



**WAS SIE ÜBER
VORSORGENDEN
HOCHWASSERSCHUTZ
WISSEN SOLLTEN**

Impressum

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06844 Dessau
Telefax: (0340) 21 03 22 85

E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Redaktion: Fachgebiet II 2.1
Corinna Hornemann

Autoren: Corinna Hornemann
Jörg Rechenberg

Gestaltung: Bernd Kreuzer

Druck: Quedlinburg Druck GmbH

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier.

1.	Einleitung	5
2.	Die wichtigsten Informationen - vorab	6
3.	Entstehung von Hochwasser	8
3.1.	Hochwasser sind natürliche Ereignisse	8
3.2.	Hochwasser - vom Menschen verstärkt	10
3.2.1.	Welche Rolle spielt der Klimawandel?	10
3.2.2.	Welche Bedeutung hat die Landnutzung?	12
3.2.3.	Veränderungen der Gewässerstruktur, Verlust an Retentionsraum	14
3.3.	Wie oft können Hochwasser auftreten?	17
4.	Schäden durch Hochwasserereignisse	18
4.1.	Was bedeutet der Begriff Schadenspotenzial?	18
4.2.	Hochwasserereignisse des letzten Jahrzehnts mit besonderer Bedeutung	20
5.	Möglichkeiten des vorsorgenden Hochwasserschutzes	22
5.1.	"Mehr Raum für den Fluss" - Flächenvorsorge zur Schaffung von Retentionsraum	24
5.2.	Siedlungsentwicklung steuern - Schadenspotenziale minimieren	26
5.3.	Hochwasser dezentral zurückhalten	30
5.4.	Flussausbau überprüfen - Schifffahrt umweltfreundlich entwickeln	34
5.5.	Erhöhung des Hochwasserbewusstseins	34
5.5.1.	Überschwemmungsgefährdete Gebiete und Planungsgrundlagen	35
5.5.2.	Hochwasserkarten	35
5.5.3.	Hochwasservorhersage und -warnung	36
5.5.4.	Versicherung von Hochwasserschäden	37
5.6.	Technischer Hochwasserschutz	38
5.7.	Länderübergreifende Aktionspläne - Europäische Zusammenarbeit	39

6.	Zukunftsaufgaben	41
6.1.	Das Hochwasseraktionsprogramm der Europäischen Union	41
6.2.	Synergien zwischen Hochwasserschutz und EG-Wasserrahmenrichtlinie	41
6.3.	Entwicklung und Einsatz ökonomischer Instrumente	43
6.4.	Risikokommunikation und Elementarschadenspflichtversicherung	44
6.5.	Anpassung an den Klimawandel	45
7.	Weiterführende Links (Auswahl)	46
8.	Verwendete Literatur	48

1. EINLEITUNG

Hochwasser ist ein natürliches Ereignis im jahreszeitlichen Abflussrhythmus der Flüsse. Wir Menschen nehmen aber dennoch Einfluss darauf. Mit der Gestaltung unserer Umgebung wirken wir auf die Entstehung und den Verlauf von Hochwasserereignissen, und wir häufen Werte in Gebieten an, die ehemals den Flüssen als Überschwemmungsflächen zur Verfügung standen. Trifft ein Hochwasser auf diese Siedlungen oder Industriegebiete, so kann es sehr hohe Schäden verursachen.

Im August 2005 gab es wieder mehrere Millionen Euro Schäden im Süden Deutschlands durch Hochwasser. Betroffen waren die Einzugsgebiete der Flüsse Isar, Lech, Iller und Inn. Auch in diesem Jahr erhöhte sich zu Beginn des Frühlings die Hochwassergefahr vor allem wegen der Schneeschmelze und der noch gefrorenen Böden, so dass aller Niederschlag direkt in die Flüsse und Seen gelangt.

Seit Jahrhunderten kennen Menschen die Gefährlichkeit von Hochwassern, doch häufig liegen mehrere Jahrzehnte zwischen den Ereignissen, so dass das Gelernte und Erfahrene in Vergessenheit gerät. Mit der dieser Broschüre möchte das Umweltbundesamt dem entgegen wirken. Sie vermittelt grundlegendes Wissen zur Entstehung von Hochwasser und informiert über die Möglichkeiten des vorbeugenden Hochwasserschutzes auch für jeden Einzelnen.

Im Mai 2005 trat das Hochwasserschutzgesetz des Bundes in Kraft. Diese Broschüre erklärt die wesentlichen Inhalte des Hochwasserschutzgesetzes und spricht aber auch die Herausforderungen der Zukunft an, z.B. die Wirkungen des Klimawandels auf die Wahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen. Es ist jetzt in erster Linie Aufgabe der verfassungsrechtlich dafür zuständigen Bundesländer die Rahmenregelungen des Bundes auszufüllen und in die Praxis umzusetzen. Wichtige Vorarbeiten haben die Bundesländer bereits eingeleitet ¹⁾. Auch wenn nach Übernahme des Hochwasserschutzgesetzes in die Landesgesetze und Anwendung der neuen Regelungen die Rahmenbedingungen für Vorsorgemaßnahmen deutlich verbessert wurden, steht und fällt eine effektive Hochwasservorsorge mit der Unterstützung der betroffenen Bürgerinnen und Bürger. Es bleibt jeder Einzelne verantwortlich für seinen Schutz und den Schutz seines Eigentums. Deshalb ist es sinnvoll, neben einer besseren Risikokommunikation zukünftig auch ökonomische Instrumente anzuwenden, wie z.B. eine Pflichtversicherung für Elementarschäden.

¹⁾ Z.B. LAWA - Empfehlungen "Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz"

2. DIE WICHTIGSTEN INFORMATIONEN - VORAB

Hochwasser sind natürliche Ereignisse. Die Entstehung von Hochwasser hängt von der Stärke des Niederschlags, den Eigenschaften des Einzugsgebietes und den Besonderheiten des Flusses ab.

Wir müssen uns darauf einstellen, dass es infolge des Klimawandels in Deutschland in Zukunft häufiger zu Hochwassern kommen kann.

Durch Eindeichungen und andere Flussausbaumaßnahmen sind natürliche Überschwemmungsgebiete weggefallen. Die Flussläufe sind verkürzt worden. Die Fließgeschwindigkeit der Flüsse hat dadurch zugenommen. Der Abfluss vieler Zuflüsse konzentriert sich schneller in einem Flussbett. Dadurch haben sich die Laufzeiten der Hochwasserwellen reduziert: Sie sind heutzutage erheblich steiler, und es fließt in kürzerer Zeit mehr Wasser ab - die Gefahr der Schäden durch Hochwasser steigt.

Schäden - zum Teil katastrophalen Ausmaßes - richten Hochwasser an, wenn sie auf menschliche Siedlungen treffen.

Unter dem Begriff Schadenspotenzial versteht man die Werte in hochwassergefährdeten Gebieten, die durch ein Hochwasser geschädigt werden können.

Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten ist ein zentraler Bestandteil eines vorbeugenden Hochwasserschutzes. So können Retentionsflächen zur Ausbreitung von Überschwemmungen erhalten und die Schäden bei Hochwasser reduziert werden. Das neue Hochwasserschutzgesetz schafft hier verbindliche Regeln über die Grenzen der Bundesländer hinweg.

Gefährdete Flächen nicht zu bebauen, ist das wirksamste Mittel, um Schäden bei einem Hochwasser zu verhindern. Wo dennoch in Überschwemmungsgebieten gebaut wird, sollte auf eine angepasste Bauweise geachtet und möglichst auf Ölheizungen verzichtet werden.

Mit der Regenwasserversickerung, der Entsiegelung von Flächen und einer standortangepassten Land- und Forstwirtschaft, lässt sich das Wasserspeichervermögens des Bodens verbessern und so Wasser in der Fläche zurückhalten. Das wirkt sich insbesondere in kleinen Einzugsgebieten und bei kleinen Hochwassern positiv, also vermindernd, auf das Entstehen von Hochwasser aus.

Damit diejenigen, bei denen die Schäden unmittelbar entstehen können, ihren Beitrag zur Schadensreduzierung leisten können, sind eine umfassende Information und Kommunikation der Hochwasserrisiken und eine stärkere Eigenvorsorge erforderlich.

Der technische Hochwasserschutz, vor allem der Deichbau, ist fester Bestandteil einer umfassenden Hochwasservorsorge. Aber man muss sich darüber im Klaren sein: Tritt ein Hochwasser ein, das die technischen Bauwerke überfordert, so können hohe Schäden entstehen. Dieses Restrisiko bleibt.

Die Kooperation im ganzen Flusseinzugsgebiet ist eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen vorsorgenden Hochwasserschutz.

Die Einführung von Instrumenten zur Stärkung der Eigenverantwortung und eine Berücksichtigung des Klimawandels - sind einige der Herausforderungen für den Hochwasserschutz in den kommenden Jahren - in Deutschland und in der Europäischen Union. Es gilt, das Bewusstsein in der Bevölkerung für die Gefahren durch Hochwasser zu stärken.

3. ENTSTEHUNG VON HOCHWASSER

3.1. Hochwasser sind natürliche Ereignisse

Hochwasser sind natürliche Ereignisse. Regelmäßige Hochwasser haben eine wichtige ökologische Funktion. Die Tiere und Pflanzen in natürlichen Flussauen haben sich an den Wechsel zwischen Überflutung und Austrocknung angepasst. Sie benötigen die Vielfalt der Lebensräume, die durch die Änderung des Wasserstandes im jahreszeitlichen Rhythmus hervorgerufen wird. Wie Hochwasser entstehen und wie sie sich ausbreiten, hängt von einem komplexen Zusammenspiel verschiedener Faktoren ab. Hochwasser bilden sich als Folge langer, großflächiger Dauerregen oder kurzzeitiger, kräftiger Starkniederschläge.

Trifft der Regen auf die Erdoberfläche, versickert ein Teil in den Boden, wird dort zwischengespeichert und trägt zur Entstehung von Grundwasser bei. Ein weiterer Anteil verdunstet direkt und der Rest fließt über die Bodenoberfläche als Oberflächenabfluss in die Gewässer.

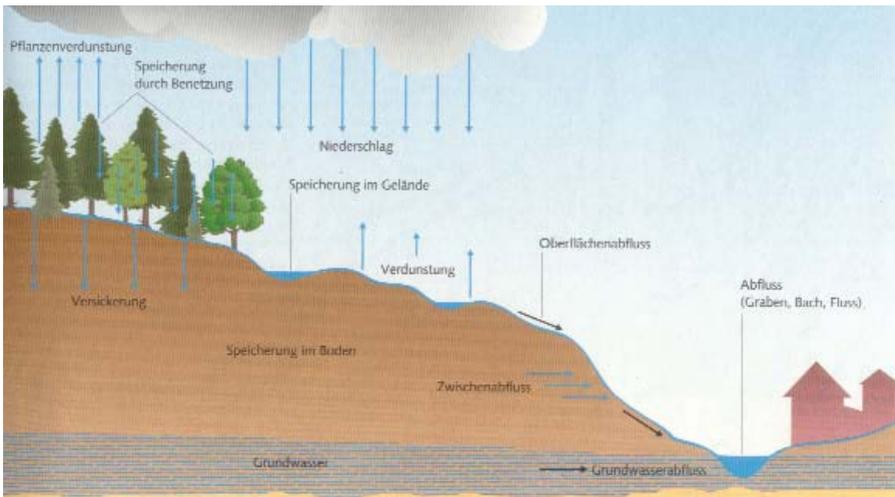


Abbildung 1: Die Entstehung von oberflächlichem Abfluss

[Quelle: <http://www.wwa-bt.bayern.de/gewaesser/wasserbau/hochwasserschutz/>]

Welche Menge des Niederschlags versickert, hängt von den Eigenschaften des Bodens im Einzugsgebiet des Flusses ab: Ist dieser - vergleichbar einem voll gesaugten Schwamm - mit Wasser gesättigt, weil es bereits seit Tagen regnet, oder aber der Boden ist gefroren, fließt fast der gesamte Niederschlag in die Bäche, Flüsse und Seen.

Lange, großflächige Dauerregen - möglicherweise in Verbindung mit einer Schneeschmelze - lassen den Wasserstand in großen Flüssen steigen, da dort das Wasser aus vielen Nebenflüssen und -bächen des Einzugsgebietes zusammenströmt. Die Größe des Flussbettes bestimmt dabei, welche Wassermenge das Gewässer aufnehmen kann. Erst wenn dieses Volumen ausgeschöpft ist, tritt der Fluss über seine Ufer: Es kommt zu Überschwemmungen. Die Hochwasserwelle fließt langsamer und flacher ab, je mehr Platz der Fluss zum Ausuferern hat.



Abbildung 2: Hochwasser 2002 - Wesenstein, Zerstörungen durch Sturzflut
[Foto: Landestalsperrenverwaltung Sachsen]

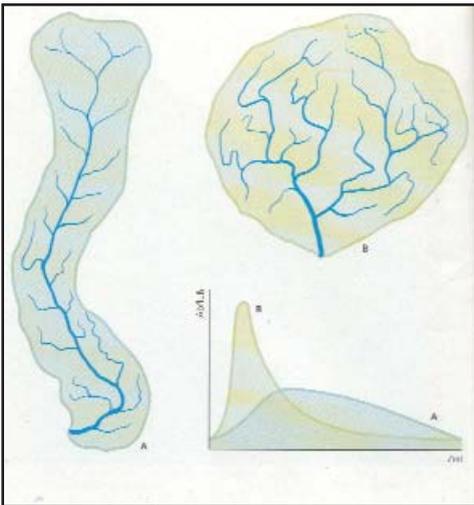


Abbildung 3: Wirkung der Gestalt des Einzugsgebietes auf die Hochwasserwelle

[Quelle: <http://www.wwa-bt.bayern.de/gewaesser/wasserbau/hochwasserschutz/>]

Im Winter ist die Hochwassergefahr dadurch oft erhöht, dass auf den Gewässern treibende Eisschollen sich z.B. an Brücken verkeilen und so das Wasser im Fluss aufstauen. Fällt Regen auf gefrorenen Boden, kann dieser nicht versickern und verschärft die Hochwassergefahr zusätzlich.

