



Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz



Hochwasserschutz in Niedersachsen



Niedersachsen

Oberirdische Gewässer Band 23



Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim, 2005

Hochwasserschutz in Niedersachsen



Niedersachsen

Diese Broschüre behandelt das Thema Hochwasserschutz aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Sie soll dazu beitragen, die hydrologischen und hydraulischen Aspekte der Hochwasserentstehung, des Hochwasserablaufes, der Gefahren durch das Hochwasser und möglicher Hochwasserschutzkonzeptionen für die Fachöffentlichkeit und andere Interessierte zusammenfassend darzustellen. Bezüglich vertiefender, theoretischer Informationen wird auf die Fachliteratur hingewiesen. Auf die Bewertung der Wechselbeziehungen von Hochwasserereignissen und -schutzmaßnahmen mit anderen Themenkomplexen, wie z. B. denen des Naturschutzes, der Raumordnung oder anderer Fachdisziplinen wird hier nicht vertieft eingegangen. Auf entsprechende Veröffentlichungen wird verwiesen.

Die Hochwasserbroschüre richtet sich also an Behörden, Dienststellen und Personen, die sich beruflich mit dem Hochwasserschutz beschäftigen. Auch weitere am Hochwasser Interessierte wie Schulen, Initiativen oder Betroffene werden der Broschüre wissenswerte Informationen entnehmen können.

Die Herausgeber waren bemüht, die Ausführungen in der Broschüre allgemein verständlich zu formulieren. Für Leserinnen und Leser, die sich für fachliche Details interessieren, sind weitergehende Fachthemen in farblich hervorgehobenen Tafeln in den Text integriert. Für diejenigen, die sich nicht mit fachlichen Einzelheiten beschäftigen wollen, enthält der Fließtext für sich genommen alle wichtigen Informationen zum Thema Hochwasser.

Herausgeber:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Bearbeitung:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim
Dr. Hans-Joachim Schultz-Wildelau
Hartwig Berger

Numerische Modellrechnungen:
STADT-LAND-FLUSS
INGENIEURDIENSTE GmbH
Auf dem Hollen 12
30165 Hannover

Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner
Ingenieurgesellschaft mbH
Leopoldstr. 38
38100 Braunschweig

Titelbild: Hochwasser an der Schunter 2002 in Querum (Foto: D. Heitefuß).
Textgestaltung und Druck: ottdruck braunlage
1. Auflage:
Schutzgebühr: 5 €, zuzüglich Versandkosten

Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim

Inhalt

1	Entwicklung der Flüsse im Rückblick	7
2	Was geschieht bei Hochwasser?	8
2.1	Entstehung von Hochwasser in der Fläche	8
2.1.1	Niederschlag	8
2.1.2	Eishochwasser	12
2.1.3	Vorregen	12
2.1.4	Vegetation, Jahreszeit	12
2.1.5	Landschaftsrelief	13
2.1.6	Boden	13
2.1.7	Grundwasser	13
2.1.8	Fazit »Abflussbildung in der Fläche«	14
2.2	Wellenablauf im Gewässernetz	14
2.2.1	Retention	14
2.2.2	Wellenüberlagerung	15
2.2.3	Fazit »Wellenablauf im Gewässernetz«	19
2.3	Wirkung von Gewässer- und Auenstrukturen auf Hochwasserstände	20
2.3.1	Freihalten der Überschwemmungsgebiete	22
2.3.2	Naturnahe Gestaltung der Gewässer und ihrer Auen	23
2.3.3	Fazit »Auenstrukturen und Hochwasserstände«	24
3	Wie sahen die Hochwasser früher aus?	25
3.1	Hochwasser der großen Flüsse	25
3.1.1	Das Hochwasser von 1946	25
3.1.2	Das Elbe-Hochwasser von 2002	29
3.1.3	Regionale Hochwasserereignisse	30
3.1.4	Historische Hochwasserstände	32
3.1.5	Fazit »Hochwasser der großen Flüsse«	32
3.2	Hochwasserstatistik	32
3.2.1	Statistik der Starkniederschläge	32
3.2.2	Statistik der Spitzenabflüsse	34
3.2.3	Fazit »Hochwasserstatistik«	37
3.3	Hochwasserschäden	37
4	Welche Änderungen im Hochwasserverhalten sind menschengemacht?	38
4.1	Eingriffe in das Gewässerregime	38
4.1.1	Veränderungen im Gewässer und Auenbereich	38
4.1.2	Veränderungen in der Landschaft	46
4.1.3	Fazit »Eingriffe in das Gewässerregime«	50
4.2	Folgen der Klimaveränderungen	50
4.3	Einflüsse auf Katastrophenhochwasser	51
5	Wie kann man sich vor Hochwasser schützen?	53
5.1	Grundsätze und Ziele im Hochwasserschutz	53
5.1.1	Hochwasserrisiko	53
5.1.2	Hochwasserprognose	54
5.1.3	Synergien Hochwasserschutz/Naturnahe Gewässerentwicklung	54
5.1.4	Hochwasserkataster	55
5.2	Hochwasservorsorge	55
5.2.1	Flächenmanagement	55
5.2.2	Bau- und Verhaltensvorsorge	56
5.2.3	Technischer Hochwasserschutz	56
5.2.4	Hochwasserwarnsysteme	57
6	Ausblick	60
	Literaturverzeichnis	61

Farbtafeln zu Fachthemen:

1	Hydrologie-Hydraulik, Begriffserläuterungen	9
2	Wellenüberlagerung, Schematisches Modell	16
3	Überschwemmungsgebiet, Definition und hydrologisch-hydraulische Grundlagen	21
4	Hochwasserabflüsse an langjährig beobachteten Pegeln	36
5	Auswirkungen ausgedeichter Aueflächen an der Großen Aue	41
6	Auswirkungen ausgedeichter Aueflächen an der Aller	42
7	Auswirkungen des Rückhaltebeckens Salzderhelden in der Leine	44
8	Auswirkungen der Oker- und Eckertalsperre in der Oker	45
9	Auswirkungen der Flächenversiegelung in Hannover auf die Fösse und Leine	47
10	Auswirkungen der Entwässerung durch Dränung an der Lager Hase	49



Besser vorsorgen im Hochwasserschutz

Hochwasser ist als Teil des natürlichen Wasserkreislaufes ein Naturereignis. In Deutschland sind die jüngsten Katastrophenhochwasser an Rhein, Oder und Elbe noch in guter Erinnerung. Das Unglück der Betroffenen hat zu Mitleid und Solidarität im ganzen Lande geführt. Die Beseitigung der verheerenden Schäden in den am schlimmsten überfluteten Gebieten erfolgte mit großem Arbeitseinsatz und hohem Finanzaufwand. Nicht jeder eingetretene Schaden ließ sich sanieren.

