung qualifiziert worden (siehe Abbildung 6).

Melde- und Informationswege der Hochwassernachrichten

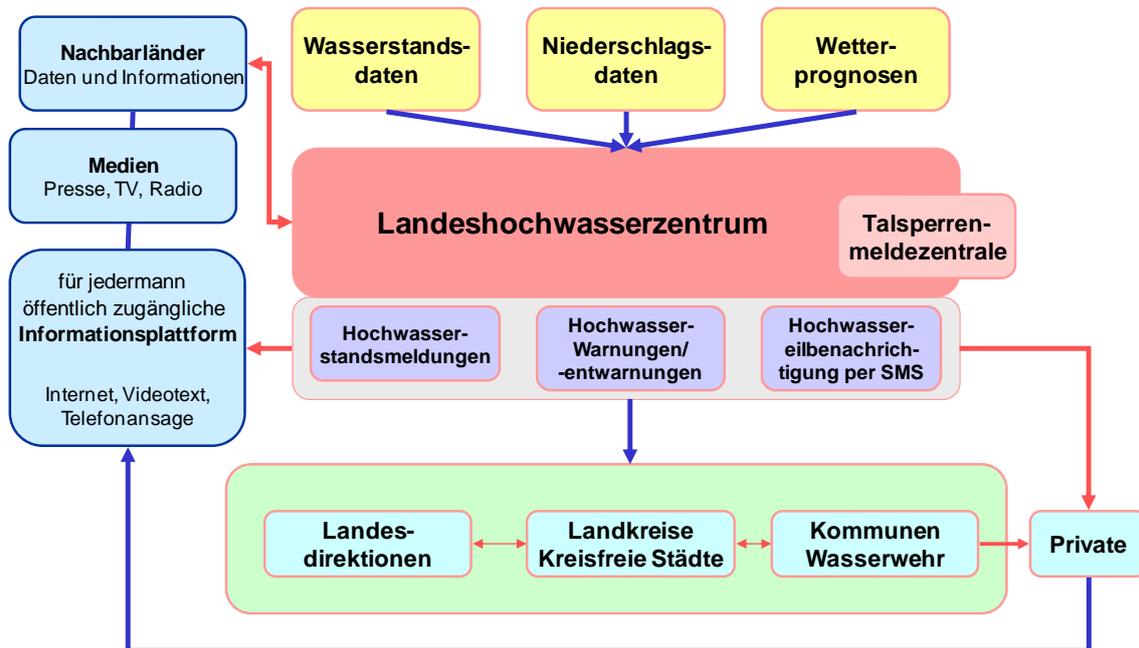


Abb. 6: Melde- und Informationswege der Hochwassernachrichten in Sachsen

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) hat für den gesamten Freistaat Sachsen Gefahrenhinweiskarten erstellt, in denen Überflutungsbereiche und Schadpotenziale ausgewiesen werden.

Die Wasserbehörden haben auf Grundlage des § 100 Abs. 1, 3 und 5 des Sächsischen Wassergesetzes sowie nach § 32 Abs. 1 Wasserhaushaltsgesetz seit dem Augusthochwasser 2002 zahlreiche neue Überschwemmungsgebiete festgesetzt.

Literatur

- BfG (2006): Modellgestützter Nachweis der Auswirkungen von geplanten Rückhaltemaßnahmen in Sachsen und Sachsen-Anhalt auf Hochwasser der Elbe – ELLA-Bericht, im Auftrag von Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen und Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Koblenz.
- LfUG (2004): Ereignisanalyse – Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. Freistaat Sachsen, Landesamt für Umwelt und Geologie, Artikelnummer L II-1/26, Dresden.
- LTV (2003): Empfehlungen für die Ermittlung des Gefährdungs- und Schadenspotentials bei Hochwasserereignissen sowie für die Festlegung von Schutzziele. Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, unveröffentlicht, Pirna.
- LTV: interne Arbeitspapiere.
- MÜLLER, U. (2009): Hochwasserrisikomanagement am Beispiel des Auguthochwassers 2002 in Sachsen – in Vorbereitung, Dresden.
- MÜLLER, U. (2006): Die Herangehensweise der Landestalsperrenverwaltung bei der Umsetzung der Hochwasserschutzkonzepte am Beispiel der Hochwasserrückhaltebecken DWA Landesverbandstagung Sachsen/Thüringen 2006, Dresden, S. 41-60.
- MÜLLER, U. et al. (2004): Hochwasserschutzkonzepte für die Nebenflüsse der oberen Elbe – Fallbeispiel Schmiedeberg; 10. Kongress INTERPRAEVENT 2004 „Schutz des Lebensraumes vor Hochwasser, Muren, Lawinen und Hangbewegungen, Trient 2004, Band 4, S. 213-223.

Hochwasserrisikomanagement im Zusammenspiel mit den Maßnahmenplänen gemäß EG-WRRL

Heribert Nacken

Zusammenfassung

Die eingeführte europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) ist thematisch in Bezug auf die Fließgewässer nicht auf die Fragen des Hochwassermanagements ausgerichtet. Diese offene Flanke wurde durch die Einführung einer gesonderten Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken im Juni 2007 geschlossen. Wie stehen diese beiden Richtlinien zueinander, und welche neuen Aufgaben kommen mit der Umsetzung dieser Richtlinie auf Maßnahmenpläne zu, die ab 2009 umgesetzt werden sollen? Diese Fragen sowie die politisch stark in den Fokus gelangte Aufgabe der Anpassungsstrategien an den Klimawandel sollen im nachfolgenden Beitrag diskutiert werden.

1. Einführung

Die EU-Kommission korrigierte mit der Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken ein ganz konkretes Defizit der EG-Wasserrahmenrichtlinie. In der EG-WRRL, welche die Wasserwirtschaftsverwaltung seit ihrer Einführung Ende 2000 vor außergewöhnliche neue Herausforderungen stellte, wurde das Thema des Hochwasserschutzes vollständig ausgeblendet. (Im Text der Richtlinie ist der Begriff des Hochwassers lediglich an einer untergeordneten Stelle zu finden.) Die EG-WRRL legt für die Oberflächenwasserkörper konkrete EU-weite Ziele für die biologischen, physikochemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten fest, ohne dabei die Implikationen und Wechselwirkungen mit dem Hochwasser zu thematisieren.

Mit der jetzt vorliegenden Hochwasserrisikorichtlinie werden die Themen des vorsorgenden Hochwasserschutzes und des Hochwassermanagements sowie erstmalig des Hochwasserrisikos mit den Fragestellungen der EG-WRRL in Verbindung gebracht, sodass eine geschlossene wasserwirtschaftliche Planung ermöglicht wird.