Örtlich begrenzte Starkregen - oft in der Kombination mit Gewittern -, sorgen häufig in kleinen Flusseinzugsgebieten dafür, dass kleine Bäche und Flüsse in kurzer Zeit anschwellen. Sie entwickeln sich unter Umständen in diesen Gebieten zu Sturzfluten mit großer Zerstörungskraft. (vgl. Abbildung 2).

Wichtig für die Gestalt der Hochwasserwellen ist die Beschaffen-

heit des Einzugsgebietes eines Flusses. Hat das Einzugsgebiet eine runde Form, läuft das Wasser aus allen Teilen gleichzeitig zusammen. Es bildet sich eine kurze und sehr steile Hochwasserwelle. Im Gegensatz dazu fließt das Wasser aus lang gestreckten Einzugsgebieten in einer flachen, anhaltenden Welle ab (vgl. Abbildung 3).

Hochwasser sind natürliche Ereignisse. Die Entstehung von Hochwasser hängt von der Stärke des Niederschlags, den Eigenschaften des Einzugsgebietes und den Besonderheiten des Flusses ab.

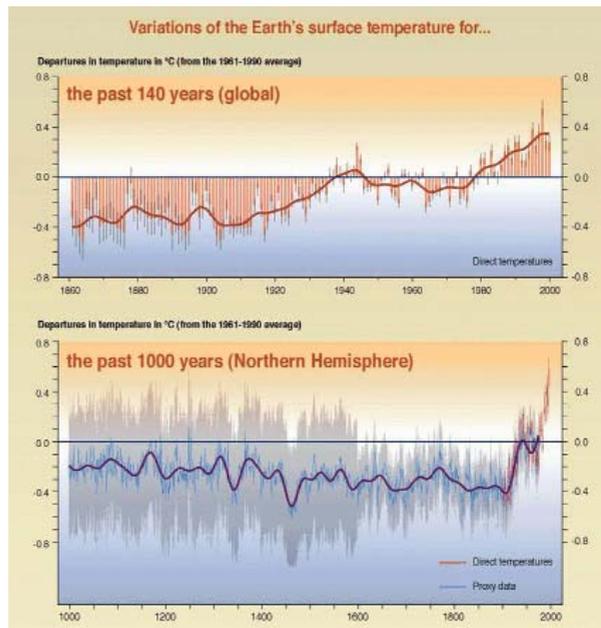
3.2. Hochwasser - vom Menschen verstärkt

Obwohl Hochwasser ein natürliches Ereignis ist, beeinflusst der Mensch, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Hochwasser eintritt, wie es verläuft und welches Ausmaß seine Folgen annehmen.

3.2.1. Welche Rolle spielt der Klimawandel?

Die Nutzung fossiler Energieträger - wie Kohle, Öl oder Gas - durch den Menschen hat in den vergangenen Jahrzehnten dazu geführt, dass der Ausstoß des klimaschädlichen Kohlendioxid (CO_2) und anderer Klimagase spürbar zunahm. Die daraus resultierende Temperaturerhöhung auf der Erde (vgl. Abbildung 4) führt dazu, dass sich der Wasserkreislauf intensiviert und beschleunigt. Denn: Je höher die Temperatur in der Atmosphäre desto mehr Was-

Abbildung 4:
Abweichung der globalen Temperatur (oben) und der Temperatur der nördlichen Halbkugel (unten) von der durchschnittlichen Temperatur der Jahre 1961-1990
[Quelle: IPCC, 2001]



ser kann verdunsten und erneut als Niederschlag fallen. Dabei ist die Veränderung des Niederschlags nicht gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt. Besonders im Winter nehmen die Niederschläge zu, während sie im Sommer leicht zurückgehen. Regnet es mehr, steigt die Hochwassergefahr. Hier spielen extreme Regenereignisse eine besondere Rolle. Derartige Niederschlagsereignisse zeigen im Winter vor allem im Westen Deutschlands eine zunehmende Tendenz [1].

Untersuchungen für Deutschland zeigen einen Temperaturanstieg von 0,8 Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) im Zeitraum 1901- 2003. Insbesondere die Zunahme der Sommertemperaturen - seit 1955 um $0,9^{\circ}\text{C}$ - erhöht die durchschnittlichen Jahrestemperaturen deutlich. [2].

Für den Niederschlag stellt sich die Situation in Deutschland folgendermaßen dar: Im westlichen Teil sind Niederschläge von durchschnittlich 650 - 1500 Millimeter (mm), im östlichen Teil - außer in den Mittelgebirgen - hingegen von nur 450 - 650 mm üblich. Die Mittelwerte des Jahresniederschlages zeigen zwischen 1896 und 1995 im Westen eine signifikante Zunahme von 10 - 20 %. Dieses Plus beim Niederschlag lässt sich insbesondere auf die Zunahme der winterlichen Niederschläge im Westen Deutschlands um 20 - 40 % der Mittelwerte zurückführen. Für denselben Zeitraum zeigt sich in den östlichen Bundesländern bisher kein Trend für die Veränderung der Jahresniederschlagsmengen - lediglich in Sachsen ist eine leichte Abnahme zu erkennen [3]. Soweit die Langzeit-Beobachtung.

Betrachtet man den Trend für Deutschland nur für die Jahre 1966 bis 1995, ist ein Anstieg der mittleren Niederschläge um 10 % bis 50 % in den Herbst- und Wintermonaten zu erkennen. Dieser Niederschlagsrerhöhung steht - mit Ausnahme des äußersten Ostens - eine Abnahme der Niederschläge im Sommer von örtlich bis zu 60 mm - das sind 30 % - gegenüber [3].

Trotz eingeleiteter Maßnahmen zum Schutz des Klimas werden die bisherigen und zukünftigen Emissionen an Treibhausgasen - abhängig vom verwendeten Klimamodell sowie Emissionsszenario - die Temperaturen in Deutschland bis 2080 voraussichtlich um weitere $1,6$ bis $3,6^{\circ}\text{C}$ steigen lassen. Diese Erwärmung dürfte im Südwesten Deutschlands stärker als im Nordosten und im Winter stärker als im Sommer ausfallen. Auch die regionale Verteilung der Niederschläge wird sich wahrscheinlich verändern, wobei Aussagen hierzu noch sehr unsicher sind. Die Winterniederschläge könnten bis 2080 um bis zu 30% steigen, die Sommerniederschläge dagegen um bis zu 30% abnehmen. Neben der Verschiebung des Niederschlages vom Sommer in den Winter wird der Niederschlag voraussichtlich vermehrt als Regen, weniger als Schnee niedergehen. Vor allem im Winter werden Starkniederschläge häufiger und intensiver. Dadurch steigt im Winter und Frühjahr die Hochwassergefahr. Studien zu regionalen Effekten stützen diese Ergebnisse [4,5].

Wie sich die Hochwassergefahr konkret ändert, hängt von den Bedingungen im Einzugsgebiet eines Flusses ab. Sie muss daher für jeden Fluss gesondert untersucht werden. In den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg wurden zum Beispiel die regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasser-

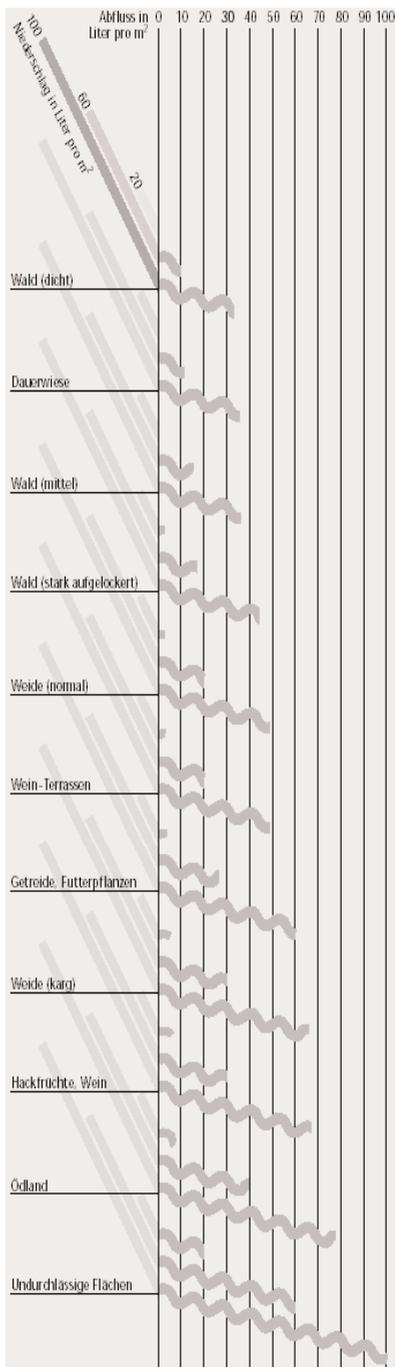
haushalt detailliert untersucht: Kleinere Hochwasser haben in den Wintermonaten in den südlichen Flussgebieten Baden-Württembergs und teilweise Bayerns seit den siebziger Jahren zugenommen. Die Untersuchungen im Einzugsgebiet des Neckars ergaben für das Jahr 2050 eine Zunahme der mittleren Hochwasserabflüsse um ca. 40-50 %. Hochwasser mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von einem Mal in 100 Jahren (vgl. Kap 3.3) erhöhen sich für diesen Untersuchungszeitraum um ca. 15 % [6].

Wir müssen uns darauf einstellen, dass es infolge des Klimawandels in Deutschland in Zukunft häufiger zu Hochwassern kommen kann.

3.2.2. Welche Bedeutung hat die Landnutzung?

Die Landschaft in Deutschland wird immer mehr zersiedelt, die Böden immer mehr verdichtet. Das schränkt die Fähigkeit des Bodens ein, Regenwasser aufzunehmen. Das Wasser fließt an der Bodenoberfläche ab oder gelangt über Drainagen und die Kanalisation in die Bäche und Flüsse. Das Wasser kann nicht in den Boden versickern. Es findet kein oder nur ein eingeschränkter Wasserrückhalt in der Fläche statt.

Abbildung 5:
Abflussbildung in Abhängigkeit der Landnutzung
und der Stärke des Niederschlags
 [Quelle: <http://www.wwabt.bayern.de/gewaesser/wasserbau/hochwasserschutz/>]



Um Flächen für die Landwirtschaft zu schaffen, wurden über viele Jahrzehnte hinweg umfangreiche Maßnahmen zur Bodenverbesserung vorgenommen:

Es erfolgte eine gezielte Entwässerung der Böden beispielsweise durch Drainagen. Dies und die immer intensiver betriebene Landwirtschaft veränderten den Bewuchs und die Bodeneigenschaften. So sickert in einen aufgelockerten Boden das Wasser gut ein. Der Einsatz schwerer Landmaschinen verdichtet den Boden, stört die Bodenstruktur nachhaltig und macht sie dadurch weniger wasser-durchlässig.

Auch der Bewuchs ist für den Wasserrückhalt auf landwirtschaftlichen Flächen von Bedeutung. Eine ganzjährige Bodenbedeckung - etwa durch Dauergrünland - reduziert den Abfluss an der Bodenoberfläche. Der Anbau von Zwischenfrüchten oder die Verwendung von Mulchen, also Pflanzenresten, die auf dem Boden belassen werden, wirken in dieselbe Richtung. Auf forstwirtschaftlich genutzten Flächen ist die Dichte des Waldes für den Wasserrückhalt in diesem Gebiet ausschlaggebend. (vgl. Abbildung 5)

Die seit längerer Zeit zu beobachtende Zunahme der Flächen für Siedlung und Verkehr wirkt sich - abgesehen von den negativen Folgen für Flora und Fauna - auch auf die Entstehung von Hochwasser aus. Es gibt weniger Versickerungsflächen für Regenwasser. Das führt insbesondere in kleinen Einzugsgebieten und bei kleinen Hochwassern zu Schäden. 2004 wurden fast 13% der Bodenfläche

Deutschlands für Siedlungs- und Verkehrszwecke genutzt.

In Ballungsräumen, wie in Innenstädten, kann der Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen bei über 50%, in Einzelfällen beinahe auf 70% ansteigen. In den letzten vier Jahren nahm das Wachstum von Siedlungs- und Verkehrsflächen täglich eine Fläche von 115 Hektar neu in Anspruch, das entspricht in etwa einer Fläche von circa 160 Fußballfeldern [7]. Die Hälfte davon ist - grob gerechnet - versiegelt.



Abbildung 6: Versiegelte Fläche für die Nutzung als Parkplatz [Foto: C. Hornemann, UBA]

Die Art der Bodennutzung durch die Landwirtschaft, der Bewuchs und die Flächenversiegelung für Siedlungen und Verkehr sind vor allem in kleinen Einzugsgebieten und bei kleinen Hochwassern relevante Faktoren, die das Entstehen von Hochwasser beeinflussen.

3.2.3. Veränderungen der Gewässerstruktur, Verlust an Retentionsraum

Über viele Jahrzehnte sind an Deutschlands Flüssen natürliche Überschwemmungsgebiete - so genannte Retentionsräume - verloren gegangen. Kommt es zu einem Hochwasser, so steht damit weniger Fläche zur Verfügung, auf die sich das über die Ufer tretende Wasser ausbreiten kann. Auch veränderte sich das an den jahreszeitlichen Rhythmus angepasste Abflussverhalten der Gewässer - die Fließgeschwindigkeit nahm zu.