Hochwasserereignisse haben immer wieder die Frage aufgeworfen, ob alles Mögliche zum vorsorglichen Hochwasserschutz getan wurde. Bei dieser Diskussion ist klar geworden, dass Hochwasserschutz ein viele Bereiche des Umweltschutzes umfassendes Thema ist und nur optimal wirksam sein kann, wenn wasserwirtschaftliche Zielsetzungen mit denen des Klimaschutzes, Bodenschutzes und Naturschutzes vereint werden. Insbesondere die von Meteorologen prognostizierten Klimaveränderungen könnten sich ungünstig auf das Hochwassergeschehen auswirken. Hier heißt es, mögliche Entwicklungen rechtzeitig zu erkennen, damit etwaigen neuen Gefahren unverzüglich begegnet werden kann.

Die Abflussbildung bei Hochwasser und der Wellenablauf in den vielverzweigten Flusssystemen hängen von vielen Einflussgrößen ab, zum Beispiel von den natürlichen oder von Menschen veränderten Gegebenheiten in den Einzugsgebieten der Gewässer sowie von den von Ereignis zu Ereignis wechselnden Niederschlagsverläufen. Es ist schwierig, die Zusammenhänge richtig zu erkennen und die Auswirkungen einzelner Einflüsse auf das Hochwasser realistisch einzuschätzen.

Meinungsäußerungen, die bei aktuellen Hochwasserereignissen unter dem Eindruck katastrophaler Schäden abgegeben werden, erweisen sich zuweilen als vorschnell. Belastbare Aussagen über das Hochwasserverhalten werden von Fachleuten zunehmend unter Verwendung mathematischer Modelle gewonnen, die zu einem unentbehrlichen Instrument bei der Planung zur Hochwasservorsorge geworden sind.

Die mathematischen Modelle können im Hochwasserfall außerdem zur Vorhersage von Ausuferungen eingesetzt werden. Die Hochwasservorhersage im Rahmen von Alarmmeldungen hat nach den Erfahrungen an Rhein, Oder und Elbe erheblich an Bedeutung gewonnen. Oftmals genügen der vom Hochwasser bedrohten Bevölkerung schon wenige Stunden, um Güter und Werte besser in Sicherheit bringen zu können. Daher muss es das Ziel künftiger Bemühungen sein, die Alarmmeldungen bei Hochwasser zu verbessern.

Die vorliegende Broschüre soll die hydrologischen und hydraulischen Vorgänge beim Hochwasserabfluss verständlicher machen. Es sollen die wichtigsten Fragen aus der öffentlichen Diskussion nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse beantwortet werden. Es wäre zu wünschen, dass mit der Hochwasserbroschüre neue Initiativen zu einem verbesserten Hochwasserschutz unterstützt werden können.

Siegfried Popp
Direktor des Niedersächsischen Landesbetriebs für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz



Abb. 1: Hochwasser an der Hase 1998 (Foto: B. Zummach, NLWKN)

1 Entwicklung der Flüsse im Rückblick

Flüsse haben von je her eine hohe Anziehungskraft auf die Menschen ausgeübt. Zu Zeiten, als die Sicherstellung der Ernährung noch das zentrale existenzielle Problem der Menschen war, lieferten die Flüsse das notwendige Trink- und Brauchwasser und über den Fischfang die Grundversorgung an tierischem Fett und Proteinen. Im Übrigen wurden die fruchtbaren Aueböden für den Anbau von Feldfrüchten genutzt. Für diese Standortvorteile wurden kurzzeitige Überschwemmungen bei Hochwasser in Kauf genommen, die allerdings schon damals verheerende Schäden anrichteten. Aus den ersten Ansiedlungen in den Flusstälern entwickelten sich mit der Zeit Dörfer und Städte, die zu der heute vorhandenen gewachsenen Siedlungsstruktur führten.

Noch vor etwa 100 Jahren verursachten Ernteaussfälle spürbare Engpässe in der Lebensmittelversorgung. Deshalb wurden schon frühzeitig geeignete Maßnahmen initiiert, um die Versorgung der Bevölkerung mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen in ausreichender Menge und Qualität sicherzustellen. So wurden im wasserreichen Niedersachsen viele veräστε Gebiete, in denen eine wettbewerbsfähige Landbewirtschaftung unmöglich war, bereits seit dem 19. Jahrhundert entwässert. In den Meliorationsvorhaben der 50er und 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurden diese Maßnahmen konzentriert und ein landesweites Vorflutsystem geschaffen.

Schon frühzeitig wurden die Flüsse für den Schiffsverkehr genutzt. Der Gütertransport auf den Flüssen war wirtschaftlicher und auch sicherer als auf den Landwegen. Allerdings wurden die Möglichkeiten der Schifffahrt früher stark eingeschränkt, weil die ursprünglich vielverzweigten Wasserläufe mit ihren vielen Sandbänken, Kolken und engen Flussschleifen sich nach jedem Hochwasser wieder veränderten. Vor etwa 150 Jahren begann deshalb der systematische Ausbau der großen Flüsse zu Binnenwasserstraßen, mit dem die bestehenden Hindernisse und Gefahrenherde nach und nach beseitigt wurden.

Früher gab es in Niedersachsen an den Flüssen und Bächen eine Unzahl von Bauernmühlen, die zum Mahlen des Getreides und später auch zur Erzeugung elektrischen Stroms genutzt wurden. Der Betrieb von Mühlen ist in der Regel mit einem Aufstau des Gewässers durch ein Wehr verbunden. Diese Anlagen haben den Hochwasserabfluss früher häufig zum Nachteil von Oberliegern behindert, die dann höheren Überschwemmungen ausgesetzt waren. Die heutigen Wehre sind so bemessen beziehungsweise werden so gesteuert, dass keine derartigen Auf- und Rückstauwirkungen mehr auftreten. Da es sich bei der Wasserkraftnutzung um eine Form der regenerierbaren Energiegewinnung handelt, die aus Gründen des Umweltschutzes gefördert wird, werden auch heute noch verhältnismäßig viele Anlagen betrieben.

Die Flüsse und Flussauen sind besonders attraktiv für Erholung Suchende und Freizeit Ausübende. Dementsprechend ist das Angebot für den Ausflugsverkehr zu Lande und zu Wasser angestiegen. Dies gilt zum Beispiel für die Personenschifffahrt, Rad- und Wanderwege, Gastwirtschaften und Sportplätze. Viele Anlagen sind dem Hochwasserrisiko ausgesetzt und beeinflussen den Hochwasserabfluss.