Der wesentliche Antrieb zur Einführung dieser neuen Richtlinie bestand jedoch in den gehäuft auftretenden Hochwasserereignissen in den vergangenen Jahren, die enorme Schadenswirkungen hatten. Nachfolgende Abbildung 1 verdeutlicht dies für die Zeitspanne von 1998-2005.

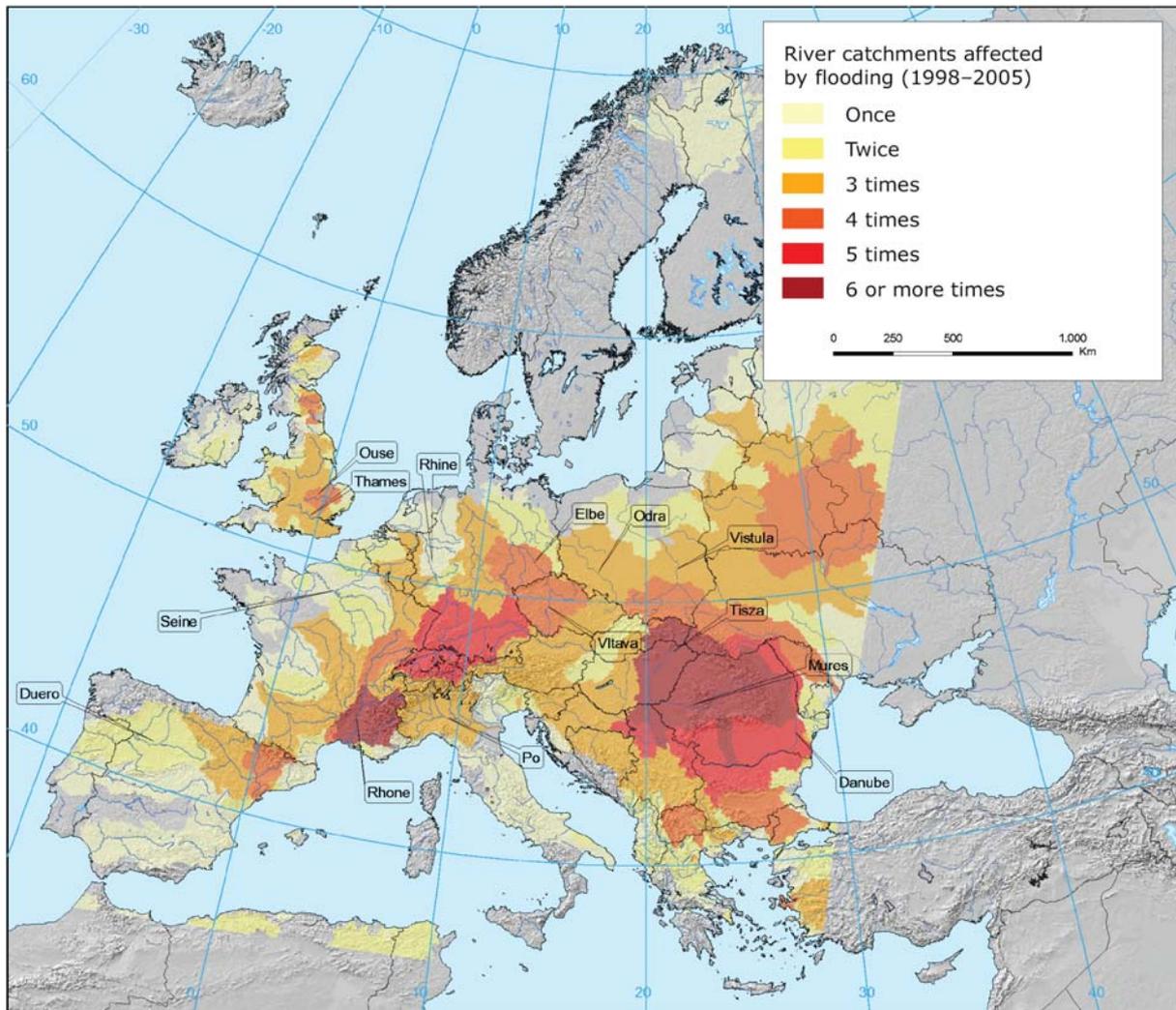


Abb. 1: Hochwasserereignisse in europäischen Flusseinzugsgebieten in der Zeitspanne von 1998-2005 (Bildquelle: EEA 2007)

Die Kommission ging bei dem Entwurf der Richtlinie von dem Postulat aus, dass es unmöglich sei, Hochwasser vollständig zu verhindern. Somit verbleibt stets ein Risiko für die Bevölkerung, die Infrastruktur, die Wirtschaft sowie die Umwelt. Dieses Hochwasserrisiko soll durch ein aktives Hochwasserrisikomanagement so weit wie möglich reduziert werden.

2. Der Weg zur aktuellen Hochwasserrichtlinie

Die aktuelle EG-Hochwasserrichtlinie war keine singuläre Entwicklung der EU-Kommission, sondern ist im Kontext einer Vielzahl von Initiativen, Veranstaltungen und Arbeitspapieren zu sehen, die im Vorfeld des Richtlinienentwurfs entstanden sind. Die nachfolgende Auflistung gibt in Auszügen die wesentlichen Ereignisse wieder, die im Vorfeld der Richtlinienentwicklung stattgefunden haben und mehr oder weniger Einfluss auf diese hatten.

- Guidelines on sustainable flood prevention
United Nations und Economic Commission for Europe (2000)
- International Workshop on Precautionary Flood Protection in Europe
EU and candidate countries under leadership of the Federal Ministry for the Environment, Germany (2003)
- Best Practice Document on Flood Prevention, Protection and Mitigation
EU Water Directors (2003)
- Flood risk management Flood prevention, protection and mitigation
Committee of the Regions (2004)
- Forderung der EU-Kommission nach einer EU-Rechtsvorschrift für das Hochwasserrisikomanagement KOM (2004) 472 vom 12.07.2004
- Proposal for a Directive on the assessment and management of floods
European Parliament and of the council (2006)

3. Die drei Stufen der Richtlinie

Der in der Richtlinie beschriebene Prozess der Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser in Flusseinzugsgebieten (EU 2006) wird in drei aufeinander aufbauende Teilschritte untergliedert. Diese können wie folgt charakterisiert werden:

- I Vorausschauende Bewertung des Hochwasserrisikos
Abschluss bis Ende 2011
- II Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten
Abschluss bis Ende 2013
- III Pläne für das Hochwasserrisikomanagement
Abschluss und Veröffentlichung bis Ende 2015

Alle drei Schritte sind in einem Sechs-Jahres-Rhythmus zu überprüfen und zu aktualisieren.

