

Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Initiative Hochwasser“ der DFG-Senatskommission für Wasserforschung und des Wissenschaftlichen Beirates des Nationalkomitees für das IHP-OHP unter Beteiligung der Fachgemeinschaft „Hydrologische Wissenschaften“ in der ATV-DVWK

Empfehlung

Forschungsschwerpunkte zum Thema „Nachhaltiger Hochwasserschutz“ als Ergebnis einer interdisziplinären Gesamtbetrachtung

Einleitung

Die Erfahrungen aus der verheerenden Hochwasserkatastrophe im Flussgebiet der Elbe im August 2002 und aus einer Reihe weiterer großer Hochwasser in Oder, Donau und Rhein innerhalb der letzten Jahre belegen die Notwendigkeit verstärkter Anstrengungen zur Entwicklung und Umsetzung neuer, zukunftsfähiger Konzepte zur Reduzierung des Hochwasserrisikos in Deutschland. Als einen Beitrag zur Konkretisierung dieser Aufgaben hat eine interdisziplinäre Expertenrunde Forschungsdefizite formuliert, die im Rahmen einer nachhaltigen Hochwasservorsorge beseitigt werden sollten. Im Mittelpunkt steht der vorbeugende Hochwasserschutz unter Beachtung der Auswirkungen von Hochwasserereignissen auf Mensch, Gesellschaft, Natur und Umwelt sowie der zwischen diesen Bereichen bestehenden Rückkopplungseffekte.

Extreme Hochwasserereignisse belegen, wie stark Gesellschaft, Politik und Wirtschaft trotz weitgehender Technisierung noch mit Naturprozessen vernetzt und von diesen abhängig sind. Auch greifen Hochwasser erheblich in das ökosystemare Gewässer-Umland-Gefüge ein. Da sich Hochwasserereignisse auf eine Vielzahl von gesellschaftlichen Bereichen und Interessen auswirken, sind praxisorientierte Forschungskonzepte und -vorhaben erforderlich, die auf einer interdisziplinären Zusammenarbeit der relevanten Wissenschaftsdisziplinen beruhen und deren Umsetzung die enge Zusammenarbeit mit Vertreter der wasserwirtschaftlichen Praxis sowie Entscheidungsträger aus dem naturschutzfachlichen Bereich erfordern.

Anhand der Wirkungskette Niederschlag – Abflussentstehung – Gerinneabfluss sowie der Wechselbeziehung zwischen Hochwasservorsorge und Hochwassermanagement wird, ausgehend von einer Schwachstellenanalyse, der aktuelle und anwendungsbezogene Forschungsbedarf in fünf Teilbereichen formuliert.

1. Niederschlag

Trotz der erheblichen Verbesserung der wissenschaftlich-technischen Basis (Modellentwicklung und Analyseverfahren) ist seit Jahren keine wesentliche Verbesserung der Niederschlagsvorhersage in geeigneter räumlicher Auflösung zu verzeichnen. Neue Erkenntnisse zur Verbesserung der quantitativen Niederschlagsvorhersage sind als Ergebnis des gleichnamigen DFG-Schwerpunktprogramms in einigen Jahren zu erwarten. Darüber hinausgehende Defizite aus Sicht der Wasserforschung, die in vielen Punkten auch die Umsetzung von Forschungsergebnissen betreffen, bestehen auf folgenden Bereichen:

- Bereitstellung hydrologisch anwendbarer Niederschlagsvorhersagen für die Hochwasserabwehr, d.h. mit regionalem oder lokalem Bezug, mit Aussagen zu Menge, Eintrittszeitpunkt und Wahrscheinlichkeit sowie unter Beachtung der Luv/Lee-

Problematik und der damit verbundenen orographischen Verstärkung konvektiver Prozesse.