Siedlungswesen, Landwirtschaft, Fischerei, Schifffahrt, Energiegewinnung, Freizeit und Erholung haben also im Laufe der Jahrhunderte einen anhaltenden hohen Nutzungsdruck auf Flüsse und Flussauen ausgeübt, der zeitlich veränderten Randbedingungen und Prioritäten unterlag. Die Bewirtschaftung der Gewässer wurde zuerst mit aus heutiger Sicht einfachen, ja primitiven baulichen Maßnahmen unterstützt. Vor allem wurde versucht, die Flussläufe durch Ufer- und Sohlenbefestigungen in ihrer Lage festzulegen und Überschwemmungen durch Verwallungen – als Vorläufer der heutigen Deiche – zu verhindern. Die hydraulischen Kenntnisse und bautechnischen Methoden verbesserten sich jedoch und erreichten im 20. Jahrhundert das heute bekannte hohe Niveau. Durch Einsatz der modernen Technik veränderten sich die Flüsse und ihre Auen dann in einem vorher nicht annähernd erreichten Ausmaß. Die Meliorationsmaßnahmen und der Gewässerausbau hatten jedoch auch negative Auswirkungen, die zunächst keine genügende Beachtung fanden: Sie wirkten sich nachteilig auf den Naturhaushalt aus.

Die Gewässer und ihre Auelandschaften sind im Naturhaushalt unverzichtbar. Als »Lebensadern der Natur« verbinden die Flüsse viele Naturräume miteinander und sorgen in naturnahem Zustand für die Erhaltung und Weiterverbreitung der Arten. Leider sind in unserer Kulturlandschaft bereits viele ehemals heimische Pflanzen und Tiere in ihrer Existenz bedroht oder schon ausgestorben. Daher wurden neue Konzepte zur Entwicklung der Gewässer aufgestellt. Mit Renaturierungsmaßnahmen sollen die Flüsse und ihre Auen wieder naturnah gestaltet werden. Das kann durchaus in einer Weise geschehen, dass die Vorteile des technischen Ausbaus dabei nicht wieder verloren gehen.

Hochwasserschutz und Naturschutz galten früher als Gegensätze. Diese Sichtweise hat sich inzwischen geändert. Mit der Renaturierung von Auenlandschaften wird ein erheblicher zusätzlicher Beitrag zum Hochwasserschutz geleistet. Der zukünftige Hochwasserschutz muss die Renaturierung mit technischen Maßnahmen verbinden. In Abstimmung mit den Schutzziele muss im Einzelfall festgelegt werden, mit welcher Methodenkombination der Hochwasserschutz am besten vorzunehmen ist.

2 Was geschieht bei Hochwasser?

Dieses Frühjahr fängt schlecht an: Schon wochenlang war es übermäßig nass – nun regnet es seit vielen Stunden! Auf den Feldern stehen die Pfützen, es bilden sich tiefe Erosionsrinnen. Von den Äckern strömt das Wasser in Abflussschneisen quer über Böschungen und Wege bis in die nächsten Gräben. Von dort fließt es Bächen und Flüssen zu, die ohnehin schon bordvoll mit Wasser sind. Bald ufern die Wassermassen aus und bedecken die weiten Flussauen. Die aufgewirbelte Erde färbt das Wasser schmutzig braun. In den Fluten treiben Baumstümpfe und allerlei Gegenstände, die in den Flussauen gelagert wurden. Die Strömungen werden immer stärker. Dort, wo der Wasserabfluss behindert wird, bilden sich reißende Strudel. Alle wünschen: »Hoffentlich hört es bald auf zu regnen!«

2.1 Entstehung von Hochwasser in der Fläche

Es gibt viele Einflüsse, die sich auf das Hochwasser auswirken. Das Niederschlagsverhalten wird von den klimatischen Bedingungen bestimmt. Jedes Regenereignis verläuft im Auf und Ab der wechselnden Niederschlagsintensitäten nach speziellem Muster. Der Einfluss der Vegetation hängt von der Flächennutzung und der jahreszeitlich bedingten Entwicklung der Pflanzen ab. Gebietseigenschaften wie das Geländegefälle und die Bodenart wirken sich in jedem Einzugsgebiet charakteristisch auf die Hochwasserabflüsse aus.

2.1.1 Niederschlag

Niederschläge kommen in unterschiedlicher Form als Regen, Hagel, Schnee oder Tau vor. Starkregen treten sowohl als mehrtägige Dauerregen, die typischerweise große Flächen überdecken, als auch als kurzfristige Regengüsse mit hohen Intensitäten auf, die häufig räumlich begrenzt sind. Dauerregen entstehen, wenn Warm- auf Kaltwetterfronten treffen. Die warme Luft wird dann langsam in höhere Schichten gedrängt und kühlt sich ab. Dabei kondensiert der in der Luft enthaltene Wasserdampf und es beginnt zu regnen. Gewitter und Schauer entstehen dagegen infolge starker Thermik, wenn warme feuchte Luft durch eine heranziehende Kaltfront schnell aufsteigt (Konvektionsniederschläge).

Die **Niederschlagshöhe** ist zwar nicht allein verantwortlich für die Entstehung von Hochwasser, aber sie beeinflusst die Größe eines Hochwasserereignisses maßgeblich. In Niedersachsen liegen die 100-jährlichen Tagesniederschläge im Bereich zwischen 55 mm und 160 mm. Die höchsten Niederschläge konzentrieren sich im Harz, aber auch im übrigen Niedersachsen sind Werte über 100 mm pro Tag möglich.

Die **Niederschlagsdauer** ist aus zwei Aspekten wichtig bei der Hochwasserbildung:

- Bei Regenbeginn liefern zunächst die gewässernahen Gebiete einen Beitrag zum Hochwasserabfluss in den Bächen und Flüssen. Die Wassermengen, die sich in weiter abgelegenen Gebieten sammeln, brauchen eine gewisse Zeit, um zum Gewässer zu