I Bewertung des Hochwasserrisikos

Die Bewertung des Hochwasserrisikos erfordert gemäß den Vorgaben der Richtlinie mindestens die folgenden Inhalte:

- Karte der Flussgebietseinheit mit generellen Beschreibungen,
- Dokumentation der historischen Hochwasserereignisse,

- Beschreibung der allgemeinen Hochwassercharakteristik (Prozesse erster Ordnung; charakteristische Überschwemmungsflächen und -wege),
- Dokumentation der Entwicklungspläne (Änderung der Landnutzung, Verteilung der Bevölkerung und der Wirtschaftssektoren, Hochwasserrisiko im Ober- und Unterliegerbereich),
- Bewertung der Wahrscheinlichkeit zukünftiger Hochwasserereignisse,
- Prognose der Auswirkungen zukünftiger Hochwasserereignisse,

Das Ergebnis des ersten Bearbeitungsschrittes ist die Bewertung der Flussgebietseinheit im Hinblick auf ein signifikantes Hochwasserrisiko. Flussgebietseinheiten, in denen kein signifikantes Überschwemmungsrisiko vorliegt, können konkret von der weiteren Bearbeitung in den Schritten II und III ausgeschlossen werden. Interessanterweise wird die Festlegung, ob ein signifikantes Risiko vorliegt, nicht von der Kommission, sondern auf lokaler Ebene getroffen.

Ebenfalls werden Einheiten, für die bereits konkrete Maßnahmen in Übereinstimmung mit Überschwemmungsgebietsausweisungen und/oder Managementplänen umgesetzt wurden, von den Auflagen der Richtlinie befreit.

Liegt ein signifikantes Risiko vor, sind die in den Schritten II und III genannten folgenden Arbeiten auszuführen.

II Hochwasserrisikokarten

Die Mindestbestandteile der Risikokarten, die in dem zweiten Arbeitsschritt zu behandeln sind, umfassen (eine detaillierte Aufstellung hierzu finden Sie im Beitrag von Herrn Spanknebel):

- Überschwemmungsgebietskarten (mit den Szenarien HQ_{10} , HQ_{100} , HQ_{EX} mit Angabe zu den Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten und den Bereichen mit Ufererosion und Ablagerungen),
- Hochwasserschadenskarten (mit Angabe der betroffenen Einwohner und Schadenswirkung auf die Umwelt).

III Pläne für das Hochwasserrisikomanagement

Diese Pläne müssen die Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos beschreiben. Dabei sind im Detail die Konsequenzen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt sowie die wirtschaftlichen Aktivitäten darzulegen. Die Ableitung der Maßnahmen muss die ganze Bandbreite des Hochwasserrisikomanagements (Vermeidung, Schutz, Bereitschaft) mit in Erwägung ziehen. Jegliche Maßnahmen, die das Hochwasserrisiko bei den Unter- oder Oberliegern vergrößern, sind dabei ausgeschlossen.

Die Bundesrepublik Deutschland hat beim Diskussionsprozess der Richtlinie Wert darauf gelegt, dass die in den vergangenen Jahren infolge der katastrophalen Hochwasserereignisse entwickelten Aktionspläne durch die Richtlinie nicht infrage gestellt

werden. Dabei müssen die Hochwasserkarten und Managementpläne allerdings den Vorgaben der Richtlinie entsprechen.

In der Richtlinie sind keinerlei konkrete Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos aufgeführt; anders als in der EG-WRRRL sind auch keine Zeitvorgaben für die Realisierung der Maßnahmenpläne fixiert.

Für die Umsetzung der Richtlinie ist kein gesonderter Finanzierungsmechanismus vorgesehen; vielmehr wird seitens der EU-Kommission darauf hingewiesen, dass bestehende Förderrichtlinien für die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos herangezogen werden können. Speziell wird in diesem Kontext darauf verwiesen, dass die im Jahre 2005 verabschiedete Verordnung über die Entwicklung des ländlichen Raums explizit die Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen beinhaltet. Außerdem ist vorgesehen, dass Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen der Kohäsionspolitik als Maßnahmen zur Risikovermeidung finanziell unterstützt werden.

4. Der Verbund der Hochwasserrisikorientierte Richtlinie und der Wasserrahmenrichtlinie

Konkret sollen mit der Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser keine neuen oder ergänzenden Verwaltungsstrukturen aufgebaut werden. Vielmehr sollen die mit der EG-Wasserrahmenrichtlinie eingeführten Strukturen auch für den Hochwasserschutz Gültigkeit besitzen. Dadurch gelten die dortigen Regelungen für

- die Einteilung der Flussgebietseinheiten,
- die zuständigen Behörden,
- die Umsetzungsbestimmungen und zeitlichen Vorgaben,
- die Berichtspflichten,
- die Beteiligung der Öffentlichkeit

eins zu eins auch für die neue Richtlinie. Die Regelungen der Richtlinie erwecken den Eindruck, dass die Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser eine Art Untereinheit der EG-WRRRL darstellt, denn an mehreren Stellen wird auf die übergeordnete Wirkung dieser Richtlinie verwiesen. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die Bestimmungen der EG-WRRRL in den Artikeln 4 (Umweltziele), 11 (Maßnahmenprogramm) und 13 (Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete) von Bedeutung für die Inhalte der oben aufgeführten Arbeitsschritte II und III sind und aufeinander abgestimmt werden müssen. Die umgekehrte Reihenfolge, dass eine Regelung der Hochwasserrichtlinie konkrete Auswirkung auf die EG-WRRRL hat, findet sich im Text der Richtlinie nicht.

Dies ist insofern zu hinterfragen, da inhaltlich sicher ein unmittelbarer Zusammenhang sowie eine Wechselwirkung zwischen der EG-WRRRL und der Hochwasserrisikorientierte Richtlinie besteht. Dies kann an einem ganz einfachen Beispiel ausgewiesen werden. Biozönosen in von Auen geprägten Fließgewässern benötigen regelmäßig wiederkehrende Hochwasserereignisse für den Erhalt der Artenzusammensetzung (vgl. Abbildung 2). Wenn also der gute ökologische Zustand für ein Fließgewässer eingefordert wird, muss man sich bewusst sein, dass hierzu

(zumindest für ausgewählte Gewässertypen) regelmäßige Überschwemmungen notwendig sind.