Die Gründe hierfür sind: Immer mehr Eindeichungen, damit die Menschen direkt an den Flüssen ihre Häuser bauen können, die Erschließung landwirtschaftlicher Flächen auf fruchtbaren Auenstandorten sowie die Schiffbarmachung der Flüsse. Speziell der Bau von Staustufen verursachte zwangsläufig einen erheblichen Verlust der an zeitweise Überflutungen angepassten und darauf angewiesenen Vegetation in den Auen. So ging seit der durch Wasserbaumeister Johann Gottfried Tulla erstmals verwirklichten großräumigen Rheinbegradigung Mitte des 19. Jahrhunderts bis heute am Oberrhein zwischen Basel und Karlsruhe die Zahl der Auenstandorte wegen des Ausbaus um 87 % zurück. Insgesamt verringerte sich die Überschwemmungsfläche am Oberrhein um 60 % - das sind 130 Quadratkilometer, dies entspricht in etwa der Fläche



Rhein 1838

Quelle: Generallandesarchiv Karlsruhe



Rhein 1872

Quelle: Generallandesarchiv Karlsruhe



Rhein 1980

Quelle: Landesvermessungsamt Stuttgart

Abbildung 7: Veränderung des Rheins durch Ausbaumaßnahmen

der Stadt Dessau [8]. Flussbegradigungen verkürzten die Lauflänge der Flüsse - am Oberrhein um etwa 82 Kilometer, am Niederrhein um etwa 23 Kilometer. Dies beschleunigt den Abfluss des Wassers im Rhein, der Fluss wird - bildlich gesprochen - schneller. Die Konsequenz daraus: Die Fließzeit der Hochwasserwelle im Rhein hat sich beispiels-

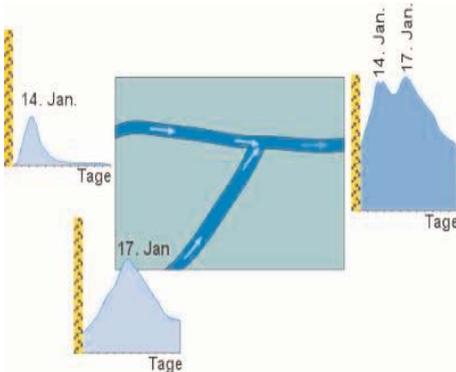


Abbildung 8: Die Hochwasserwelle des Haupt- und des Nebenflusses fließen getrennt ab

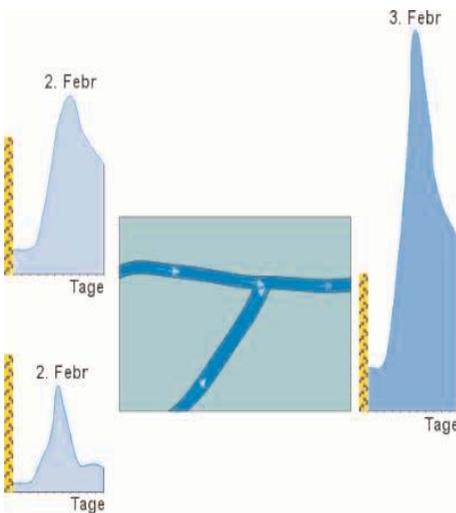


Abbildung 9: Die Hochwasserwelle des Haupt- und Nebenflusses überlagern sich zu einer Welle

[Quelle: <http://www.wwa-bt.bayern.de/gewaesser/wasserbau/hochwasserschutz/>]

welle im Rhein hat sich beispielsweise auf der Strecke Basel/Maxau um 30 Stunden verringert. Als Folge der höheren Fließgeschwindigkeit kommt es zu einer steileren und höheren Hochwasserwelle, zu einer Verschärfung des Hochwassers. Auch an der Donau kann man anhand von Pegelständen quantitativ eine Hochwasserverschärfung durch Eingriffe des Menschen seit 1845 nachweisen. So kam es am Pegel Kehlheim verschiedentlich zu einer Scheitelaufhöhung - also einer Erhöhung des Wasserstandes am höchsten Punkt der Hochwasserwelle - um über 10 % und einer Verkürzung der Fließzeit der Welle um circa 20 Stunden [9].

An der Elbe wurden auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik seit dem 12. Jahrhundert Eindeichungen vorgenommen, so dass von der früher 6.172 Quadratkilometer großen Überschwemmungsfläche heute lediglich noch ein Gebiet von 838 Quadratkilometern für den Rückhalt von Hochwasser übrig geblieben ist. Verknüpft mit dem Rückgang der Überschwemmungsflächen um rund 86 % sind ein geringerer Wasser-rückhalt in der Aue und somit auch ein Verlust der typischen Auenvegetation. Gleichzeitig führte an der Elbe die Verkürzung der Lauflänge um 55 Kilometer auf dem Gebiet der Tschechischen Republik sowie effektiv 20 Kilometer in Deutschland durch das Abtrennen von Flussbögen zu einer höheren Fließgeschwindigkeit der Hochwasserwelle [10]. Mit dem Abschneiden der

Auen und Altarme stehen den Flüssen heute nicht mehr die gleichen Gebiete zur Ausdehnung bei Hochwasser zur Verfügung wie früher.

Da in Deutschland nicht nur große Flüsse, sondern auch Nebenflüsse und kleinere Fließgewässer im Einzugsgebiet ausgebaut wurden, kann es zusätzlich zu ungünstigen Überlagerungen der Hochwasserwelle im Hauptfluss mit den Hochwasserwellen aus den Nebenflüssen kommen (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 9).

Durch Eindeichungen und andere Flussausbaumaßnahmen sind natürliche Überschwemmungsgebiete weggefallen. Die Flussläufe sind verkürzt worden. Die Fließgeschwindigkeit der Flüsse hat dadurch zugenommen. Der Abfluss vieler Zuflüsse konzentriert sich schneller in einem Flussbett. Dadurch haben sich die Laufzeiten der Hochwasserwellen reduziert: Sie sind heutzutage erheblich steiler, und es fließt in kürzerer Zeit mehr Wasser ab - die Gefahr der Schäden durch Hochwasser steigt.

3.3. Wie oft können Hochwasser auftreten?

Hochwasser werden in "häufig auftretende Ereignisse" - zum Beispiel jedes oder alle fünf Jahre - und "seltene Ereignisse" - zum Beispiel einmal in 100 Jahren unterschieden. Seltene Hochwasserereignisse sind durch hohe Durchflussmengen und hohe Wasserstände gekennzeichnet. Es können Flächen überflutet werden, die "normalerweise" nicht von Hochwasser betroffen sind. Die Unterscheidung der Hochwasser nach einer bestimmten Jährlichkeit basiert auf statistischen Auswertungen der Abflüsse eines Flusses, die man über viele Jahre und Jahrzehnte hinweg beobachtete. Der Begriff "Jährlichkeit" beschreibt die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Hochwasserereignisses mit dazugehörigem Wasserstand und Durchflussmenge.

Der Begriff "Jährlichkeit" wird in der Öffentlichkeit häufig falsch interpretiert. Hochwasserbetroffene verknüpfen ihn oft mit der Annahme, dass ein Hochwasser mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren in Abständen von 100 Jahren auftritt. Tatsächlich liegt der "Jährlichkeit" aber eine Wahr-



Abbildung 10: Pegelmesslatte zur Bestimmung des Wasserstandes

[Foto: C. Hornemann, UBA]

scheinlichkeitsbetrachtung zugrunde. Es ist daher durchaus möglich, dass statistisch seltene Hochwasserereignisse tatsächlich in deutlich kürzeren Zeitspannen auftreten - so wie es am Rhein 1993 und 1995 der Fall war.

Eine anschaulichere Größe erhält man durch die Beschreibung von Hochwasserereignissen mit Hilfe des Wasserstands. Der Wasserstand, der sich während eines Hochwassers einstellt, ist abhängig von der durchfließenden Wassermenge und dem durchströmten Raum, dem Hochwasser-Abflussprofil. Wird das Abflussprofil durch Ablagerungen oder Bauten verkleinert, erhöht sich - bei gleicher Wassermenge - der Wasserstand. Die Verwendung des Wasserstandes erlaubt die Verknüpfung mit der Höhe bis zu der ein Schutz durch z.B. vorhandene Deichanlagen gewährleistet ist ²⁾.

²⁾ Vgl. <http://www.hochwasserinfo-koeln.de/pegel.php>

4. SCHÄDEN DURCH HOCHWASSEREREIGNISSE

4.1. Was bedeutet der Begriff Schadenspotenzial?

Die Menschen haben die Flüsse immer mehr für ihre Zwecke beansprucht und gleichzeitig ihren natürlichen Lauf und Raum eingeengt. Parallel dazu konzentrierten sie Sachwerte in den ehemaligen Auengebieten und auf den natürlichen Überschwemmungsflächen.

Gebaut wurden teure Wohnhäuser, Industrieanlagen und Verkehrsinfrastruktur. Bei Überschwemmungen nehmen deshalb die Schäden zu - das Schadenspotenzial in diesen Gebieten steigt.

Richtungweisend für die Schätzung von Schadenspotenzialen sind die Arbeiten der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR). Die IKSR veröffentlichte im Jahr 2001 den IKSR - Rheinatlas zur Überschwemmungsgefährdung³⁾ und zu den möglichen Schäden bei einem extremen Hochwasser am Rhein. Der IKSR - Rheinatlas beziffert die auf Überschwemmungsflächen befindlichen Vermögenswerte mit 750 Milliarden Euro. Abhängig von der Höhe der Überschwemmung und der Empfindlichkeit der Bebauung ist, jedoch nur ein bestimmter Anteil dieser Werte von potenziellen Hochwasserschäden betroffen. In der folgenden Tabelle (vgl. Tabelle 1) sind die möglichen Sachschäden an den einzelnen Rheinabschnitten dargestellt. Die Ermittlung legte ein sehr seltenes Hochwasserereignis, bei dem es zu einem Versagen der Schutzeinrichtungen kommen würde, mit einem bisher nicht beobachteten, hohen Wasserstand zugrunde.

Für den Abschnitt des Mittelrheins ist das z.B. der Wasserstand eines 200-jährlichen Hochwasser erhöht um weitere 50 cm. [11]



Abbildung 11: Hochwasserschäden an Bahngleisen und Bundesstrassen

[Foto: Landestalsperrenverwaltung Sachsen (oben), A.Prange, GKSS (unten)]

³⁾ www.iksr.de

Die so ermittelte, mögliche Schadenssumme liegt bei etwa 165 Milliarden Euro für den gesamten Rheinlauf - und das sind lediglich die Sachschäden. Weitere Kosten entstehen bei einem Hochwasser durch den Produktionsausfall in Unternehmen, durch den Einsatz der Feuerwehr und des Katastrophenschutzes sowie durch Schäden an Hochwasserschutzanlagen. Diese und die Kosten für Schäden an den Ökosystemen - zum Beispiel durch den Eintrag wassergefährdender Stoffe - sowie die sozialen Kosten, z.B. für ärztliche Behandlungen betroffener Menschen und den Verlust an Kulturgütern berücksichtigt der IKSR - Rheinatlant nicht.

Rheinabschnitt	Millionen Euro
Hochrhein	38,30
Oberrhein	11.978,00
Mittelrhein	1.687,40
Niederrhein	20.333,00
Rheindelta	130.866,40
Summe	164.903,10

Tabelle 1: Mögliche Sachschäden entlang des Rheins bei einem sehr seltenen Hochwasserereignis [IKSR - Rheinatlant, 2001]

Obwohl der Staat grundsätzlich zur Gefahrenabwehr verpflichtet ist, muss er darauf achten, seine finanziellen Ressourcen gezielt einzusetzen, um möglichst effizient vor Hochwasser zu schützen und die damit verbundenen Schäden zu mindern. Ein einhundertprozentiger Schutz vor Hochwasser ist also nicht bezahlbar. Mit Hilfe von Kosten-Nutzen-Analysen kann man daher die Maßnahmenkosten gegenüber dem erzielten Schutz abwägen (vgl. Kap.6.3). So lassen sich die notwendigen Prioritäten für Maßnahmen zum Schutz gegen Hochwasser sowie zur Höhe des Schutzniveaus entwickeln.

Schäden - zum Teil katastrophalen Ausmaßes - richten Hochwasser an, wenn sie auf menschliche Siedlungen treffen.

Unter dem Begriff Schadenspotenzial versteht man die Werte in hochwassergefährdeten Gebieten, die durch ein Hochwasser geschädigt werden können.

4.2. Hochwasserereignisse des letzten Jahrzehnts mit besonderer Bedeutung

Hochwasser forderten an den Flüssen Deutschlands immer wieder Menschenleben und verursachten große Sachschäden.

Im letzten Drittel des Augusts 2005 verursachten intensive und anhaltende Niederschläge Überschwemmungen vor allem in den Flussgebieten der Isar, des Lechs, der Iller, des Inn und anderen. Eine vorläufige Bilanz geht von Schäden in Höhe von 172 Millionen Euro aus. [14].



Abbildung 12: Dresden im September 1890
[Foto: SLUB - Dresden, Deutsche Fotothek]



Abbildung 13: Dresden im August 2002
[Foto: dpa]

Das Hochwasser an der Elbe und an der Mulde im August 2002 betraf direkt etwa 370.000 Menschen. Es waren 21 Tote zu beklagen. Die Bundesregierung gab zunächst die materiellen Schäden des Hochwassers Ende 2002 mit 9,2 Mrd. € an [12]. Durch eine Nacherhebung der Flutschäden in Sachsen im September 2003 ist diese Summe auf über elf Milliarden Euro für alle betroffenen Bundesländer angestiegen [13]. In Sachsen entstanden 28 % der Schäden an der Wohnbebauung, 23 % der Schäden waren in gewerblichen Unternehmen und 21 % an der kommunalen Infrastruktur - wie Straßen oder öffentliche Gebäude - zu verzeichnen. Darüber hinaus entstanden Schäden an der Infrastruktur anderer Träger sowie in der Land- und Forstwirtschaft.