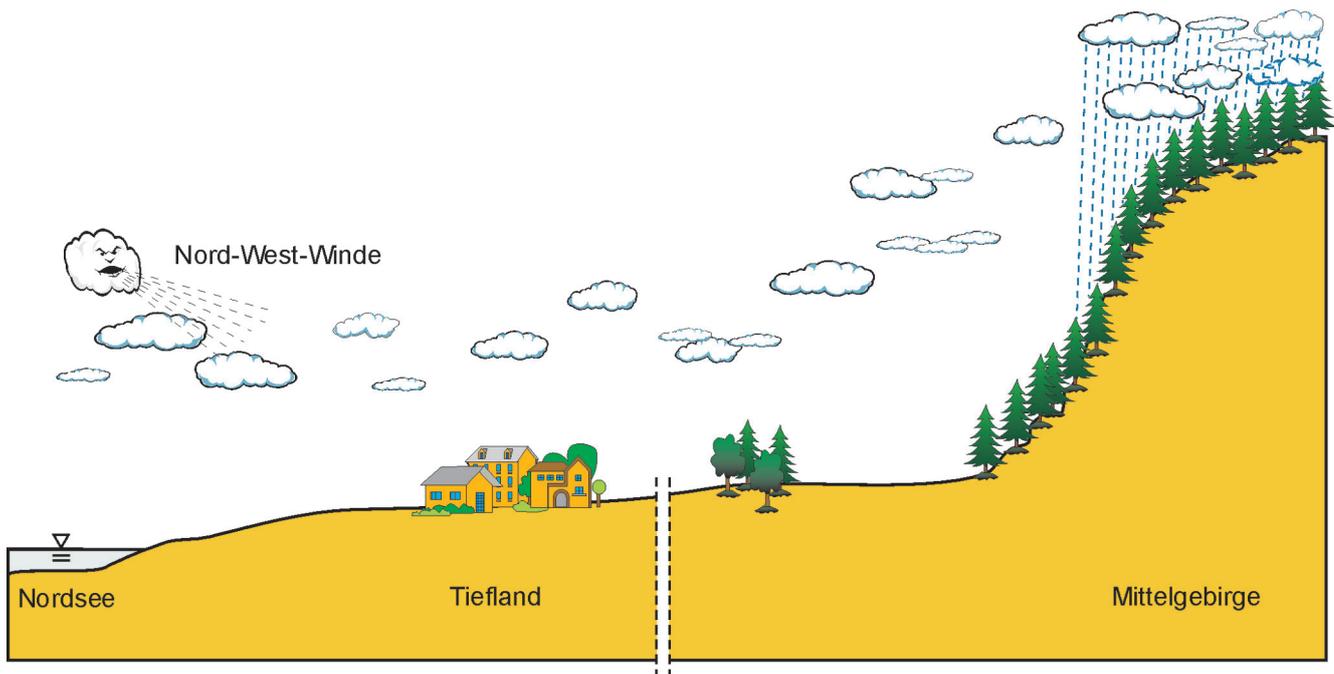


Abb. 2: Niederschlagsverhältnisse in Niedersachsen

Die Niederschlagsverhältnisse sind geprägt von den Geländehöhen. Wenn die von den Nordwestwinden über die Nordsee und das Tiefland getriebenen Luftmassen auf das im Süden liegende Bergland treffen, werden sie in kühlere Höhen gedrängt und regnen ab. In den LUV-Lagen der Höhenzüge treten bis zu doppelt so hohe Jahresniederschläge auf wie im Tiefland oder in den LEE-Lagen der Gebirge.

gelangen. Erst wenn der Niederschlag so lange andauert, dass alle Gebiete zum Hochwasserabfluss im oberirdischen Gewässer beitragen, ist ein kritischer Zustand erreicht. Diese Fließzeit, die der Abfluss aus entlegenen Gebieten des Einzugsgebiets bis zum Gewässer benötigt, nennt man »Konzentrationszeit«. Sie dauert in großen Einzugsgebieten natürlich länger als in kleinen. Daher führen in großflächigen Einzugsgebieten generell die Dauerregen und in kleinen Gebieten die kurzen aber heftigen Gewitter zu kritischen Hochwasserereignissen.

- Der Niederschlag versickert zu großen Teilen im Boden, bevor die Aufnahmekapazität überschritten ist und das Wasser oberflächlich abfließt. Allerdings kann der Boden in einer bestimmten Zeit nur begrenzte Wassermengen aufnehmen. Je kürzer die Regendauer ist, in der große Niederschlagsmengen abregnen, desto stärker wird die Abflussbildung auf der Geländeoberfläche. Das verstärkt das Hochwasser, weil Boden- und Grundwasserspeicher dann weitgehend unwirksam bleiben.

In Niedersachsen treten viele Hochwasser im Winter und Frühjahr auf, wenn der Schnee schmilzt und die Böden vereist sind. Besonders hochwasserträchtig sind Perioden, in denen der Schnee infolge wochenlang anhaltender Kälte liegengeblieben ist und dann ein plötzlicher Temperaturanstieg mit Regenfällen zusammentrifft. Der warme Regen verursacht dann ein rasches Abschmelzen der Schneedecke. Je nachdem, ob es sich um lockeren Pulverschnee oder verfestigten Altschnee handelt, hat der Schnee einen Wassergehalt von 10 bis 40 Volumenprozent (10 cm Schnee erbringen 10 bis 40 l/m² Wasser). Der gefrorene Boden taut bei derartigen Wetterlagen nur langsam auf, so dass kaum eine Versickerung des Wassers in die Erde stattfinden kann. Das Wasser fließt dann größtenteils oberflächlich ab. Gerade in diesen Fällen bleiben Boden- und Grundwasserspeicher weitgehend ungenutzt.

Fachthema 1: Hydrologie - Hydraulik, Begriffserläuterungen

Die oberirdischen Gewässer bilden ein Gewässernetz, in dem das Wasser von den Gräben über die Bäche und Flüsse in die großen Ströme und schließlich in die Nordsee fließt.

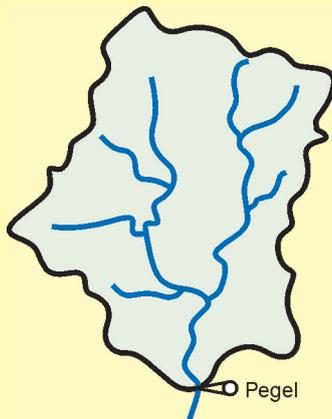


Abb. 3: Gewässernetz und Einzugsgebiet

Den oberirdischen Gewässern fließt das Wasser aus den zugehörigen **Einzugsgebieten** zu. Alle Niederschläge, die innerhalb eines Einzugsgebiets fallen und nicht verdunsten, fließen irgendwann einmal in den zugehörigen oberirdischen Gewässern ab. Die natürlichen Gegebenheiten im Einzugsgebiet (z. B. Landschaft, Geologie, Boden, Klima) und die menschlichen Aktivitäten (z. B. Trinkwasserentnahme) beeinflussen die Menge und den zeitlichen Verlauf des Abflusses in den Bächen und Flüssen in vielfacher Hinsicht. Dies gilt vor allem auch für den Hochwasserabfluss.