- Nachweis der Möglichkeiten einer Verbesserung der Hochwasservorhersage auf Basis einer Niederschlagsvorhersage durch Nachrechnen abgelaufener Hochwasserereignisse mit weiterentwickelten Wettervorhersagemodellen.
- Verbesserung der quantitativen Niederschlagsschätzung aus Radarmessungen mit dem Ziel, durch eine ereignisbasierte flächen- und zeitintegrale Einbeziehung der Radardaten eine weitere Verbesserung der quantitativen flächenintegrierten Niederschlagsbestimmung zu erreichen (z.B. durch verbesserte Nutzung der übergeordneten dreidimensionalen Reflektivitätsstruktur).
- Entwicklung neuer Methoden zur Verknüpfung von aktuellen meteorologischen Beobachtungsdaten mit Vorhersagemodellen durch die Kopplung der Daten aus Radar- und Bodenstationen sowie von Satelliteninformationen (Verbesserung der Analyse der raum-zeitlichen Niederschlagsverteilung) und Bereitstellung als Input für meteorologische und hydrologische Vorhersagemodelle in Echtzeit (mit der Möglichkeit einer kontinuierlichen Modellnachführung).

Neben Niederschlagsvorhersagen werden in der Bemessungspraxis Aussagen zu den Niederschlagsextremen für modellgestützte Planungen benötigt. Zur Verbesserung dieser Grundlagendaten wird folgender Forschungsbedarf gesehen:

- Ableitung statistischer Aussagen (Wahrscheinlichkeiten) extremer Niederschläge unter Berücksichtigung veränderter Datengrundlagen. Angesichts der Extremniederschläge im August 2002 sind diese, für Bemessungszwecke wichtige Niederschlagsgrößen in einigen Regionen dringend überarbeitungsbedürftig. Insbesondere muss in diesem Zusammenhang die Lücke zwischen Starkniederschlagsereignissen mit Wiederkehrintervallen bis zu 100 Jahren (KOSTRA-Atlas) und den maximierten Gebietsniederschlägen (MGN) geschlossen werden. Bei der Ausweisung von MGN-Werten ist eine höhere, auf den KOSTRA-Atlas abgestimmte räumliche Differenzierung erforderlich, wozu Aussagen zur Übertragung von Punktmessungen auf die Fläche erarbeitet werden müssen.
- Untersuchungen zur statistischen Instationarität von Niederschlägen unter dem Gesichtspunkt einer möglichen anthropogenen Klimaänderungen. Darunter fallen sowohl methodisch-statistische Entwicklungen zur Identifikation von Trends und Sprüngen in Niederschlagszeitreihen als auch zum Umgang mit erkannten Instationaritäten unter Berücksichtigung möglicher physikalischer Ursachen. In diesem Zusammenhang sollten auch die folgenden Fragen beantwortet werden: Wie stark ist der Zusammenhang zwischen Extremniederschlägen und den Zugbahnen von Zyklonen bzw. dem großräumigen atmosphärischen Bedingungen? Gibt es signifikante Änderungen dieser Zugbahnen und deren Auftrittshäufigkeiten?

2. Landschaft als ein hochwasserbestimmender Faktor

Ursache-Wirkungs-Beziehungen

Zu Veränderungen der Hochwassercharakteristika als Folge anthropogener Eingriffe in die Landschaft fehlen vor allem in großen Einzugsgebieten belastbare quantitative Aussagen. Die unkritische Übertragung von Untersuchungsergebnissen aus kleinen Einzugsgebieten und für kleinere und damit häufigere Hochwasserereignissen (z.B. hinsichtlich der Bewertung der urbanen Einflüsse oder der Landschaftsretention) auf große Flussgebiete und seltene Ereignisse erweist sich für die objektive Diskussion der Hochwasserprobleme zunehmend als hinderlich. Vermutlich kann durch Maßnahmen in der Landschaft die Gefährdung durch kleine und lokal begrenzte Hochwasser signifikant reduziert werden, große Ereignisse können durch derartige Maßnahmen jedoch nur wenig beeinflusst werden. In Hinblick auf die Landschaft als hochwasserbeeinflussender Faktor wird deshalb folgender Forschungsbedarf gesehen:

- Analyse der Skalenprobleme von hochwasserauslösenden und –beeinflussenden Faktoren (z.B. durch detaillierte Analyse der Ursache-Wirkungsbeziehung in der Hochwassergenese in genesteten Einzugsgebieten). Infolge der Skalenabhängigkeit der Prozesse der Hochwasserentstehung ist es erforderlich, die neuen Möglichkeiten zur Verwendung flächenverteilter Informationen stärker mit Fehlerbetrachtungen dieser Daten zu verknüpfen.
- Ermittlung der Grenzen von Maßnahmen zur Steigerung des Retentionsvermögens in der Landschaft in Abhängigkeit von der Raumskala und der Größe der betrachteten Hochwasserereignisse.
- Weiterentwicklung von effizienten kleinräumigen Maßnahmen zur Abflussreduzierung in kleinen Einzugsgebieten (insbesondere in Ortslagen);
- Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Beurteilung der Vorfeuchteverhältnisse (Verdunstungsbeiträge) in Abhängigkeit von Landnutzung, Boden, Relief und Witterung.

Hochwasser und Grundwasser

Hochwasser haben einen erheblichen Einfluss auf den Grundwasserkörper im Auen- und angrenzenden Talbereich. Insbesondere für Anwendungen im urbanen Ballungsräumen ergibt sich daraus folgender Forschungsbedarf:

- Verbesserung der Grundwasserströmungsmodellierung durch Kopplung von Modellansätzen für Oberflächenwasserströmung, Strömung in der oberen, technogenen Zone und Grundwasserströmungen im Hauptgrundwasserleiter.
- Quantifizierung des Einflusses der anthropogen geprägten Bodenzone auf die Entwicklung von Grundwasserständen während und nach extremen Niederschlags- und Hochwasserereignissen.
- Verbesserung der Vorhersagemöglichkeiten für das Ansteigen und das Abklingen von Grundwasserständen nach extremen Niederschlags- und Hochwasserereignissen.

Landschaftsbezogene Hochwasserpotenziale

Hochwasser und Hochwassergefährdung müssen landschaftsbezogen gesehen und behandelt werden. Hier sollten die regionalspezifischen Ursachen und Ausprägungen von Hochwasserereignissen unter Bezug auf die naturräumliche Struktur der Landschaft und die meteorologischen Ursachen im Sinne einer regionalisierten Typologie von Hochwassern betrachtet werden. Eine derartige Analyse der naturräumlichen Hochwasserentstehung im überregionalen Maßstab wäre eine sinnvolle Ergänzung des KOSTRA-Atlas und würde vielfältige Möglichkeiten zur Differenzierung zwischen klimatisch und geographisch bedingten Einflussfaktoren auf die Hochwasserentstehung bieten. Diese Untersuchungen werden benötigt, um das hydrologische Hochwasserrisiko großräumig vergleichend zu bewerten. Forschungsbedarf besteht dabei in folgenden Bereichen:

- Statistische Aufbereitung der Hochwasserabflussdaten und Entwicklung eines national einheitlichen deutschen Regionalisierungsansatzes (vgl. z.B. Flood Studies Report in Großbritannien) sowie Ableitung weitergehender Konventionen zur Abschätzung von Extremereignissen.
- Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen für die regionalspezifische Wahrscheinlichkeit des Auftretens extremer Niederschläge unter besonderer Berücksichtigung von Skaleneffekten und der Heterogenität der Hochwasserentstehung in großen Einzugsgebieten
- Ausweisung besonders hochwassergefährdeter Gebiete auf der Grundlage der Analyse der Hochwassergenese, d.h. unter Berücksichtigung hochwasserrelevanter Faktoren wie Relief, Bodeneigenschaften, hochwasserauslösende Niederschlagsereignisse, Siedlungsstruktur, Landschafts-genese.
- Beurteilung der Wirkung des ökologischen Zustandes (insbesondere der Vegetation) der Einzugsgebiete auf die Hochwasserbildung. Hier fehlen insbesondere belastbare Aussagen für die quantitative Bewertung und Bilanzierung dieses Einflusses auf die Abflussbildung, die Abflussreduzierung und die Abflussretention im Einzugsgebiet.