Im Süden Bayerns gab es während der Pfingsttage 1999 ein großes Hochwasser. Die Abflüsse aus den alpinen Einzugsgebieten in den Oberläufen der Iller, des Lech, der Ammer und der Isar waren extrem hoch. Sie entsprachen teilweise einem 300jährigen Hochwasser. Es entstanden Schäden in Höhe von rund 345 Millionen Euro. [14]

Im Sommer 1997 forderte das Hochwasser im Einzugsgebiet der Oder - also in Polen, Tschechien und Deutschland - insgesamt 74 Tote und verursachte materielle Schäden in Höhe von drei bis vier Milliarden Euro, in Deutschland beliefen sich die Schäden auf etwa 331 Millionen Euro.

Mehrere Milliarden Euro Schäden gab es durch die Hochwasserereignisse an Rhein, Mosel, Saar und Maas in den Jahren 1993 und 1995.



Abbildung 14 Schäden an kommunaler Infrastruktur
[Foto: Medienstelle Anhalt - Zerbst]

5. MÖGLICHKEITEN DES VORSORGENDEN HOCHWASSERSCHUTZES

Die Schäden durch Hochwasser in den vergangenen 10-15 Jahren zeigen, wie notwendig ein vorbeugender und damit nachhaltiger Hochwasserschutz ist. Die bisherigen Erfahrungen machen deutlich, wo die Möglichkeiten, aber auch wo die Grenzen des technischen Hochwasserschutzes liegen, der zum Beispiel auf Maßnahmen wie Deiche und Hochwasserschutzmauern setzt.

Hochwasser und ihre Folgen lassen sich beeinflussen, indem die Hochwasserwelle gedämpft und insgesamt das Schadenspotenzial - etwa durch eine vernünftige Besiedlung an Flüssen - gering gehalten und reduziert wird. Welche Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser letztlich sinnvoll sind, hängt von den jeweiligen Gegebenheiten im Einzugsgebiet eines Flusses ab.

Wichtig bei der Planung der Maßnahmen zum Hochwasserschutz ist, dass erstens Wasserwirtschaft, Regionalplanung, Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft und andere betroffene Gruppen und Bereiche einbezogen werden und zweitens der Hochwasserschutz das gesamte Einzugsgebiet eines Flusses über administrative Grenzen hinaus umfasst. Denn es besteht immer die Gefahr, dass durch eine, an einem Ort gut wirksame Hochwasserschutzmaßnahme, das Hochwasser schnell vorbeigeleitet und die Überschwemmungsgefahr so an die Unterlieger, d.h. die flussabwärts lebenden Menschen, weitergegeben wird. Dies wäre letztlich nur eine Verlagerung des Problems. Daraus ergibt sich auch die besondere Bedeutung der Bundesländer- und auch Staaten übergreifende Zusammenarbeit im Flusseinzugsgebiet. Zum Beispiel sind Hochwasseraktionsprogramme oder Hochwasserschutzpläne gemeinsam zu erarbeiten (vgl. Kap. 5.7).

Eine besondere Rolle kommt der Beteiligung der durch Hochwasser gefährdeten Bürgerinnen und Bürger zu. Diese können zu einer schnelleren Verwirklichung von Hochwasserschutzmaßnahmen beitragen. Über die aktive Beteiligung und Unterstützung von Planungsverfahren haben Bürgerinnen und Bürger viele Möglichkeiten, selbst aktiv zu werden. Die in der politischen Diskussion stehende Beschleunigung der Planungsverfahren von Hochwasserschutzmaßnahmen darf deshalb nicht zu Lasten der Öffentlichkeitsbeteiligung gehen. Entsprechend einer neuen EG - Richtlinie und dem geänderten Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVP-Gesetz) müssen die Behörden bei der Aufstellung von Hochwasserschutzplänen eine Strategische Umweltprüfung, die übergreifend und integriert alle Umweltwirkungen auf Schutzgüter abwägt, durchführen. Diese Prüfung sieht auch eine Einbindung der Öffentlichkeit vor.

Die Verantwortlichkeiten im Hochwasserschutz und in der Hochwasservorsorge sind in Deutschland als föderal organisiertem Staat verteilt. Dem Bund steht die Kompetenz der Rahmengesetzgebung auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft zu. Die Bundesregierung kann also ihren Gesetzesinitiativen für den Hochwasserschutz lediglich den Rahmen abstecken, in dem sich der Hochwasserschutz und

die Hochwasservorsorge bewegen sollen. Der Bund legt so zum Beispiel einheitliche Ziele und Mindestanforderungen für die Gewässerbewirtschaftung fest. Die Länder gestalten die Details durch Gesetze und Verordnungen auf Landesebene. Dadurch liegt die Verantwortung für die Gestaltung detaillierter Strategien und Maßnahmen gegen Hochwasser im Wesentlichen bei den 16 Bundesländern.

Die Verantwortung für einzelne Projekte im Hochwasserschutz kann - abhängig von der der Verteilung der Kompetenzen in den Ländern - bei den Kommunen liegen.

Das Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes

Unter dem Eindruck der Ereignisse des so genannten "Jahrhundert-Hochwassers" an der Elbe und in deren Einzugsgebiet sowie an der Donau im August 2002 legte die Bundesregierung am 15. September 2002 das "Fünf-Punkte-Programm zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes" vor. Die Grundsätze dieses Programms sind:

1. Ein gemeinsames Hochwasserschutzprogramm von Bund und Ländern mit den wichtigen Forderungen nach mehr Raum für Flüsse, dezentralem Hochwasserrückhalt sowie einer gesteuerten Siedlungsentwicklung, um die Schadenspotenziale zu verringern.
2. Flüsse kennen keine Grenzen - Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes sollen daher einzugsgebietsbezogen über Staaten- und Ländergrenzen hinweg entwickelt und ausgeführt werden. Die Erstellung länderübergreifender Aktionspläne ist erforderlich.
3. Die europäische Zusammenarbeit ist zu unterstützen. Sowohl die Entwicklung länderübergreifender Hochwasseraktionspläne als auch die Verstärkung der europäischen Zusammenarbeit tragen zur Solidarität zwischen den Ober- und Unterliegern bei.
4. Die Überprüfung des Flussausbaus und die umweltfreundliche Entwicklung der Schifffahrt.
5. Sofortmaßnahmen, wie die Bereitstellung von Geldern, den beschleunigten Ausbau der Koordinierungsstelle für großflächige Gefährdungslagen, hier insbesondere das Deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem (deNIS), die Unterstützung der bürgerlichen Selbsthilfe durch die Herausgabe von Informationen und Broschüren.

Wesentliche Teile der Grundsätze des "Fünf-Punkte-Programms" übernahm die Bundesregierung in ihren am 3. März 2004 beschlossenen Entwurf eines "Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes" in Gesetzesform. Der Grund für diese Initiative des Bundes: Das Augusthochwasser 2002 hatte nachdrücklich deutlich gemacht, dass der vorbeugende Hochwasserschutz nicht nur einer konsequentere Anwendung und Durchsetzung des geltenden Rechts bedarf. Notwendig war auch eine Fortentwicklung der hochwasserrelevanten Gesetze auf Bundesebene um einheitliche und strengere Vorgaben zu machen. Am 10. Mai 2005 trat das neue Hochwasserschutzgesetz nach intensiven Diskussionen in Kraft.

5.1. "Mehr Raum für den Fluss" - Flächenvorsorge zur Schaffung von Retentionsraum

In den vergangenen Jahrhunderten wurden viele Überschwemmungsflächen durch flussnahe Eindeichungen von den Flüssen abgeschnitten. Damit können sie Hochwasser nicht mehr aufnehmen oder zurückhalten. An der Elbe zum Beispiel gibt es heute nur noch knapp 14 % der natürlichen Überschwemmungsflächen. Eine wichtige Forderung des "Fünf-Punkte-Programms", die auch



© 2002 M. Zebisch TUB/PIK

Abbildung 15 Überschwemmte Flächen entlang der Elbe
[Foto: M. Zebisch, TU-Berlin]

in die Regelungen des Hochwasserschutzgesetzes eingeflossen ist, besteht folgerichtig darin, mehr Raum, also größere Flächen für die Ausuferung von Flüssen bereit zu stellen. Dies ist zum Beispiel mit der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten zu erreichen, also durch die Festlegung von Gebieten, die von bestimmten Nutzungen freizuhalten sind. Dadurch bleiben vorhandene Rückhalteflächen erhalten oder werden sogar zurück gewonnen. Zudem vermindert eine Einschränkung der Nutzungen in Überschwemmungsgebieten (z.B. Neubauverbot) das Schadenspotenzial von Hochwasserereignissen.

Freigehaltene Überflutungsflächen zur Schaffung von mehr Raum für die Flüsse eröffnen auch die Möglichkeit, eine natürliche Auenvegetation wiederanzusiedeln und so einen Beitrag zur Verbesserung der ökologischen Funktionen der Flüsse zu leisten.

Die Ausweisung eines Überschwemmungsgebiets geschieht nicht willkürlich. Sie richtet sich nach den natürlichen Rahmenbedingungen, zum Beispiel den Grenzen der Überschwemmungsfläche eines 100jährigen Hochwassers. Die Ausdehnung des Überschwemmungsgebietes eines 100jährigen Hochwassers hängt dabei von der Form der Erdoberfläche im Einzugsgebiet, der Beschaffenheit des Gewässers sowie der Wassermenge, die ein 100jähriges Hochwasser hat, ab.

Das Hochwasserschutzgesetz definiert dazu:

Als Überschwemmungsgebiete werden, wie bisher auch, die Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern sowie sonstige Gebiete definiert, die bei einem Hochwasser überschwemmt oder durchflossen oder die für die Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden.

Das Gesetz verpflichtet die Länder, bis zum 10. Mai 2012 mindestens jene Gebiete als Überschwemmungsgebiete festzusetzen, in denen ein Hochwasser statistisch einmal in hundert Jahren zu erwarten ist. Für Gebiete mit einem hohen Schadenspotenzial, insbesondere in Siedlungsgebieten, endet die Frist für die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten zwei Jahre vorher - am 10. Mai 2010. Diese Regelung soll zu einer Vereinheitlichung über Ländergrenzen hinaus führen. Bereits in der Vergangenheit haben die Länder an vielen Flüssen Überschwemmungsgebiete festgesetzt. Wenn die Anforderungen des Hochwasserschutzgesetzes durch bestehende Überschwemmungsgebiete erfüllt sind, sind keine neuen Ausweisungen erforderlich.

Das Gesetz sieht vor, dass bei der Festsetzung von Überschwemmungsgebieten die Öffentlichkeit zu informieren und zu beteiligen ist. Zudem sollen die Länder die Gewässer oder Gewässerabschnitte, bei denen größere Schäden durch Hochwasser zu erwarten sind oder in der Vergangenheit entstanden sind, auflisten und die Öffentlichkeit darüber informieren. Mit beiden Maßnahmen wird das Gefahrenbewusstsein der Bevölkerung gestärkt und die Grundlage auch für die Eigenvorsorge geschaffen.

Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten ist ein zentraler Bestandteil eines vorbeugenden Hochwasserschutzes. So können Retentionsflächen zur Ausbreitung von Überschwemmungen erhalten und die Schäden bei Hochwasser reduziert werden. Das neue Hochwasserschutzgesetz schafft hier verbindliche Regeln über die Grenzen der Bundesländer hinweg.

5.2. Siedlungsentwicklung steuern - Schadenspotenziale minimieren

Will man die Schäden von Hochwasser mindern, muss man vor allem bei der Siedlungsentwicklung ansetzen. Erstens: In bereits festgesetzten Überschwemmungsgebieten (vgl. Kap. 5.1), dürfen grundsätzlich keine neuen Baugebiete ausgewiesen werden. Ausnahmen sind nur unter engen Voraussetzungen zulässig. Das zweite wichtige Element, um die potenziellen Schäden durch Hochwasser so gering wie möglich zu halten, ist die Bauvorsorge. Unter dieser Überschrift lassen sich alle Maßnahmen zusammenfassen, die die Bebauung besser an die Hochwassergefahr anpassen. Bereits einfache Vorkehrungen wie das Hochlagern wertvoller Gegenstände (vgl. Abbildung 17) tragen zu einer Verringerung der Hochwasserschäden bei.

Für Gebiete, die vom Risiko kleinräumiger Starkregen und anschließender Sturzfluten betroffen sind, ist die Bauvorsorge allein nicht ausreichend. Daher sollten durch Sturzfluten zerstörte Häuser nicht an derselben Stelle wieder aufgebaut werden. Wie gravierend diese Schäden sein können, ist in Abbildung 2 zu sehen.