»Hydrologie« ist die Lehre vom Wasser

Bei Hochwasser spielen Niederschlag sowie Wasserstand und Abfluss in oberirdischen Fließgewässern eine hervorzuhebende Rolle.

Niederschlag

Hochwasser entstehen immer als Folge von Niederschlägen. Die während des Regens fallende Wassermenge wird in Litern Wasser angegeben, die auf die Fläche von einem Quadratmeter fallen (Einheit: l/m²). Wenn sich 1 Liter Wasser gleichmäßig auf die Fläche von 1 m² verteilt, stellt sich eine Wasserhöhe von 1 mm ein. Die Wassermenge von 1 l/m² kann also auch als Niederschlagshöhe von 1 mm ausgedrückt werden. In der Hydrologie wird der genormte Fachbegriff **Niederschlagshöhe** (abgekürzt: N) für die Mengenangabe des Niederschlags benutzt.

Mit Hilfe der Einheit mm kann auch die durchschnittliche Niederschlagshöhe für ein ganzes Einzugsgebiet angegeben werden. Es handelt sich dann also um einen auf die Fläche bezogenen Wert.

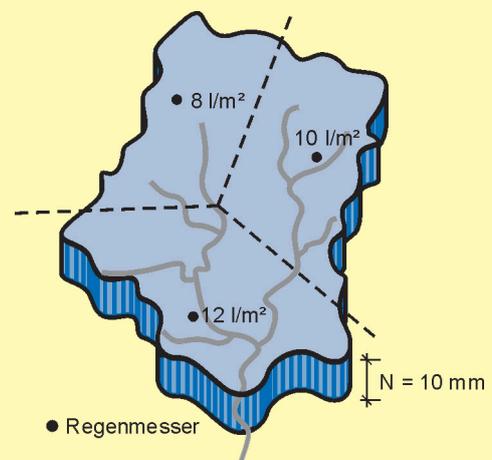


Abb. 4: Ermittlung der durchschnittlichen Niederschlagshöhe in einem Einzugsgebiet

Den Niederschlagsmessstellen werden zugehörige Flächen zugeordnet und es wird das Gebietsmittel errechnet.

Während eines Niederschlagsereignisses ändert sich die **Niederschlagsintensität** normalerweise laufend. Das hat Auswirkungen auf den Hochwasserabfluss. Um die Niederschlagsdynamik zu erfassen, wird das Gesamtereignis in gleiche Zeitintervalle unterteilt und es werden die Niederschlagshöhen für jedes Zeitintervall bestimmt. Die Niederschlagsintensität wird also in mm Regen pro Zeitintervall (z. B. eine Stunde) angegeben (Einheit: mm/h).

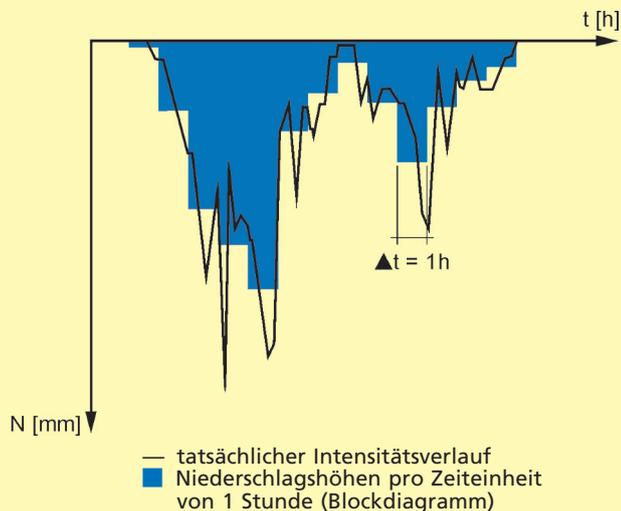


Abb. 5: Niederschlagsverteilung eines Starkregenereignisses

Wasserstand

In den oberirdischen Gewässern werden die Wasserstände (abgekürzt: W) an Pegel-Messstellen kontinuierlich aufgezeichnet. Die gemessenen Wasserstände können auf das in den amtlichen topographischen Karten zugrunde gelegte Höhenniveau (m NN) umgerechnet werden.

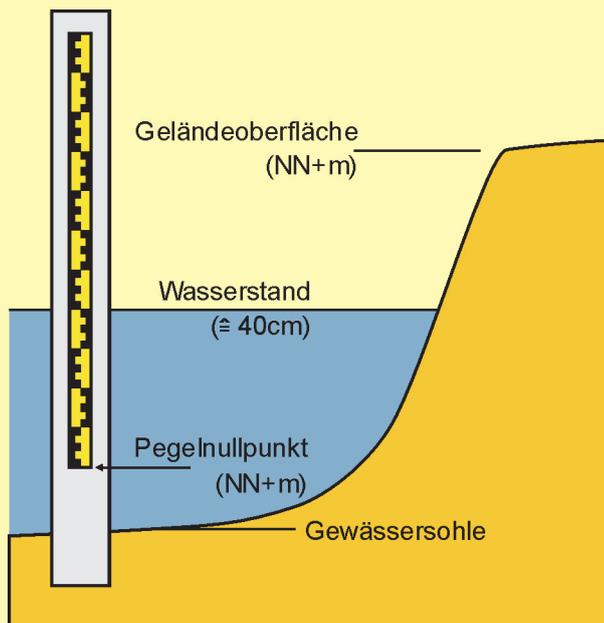


Abb. 6: Pegellatte

Die Pegellatten sind an den Messstellen fest installiert. Die Wasserstände werden in cm über dem Pegelnullpunkt an der Pegellatte abgelesen. Der Pegelnullpunkt ist genauso wie die Geländeoberkante auf NN (Normal-Null ≅ Meeresspiegelniveau) eingemessen.

Abfluss

Wenn die Wassermenge [m³], die während eines Hochwasserereignisses durch einen Gewässerquerschnitt fließt, gleichmäßig auf das zugehörige Einzugsgebiet verteilt würde, so ergäbe sich ein Wasserfilm mit der Abflusshöhe A in mm. Man erhält also dieselbe Einheit wie bei der Niederschlagshöhe. Beide Größen können damit in Beziehung zueinander gesetzt werden. Die Differenz der Werte für Niederschlagshöhe und Abflusshöhe ergibt den Wasserverlust durch Verdunstung und den Gebietsrückhalt (z. B. durch den Bodenspeicher im Einzugsgebiet).