3. Hochwasser in Fließgewässern

Die Wirkung der Fließgewässer ist maßgebend für den räumlichen und zeitlichen Ablauf der Hochwasserereignisse. Gleichzeitig sind Fließgewässer und deren Auenbereiche ökologisch wertvoller Lebensraum, Kultur- und Wirtschaftsfaktor, sowie menschlicher Siedlungsraum. Die Belastbarkeit unserer Flüsse ist generell zu überprüfen. Dabei ist die Hochwasserabführung in Bezug zu konkurrierenden Interessen (z.B. Schiffbarmachung, Landnutzung, Ökologie) zu setzen. Folgende Fragen stellen sich: Wie wirkt sich Hochwasser auf das Verhältnis dieser Aspekte untereinander aus und wie verändert sich dadurch indirekt auch das Schadenspotential?

Zur Beantwortung dieser Frage besteht der folgende Forschungsbedarf:

- Untersuchungen zur Ermittlung von Veränderungen von Lauf und Morphologie der Fließgewässer durch Feststofftransport bei Extremhochwasserereignissen in der fließenden Welle (Erosions- und Geschiebeproblematik).

- Quantifizierung der Auswirkungen von Umsetzungen ökologisch orientierter Leitbilder (EU-Wasserrahmenrichtlinie) mit ihren Veränderungen der geomorphologischen, strukturellen und biozönotischen Zustände der Fließgewässer auf den Hochwasserablauf.
- Weiterentwicklung hydraulischer Modellansätze zur Beschreibung morphodynamischer Prozesse unter sämtlichen Abflusszuständen. Die vorhandenen hydraulischen Ansätze sind einerseits zu detailliert für eine langfristige Betrachtung in der räumlichen Skala von Flussgebietseinheiten und berücksichtigen andererseits nicht ausreichend die notwendigen biotischen und abiotischen Einflussgrößen naturnaher Gewässer.
- Untersuchung der Einflüsse von Hochwasser auf die ökomorphologischen Strukturen, die Strukturierung der Lebensgemeinschaften und die natürliche Fließgewässerentwicklung. Es sollte u.a. ausgewiesen werden, inwieweit *extreme* Hochwasser für eine nachhaltige Entwicklung der Lebensgemeinschaften an und in Fließgewässern notwendig sind.
- Abschätzung des Freisetzungspotentials von gelösten und partikulär gebundenen Nähr- und Schadstoffen im Fluss- und Überflutungsbereich bei Hochwasserereignissen sowie Bilanzierungen, Simulationen und Modellierung von Schadstoffverteilungen und deren Transport bei Hochwasserereignissen zur Bewertung der Schadstoffgefährdungspotentiale für Überflutungsflächen und deren langfristigen Nutzungen.

4. Hochwasservorsorge

Benötigt werden Rahmenkonzepte für den Hochwasserschutz großer Flussgebiete, in denen alle Aktionen und ihre Folgen mit ihren Wechselwirkungen als Bestandteile eines integralen Risikomanagements quantifiziert werden. Die Belange der Hochwasservorsorge erfordern allgemein anwendbare Methoden und Instrumentarien zur großflächig koordinierten Planung und Durchführung von Maßnahmen in Flussgebieten. Hochwasserschutz muss dabei als eine mehrstufige Aufgabe des Risikomanagements verstanden werden. Bei seltenen extremen Hochwassern sind andere Schutzmaßnahmen maßgebend als bei häufigeren kleineren Ereignissen, bei denen ein Teilschutz eher akzeptiert werden kann. Extreme, großräumig ablaufende Hochwasserereignisse, aus denen sich ein besonders hohes Gefährdungspotential infolge der kumulativen Schädigungen großer Regionen ergibt, werden in der Planung zu wenig berücksichtigt. Der Forschungsbedarf umfasst deshalb folgende Gesichtspunkte:

- Bereitstellung von Aussagen zum Hochwasserrisiko bei Ereignissen mit sehr kleinen Eintretenswahrscheinlichkeiten bis hin zum wahrscheinlich größten Hochwasser (PMF) als Teil der Gefährdungsanalyse. Neben den Niederschlagsaspekten (MGN etc.) werden hierzu Methoden zur Transformation extremer bzw. maximierter Niederschläge in Abflüsse, Wasserstände und Überflutungsflächen benötigt. Die Transformation von Wahrscheinlichkeitsaussagen des Niederschlages in Wahrscheinlichkeitsaussagen des Abflusses ist in Deutschland noch nicht quantifiziert worden. Sie erfordert eine Berücksichtigung des stochastischen Charakters der Abflussbereitschaft des jeweiligen Einzugsgebietes.
- Gefährdungsanalysen zur Erfassung und Charakterisierung von hochwasserinduzierten Schadstofffreisetzungen (z.B. aus Schadstofflagern, Deponien u.a.m.).
- Aussagen zur Beeinträchtigung des chemischen Zustandes von Grundwasserkörpern durch Hochwasser und dessen Sekundärwirkungen (Kanalbrüche, Ausfall von Klär-

werken, Elution von Deponien, Beeinträchtigung der öffentlichen Trinkwasserversorgung u.ä.m.).

- Ermittlung des Restrisikos baulicher Hochwasservorsorge. Im Mittelpunkt der technischen Hochwasservorsorge stehen Fragen der wasserbaulichen Bemessung, d.h. der Festlegung des Hochwasserschutzgrades. Hierzu besteht im sozioökonomischen Bereich Forschungsbedarf für Erweiterungen von Schadensfunktionen, die eine Einbeziehung indirekter Hochwasserfolgen und –kosten (z.B. Produktions- und Arbeitsausfälle, Krankheit, Abwanderung) beinhalten. Die momentan verfügbaren Daten und Methoden zur Schadensabschätzung sind hier unbefriedigend und durch große Unsicherheiten gekennzeichnet. Sie beschränken sich im allgemeinen nur auf direkte monetäre Schäden, die in Abhängigkeit von Objektnutzung und Überflutungshöhe ermittelt werden.
- Entwicklung von multikriteriellen Bewertungs- und Entscheidungsunterstützungsmethoden zur flussgebietsbezogenen Festlegung des Hochwasserschutzgrades. Hierzu sind insbesondere nichttechnische, technische (stationär / mobil) und private Hochwasserschutzmaßnahmen in die Entscheidungsfindung einzubeziehen. Benötigt werden Ansätze, um schadensbeeinflussende Aspekte (Warnung, Vorhersage, Reaktionen der Betroffenen usw.) berücksichtigen zu können.
- Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen der Wahrnehmung und Handhabung des Risikos auf unterschiedlichen Ebenen (z.B. differenziert nach Bürger, Gemeinde, Land). Hier sind insbesondere die sich ergebenden Konsequenzen für die Hochwasserschutzplanung aufzuzeigen, da das Gefahrenbewusstsein und die Reaktionen der Betroffenen auf das Risiko auch das Potential zur Schadensminderung bestimmen.
- Vorgaben zur Entwicklung integrierter Strategien, die ordnungsrechtliche, planerische, ökonomische und informatorische Instrumente des Hochwasserschutzes in Abhängigkeit von regionalen sozioökonomischen Rahmenbedingungen berücksichtigen. Die Umsetzung dieser Forschungsergebnisse erfordert die Berücksichtigung der Sichtweisen der beteiligten Akteure und Interessensvertreter (Stakeholder). Hierzu zählen Kommunen, Fachbehörden, Unternehmen, NGO's, Bevölkerung u. a.. Die Akteurs- und Stakeholder-Analyse stellt eine wesentliche Grundlage für die Implementierung von Forschungsergebnissen auf der Grundlage verbesserter Kommunikation zwischen Wissenschaft und Anwendern dar.