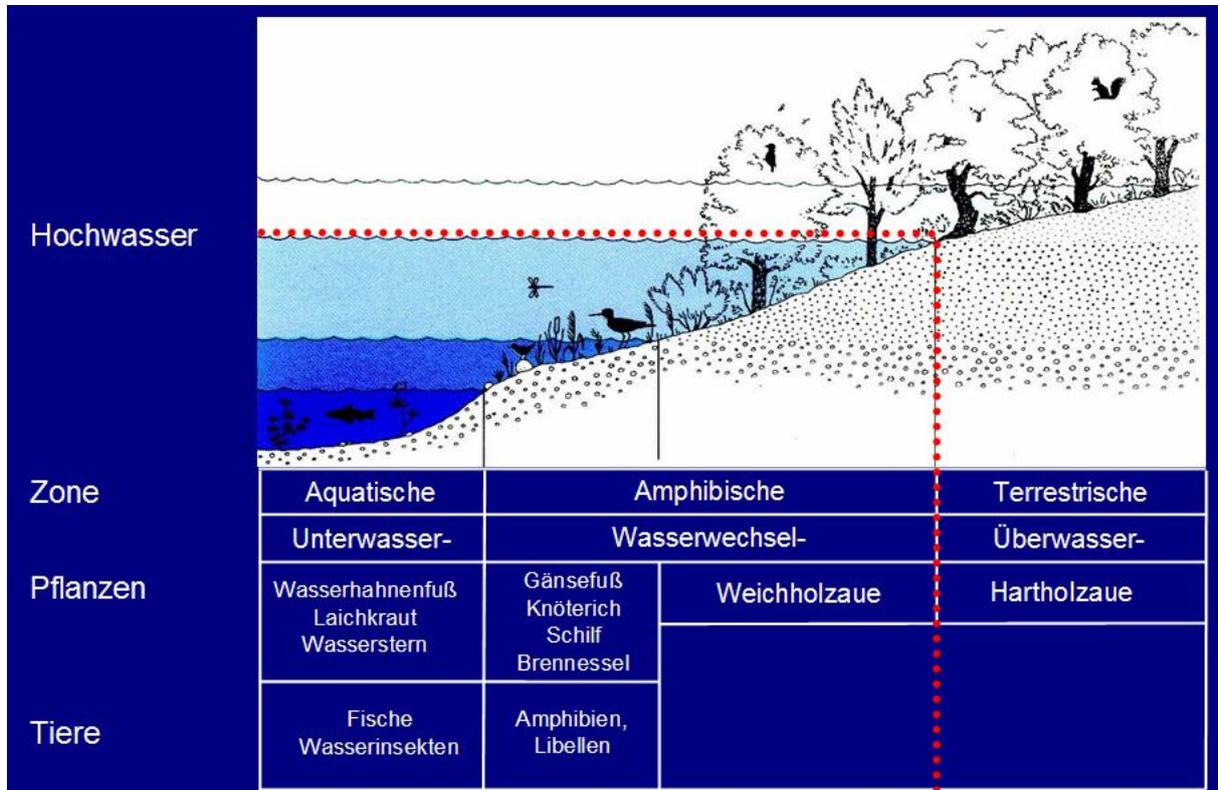


Abb. 2: Hochwassereinflüsse auf Habitate und Biozönosen (Bildquelle: GRAW 2002)

Wechselwirkungen zwischen der EG-WRRL und dem Hochwasser bestehen ebenfalls bei den hydromorphologischen Defiziten der Gewässer, die durch die mangelhafte Gewässerstrukturgüte parametrisiert sind. Die Zielsetzung vieler aktueller Maßnahmenplanungen und Bewirtschaftungspläne ist es, die hydromorphologischen Defizite zu beseitigen, indem Initialmaßnahmen (wie z. B. Einstellung der Unterhaltung oder Beseitigung von Sohl- und Böschungssicherungen) ausgeführt werden und das Gewässer in der Folgezeit selbst die Arbeit der Umgestaltung übernehmen soll. Dies geht aber nur, wenn auch bettbildende Abflusszustände im Gewässer auftreten. Derartige Abflusszustände sind mit dem bordvollen Abflusszustand zu beschreiben. Sind die Gewässer indes hydraulisch hochwasserfrei ausgelegt, bestehen starke Restriktionen hinsichtlich der Zielerreichung der EG-WRRL.

Die Europäische Umweltagentur (EEA 2007) hat interessanterweise in ihrem technischen Report zum Thema des Klimawandels und den daraus resultierenden Anpassungsmaßnahmen für den Wassersektor einen Bezug zur EG-WRRL hergestellt. Der Klimawandel wird als eine Umweltauswirkung menschlicher Tätigkeit (im Sinne des Artikels 5 der EG-WRRL) eingestuft und somit in das Aufgabenschema der Rahmenrichtlinie eingegliedert.

Dabei wird zwar klar konstatiert, dass die EG-WRRL sich nicht explizit auf die Fragen des Klimawandels bezieht, aber aufgrund ihrer Wirkungsweise sehr geeignet ist, die langfristigen Auswirkungen auf den Wassersektor mit abzudecken. Bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird es für notwendig erachtet, die Referenzbedingungen für die Wasserkörper an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen und gleichzeitig die vorgeschlagenen Maßnahmenpläne mit den erforderlichen Anpassungsstrategien abzugleichen, um so zu den kosteneffektiven Maßnahmen zu gelangen.

Im aktuellen Grünbuch der EU-Kommission (EU 2007a) wird diese Sichtweise und Forderung sogar noch erweitert und präzisiert. Konkret wird gefordert, dass die Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels in die Umsetzung der Richtlinie einbezogen werden müssen und damit bereits in der ersten Umsetzungsphase ab 2009 begonnen werden soll.

Außerdem wird explizit auf die Regelungen der neuen Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser verwiesen, die ebenfalls im Hinblick auf die als notwendig erachteten Anpassungsstrategien an den Klimawandel einzubeziehen sind. Dabei wird im gesonderten Anhang zum Grünbuch (EU 2007b) eine Angabe zu der erwarteten Veränderung der Hochwasserereignisse in Europa für den Prognosezeitraum 2080 aufgeführt. Nachfolgende Abbildung 3 zeigt die Änderung der Hochwasserereignisse für den Lastfall HQ₁₀₀. Für die Bundesrepublik weisen diese Prognosen eine Veränderung gegenüber dem aktuellen Zustand in der Größenordnung von -40 % bis +40 % aus.