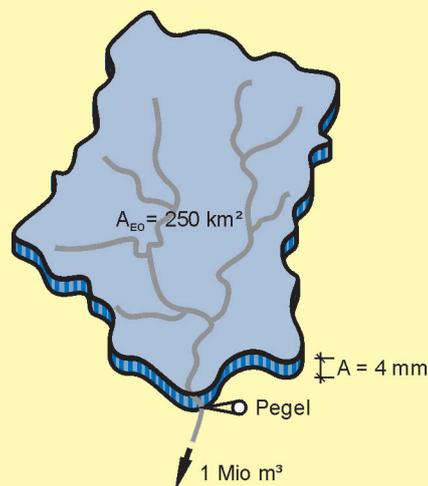


Abb. 7: Gesamtabfluss und Abflusshöhe

Wenn am Pegel P während eines Hochwasserereignisses insgesamt 1 Mio m³ Wasser abfließen, würde das bei einem Einzugsgebiet von 250 km² Flächengröße einer Abflusshöhe von 4 mm entsprechen.

Der Abfluss wird an der Pegelstelle bestimmt, an der das Gewässer das Einzugsgebiet verlässt. Genau genommen wird dort die Menge des Wassers ermittelt, die das Gewässerprofil in jeweils einer Sekunde durchfließt (Einheit: l/s oder m³/s). Es handelt sich dabei streng genommen um die Abflussintensität, die in der Fachwelt mit **Durchfluss** bezeichnet wird. Gebräuchlich – wenn auch nicht ganz korrekt – ist allerdings die Verwendung des Begriffs **Abfluss** (abgekürzt Q).

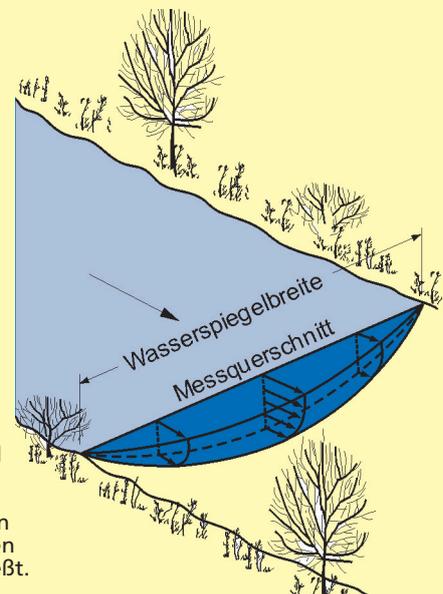


Abb. 8: Abfluss und Messquerschnitt

Der Abfluss ist die Wassermenge, die in 1 Sekunde durch den Messquerschnitt fließt.

Hochwasserganglinie (Hochwasserwelle)

Die Hochwasserabflüsse werden in Abhängigkeit von der Zeit in Form von »Ganglinien« dargestellt. Es ergibt sich die typische Kurve einer Hochwasserwelle.

Ein Teil des Niederschlags verdunstet oder wird auf der Erdoberfläche zur Auffüllung von Mulden zurückgehalten. Der Teil des Niederschlags, der in der Hochwasserwelle abfließt, wird »abflusswirksamer Niederschlag« genannt.

Eine Hochwasserwelle setzt sich zusammen aus Wasser, das

- auf der Erdoberfläche abfließt (Oberflächenabfluss),
- auf verdichteten Bodenschichten, z. B. Pflugsohlen, oberflächennah abfließt (oberflächennaher Zwischenabfluss).
- über das Grundwasser in die oberirdischen Gewässer fließt (Grundwasserabfluss).

Einem Starkregenereignis wird der direkte Hochwasserabfluss zugeordnet, der sich aus den drei Komponenten des Abflusses zusammensetzt. Der direkte Hochwasserabfluss setzt sich auf den Basisabfluss auf, der den Gewässern vor, während und nach dem Hochwasserereignis aus dem Grundwasser zufließt.

Der Welleninhalte entspricht der Abflusshöhe. Einzelne Wellenordinaten bezeichnen den Abfluss/Durchfluss an einer Pegelstelle zu einer bestimmten Zeit. Die Maximalordinate gibt den Hochwasserspitzenabfluss an.

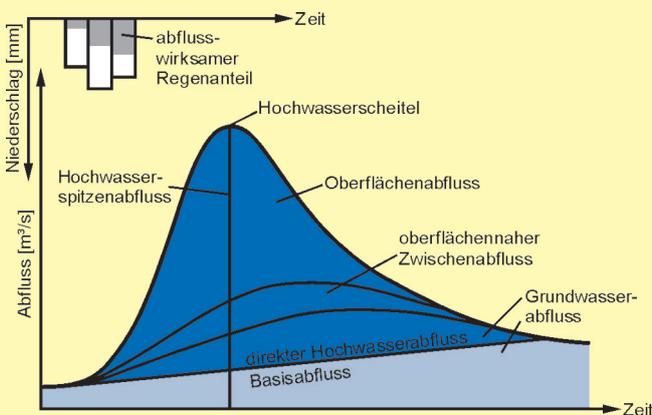


Abb. 9: Schema einer Hochwasserganglinie (Hochwasserwelle)

»Hydraulik« ist die Lehre von den bewegten Flüssigkeiten

Mit Hilfe hydraulischer Formeln werden zum Beispiel die Strömungen in den oberirdischen Gewässern beschrieben.

Abflüsse und Wasserstände sind abhängig voneinander. Bei steigenden oder sinkenden Abflüssen heben oder senken sich auch die Wasserstände – allerdings nicht im gleichen Maße. Wenn das Hochwasser ausfert, steigen die Wasserstände beispielsweise deutlich langsamer an als die Abflüsse.

Die Wasserstände stellen sich bei gleichem Abfluss umso geringer ein

- je höher das Gefälle des Flusslaufes ist,

- je großflächiger das durchflossene Gewässerprofil ist,
- je glatter die Wandungen des Gewässerbettes sind (Gewässersohle, Böschungen/Ufer).