In Gebieten, in denen lang anhaltende, flächenhafte Hochwasser auftreten, ist nicht

nur die Überschwemmung selbst eine Gefahr für Häuser. Die Sicherheit der Gebäude ist auch wegen der Auftriebskräfte des steigenden Grundwasserspiegels gefährdet. Der Wasserdruck erhöht sich, die Sohle und Grundmauern der Häuser werden durch die wachsende Strömung belastet (Abbildung 16). Dies kann im Extremfall dazu führen, dass Häuser aufschwimmen oder sogar bre-

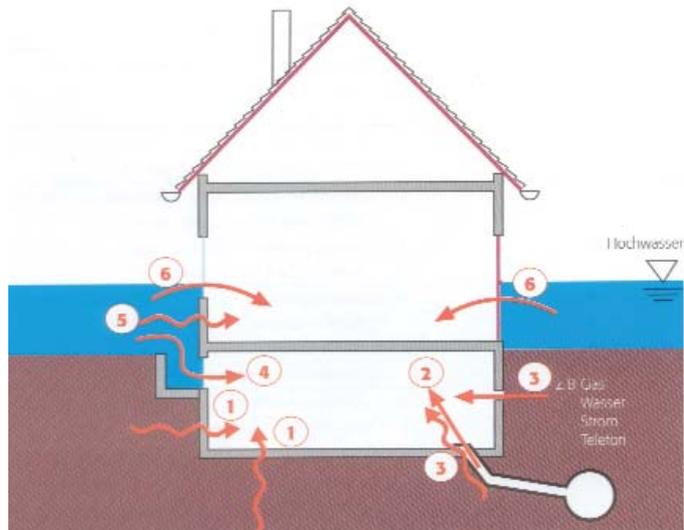


Abbildung 16: mögliche Eindringwege

1. Eindringen des Grundwassers durch die Kellerwände/ -sohle, 2. Eindringen des Rückstauwassers aus der Kanalisation, 3. Eindringen des Grundwassers durch Umlauf bei Hausanschlüssen (Rohrwege, Kabel sind meist nicht wasserdicht) oder durch undichte Fugen, 4. Eindringen des Oberflächenwassers durch Lichtschächte und Kellerfenster, 5. Eindringen des Oberflächenwassers infolge Durchsickerung der Außenwand, 6. Eindringen des Oberflächenwassers durch Tür- und Fensteröffnungen
- [Quelle: BMVBS, Hochwasserschutzfibel, 2003]



Abbildung 17 Hochlagerung von Geräten
[Foto: G. Selt]

ten die Bewohner höher oder ganz in den oberen Stockwerken an- oder unterbringen. In den Niederlanden wurden Häuser entwickelt, die sich durch flexible

chen. Daher muss eine vorausschauende Bauvorsorge die Hochwassergefahr bei der Bemessung aller Gebäudeteile berücksichtigen. Vorgesehen werden sollte für den Notfall, dass eine Flutung des Kellers vorgenommen werden kann. Um dem Eindringen des Wassers - sowohl des eigentlichen Hochwassers als auch des Grundwassers oder des Rückstauwassers aus der Kanalisation - und den damit verbundenen Schäden an der Bausubstanz und der Inneneinrichtung vorzubeugen, bietet sich beim Hausbau Verschiedenes an: der Verzicht auf Untergeschosse, die Stelzenbauweise, die wasserdichte Ausführung des Untergeschosses, die Abdichtung der Fenster- und Türen mit mobilen Wänden, Dammbalken oder die Verwendung wasserbeständiger Baustoffe für Wände oder Bodenbeläge.

Vorgesehen werden sollte eine Hausentwässerung, die einen Rückstau aus der Kanalisation vermeidet. Elektrische Installationen und wertvolle Gegenstände soll-

Wasser- und Abwasserleitungen und eine spezielle Bauweise dem Wasserstand anpassen können.

Die Schäden an Ölheizungen machen einen großen Teil der Schadenssumme eines Hochwassers aus. Vergangene Hochwasserereig-



Abbildung 18:
Einsatz von
Dammbalken

[Foto:
RS Stepanek GmbH]

nisse haben gezeigt, dass bis zu 70 % der Sachschäden an Gebäuden durch ausgetretenes Heizöl verursacht werden. In dieser Rechnung fehlen noch die durch austretendes Heizöl entstehenden Umweltschäden in den Gewässern und im Boden. [15]



Abbildung 19 Schäden durch ausgelaufenes Heizöl [Foto: dpa]

Diese Umweltschäden wurden etwa beim Pfingsthochwasser 1999 in Bayern deutlich. Heizöl trat aus gebrochenen Verbindungsleitungen aufgetriebener Öltanks und aus Heizöltanks aus, die wegen des starken Wasserdrucks beschädigt waren. Ein Teil des ausgelaufenen Heizöls konzentrierte sich in den Uferbereichen langsam fließender Entwässerungsgräben. Das Heizöl kontaminierte auf einer Fläche von fast 37 Hektar den Boden mit Mineralöl-Kohlenwasserstoffen - teilweise bis in eine Tiefe von 90 Zentimeter. Kontaminiertes Erdreich war abzutragen oder zu reinigen, an einigen Stellen war auch das Grundwasser verunreinigt.

Eine sichere Ausführung oder Nachrüstung der Öltanks und der Feuerungsanlagen ist immer nur bis zu einem bestimmten Wasserstand, der die Heizungsanlage überstaut, möglich. Eine Überschreitung dieses Wasserstandes führt zu einer Zerstörung des "hochwassersicheren" Tanks als Folge des Wasserdrucks oder aber in die Entlüftung des Tanks eindringendes Wasser drückt das Öl nach außen. Da in Überschwemmungsgebieten das Überschreiten der üblichen Auslegungshöhe⁴⁾ von 1,30 Meter Überstau häufig nicht auszuschließen ist, hilft hier nur noch ein Austausch der Heizungsanlage.

⁴⁾ Der Begriff Auslegungshöhe beschreibt den Wasserstand, der die Heizungsanlage überstauen kann, ohne dass die beschriebenen Schäden auftreten.

Das Hochwasserschutzgesetz sieht dazu vor:

Die neuen gesetzlichen Bestimmungen im Hochwasserschutz sehen vor, dass die Kommunen in Überschwemmungsgebieten durch Bauleitpläne keine neuen Baugebiete mehr ausweisen dürfen. Ausgenommen sind Bauleitpläne für Häfen und Werften. Dieses "Neubauverbot", das im Kern ein Bauplanungsverbot darstellt, ist ein zentrales Element der wirksamen Hochwasservorsorge. Es setzt die Forderung nach "mehr Raum" für die Flüsse um, da das Verhindern einer weiteren Bebauung der erste Schritt zum Freihalten dieser Flächen für die Gewässer ist. Außerdem wird damit einem weiteren Anwachsen der Schadenspotenziale vorgebeugt. Neun, gleichzeitig einzuhaltende Bedingungen regeln die Ausnahmefälle, in denen dennoch in festgesetzten Überschwemmungsgebieten gebaut werden darf. Diese Punkte beinhalten im Einzelnen

- es besteht keine andere Möglichkeit der Siedlungsentwicklung;
- das neue Baugebiet grenzt an ein bestehendes an;
- eine Gefährdung von Leib und Leben sowie erhebliche Gesundheits- oder Sachschäden sind nicht zu erwarten;
- der Hochwasserabfluss und der Wasserstand werden nicht nachteilig beeinflusst;
- durch die Baumaßnahme wird die Hochwasserrückhaltung nicht beeinträchtigt, für verloren gehenden Rückhalteraum erfolgt ein Ausgleich;
- der bestehende Hochwasserschutz darf nicht nachteilig verändert werden;
- es sind keine nachteiligen Auswirkungen auf Ober- und Unterlieger zu erwarten;
- die Belange der Hochwasservorsorge sind zu beachten;
- das beantragte Vorhaben muss hochwasserangepasst durchgeführt werden.

Damit wird das Bauen nicht generell verboten, sondern nur aus unabweisbaren Gründen des Hochwasserschutzes (d.h. zum Schutz des Lebens, der Sachwerte, und der Umwelt) eingeschränkt. Potentielle Bauherren haben daher keinen Anspruch auf Entschädigung bei Einschränkungen.

Die Bundesländer regeln den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sowie die hochwassersichere Errichtung und Nachrüstung bestehender Ölheizungsanlagen in Überschwemmungsgebieten. Das Hochwasserschutzgesetz verpflichtet die Länder zum Verbot von Ölheizungsanlagen, soweit dies aus Gründen der Schadensvermeidung erforderlich ist.

Gefährdete Flächen nicht zu bebauen, ist das wirksamste Mittel, um Schäden bei einem Hochwasser zu verhindern. Wo dennoch in Überschwemmungsgebieten gebaut wird, sollte auf eine angepasste Bauweise geachtet und möglichst auf Ölheizungen verzichtet werden.

5.3. Hochwasser dezentral zurückhalten

Kann nach einem längeren oder einem sehr starken Regen kein Wasser mehr im Boden versickern, fließt dieses in Flüsse, Bäche und Seen oder in Siedlungsgebieten in die Kanalisation. Die Hochwassergefahr steigt. Daher ist es erforderlich, den Boden als Wasserspeicher zu pflegen und zu erhalten. Dies trägt dazu bei, den Niederschlag in der Fläche zurückzuhalten und so die Hochwassergefahr zu vermindern.

Es reicht also nicht aus, sich bei einem Hochwasser auf die Wasserwelle im Hauptstrom zu konzentrieren. Einem entstehenden Hochwasser sind bereits an den Quell- und Nebenflüssen im Einzugsgebiet eines größeren Flusses Retentionsräume zu bieten.

Das Hochwasserschutzgesetz sieht dazu vor:

Schon in seinen grundsätzlichen Regelungen fordert das Hochwasserschutzgesetz, dass Hochwasser soweit wie möglich zurückgehalten wird, das Wasser möglichst schadlos abfließen kann und Hochwasserschäden vorgebeugt wird.

Es ist daher auch an kleineren Flüssen erforderlich, Überflutungsflächen zu schaffen, etwa durch den Schutz und die Wiederherstellung von Auwäldern. Dazu braucht es Renaturierungsmaßnahmen, die häufig auch eine naturnahe Entwicklung des Flusslaufes zulassen und damit für eine Verlängerung der Fließzeiten einer Hochwasserwelle sorgen.



Abbildung 20:
Mulden-Rigolen-System zur dezentralen
Versickerung von Regenwasser
[Quelle: www.muenster.de/stadt/tiefbaumt]

Das schnelle Abfließen des Regenwassers über versiegelte Flächen und durch die Kanalisation in Städten spielt eine wichtige Rolle bei der Hochwasserentstehung in kleinen Einzugsgebieten. Diese Wirkung lässt sich reduzieren, indem man die versiegelten Flächen verringert und den Wasserrückhalt in Siedlungsgebieten verbessert, etwa durch die dezentrale Versickerung von Regenwasser. Dies ermöglichen verschiedene Techniken, wie das Mulden-Rigolen-System (vgl. Abbildung 20).

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland hat im Mittelwert der Jahre 2000 bis 2004 um insgesamt 1682 Quadratkilometer zugenommen. Das sind pro Tag 115 Hektar. Dies ist - konjunkturell bedingt - zwar etwas weniger als in den Jahren 1997 bis 2000, doch von dem in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung 2002 formulierten Ziel, den täglichen Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen auf 30 Hektar pro Tag bis 2020 zu senken, ist Deutschland noch weit entfernt.

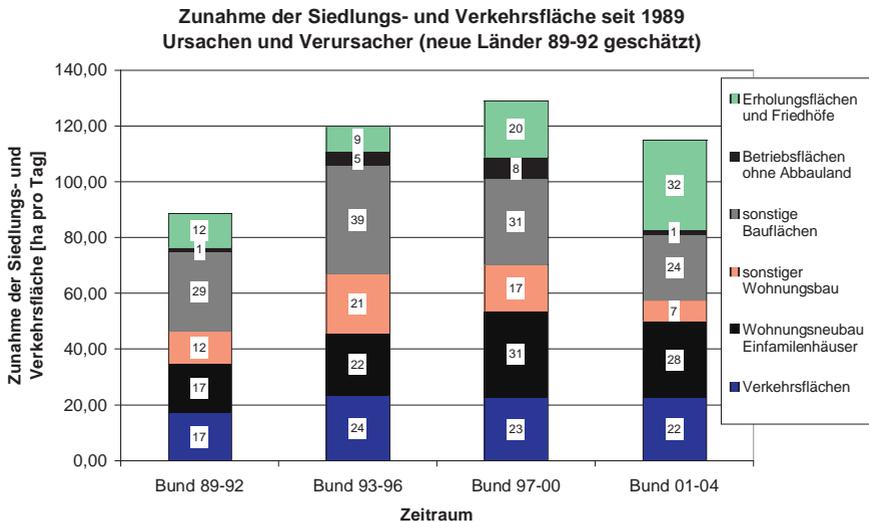


Abbildung 21: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen, dargestellt in 4-Jahresschritten ("Bund")

[Quelle: Statistisches Bundesamt; eigene Berechnungen]

Insbesondere entlang der Verkehrsflächen und im Bereich der Gebäude- und Freiflächen liegen Potenziale für den Ausbau der dezentralen Versickerung von Regenwasser.

Auch die Landwirtschaft kann mit der Art der Bearbeitung des Bodens sowie mit einer achtsamen Nutzung der Flächen einiges zur Hochwasservorsorge und Begrenzung der Hochwasserschäden beitragen. Stichworte sind: Eindämmung der Erosion der Böden und damit weniger Nähr- und Schadstoffeinträge in

Bäche, Flüsse und Seen sowie Förderung des Bodenwasserhaushalts, was ein Plus für die Versickerungsleistung und das Speichern von Regenwasser bedeutet.



Abbildung 22: Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen
 [Foto: F. Krone, BGR]

Das Wasserspeichervermögen eines Bodens kann zum Beispiel verbessert werden, indem auf landwirtschaftlichen Flächen eine konservierende Bodenbearbeitung⁵⁾ erfolgt. Aber auch die Umwandlung in Grünland trägt dazu bei, dass der Boden das ganze Jahr über mit einer dichten Pflanzendecke bedeckt oder durchwurzelt ist. Geeignete Methoden dafür sind beispielsweise Mulchsaatverfahren oder der Zwischenfruchtanbau. Beide Bewirtschaftungsarten verringern den Abfluss auf der Oberfläche der Böden, wie er in Abbildung 22 dargestellt ist, und setzen die Erosionsanfälligkeit von Böden herab. Diese Methoden schützen damit sowohl Boden als auch Wasser. Besonders effizient für eine Verbesserung der Fähigkeit eines Bodens, Wasser zurück zu halten, ist die Umstellung von konventioneller Landwirtschaft auf den Ökolandbau. Auf ökologisch bewirtschafteten Flächen wirkt eine Vielzahl der soeben geschilderten Faktoren positiv auf die Fähigkeit von Böden, Wasser aufzunehmen.