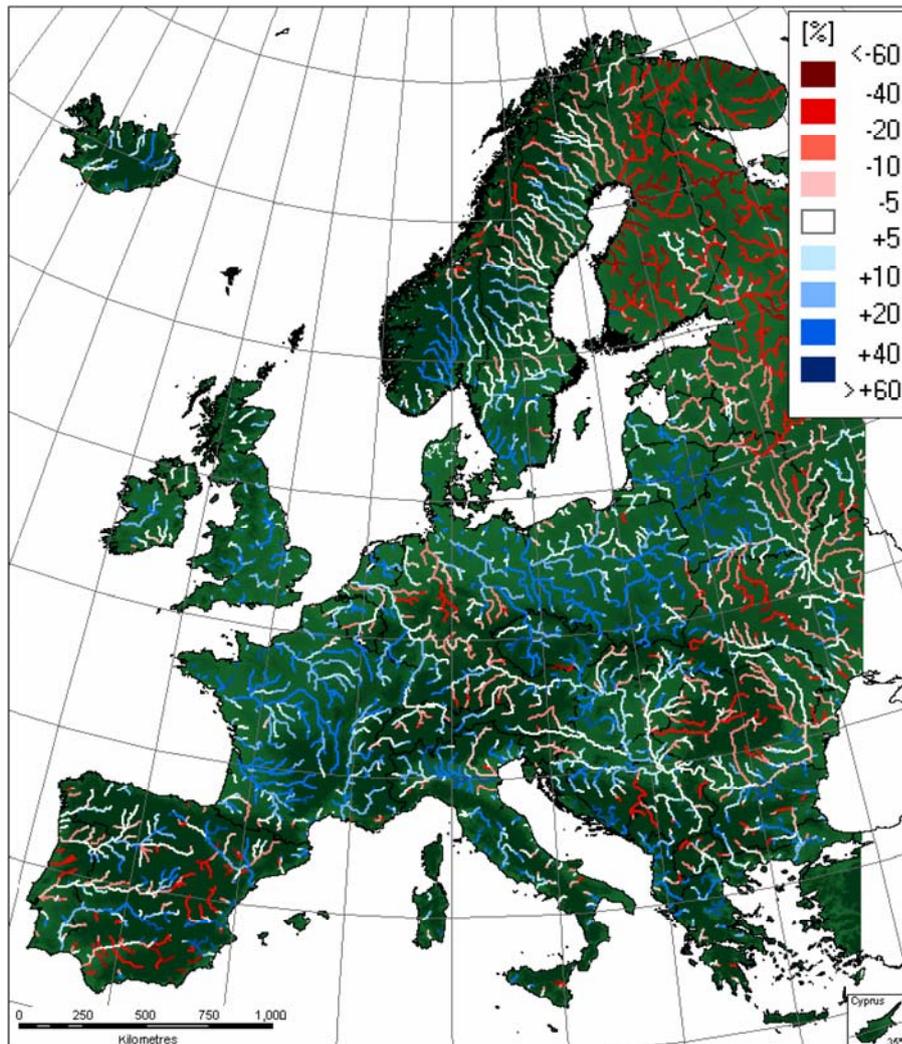


Abb. 3: Erwartete Veränderung der HQ_{100} -Abflüsse in Europa für den Bezugszeitraum 2080, Anlage zum Grünbuch der EU-Kommission zur Anpassung an den Klimawandel (Bildquelle: EU 2007b)

5. Erste Ansätze der Maßnahmeprogramme

Die bisherigen Darlegungen dienen dazu, die Zusammenhänge zwischen der Wasserrahmenrichtlinie und der Hochwasserrisikoriclinie aufzuzeigen. Sie mögen verdeutlicht haben, dass es sich dabei um eine sinnvolle inhaltliche Ergänzung der Belange der Ökologie sowie des Hochwasserthemas handelt, das zwischenzeitlich zusätzlich um die Belange des Klimawandels ergänzt wurde. Wie aber berücksichtigen die konkreten Maßnahmenpläne, deren Entwürfe zum Jahresende 2008 in die Öffentlichkeit gelangen, bereits die Aufgaben der Hochwasserrichtlinie? Dies soll exemplarisch an den Ausarbeitungen des Landes NRW dargelegt werden.

NRW hat ein berichtspflichtiges Gewässernetz von insgesamt 14.000 km Länge. Rund 60 % der Gewässer wurden in der Vergangenheit so erheblich verändert, dass der gute ökologische Zustand ohne eine signifikante Einschränkung der angrenzenden Landnutzung nicht erreicht werden kann. Demzufolge strebt das Ministerium für Umwelt und Naturschutz,

Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) für diese Gewässer das gute ökologische Potenzial an. Gemäß den Ergebnissen aus dem Prozess der Erstellung der Bewirtschaftungspläne und der Maßnahmenprogramme konstatiert das MUNLV, dass die Ziele der EG-WRRRL nicht bis zum Ablauf der ersten Periode (2015), wohl aber bis zum Jahr 2027 erreicht werden können.

Der erste Entwurf der Bewirtschaftungspläne sowie der Maßnahmenprogramme für die NRW-Anteile an den Stromgebieten Rhein, Weser, Ems und Maas wurden 2008 durch die Bezirksregierungen mit der Fachöffentlichkeit diskutiert und abgestimmt. Hierzu wurde das Prinzip der „runden Tische“ verwendet, die räumlich kleinteilig eine intensive fachliche Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Bestandsaufnahme, der Defizitanalyse sowie der daraus abgeleiteten Maßnahmentypen ermöglichte. Insgesamt wurden pro Bearbeitungsgebiet drei Durchläufe der „runden Tische“ durchgeführt. Die Ergebnisse wurden auf Landesebene aggregiert und stehen aktuell der Öffentlichkeit bis Juni 2009 zur Stellungnahme zur Verfügung (www.flussgebiete.nrw.de). Interessierte Bürger können wahlweise online oder klassisch per Post ihre Anmerkungen und Anregungen an die Bezirksregierungen oder das MUNLV übersenden.

Für die ökologische Entwicklung der Gewässer werden Gesamtkosten in der Größenordnung von 2,1 Mrd. € bis 2027 veranschlagt; ein zusätzlicher Finanzbedarf von 50 Mio. €/a ist hierfür notwendig, der bereits in der mittelfristigen Finanzplanung (2009-2011) eingeplant ist.

Im Rahmen der „runden Tische“ wurden speziell vonseiten der Kommunen Rückfragen zum Thema „Hochwasserschutz im Kontext ökologischer Maßnahmen“ gestellt. Ergebnisse, wie die beispielhaft dargestellte Degradation der Oberflächenwasserkörper, zeigen die enormen Fließgewässerstrecken, auf denen Maßnahmen notwendig werden.