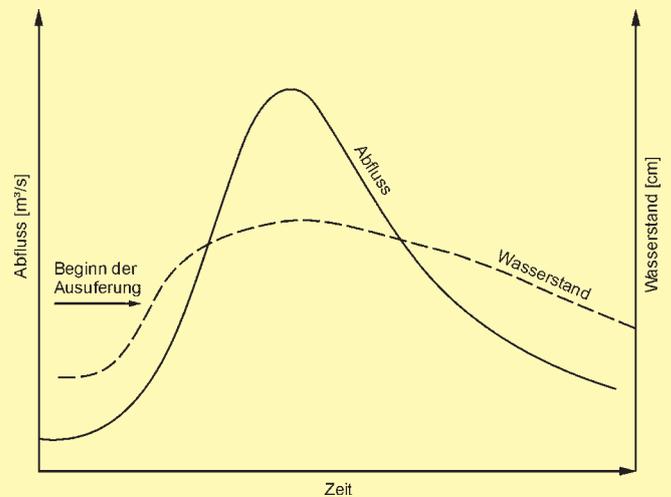


Abb. 10: Schema: Korrespondierende Abfluss- und Wasserstandsganglinien

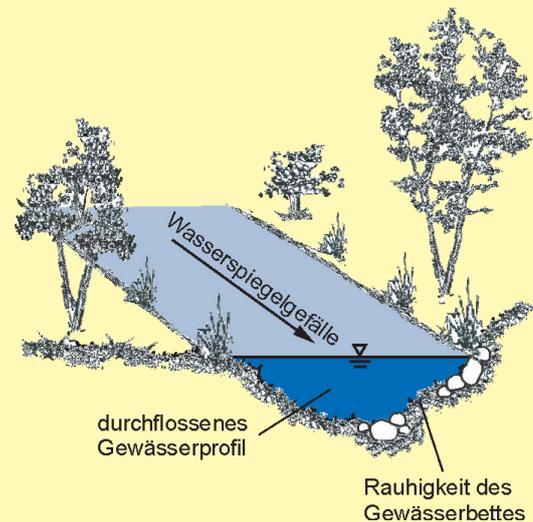


Abb. 11: Einflüsse auf die Höhe des Wasserspiegels

Für alle oberirdischen Gewässer in Niedersachsen sind die nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung alle 100 Jahre zu erwartenden Hochwasserspitzenabflüsse ermittelt und veröffentlicht (NLÖ, 2003). Da sich die vom Hochwasser Betroffenen kaum für die Abflüsse aber umso mehr für die ausufernden Wasserstände interessieren, müssen die Hochwasserabflüsse in einem zweiten Schritt in zugehörige Wasserstände umgerechnet werden. Diese Umrechnung ist außerordentlich schwierig, weil sich die Gefälleverhältnisse, vor allem aber die Gewässerprofile bei ausgefertem Hochwasserabfluss entlang der Flussläufe stark ändern. Noch schwieriger sind Werte anzusetzen, mit denen die Rauigkeit des Abflussgerinnes bei überfluteten Flussauen nachempfunden wird, weil sich alle möglichen Abflusshindernisse auswirken und manche Einflüsse wie zum Beispiel die Vegetation sogar jahreszyklischen Änderungen ausgesetzt sind.

2.1.2 Eishochwasser

Eine Besonderheit sind Eishochwasser, die dadurch entstehen, dass sich treibende Eisschollen verkanten und sich zu Barrieren im Fluss aufbauen. Dadurch kann das Hochwasser nicht mehr ungehindert abfließen. Die Folge sind Auf- und Rückstauerscheinungen, die weit in das Hinterland reichen können.



Abb. 12: Eisgang auf der Elbe im Winter 1987
Wenn sich Eisschollen gegenseitig versetzen und verkanten, können sie Sperren aufbauen, die den Hochwasserabfluss behindern. Der dadurch verursachte Auf- und Rückstau des Hochwassers kann so gravierend werden, dass die Hochwasserdeiche von den Eismassen aufgeschlitzt und überflutet werden.

2.1.3 Vorregen

Von ähnlicher Bedeutung wie der Niederschlag sind Trockenheit oder Nässe vor dem Regenbeginn. Ein starker Niederschlag der im Sommer nach langer Trockenheit fällt, führt meistens nur zu einem relativ schwach ausgebildeten Hochwasser. Manchmal fließen nur etwa 10 % des Niederschlags in der Hochwasserwelle ab; der Rest des Niederschlagswassers wird im Boden- und Grundwasserspeicher zurückgehalten oder verdunstet. Wenn es jedoch in den Tagen und Wochen vor dem Hochwasser des öfteren stark geregnet hat, sind die Speicher bereits angefüllt und es kann nur noch dementsprechend weniger Wasser zurückgehalten werden. Folgt ein Starkniederschlag einer derartigen Nässeperiode, wird im Vergleich zur trockenen Ausgangslage ein Mehrfaches an Wasser abfließen und zu einem weitaus höheren Hochwasser führen (siehe Abb. 13).

Trockenheit oder Nässe vor Hochwasserbeginn wirken sich in erster Linie auf die Hochwassermenge aus; die Abflussform bleibt weitgehend unverändert.

2.1.4 Vegetation, Jahreszeit

Die Jahreszeit, in der ein Hochwasserereignis stattfindet, spielt insbesondere im Hinblick auf den unterschiedlich ausgebildeten Vegetationszustand eine große Rolle. Wenn die Blätter an den Bäumen und die Feldfrüchte voll entwickelt sind, bleibt weit mehr Regenwasser an den Pflanzenoberflächen haften. Noch wichtiger ist, dass über die Pflanzen in der Wachstumsphase viel Wasser aus dem Boden und Grundwasser verdunstet. Dadurch wird der Boden-

und Grundwasserspeicher relativ leer gehalten, so dass bei Niederschlägen weit größere Wassermengen zurückgehalten werden können. Jahreszeit und Vegetation können sich ähnlich gravierend auswirken wie starke oder schwache Vorregen. Wie die Vorregen wirkt sich auch die Vegetation hauptsächlich auf die Abflussmenge aus.