⁵⁾ Charakteristisch für die konservierende Bodenbearbeitung ist der Verzicht auf den Pflug. Stattdessen kommen Geräte zum Einsatz, die den Boden nicht umwenden, sondern nur auflockern, z.B. Grubber. Das organische Material, etwa Ernterückstände, verbleibt bei dieser Bearbeitungsmethode an der Oberfläche oder in der oberflächennahen Schicht.

Ein weiterer wichtiger Beitrag der Landwirtschaft zum Hochwasserschutz ist die Bereitstellung von Polder-Flächen, also jener Flächen, die gezielt geflutet werden können, und so für den Hochwasserrückhalt nutzbar sind.

Das Hochwasserschutzgesetz sieht dazu vor:

Wegen der Bedeutung der Landwirtschaft für den vorsorgenden Hochwasserschutz beauftragt das Hochwasserschutzgesetz die Länder zu regeln, wie die Erosion und der Nähr- und Schadstoffaustrag aus landwirtschaftlichen Flächen im Überschwemmungsgebiet zu vermeiden oder zu verringern sind.

Unter bestimmten Bedingungen kann sich für Landwirte daraus auch ein Anspruch auf angemessenen Ausgleich nach den Regelungen der Landesgesetze ergeben.

Neben der Land- hat auch die Forstwirtschaft eine große Bedeutung für den Hochwasserschutz. Sie kann mit der Wiederaufforstung von Flächen in Gebieten, die für häufigere Starkniederschläge und Sturzfluten bekannt sind, der Entstehung von Hochwasser entgegen wirken. Aufforstungen sind vor allem in Hanglagen ein wirksamer Erosionsschutz für Böden.

Die beschriebenen Maßnahmen - mehr dezentrale Versickerung von Regenwasser, konservierende Bodenbearbeitung, Schaffung von Grünland, Entsiegelung von Flächen und Aufforstung - reduzieren vor allem die Hochwasserscheitel in kleinen Flusseinzugsgebieten und bei häufigen kleineren Hochwasserereignissen. Darüber hinaus erfüllen sie wichtige, nicht direkt messbare Funktionen für eine umfassende Hochwasservorsorge. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Entsiegelungen sind öffentlichkeitswirksam und tragen damit auch dazu bei, ein "Hochwasserbewusstsein" in der Bevölkerung zu schaffen.

Die Renaturierung von Fließgewässern wirkt in Abhängigkeit der Größe des Fließgewässers eher auf "häufige" als auf "seltene" Hochwasser. Es entstehen Flächen für die Ansiedlung von Auen, die auch als natürliche Retentionsräume, in die das Hochwasser auslaufen kann, funktionieren. Das dient der Hochwasservorsorge und verbessert zudem, da ursprüngliche Lebensräume wieder entstehen, die ökologischen Funktionen der Gewässer.

Mit der Regenwasserversickerung, der Entsiegelung von Flächen und einer standortangepassten Land- und Forstwirtschaft, lässt sich das Wasserspeichervermögens des Bodens verbessern und so Wasser in der Fläche zurückgehalten.

5.4. Flussausbau überprüfen - Schifffahrt umweltfreundlich entwickeln

Die Begradigung und der Ausbau von Flüssen verkürzen die Fließzeiten von Hochwasserwellen (vgl. Kap. 3.2.3).

Das Hochwasserschutzgesetz regelt dazu:

Fluss- oder Strombaumaßnahmen sind daher auch Gegenstand des Hochwasserschutzgesetzes. Hier ist geregelt, dass mehr als nur geringfügige Auswirkungen auf den Hochwasserschutz als Folge des Ausbaus und der in ihren Auswirkungen vergleichbaren Unterhaltungsmaßnahmen zu vermeiden sind. Jede Ausbau- und jede in ihren Auswirkungen vergleichbare Unterhaltungsmaßnahme muss darauf geprüft werden, ob sie "hochwasserneutral" ist, also nicht zur Bildung oder Verstärkung von Hochwasser beiträgt. Für die Bundeswasserstrassen führt diese Prüfung die Bundesanstalt für Wasserbau⁶⁾ im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung⁷⁾ durch.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung sowie das Bundesumweltministerium veröffentlichten ein gemeinsam erarbeitetes Fachkonzept zur Unterhaltung der Elbe, das die Funktionsfähigkeit der Elbe als Wasserstraße ökologisch behutsam sicherstellen soll. Es ist vorgesehen, das Fachkonzept schrittweise auf andere Flussgebiete zu übertragen. Bei allen Ausbau- und Unterhaltungsplanungen sind unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten die sozialen, ökonomischen und ökologischen Belange zu berücksichtigen. Ähnliche Forderungen stellen auch relevante EG-Richtlinien - etwa die Wasserrahmenrichtlinie - und die Fauna - Flora - Habitat - Richtlinie - auf. Sie gewährleisten so eine europaweite Bewirtschaftung der Gewässer nach einheitlichen Grundsätzen. Hochwasserschutzbelange spielen bei der Gewässerbewirtschaftung eine wichtige, aber nicht die Hauptrolle. Sie müssen mit anderen Nutzungsansprüchen abgewogen werden.

5.5. Erhöhung des Hochwasserbewusstseins

Die Hochwasser der vergangenen Jahre - insbesondere die medienwirksame Überflutung der historischen Altstadt von Dresden im Jahr 2002 - zeigen, dass auch vermeintlich geschützte Gebiete hinter den Deichen gefährdet sein können. Daher ist es wichtig, gerade in diesen Gebieten ein "Hochwasserbewusstsein" zu schaffen.

Zur Verbesserung der Eigenvorsorge ist eine zielgerichtete Risikokommunikation⁸⁾ erforderlich. Dies umfasst auch die Berücksichtigung beispielsweise der geschlechtsspezifischen Lebensumwelt von Männern und Frauen im Rahmen der

6) www.baw.de

7) www.wsv.de

8) Vgl. zum Begriff Risiko die Studie "Lessons Learned - Hochwasservorsorge in Deutschland" des DKKV <http://www.dkkv.org/DE/publications/schriftenreihe.asp?h=5>

Aufklärung und zielgruppengerechten Risikokommunikation - auch wenn erste Untersuchungen ergaben, dass Männer und Frauen das Naturrisiko "Hochwasser" nicht unterschiedlich einschätzen. Nur so kann gesichert werden kann, dass die Informationen zur Hochwasservorsorge auch bei den betroffenen Bürgerinnen und Bürgern ankommen. [16]

5.5.1. Überschwemmungsgefährdete Gebiete und Planungsgrundlagen

Das Hochwasserschutzgesetz sieht dazu vor:

Das Hochwasserschutzgesetz sieht daher Änderungen der Planungsgrundlagen, die im Baugesetzbuch geregelt werden, vor. Ziel der neuen Regelung ist es, die Informationen zu festgesetzten Überschwemmungsgebieten nachrichtlich in Flächennutzungs- und Bebauungspläne zu übernehmen und dort auch Kenntnisse zu überschwemmungsgefährdeten Flächen zu vermerken. Die betroffenen Bürgerinnen und Bürger können sich so über die Hochwassergefahr informieren und diese bei ihren Planungen berücksichtigen.

Außerdem definiert das Hochwasserschutz neben den Überschwemmungsgebieten eine zweite Kategorie von Gebieten: die überschwemmungsgefährdeten Gebiete. Dies sind Gebiete, die über die - auf der Grundlage des einhundertjährigen Hochwassers festgesetzten - Überschwemmungsgebiete hinausreichen oder die bei Versagen öffentlicher Hochwasserschutzanlagen, wie Dämme, Deiche oder sonstige mobile Einrichtungen - nicht aber Talsperren - überschwemmt werden können. Für diese Gebiete sind besondere Vorsorge und Schutz notwendig, da auch hier erhebliche Schadenspotenziale liegen und vor allem immer ein Restrisiko für eine Überflutung bestehen bleibt. Die gesetzlichen Regelungen sehen vor, dass diese Gebiete zu ermitteln und in Karten darzustellen sind. Die Länder erlassen auch für die überschwemmungsgefährdeten Gebiete Regelungen, mit denen Überschwemmungsschäden vermeid- oder verminderbar sind.

5.5.2. Hochwasserkarten

Erste Hochwasserkarten liegen in einigen Ländern (vgl. Kap. 5.7) bereits vor. Eine besondere Bedeutung kommt den Hochwassergefahrenkarten und den Hochwasserintensitätskarten zu. Sie stellen die überschwemmten Flächen in Abhängigkeit der Jährlichkeit des Hochwasserereignisses dar und enthalten weitere Informationen, wie Wasserstand oder Strömungsgeschwindigkeit. Für die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung ist insbesondere die Darstellung von Extremereignissen - einschließlich Szenarien von Deichbrüchen - von Bedeutung. Sie verdeutlichen, welche Gefahr von Hochwasser ausgehen kann. Zudem können Behörden Hochwasserkarten - falls sie detailliert genug sind - als Planungsgrundlage nutzen.

Beispielhaft wird in Abbildung 23 ein Ausschnitt aus dem "Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein" aus dem Jahr 2001 dargestellt. Herausgegeben hat ihn die IKSR (vgl.

Kap. 4.1). Die eingezeichneten Flächen beschreiben dabei die Ausdehnung eines extremen Hochwassers. Linienförmig sind darüber hinaus die Überschwemmungsgrenzen für ein Hochwasser mit einem Wiederkehrintervall von einmal in 100 Jahren (violett) sowie einmal in 10 Jahren (grün) dargestellt.

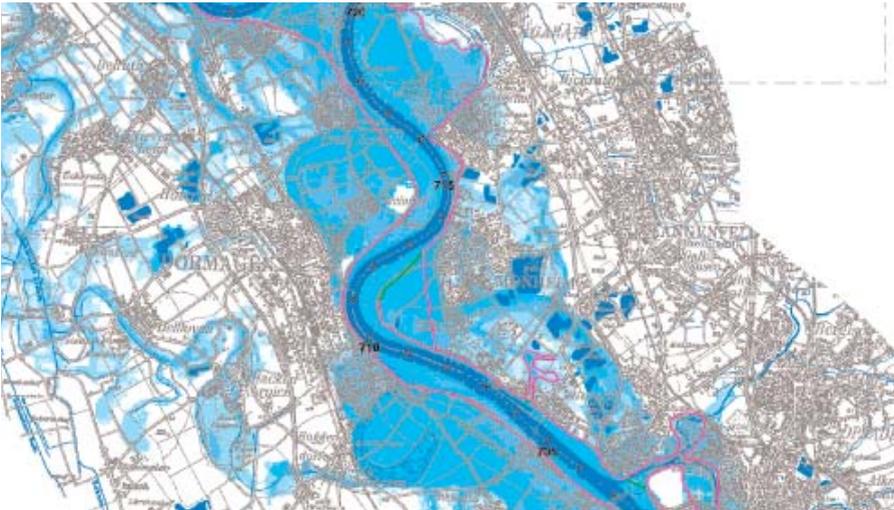


Abbildung 23: Darstellung der Hochwassergefährdung
[Quelle: IKSR - Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein, 2001]

Neben den Hochwassergefahrenkarten sind weitere Darstellungen üblich, zum Beispiel Karten, die das Schadenspotenzial zeigen.

5.5.3. Hochwasservorhersage und -warnung

Die Information über die grundsätzliche Hochwassergefährdung ist das eine. Entscheidend für eine erfolgreiche Reduzierung von Hochwasserschäden ist zudem, dass die aktuell von Hochwasser bedrohten Bürgerinnen und Bürger schnell Informationen über den erwarteten Wasserstand erhalten. Dazu braucht es eine rechtzeitige Hochwasserwarnung und eine funktionierende Hochwasservorhersage.

Das Hochwasserschutzgesetz sagt dazu:

Das Hochwasserschutzgesetz enthält Regelungen für den Deutschen Wetterdienst und die Bundesanstalt für Gewässerkunde und wirkt damit auf eine rechtzeitige Hochwasserwarnung und eine funktionierende Hochwasservorhersage hin.

Eine rechtzeitige Hochwasserwarnung aktiviert die Katastrophenschutzpläne der Behörden und unterrichtet die Bevölkerung über die aktuelle Hochwassergefahr. So können die Bürgerinnen und Bürger rechtzeitig etwas zu ihrem Schutz tun - etwa indem sie Türen oder Fenster mit Dammbalken oder Sandsäcken vor Hochwasser sichern. Für die Hochwasserwarnung sind die Hochwasserschutzzentralen, die bei den Wasserbehörden in den Ländern angesiedelt sind, zuständig.

Besonders wichtig ist es, die Vorwarnzeiten vor einem Hochwasser zu verlängern. Je eher die Behörden und die Bevölkerung informiert sind desto besser.

5.5.4. Versicherung von Hochwasserschäden

Seit 1994 besteht die Möglichkeit, das Überschwemmungsrisiko in Deutschland zu versichern. Private Haushalte und Unternehmen können freiwillig eine Elementarschadensversicherung als Zusatz zur Gewerbe-, Wohngebäude- oder Hausratversicherung abschließen. Eine Elementarschadensversicherung deckt die Sachschäden in Folge von Naturereignissen, wie z.B. Überschwemmungen, Schneedruck, Vulkanausbruch. Eine Elementarschadensversicherung besteht jedoch lediglich bei 3,5 % der Wohngebäudeversicherungen und ca. 10 % der Hausratversicherungen⁹⁾.