5. Hochwasserwarnung, -vorhersage und -abwehr

Die Aktivitäten zur Einflussnahme auf ein ablaufendes Hochwasserereignis (Steuerung) und zur Schadensminderung und -abwehr erfordern die Verbesserung der Hochwasserwarnungen und -vorhersagen. Es werden flussgebietspezifische Warnsysteme benötigt, die robust, wirksam und kosteneffizient sind. Insbesondere besteht Forschungsbedarf in den folgenden Bereichen:

- Ermittlung der Unsicherheit in der Charakterisierung der Abflussbereitschaft von Einzugsgebieten bei extremen Niederschlägen und in Abhängigkeit von der Vorhersagegenauigkeit des Niederschlages.

- Entwicklung wissenschaftlicher Grundlagen für lokale angepasste Informationssysteme und –verfahren zur Gewinnung und Aufarbeitung von hochwasservorhersagerelevanten Informationen.
- Bewertung der Vorhersageunsicherheit in Abhängigkeit von den verfügbaren Messwerten und deren Güte.
- Bereitstellung von Hochwasservorhersagemodelle bei Vereisung und Eistrieb.
- Verbesserungen in der Planung und Steuerung von Hochwasserrückhaltesystemen. Insbesondere sollten die Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung von Frühwarnungen mit zeitabhängiger Unsicherheit ebenso berücksichtigt werden wie unterschiedliche Interessenlagen (z.B. Oberlieger – Unterlieger).
- Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen für ein verbessertes Poldermanagement unter Beachtung wassergütwirtschaftlicher Probleme (z.B. Nährstofflösung und Sauerstoffzehrung aus und in landwirtschaftlich (und anders) genutzten Böden).

Notwendigkeit

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsdefizite und –themen stehen neben operationellen und organisatorischen Mängeln und Aufgaben, die für einen nachhaltigen Hochwasserschutz in Deutschland bewältigt werden müssen. Die Ergebnisse von anwendungsbezogenen Forschungen und Entwicklungen stellen die Grundlage für praxisgerechte Problemlösungen im Vollzug dar. Unter Verweis auf Vollzugsdefizite kann man unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit nicht auf Anstrengungen zum grundlegenden, dabei aber praxisorientierten wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn verzichten oder diesen vertagen. Die Erfahrungen der letzten Jahre und insbesondere des Augusthochwassers 2002 zeigen, welche Schwachstellen und Erkenntnisdefizite dem nachhaltigen Hochwasserschutz entgegenstehen. Statt Klagen, Anklagen und Aktionismus, die nach dem Augusthochwasser vielfältig geäußert wurden, sollen diese Empfehlungen der fokussierten Bewusstseinsbildung und dem Wissenstransfer (national, international) dienen. Die skizzierten Forschungsbereiche werden gegenwärtig für Deutschland als besonders dringend angesehen, da hier sowohl Defizite zu internationalen Entwicklungen als auch in Hinblick auf neue Anforderungen eines Paradigmenwechsels vom Sicherheitsmanagement zum Risikomanagement bestehen. Sie sind gezielt in den einzelnen Teilbereichen zu bündeln und national zu koordinieren.

Besonderer Dank gilt der großen Zahl von Fachkollegen aus Wissenschaft und Praxis, die sich durch Anregungen und Stellungnahmen an der Erarbeitung dieser Empfehlung beteiligt haben.

i.V. gez.

A. Schumann, Bochum

DFG-Senatskommission für Wasserforschung
und Wissenschaftlicher Beirat des
Nationalkomitees für das IHP-OHP

H.-B. Kleeberg, München

Wissenschaftlicher Beirat des
Nationalkomitees für das IHP-OHP und
Fachgemeinschaft „Hydrologische
Wissenschaften“ in der ATV-DVWK