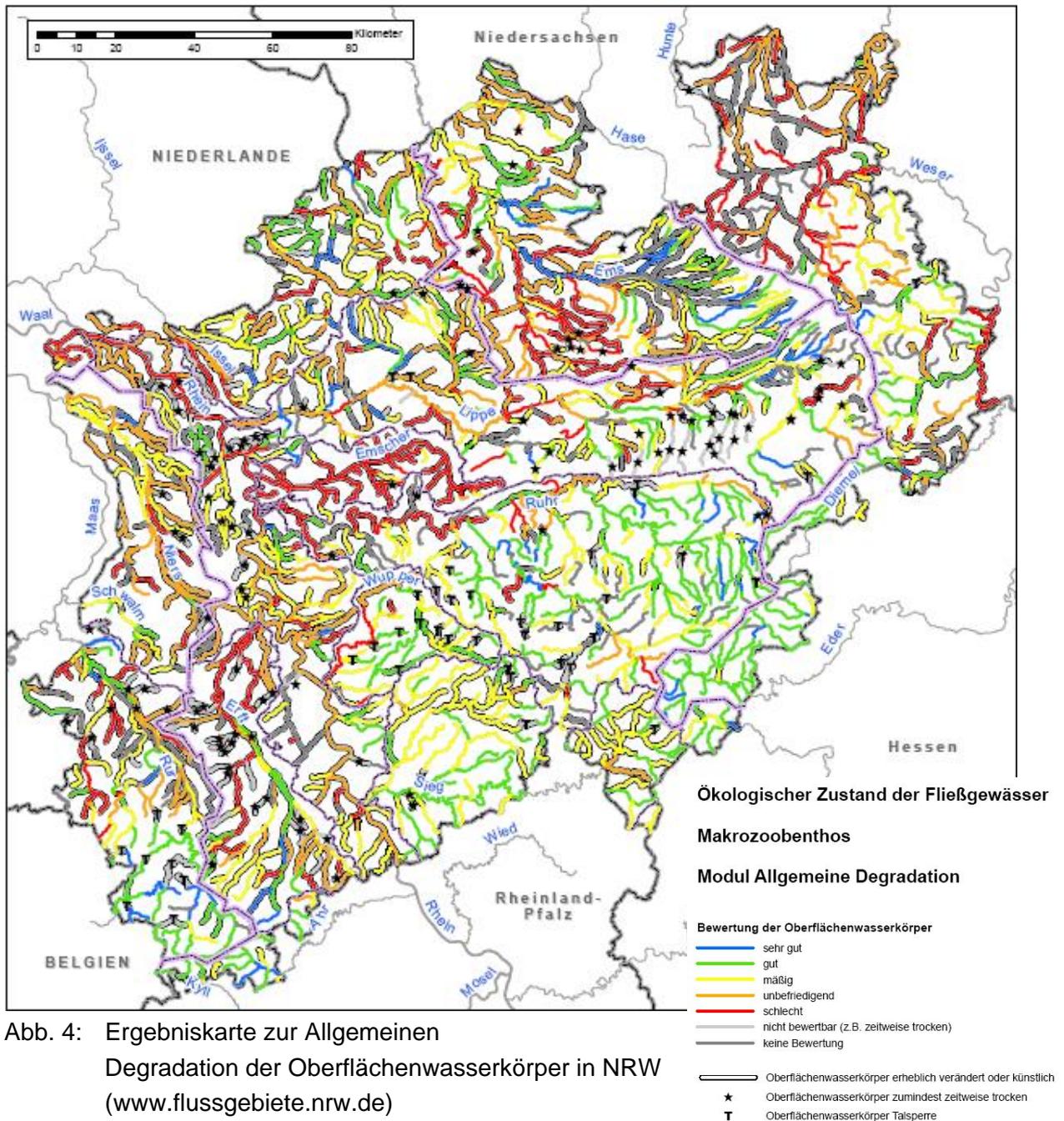


Abb. 4: Ergebniskarte zur Allgemeinen Degradation der Oberflächenwasserkörper in NRW (www.flussgebiete.nrw.de)

Die Kommunen vertraten fast durchweg die Auffassung, dass durch Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung keine Reduzierung des bestehenden Hochwasserschutzes entstehen dürfe. Speziell Maßnahmen, wie die Wiederherstellung des gewässertypischen Abflussverhaltens oder der Förderung des natürlichen Rückhaltes wurden kritisch hinterfragt und tendenziell als eine Gefahr zur Reduzierung des bestehenden Hochwasserschutzes angesehen. Dies verdeutlicht, dass der Wechsel zu einer Hochwasserrisikokultur (wie sie in der neuen EG-Richtlinie eingefordert wird) noch längst nicht in der Praxis angekommen ist.

Belastungs- gruppe	Bezeichnung	Code
Wasserhaushalt	Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Mindestabflusses	HY_OW_U15
	Sonstige Maßnahmen zur Wiederherstellung des gewässertypischen Abflussverhaltens	HY_OW_U53
	Maßnahmen zur Reduzierung von nutzungsbedingten Abflussspitzen	HY_OW_U38
	Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Rückhalts (einschließlich Rückverlegung von Deichen und Dämmen)	HY_OW_U14
	Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushalts an stehenden Gewässern	HY_OW_U41

Abb. 5: Auszug aus der LAWA-Liste der Maßnahmentypen für die Belastungsgruppe Wasserhaushalt

Dies liegt sicher auch daran, dass die bisherigen Erarbeitungen zu den Maßnahmenprogrammen nicht schwerpunktmäßig auf die Fragen der Hochwasserrisikorichtlinie zugeschnitten sind. Ein Zitat möge dies verdeutlichen:

„Die Anforderungen der Hochwasserschutzrichtlinie werden ebenfalls mit den Anforderungen der EG-WRRL verzahnt, so dass möglichst für beide Bereiche gleichermaßen Fortschritte erzielt werden.“

(Zusammenfassung des Maßnahmenprogramms, S. 9, Entwurf des MUNLV zum Bewirtschaftungsplan NRW, www.flussgebiete.nrw.de)

Realistischerweise werden die Belange der Hochwasserrisikorichtlinie wohl erst in die zweite Umsetzungsphase in Gänze einfließen können. Bis dahin sind die sogenannten „no regret“-Maßnahmen anzuzielen und über den neu eingerichteten ständigen Ausschuss „Hochwasserschutz und Hydrologie“ der LAWA das notwendige bundesweite Rüstzeug zur Umsetzung zu schaffen. Dieser Ausschuss hat sinnvollerweise die Aufgabe, die nationalen Anpassungsstrategien an den Klimawandel und die Umsetzung der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie koordiniert anzugehen, und kann damit eine sinnvolle Ergänzung zu den bisherigen Umsetzungen der EG-WRRL bilden.

Es bleibt festzuhalten, dass mit der Einführung der Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, den bereits eingeführten Regelungen der EG-WRRL sowie den perspektivischen Forderungen der EU-Kommission zur Anpassung an den Klimawandel ein wasserwirtschaftlich geschlossener Methoden- und Planungsraum am Horizont zu sehen ist, der die Themenbereiche der Ökologie, des Hochwasserrisikomanagements und des Klimawandels zusammenführt und gesamtheitliche Lösungsansätze ermöglicht.