Für die Elementarschadenzusatzdeckung wird momentan ein Tarifsysteem verwendet, das die überschwemmungsgefährdeten Flächen aller wichtigen Flüsse und Nebenflüsse in Deutschland erfasst. Insgesamt sind rund 55 000 Flusskilometer enthalten. Das "Zonierungssystem für Überschwemmung, Rückstau und Starkregen" (ZÜRS)¹⁰⁾ enthält vier Gefahrenklassen:

- Gefährdungsklasse 4 für stark hochwassergefährdete Flächen mit einer Hochwasserwahrscheinlichkeit von statistisch einmal in 10 Jahren;
- Gefährdungsklasse 3 für mittel hochwassergefährdete Flächen, d. h. in denen ein Schadensereignis von statistisch einmal in 10 bis 50 Jahren zu erwarten ist;
- Gefährdungsklasse 2 für schwach hochwassergefährdete Flächen, d. h. für die die Wahrscheinlichkeit für ein Hochwasserereignis statistisch einmal in 50 - 200 Jahren beträgt;
- Gefährdungsklasse 1 für alle übrigen Gebiete.

So ist eine Absicherung von rund 94 % der besiedelten Flächen gegen Elementarschäden möglich, nur ca. 6 % gelten wegen extremer Gefährdung als nicht versicherbar. Für die geringe tatsächliche Versicherungsquote in Höhe von 3,5 % ist das niedrige Risikobewusstsein der Bevölkerung ausschlaggebend. Viele Hauseigentümer schätzen die Versicherungsprämie - gerade auch in gefährde-

⁹⁾ In diesen Zahlen sind nicht berücksichtigt die älteren Gebäudeversicherungen in Baden-Württemberg und "DDR-Haushalts-Policen": Diese enthalten das Überschwemmungsrisiko bereits von vornherein.

¹⁰⁾ Vergleiche dazu die Internetseiten des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. http://www.gdv.de/Presse/Veranstaltungsarchiv/GDV_Presseforum_der_Schaden_und_Unfallversicherer_2004_Hamburg/uebersicht.html

ten Gebieten - als zu hoch ein und vertrauen bewusst oder unbewusst darauf, dass im Schadensfall Behörden ausreichende Hilfsmaßnahmen - auf Kosten der Allgemeinheit - ergreifen.

Damit diejenigen, bei denen die Schäden unmittelbar entstehen können, ihren Beitrag zur Schadensreduzierung leisten können, sind eine umfassende Information und Kommunikation der Hochwasserrisiken und eine stärkere Eigenvorsorge erforderlich.

5.6. Technischer Hochwasserschutz

Wo Hochwasser Häuser und Verkehrswege bedroht, ist der so genannte technische Hochwasserschutz durch Deiche und Dämme sowie steuerbare Polder erforderlich. Deiche und Hochwasserschutzmauern sind seit Jahrhunderten bekannte und genutzte Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes. Künstliche Rückhaltebecken, Talsperren und steuerbare Polder sind weitere wichtige Maßnahmen. Steuerbare Polder sind Rückhalteräume, die die Möglichkeit einer gezielten Flutung vorsehen. Das Öffnen der Einlassbauwerke erreicht eine gezielte Kappung der Hochwasserspitzen und gewährleistet so einen wirksamen Schutz für Unterlieger.



Abbildung 24: Deichbruch während des Hochwassers an Elbe und Mulde 2002

[Foto: Medienstelle Anhalt - Zerbst]

Das darf aber nicht dazu führen, dass die Bebauung weiterer überschwemmungsgefährdeter Gebiete im festen Glauben geschieht, dass nichts passieren wird. Dämme und Deiche schützen, aber: Es gibt keinen absoluten Hochwasserstand und einer bestimmten Dauer des Hochwassers vor Überschwemmung. Darüber hinaus kann die technische Schutzeinrichtung versagen. Und bricht ein Deich, so sind die Schäden in der Regel groß. Zudem trennt das Eindeichen der Flüsse diese von den natürlichen Retentionsräumen. Natürliche Rückhalteräume stehen für eine Ausuferung des Flusses dann nicht mehr zur Verfügung, die Auenvegetation geht verloren. Die kürzere Fließstrecke und die fehlenden natürlichen Überschwemmungsflächen führen zu einer Beschleunigung der ablaufenden Hochwasserwelle (vgl. Kap.3.2.3). Für flussabwärts gelegene Gemeinden (Unterlieger) steigt damit die Gefahr einer Überflutung.

Das Hochwasserschutzgesetz macht dazu deutlich:

Ein besserer Deichschutz allein gewährleistet keine umfassende und nachhaltige Hochwasservorsorge. Das Hochwasserschutzgesetz fordert daher weitergehende Maßnahmen, die z.B. der Rückgewinnung von Rückhalteflächen dienen.

Der technische Hochwasserschutz, vor allem der Deichbau, ist fester Bestandteil einer umfassenden Hochwasservorsorge. Aber man muss sich darüber im Klaren sein: Tritt ein Hochwasser ein, das die technischen Bauwerke überfordert, so können hohe Schäden entstehen. Dieses Restrisiko bleibt.

5.7. Länderübergreifende Aktionspläne - Europäische Zusammenarbeit

Hochwasservorsorge soll länder- und staatenübergreifend sein und das gesamte Einzugsgebiets eines Flusses berücksichtigen. Die Kooperation im Einzugsgebiet ist notwendig, da zum Beispiel die Weitergabe von Vorhersageinformationen über die Entwicklung der Hochwasserwelle oder die Zusammenarbeit der Feuerwehren funktionieren müssen. Auch können technische Hochwasserschutzmaßnahmen für einige Gemeinden positiv sein, während sie die Probleme flussabwärts verstärken. Eine Abstimmung ist hier erforderlich.

Insbesondere für die großen Flusseinzugsgebiete in Deutschland (Rhein, Oder, Elbe, Donau) gibt es bereits internationale Hochwasseraktionspläne mit einem unterschiedlichen Grad der Detaillierung und einem variierenden Maßnahmenkatalog. Diese sind bisher rechtlich nicht verbindlich. Sie haben den Charakter einer politischen Willenserklärung. Aber besonders die regelmäßige Überprüfung der festgelegten Ziele erzeugt eine öffentliche Wirkung in allen beteiligten Staaten.

Das Hochwasserschutzgesetz fordert dazu:

Wegen der Bedeutung grenzüberschreitender Planung für die Entwicklung eines Interessenausgleichs zwischen Ober- und Unterliegern fordert das Hochwasserschutzgesetz grenzüberschreitend abgestimmte Hochwasserschutzpläne. Die Länder müssen bis zum 10. Mai 2009 Hochwasserschutzpläne aufstellen. Sie sollen mindestens die Gefahren mindern, die von einem hundertjährigen Hochwasserereignis ausgehen. Hochwasserschutzpläne beinhalten beispielsweise Maßnahmen zum Erhalt und zur Rückgewinnung von Rückhalteflächen, zu Deichrückverlegungen, zum Schutz und zur Wiederherstellung von Auen sowie zur Rückhaltung von Niederschlagswasser.

Ergänzend zu diesen Regelungen verpflichtet das Hochwasserschutzgesetz zur Kooperation in den Flussgebieten. Die Zusammenarbeit in den Flussgebieten spielt seit Verabschiedung der EG-Wasserrahmenrichtlinie für alle Fragen der Gewässerbewirtschaftung eine wichtige Rolle. Daher ist es konsequent, dass in den Flusseinzugsgebieten auch die Abstimmung der Hochwasserschutzpläne erfolgen soll (vgl. Kap.6.2).

Die Kooperation im ganzen Flusseinzugsgebiet ist eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen vorsorgenden Hochwasserschutz.

6. ZUKUNFTSAUFGABEN

6.1. Das Hochwasseraktionsprogramm der Europäischen Union

Hochwasser sind häufig grenzüberschreitend. Sie sind nicht nur in Deutschland, sondern auch in vielen anderen europäischen Ländern ein wichtiges Thema. Grund genug, dass sich die Europäische Union (EU) des Themas angenommen hat. Am 12. Juli 2004 hat die EU-Kommission eine Mitteilung zum Hochwasserisikomanagement¹¹⁾ herausgegeben, in der sie die Maßnahmen darstellt, die sie in der EU ergreifen will. Im Anschluss daran hat der Europäische Rat die EU-Kommission im Oktober 2004 aufgefordert, ein europäisches "Hochwasseraktionsprogramm ("Flood Action Programme") zu entwickeln. Das Programm beinhaltet die drei Säulen:

- Information und Forschung - insbesondere Wissens- und Erfahrungsaustausch;
- Förderinstrumente der EU, zum Beispiel Hochwasservorsorge- und Hochwasserschutzmaßnahmen als Bestandteil der nationalen Programme zur ländlichen Entwicklung;
- Vorschlag eines rechtlichen Instruments - einer Hochwasserschutzrichtlinie, die dann in allen EU-Staaten in nationales Recht zu überführen sein wird. Den Vorschlag für die Hochwasserschutzrichtlinie legte die EU-Kommission am 18. Januar 2005 vor¹²⁾. Die wesentlichen Elemente dieses Vorschlags sind die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos, die Erarbeitung von Hochwasserkarten sowie Managementpläne für das Hochwasserrisiko. Die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos soll die Gebiete identifizieren, die ein signifikantes Hochwasserrisiko aufweisen. Für jeden Fluss und jeden Küstenabschnitt, an denen negative Auswirkungen durch Hochwasser zu erwarten sind, sollen Hochwasserkarten, um Hochwasserrisiken deutlich zu machen, und Hochwassermanagementpläne, um die Hochwasserrisiken zu verringern, erarbeitet werden.

6.2. Synergien zwischen Hochwasserschutz und EG-Wasserrahmenrichtlinie

Im Jahr 2000 ist die EG-Wasserrahmenlinie in Kraft getreten. Diese Richtlinie fordert den guten Zustand der Oberflächengewässer in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Dieser gute Zustand soll möglichst bis zum Jahr 2015 erreicht werden. Dazu sind bis 2009 Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für jedes Flusseinzugsgebiet zu erstellen.

Der Hochwasserschutz ist in der EG-Wasserrahmenrichtlinie nicht geregelt. Das Naturereignis Hochwasser findet in der EG - Wasserrahmenrichtlinie nur als

11) Im Internet zu finden unter:

http://www.europa.eu.int/comm/environment/water/pdf/com_2004_472_en.pdf.

12) Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Hochwasser (KOM (2006)15 endg.)

http://europa.eu.int/comm/environment/water/flood_risk/index.htm

mögliche Quelle für Schadstoffeinträge in Flüsse und Seen als Folge von Überflutungen Erwähnung. Dennoch gibt es eine Reihe von Berührungspunkten, deren Bedeutung zukünftig - auch mit Blick auf die zu erwartende EG - Hochwasserschutzrichtlinie - zunehmen wird.

Der gute ökologische Zustand entsprechend der EG - Wasserrahmenrichtlinie beinhaltet auch die Strukturgröße¹³⁾ von Flüssen und Seen. Die Voraussetzung hierfür ist, dass den Gewässern ausreichend Flächen - also genügend Raum - zur Verfügung steht. Hier können sich Synergien zwischen EG - Wasserrahmenrichtlinie und dem Hochwasserschutz ergeben. Hochwasser sind für Flüsse die "strukturierenden" Ereignisse. Nach einem Hochwasser finden Gewässerorganismen deutlich vielfältigere ökologische Gegebenheiten vor. In der Regel sind Tiere und Pflanzen, die in und an den Gewässern leben, an Überschwemmungen angepasst, so dass Hochwasser sie nicht negativ beeinflussen, abgesehen von den menschlich verursachten Schadstoffeinträgen. Die Flächen für die Bildung

ökologischer Strukturen an Fließgewässern können darüber hinaus den Rückhalt von Hochwasser auf natürlichen Retentionsflächen unterstützen.

Die EG - Wasserrahmenrichtlinie zielt auf die integrierte Bewirtschaftung der Gewässer im gesamten Flussgebiet. Dieser ganzheitliche Ansatz kommt darin zum Ausdruck, dass EG-Gewässer von der Quelle bis zur Mündung nach einheitlichen Grundsätzen und einheitlichen (ökologischen) Zielen unter Berücksichtigung von sozio -



Abbildung 25: Flussgebietseinheiten in Deutschland

¹³⁾ Der Begriff Strukturgröße umfasst die Vielfaltigkeit der Lebensräume, die sich unter naturnahen Bedingungen in und an Fließgewässern entwickeln. Dazu gehören zum Beispiel: flache- und tiefe Bereiche, die unterschiedlich schnell durchströmt werden, Uferabbrüche, die als Rückzugsräume für Fische und andere Arten dienen oder Auen, die periodisch überflutet werden. Für weitere Informationen zur Strukturgröße von Gewässern:

http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/ow_s4_1.htm

ökonomischen Aspekten und Einbeziehung der Öffentlichkeit bewirtschaftet werden sollen. Da sich die Grenzen der Flussgebiete nicht an den Ländergrenzen mit ihren jeweiligen Verwaltungen in der Wasserwirtschaft halten, müssen sich die Länder und Kommunen entlang der Flussläufe und im Einzugsgebiet besser koordinieren. Die EG - Wasserrahmenrichtlinie bietet mit diesem Ansatz die Chance, die neu entstehende länder- und staatenübergreifende Koordination auch im Sinne einer nachhaltigen Hochwasservorsorge zu nutzen.

Für die Aufstellung der Bewirtschaftungspläne und der Maßnahmenprogramme zwischen den Jahren 2006 und 2009 sieht die Wasserrahmenrichtlinie die Beteiligung der Öffentlichkeit vor. Hier besteht grundsätzlich die Möglichkeit, Fragen des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu integrieren.