Literatur

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (2007): Climate change and water adaptation issues. EEA Technical report, No 2/2007.
- EU (2006): KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: Vorschlag für eine Richtlinie (KOM 2006/15 endg.) vom 18.1.2006 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser.
- EU (2007a): KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: Grünbuch der Kommission an den Rat, das europäische Parlament, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen (KOM 2007/354 endg. vom 29.6.2007). Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU.
- EU (2007b): KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: Commission Staff Working Document. Anlage zum Grünbuch der Kommission an den Rat, das europäische Parlament, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen (KOM 2007/354 endg. vom 29.6.2007). Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU.
- GRAW, M.: (2002): „Hochwasser Naturereignis oder Menschenwerk“, Broschüre. Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e. V. (VDG) (Hrsg.), Band 66.
- MUNLV (2008): Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm, Erster Entwurf für die Bewirtschaftungsplanung und die Maßnahmenprogramme für die Gewässer und das Grundwasser in Nordrhein-Westfalen, www.flussgebiete.nrw.de.

Anschriften der Autoren

Deutsch, Mathias, Dr.rer.nat., DFG-Weikinn-Projekt, Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, c/o Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, 04103 Leipzig, Talstraße 35, Tel. 0341/9732841, amdeutsch@arcor.de

Disse, Markus, Prof. Dr.-Ing., Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen, Lehrstuhl für Wasserwirtschaft und Ressourcenschutz, Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Tel.: 089/6004-3491, -3490, Fax: 089/6004-4642, markus.disse@unibw.de

Kraus, Karlheinz, Leitender Baudirektor, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg, Tel.: 0821/9071-5718, Fax: 0821/9071-5760

Merz, Gabriele, Baurätin, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Dienstort München, Lazarettstraße 67, 80636 München, Tel.: 089/9214-1026, Fax: 089/9214-1052

Meon, Günter, Prof. Dr.-Ing., Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Technische Universität Braunschweig, Beethovenstraße 51 a, 38106 Braunschweig, Tel.: 0531 391/3950, Fax: 0531/391 3955, g.meon@tu-bs.de

Müller, Dr.- Ing. Uwe, Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Referat Wasserbau, PF 100234, 01782 Pirna, Tel.: 03501/796 471, Fax: 03501/796105, Uwe.Mueller@ltv.smul.sachsen.de

Nacken, Heribert, Univ.-Prof. Dr.-Ing., RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Ingenieurhydrologie (LFI), Mies-van-der-Rohe-Str. 1, 52074 Aachen, Tel.: 0241/80-25273, Fax: 0241/80-22701, nacken@lfi.rwth-aachen.de

Pflügner, Walter, Dr., PlanEVAL, Nusselstrasse 2, 81245 München, Tel.: 089/830508, Fax: 089/82909077, info@planeval.de

Rother, Karl-Heinz, Dr.-Ing., Präsident a.D., Am Hessendenkmal 10, 55126 Mainz, Tel.: 06131/473753, Karl.Rother@gmx.de

Spanknebel, Georg, Dipl.-Ing., Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Beethovenstr. 3, 99096 Erfurt, Tel.: 0361/3799 561, Fax: 0361/3799 561, h.spanknebel@tmlnu.thueringen.de

Yörük, Alpaslan, Dr.-Ing., Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Bachstraße 62-64, 52066 Aachen, Tel.: 0241/94689-40, yoeruek@hydrotec.de

Schriftenreihe Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Bisher erschienene Hefte

- Heft 01.02 Wechselwirkungen zwischen Grundwasserleitern und Oberflächengewässern
Beiträge zum Tag der Hydrologie 2002 am 20./21. März 2002 in Suderburg
Herausgeber: Hartmut Wittenberg und Matthias Schöniger
210 Seiten, 63 Abbildungen, Format A4
ISBN: 3-936514-22-4 vergriffen
- Heft 02.02 Hochwassermanagement – Gefährdungspotenziale und Risiko der Flächennutzung
Beiträge zum Seminar am 7./8. November 2002 in Koblenz
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg und Günter Meon
201 Seiten, 43 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-936514-26-7 vergriffen
Aktualisierte Neuauflage erschienen als Heft 02.03
Beiträge zum Seminar am 12./13. Juni 2003 in Weimar
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg und Günter Meon
200 Seiten, 65 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-924063-58-3 vergriffen
- Heft 03.03 Numerische Simulationsmodelle für Fließgewässer
Beiträge zum Seminar am 12./13. Mai 2003 in Stein bei Nürnberg
Herausgeber: Siegfried Bloß und Hans-B. Kleeberg
185 Seiten, 32 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-924063-57-5 vergriffen
Aktualisierte Neuauflage erscheinen als Heft 03.05
Beiträge zum Seminar am 15. März 2005 in Dortmund
Herausgeber: Siegfried Bloß und Hans-B. Kleeberg
185 Seiten, 65 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-924063-57-5 35 EUR
- Heft 04.03 Klima – Wasser – Flussgebietsmanagement – im Lichte der Flut
Beiträge zum Tag der Hydrologie 2003 am 20./21. März 2003 in Freiburg i.Br.
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg
Band1 Vorträge, 270 Seiten, 144 Abbildungen, Format A4
Band 2 Poster, 194 Seiten 105 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-924063-59-1 35 EUR
- Heft 05.04 Wasser- und Stofftransport in heterogenen Einzugsgebieten
Beiträge zum Tag der Hydrologie 2004 am 22./23. März 2004 in Potsdam
Herausgeber: Axel Bronstert, Annegret Thieken, Bruno Merz,
Michael Rode, Lucas Menzel
Band1 Vorträge, 221 Seiten, 88 Abbildungen, Format A4
Band 2 Poster, 315 Seiten, 144 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-937758-18-6 beide Bände zusammen 45 EUR
- Heft 06.04 Hochwassermanagement – Gefährdungspotenziale und Risiko der Flächennutzung
Neuauflage
Beiträge zum Seminar am 17./18. Juni 2004 in Münster
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg und Günter Meon
172 Seiten, 61 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-937758-19-4 35 EUR

- Heft 07.04 Niedrigwassermanagement
Beiträge zum Seminar am 11./12. November 2004 in Koblenz
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg und Gero Koehler
172 Seiten, 82 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-937758-47-X vergriffen
- Heft 08.05 Hochwasser-Gefahrenkarten
Teil 1: Erarbeitung und Nutzung von Hochwassergefahrenkarten
Beiträge zum Erfahrungsaustausch am 24. November 2004 in Erfurt
Teil 2: Zonierungssystem und Risikomodellierung in der Versicherungswirtschaft
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg
140 Seiten, 34 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-937758-48-8 vergriffen
- Heft 03.05 Numerische Simulationsmodelle für Fließgewässer
Beiträge zum Seminar am 15. März 2005 in Dortmund
Aktualisierte Neuauflage von Heft 03.03
Herausgeber: Siegfried Bloß und Hans-B. Kleeberg
185 Seiten, 65 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-924063-57-5 35 EUR
- Heft 09.05 Niederschlag – Input für hydrologische Berechnungen
Beiträge zum Seminar am 12./13. April 2005 in Koblenz
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg
159 Seiten, 44 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-937758-67-4 vergriffen
- Heft 10.05 Entscheidungsunterstützung in der Wasserwirtschaft –
von der Theorie zum Anwendungsfall
Beiträge zum Tag der Hydrologie 2005 am 22./23. März 2005 in Aachen
Herausgeber: Heribert Nacken, Sabine Bartussek, Hani Sewilam
314 Seiten, 131 Abbildungen, 25 Tabellen, Format A4
ISBN 3-937758-68-2 42 EUR
- Heft 11.05 Hochwasser – Vorsorge und Schutzkonzepte
Beiträge zum Seminar am 2./3. Juni 2005 in Braunschweig
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg und Günter Meon
200 Seiten, 75 Abbildungen, Format A4
ISBN 3-937758-80-1 vergriffen
- Heft 12.05 Akustische Doppler Geräte (ADCPs) in der Hydrometrie:
Möglichkeiten und Perspektiven einer innovativen Technik
Beiträge zum Seminar am 28./29. September 2005 in Koblenz
Herausgeber: Matthias Adler und Hans-B. Kleeberg
172 Seiten, 120 Abbildungen, 8 Tabellen, Format A4
ISBN 3-937758-90-9 38 EUR
- Heft 13.05 Abflussbildung – Prozessbeschreibung und Fallbeispiele
Herausgeber: Axel Bronstert
Monographie
148 Seiten, 81 Abbildungen, 12 Tabellen, Format A4
ISBN 3-937758-91-7 38 EUR

Heft 14.06	<p>Niederschlag – Input für hydrologische Berechnungen Aktualisierte Neuauflage Beiträge zum Seminar am 12./13. April 2005 in Koblenz Herausgeber: Hans-B. Kleeberg 205 Seiten, Format A4 ISBN-10: 3-939057-30-4 ISBN-13: 978-3-939057-30-7</p>	38 EUR
Heft 15.06	<p>Risikomanagement extremer hydrologischer Ereignisse Beiträge zum Tag der Hydrologie 2006 am 22./23. März 2006 an der Universität der Bundeswehr München Herausgeber: Markus Disse, Karin Guckenberger, Sabine Pakosch, Alpaslan Yörük, Astrid Zimmermann Band 1 Vorträge 1, 278 Seiten Band 2 Vorträge 2, 338 Seiten Band 3 Poster, 280 Seiten ISBN-10: 3 939057-31-2 ISBN-13: 978-3-939057-31-4</p>	<p>beide Vortragsbände zusammen 50 EUR Posterband zusätzlich/alleine 15 EUR</p>
Heft 16.06	<p>Niederschlag-Abfluss-Modellierung Beiträge zum Workshop am 10./11. April 2006 in Trier Herausgeber: Markus Casper und Marcus Herbst 195 Seiten, Format A4 ISBN-10: 3-939057-55-X ISBN-13: 978-3-939057-55-0</p>	vergriffen
Heft 17.06	<p>Dezentraler Hochwasserschutz Beiträge zum Seminar am 16./17. Oktober 2006 in Koblenz Herausgeber: Klaus Röttcher, Gero Koehler, Hans-B. Kleeberg 188 Seiten, Format A4 ISBN-10: 3-939057-56-8 ISBN-13: 978-3-939057-56-7</p>	vergriffen
Heft 18.06	<p>Hochwasser – Vorsorge und Schutzkonzept Beiträge zum Seminar am 6./7. November 2006 in Stein bei Nürnberg Herausgeber: Hans-B. Kleeberg, Heribert Nacken 232 Seiten, Format A4 ISBN-10: 3-939057-57-6 ISBN-13: 978-3-939057-57-4</p>	vergriffen
Heft 19.07	<p>Dezentraler Hochwasserschutz Beiträge zum Seminar am 4./5. Juni 2007 in Leipzig Herausgeber: Klaus Röttcher, Gero Koehler, Hans-B. Kleeberg 196 Seiten, Format A4 ISBN-13: 978-3-940173-03-4</p>	48 EUR

- Heft 20.07 Einfluss von Bewirtschaftung und Klima auf Wasser- und Stoffhaushalt von Gewässern
Beiträge zum Tag der Hydrologie 2007 am 22./23. März 2007
an der Universität Rostock
Herausgeber: Konrad Miegel, Ellen-Rose Trübger, Hans-B. Kleeberg
Band 1 Vorträge, 276 Seiten
Band 2 Poster, 17 Seiten beide Bände zusammen 60 EUR
ISBN: 978-3-940173-04-1
- Heft 21.07 Verdunstung
Beiträge zum Seminar am 10./11. Oktober 2007 in Potsdam
Herausgeber: Konrad Miegel, Hans-B. Kleeberg
252 Seiten, Format A4
ISBN: 978-3-940173-05-8 48 EUR
- Heft 22.07 EU-Hochwasserrichtlinie
Wohin geht die Reise beim Europäischen Hochwasserschutz
Beiträge zum Seminar am 19./10. November 2007 in Koblenz
Herausgeber: Heribert Nacken
126 Seiten, Format A4
ISBN: 978-3-940173-44-7 48 EUR
- Heft 23.08 Hochwasser, Wassermangel, Gewässerverschmutzung
– Problemlösung mit modernen hydrologischen Methoden
Beiträge zum Tag der Hydrologie 2008 am 27./28. März 2008
an der Leibniz Universität Hannover
300 Seiten, Format A4, mit Poster-CD
ISBN: 978-3-940173-96-6 48 EUR
- Heft 24.08 Klimawandel – Was kann die Wasserwirtschaft tun?
Beiträge zum Symposium am 24./25 Juni 2008 in Nürnberg
Herausgeber: Hans-B. Kleeberg
256 Seiten, Format A4
ISBN: 978-3-940173-97-3 48 EUR
- Heft 25.09 EU-Hochwasserrichtlinie
In drei Schritten zur Umsetzung
Beiträge zum Seminar am 19. Februar 2009 in Magdeburg
Herausgeber: Heribert Nacken
142 Seiten, Format A4
ISBN: 978-3-941089-53-2 48 EUR

Ab Heft 10 sind alle Hefte (auch bereits vergriffene) ebenfalls auf CD erhältlich.

Mitglieder der Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften erhalten auf den Preis einen Nachlass von 30 %