Die Option, die Wasserrahmenrichtlinie und den Hochwasserschutz aufeinander abzustimmen, ist vor allem in Flussgebieten, in denen dadurch die Verwirklichung der Hochwasserschutzmaßnahmen rascher erfolgt, sinnvoll. In Gebieten, in denen bereits Hochwasseraktionspläne vorliegen, ist vorab zu überprüfen, ob die zeitliche Synchronisation der Planungen nicht die Realisierung der vorhandenen Hochwasseraktionspläne verzögert.

6.3. Entwicklung und Einsatz ökonomischer Instrumente

In der Vergangenheit wurden verschiedene Methoden für Kosten-Nutzen-Analysen für meist technisch ausgerichtete Maßnahmen zum Hochwasserschutz in einem begrenzten Gebiet entwickelt. Unberücksichtigt bleiben bei diesen Betrachtungen die häufig nicht in Geld auszudrückenden Folgen von Hochwasser und des Hochwasserschutzes - etwa der Verlust von Kulturgütern, positive ökologische Effekte - wie die Entwicklung von Auen als Folge der Ausweisung zusätzlicher Überschwemmungsflächen - oder negative soziale Effekte - wie die Traumatisierung Betroffener.

Um eine Partnerschaft im Flusseinzugsgebiet zu erreichen, ist es nicht ausreichend, die Wirkungen einer Hochwasserschutzmaßnahme auf den Wasserstand isoliert für ein bestimmtes Gebiet zu betrachten und zu bewerten. Eine überregionale Betrachtungsweise ist notwendig, um mögliche negative Effekte auf die Unterlieger zu erkennen und damit stromabwärts gelegenen Ortschaften die Möglichkeit zu geben, den optimalen Standort für eine Hochwasserschutzmaßnahme im gesamten Einzugsgebiet zu ermitteln und mitzubestimmen. Neben einer räumlichen Erweiterung der Kosten-Nutzen-Analyse ist daher die Entwicklung von Verhandlungslösungen und Kompensationsmöglichkeiten innerhalb eines Einzugsgebiets von großer Bedeutung. Dadurch wäre beispielsweise eine Kommune am Oberlauf eines Flusses stärker motiviert, Polderflächen zur Verfügung zu stellen, obwohl der Effekt dieser Hochwasserschutzmaßnahme nicht dieser Kommune direkt nutzt, sondern eher Kommunen am Unterlauf eines Flusses.

Weiterhin ist die Frage zu diskutieren, inwieweit beim Hochwasserschutz ein Ausgleich zwischen privatem Nutzer und öffentlicher Hand möglich ist. Denn im Allgemeinen kommt die Öffentlichkeit mittels Steuergeldern für einen

umfassenden Hochwasserschutz auf, während der Schutzeffekt dieser Maßnahmen privaten Nutzern zu gute kommt. Im Sinne des oben genannten Ausgleichs ist eine stärkere Beteiligung der durch eine Hochwasserschutzmaßnahme Geschützten an den Kosten für den Bau und den Unterhalt anzustreben. Ein ergänzendes Instrument könnten hier Fondslösungen sein.

6.4. Risikokommunikation und Elementarschadenspflichtversicherung

Schäden durch Hochwasser in Deutschland sind zwar versicherbar, Hauseigentümer nutzen diese Versicherungsmöglichkeit aber nur wenig (vgl. Kap. 5.5.4), wofür folgende Gründe wichtig sind:

- Das Risikobewusstsein für Hochwasser ist in der Bevölkerung häufig nur gering. Die persönliche Hochwassergefahr wird schlicht vielfach unterschätzt. Zum Teil spielen auch mangelnde Informationen über das individuelle Gefährdungsrisiko hierbei eine Rolle.
- Gebäudeeigentümer schätzen häufig die Versicherungsprämien - gerade in den stärker gefährdeten Gebieten - als zu hoch ein.
- Viele Hauseigentümer verlassen sich bewusst oder unbewusst auf die staatlichen Hilfen im Hochwasserfall.

Die Konsequenz: Da das Hochwasserrisiko nicht versichert werden muss und möglicherweise entstehende Schäden wenigstens teilweise die Allgemeinheit trägt, ist bei vielen die Bereitschaft nur gering, in die private Hochwasservorsorge zu investieren. Überlegenswert ist es daher, eine Pflichtversicherung für Elementarschäden einzuführen, die dann auch weitere Risiken - wie Starkregen oder Schneedruck - umfasst. Mit Rabatten bei der Versicherungsprämie ließe sich die Bereitschaft zur Eigenvorsorge fördern.

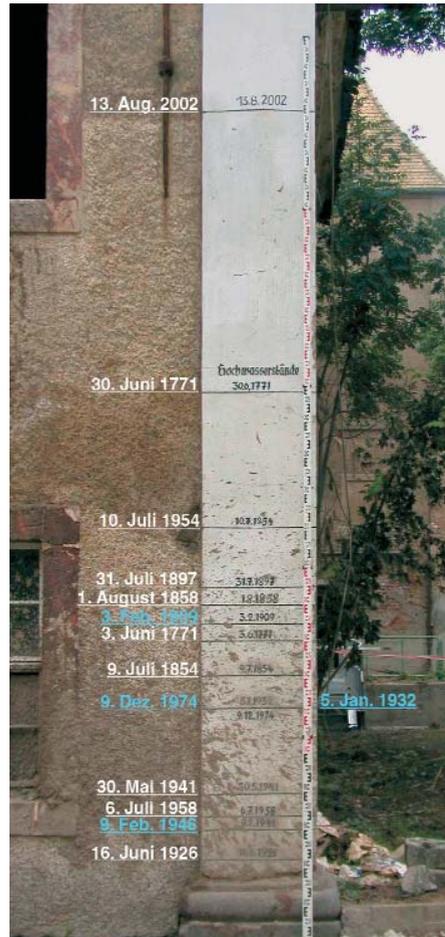


Abbildung 26: Hochwassermarken
[Quelle: RUBIN/Ruhr-Universität Bochum]

6.5. Anpassung an den Klimawandel

Der Klimawandel wird sich auf den Wasserhaushalt und damit auch auf die Hochwasserhäufigkeit auswirken (vgl. Kap.3.2.1). Frühzeitige Anpassungen an diese Entwicklung sind erforderlich. So sind die beschlossenen Maßnahmen, so auch das Hochwasserschutzgesetz, zügig in die Praxis zu überführen. Zudem sollten die Planungsgrundlagen für Hochwasserschutzmaßnahmen - sowohl bei Deichen als auch für Überschwemmungsgebiete - zukünftig schon die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigen. Notwendig ist die flexible Gestaltung technischer Schutzbauten derart, dass bei Bedarf eine Erweiterung relativ einfach möglich ist. In einigen Bundesländern (z.B. Bayern und Baden Württemberg) wird dies schon praktiziert, in dem ein Klimaänderungsfaktor von 15 % (für HQ₁₀₀) bei der Bemessung von Hochwasserschutzmassnahmen berücksichtigt wird.

Der Klimawandel erfordert nicht nur Anpassungen auf technischer Ebene. Es bedarf auch einer verstärkten Diskussion in Politik und Öffentlichkeit zu der Frage, welches Risiko einer Überschwemmung als noch tolerierbar gelten sollte. Diese Diskussionen führen - unterstützt durch Kosten-Nutzen-Betrachtungen - zu einer Einigung auch über differenzierte Schutzniveaus, also darüber, welche Güter und welche Nutzungen prioritär zu schützen und welche ggf. zu vernachlässigen sind.

Die Einführung von Instrumenten zur Stärkung der Eigenverantwortung und eine Berücksichtigung des Klimawandels sind einige der Herausforderungen für den Hochwasserschutz in den kommenden Jahren - in Deutschland und in der Europäischen Union. Es gilt, das Bewusstsein in der Bevölkerung für die Gefahren durch Hochwasser zu stärken.

7. WEITERFÜHRENDE LINKS (AUSWAHL)

Flussgebietskommissionen:

- Internationale Kommission zum Schutz der Donau:
<http://www.icpdr.org/flash.htm>
- Internationale Kommission zum Schutz der Mosel und Saar:
www.iksms-cipms.org
- Internationale Kommission zum Schutz des Rheins: <http://www.iksr.org/>
- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe: <http://www.ikse.de/>
- Internationale Kommission zum Schutz der Oder: <http://www.mkoo.pl/>
- Internationale Kommission zum Schutz der Maas: www.cipm-icbm.be
- Flussgebietsgemeinschaft Weser: <http://www.fgg-weser.de/>

Bundesministerien und nachgeordnete Behörden:

- Bundesumweltministerium:
<http://www.bmu.de/gewaesserschutz/hochwasserschutz/doc/20231.php>
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:
<http://www.bmvbw.de/Anlage16214/Hochwasserschutzfibel.pdf>
- Umweltbundesamt:
http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/hw_start.htm
- Bundesamt für Naturschutz: <http://www.bfn.de/index.html>
- Bundesanstalt für Gewässerkunde: www.bafg.de

Bundesländer:

- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: www.lawa.de - insbesondere LAWA - Empfehlung "Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz"
- Baden-Württemberg: <http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/1564/>
- Bayern: <http://www.stmugv.bayern.de/de/wasser/index.htm>
- Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/>
- Brandenburg: <http://www.mlur.brandenburg.de/cms/detail.php/172770>
- Bremen: <http://www.umwelt.bremen.de/buisy/scripts/buisy.asp?Doc=Startseite+des+FIS+Wasser+und+Abwasser>
- Hamburg: <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/bau-verkehr/hochwasserschutz/start.html>
- Hessen:
http://www.hmuv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=c42172c88d8a9e75b704e201958c01cf
- Mecklenburg-Vorpommern: <http://www.um.mv-regierung.de/>
- Niedersachsen:
http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C519517_N11315_L20_D0_I598.html

- Nordrhein-Westfalen:
<http://www.murl.nrw.de/sites/arbeitsbereiche/boden/hochwasser.htm>
- Rheinland-Pfalz: <http://www.wasser.rlp.de/servlet/is/482/>
- Saarland: http://www.umwelt.saarland.de/1800_12182.htm
- Sachsen: http://www.umwelt.sachsen.de/lflug/wasser_hwz.html
- Sachsen-Anhalt: <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=2032>
- Schleswig-Holstein: http://landesregierung.schleswig-holstein.de/coremedia/generator/Kategorien/Ministerien/MLUR/Wasserwirtschaft/Wassewirtschaft__Treffer.html
- Thüringen: <http://www.thueringen.de/de/tmlnu/themen/wasser/>

Hochwasserzentralen

- <http://www.hochwasserzentralen.de/>
- Hochwasserschutzzentrale Köln: <http://www.hochwasserinfo-koeln.de/>

Zusätzliches

- IRMA - Programm <http://www.irma-programme.org/>
- Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen <http://dfnk.gfz-potsdam.de/>
- Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge: e.V. www.dkkv.org

8. VERWENDETE LITERATUR

- ¹⁾ Martin Jonas, Tim Staeger, Christian-Dietrich Schönwiese "Berechnung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen - Schwerpunkt Deutschland", Climate Change Nr. 07/2005, UBA FB-Nr. 000845, FKZ 201 41 254, Umweltbundesamt Dessau
- ²⁾ DWD 2004, siehe auch Umweltdaten Deutschland Online
- ³⁾ DWD - Klimastatusbericht 2001
- ⁴⁾ Marc Zebisch; Torsten Grothmann; Dagmar Schröter; Clemens Hasse; Uta Fritsch; Wolfgang Cramer, "Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme", Climate Change Nr. 08/2005, UBA FB-Nr 000844, FKZ 201 41 253, Umweltbundesamt, Dessau, 2005.
- ⁵⁾ Enke, W., "Anpassung der "Sachsen" Wetterlagenklassifikation für Thüringen und Anwendung auf das Szenario ECHAM4 OPYC3 des Klimasimulationslaufes B2 zur Abschätzung regionaler Klimaänderungen für Thüringen", Abschlussbericht zum Werkvertrag B. - Nr. 02/000200, Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Jena, 2003.

Enke, W. , "Regionalisierung von Klimamodell - Ergebnissen des statistischen Verfahrens der Wetterlagenklassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen Abschlussbericht", Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2001.
- ⁶⁾ "Klimaveränderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft", Kliwa - Berichte, Heft 4, Dezember 2004
- ⁷⁾ Pressemitteilung des Statistischen Bundesamtes vom 20.12.2005
- ⁸⁾ T.Tittizer, F.Krebs (Hrsg.) "Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen - eine Bilanz", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996
- ⁹⁾ BfG - 1022 "Hochwasser - Gedanken über Ursachen aus hydrologischer Sicht", Koblenz 1996
- ¹⁰⁾ J.Rommel, "Laufentwicklung der deutschen Elbe bis Geesthacht seit ca. 1600", Aachen, Juni 2000
- ¹¹⁾ IKSR, "Atlas zur Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein", Koblenz 2001
- ¹²⁾ Pressemitteilung des Bundesministerium des Innern vom 06.11.2002
- ¹³⁾ Regierungserklärung Georg Milbradt im Sächsischen Landtag 11.09.2003
- ¹⁴⁾ "August-Hochwasser 2005 in Südbayern", Bericht von Werner Schnappauf im Ausschuss für Umwelt und Verbraucherschutz des Bayerischen Landtags am 24. November 2005, www.stmugv.bayern.de

- ¹⁵⁾ IKSR, "Hochwasservorsorge- Maßnahmen und Wirksamkeit" , Koblenz 2002
- ¹⁶⁾ S. Pennekamp, B. Haupter "Hochwasser und Gender", TU Darmstadt, April 2004

Kontakt:
Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06844 Dessau
Telefax: (0340) 21 03 22 85
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier.
© 2006 Umweltbundesamt