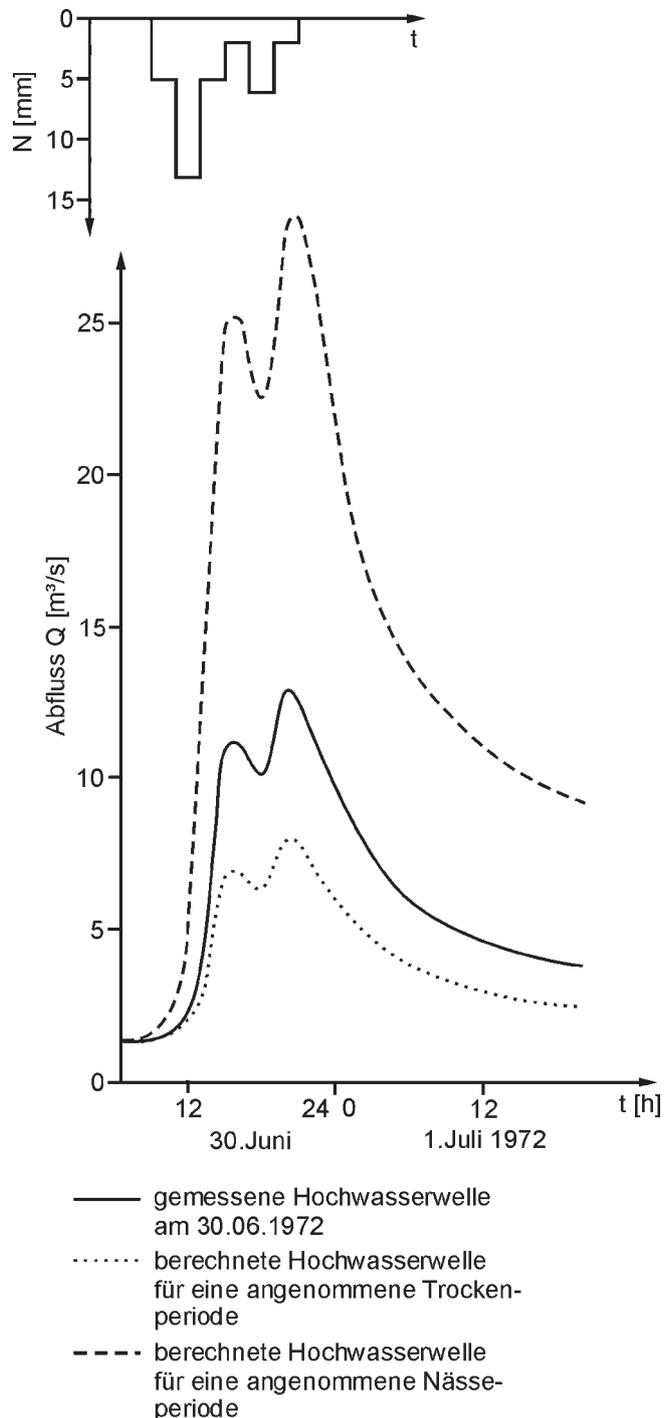


Abb. 13: Einfluss des Anfangsbodenwassergehaltes auf die Hochwasserwelle
Die Rodenberger Aue entwässert die Berghänge von Deister, Bückebergen und Süntel im südlichen Niedersachsen. Am Pegel Rodenberg (Einzugsgebiet: 154 km²) floss am 30. Juni 1972 ein Hochwasser mit einer Abflusshöhe von 5,3 mm und einer Abflussspitze von 12,9 m³/s ab. Die Niederschlagshöhe lag bei 33,3 mm; es sind also 16 % der Niederschläge abgeflossen. Vor dem Hochwasserereignis herrschte normales Sommerwetter mit gelegentlichen Niederschlägen. Eine Modellrechnung ergab, dass bei größerer Trockenheit nur 10 % der Niederschläge abgeflossen wären und sich eine Abflussspitze von 8,0 m³/s eingestellt hätte. Bei großer Nässe wären dagegen 35 % des Regens abgeflossen, die Abflussspitze wäre dann auf 28,5 m³/s gestiegen.

2.1.5 Landschaftsrelief

Je steiler das Geländegefälle ist, desto schneller fließt das Wasser den nächsten Bächen und Flüssen zu. Im mittelgebirgigen Süden Niedersachsens fließen die Hochwasser deswegen konzentrierter ab als im nördlichen Tiefland.

Unterschiedliche Gefälleverhältnisse wirken sich sowohl auf die Form der Hochwasserwellen als auch auf die Abflussmenge aus.

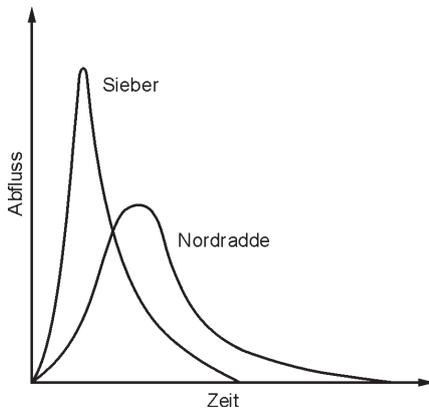


Abb. 14: Typische Hochwasserwellen in Mittelgebirge und Tiefland. Die Einzugsgebiete der Pegel Hattorf/ Sieber im Harz und Apeldorn/Nordradde in der Sögeler Geest sind mit 129 km² bzw. 127 km² etwa gleich groß und haben beide eine schmale langgestreckte Form. Die typischen Abflussformen der Hochwasserwellen weichen infolge der unterschiedlichen Gefälleverhältnisse stark voneinander ab. Im flachen Geländeprofil der Nordradde benötigt das Hochwasser längere Zeit als im Mittelgebirge, um aus dem Gebiet abzufließen, und die Hochwasserscheitel sind flacher.

2.1.6 Boden

Von den Eigenschaften der Böden hängt es ab, ob die Niederschläge oberflächlich abfließen oder versickern.

Kies- und Sandböden können in kurzer Zeit mehr Regenwasser aufnehmen als Lehm- oder Tonböden. Das liegt daran, dass die leichten Böden große, miteinander verbundene Poren aufweisen, in die der Regen leicht einsickern kann, und die schweren Böden sehr feinporig sind, so dass nur wenig Wasser langsam eindringen kann. Wenn allerdings in kurzer Zeit sehr viel Regen fällt, kann es geschehen, dass auch bei Sandböden die Zeit zum Eindringen des Wassers in den Boden fehlt.

Böden können das Niederschlagswasser von mehreren Monaten zwischenspeichern. Weitgehend trockene Böden können bei Starkregen insbesondere in der ersten Regenphase große Wassermengen aufnehmen.

2.1.7 Grundwasser

Das in den Boden infiltrierte Regenwasser gelangt nach Durchsickerung des Bodens in das Grundwasser. Nach Niederschlägen steigen die Grundwasserstände an, dadurch werden die versickerten Regenanteile gespeichert. Grundwasserspeicher können je nach ihrer Ausbildung lange zurück reichende Niederschläge aufnehmen. Die Passage des Grundwassers durch den Untergrund dauert im Falle gewässerferner Gebiete oft mehrere Jahrzehnte. Infolge der jahreszeitlich unterschiedlichen Zusickerung aus dem Boden sind die Grundwasserspeicher im Frühjahr grundsätzlich voller als im Herbst. Bei hohen Grundwasserständen läuft weitaus mehr Wasser in die oberirdischen Gewässer als bei niedrigen. Wegen der jahreszyklischen Schwankungen der Grundwasserstände laufen Frühjahrshochwässer oft höher auf als Herbsthochwässer.

Boden- und Grundwasserspeicher wirken sich sowohl auf die Abflussmenge als auch auf die Form der Hochwasserwelle aus. Je mehr Wasser zurückgehalten werden kann, desto geringer wird die Abflussmenge.

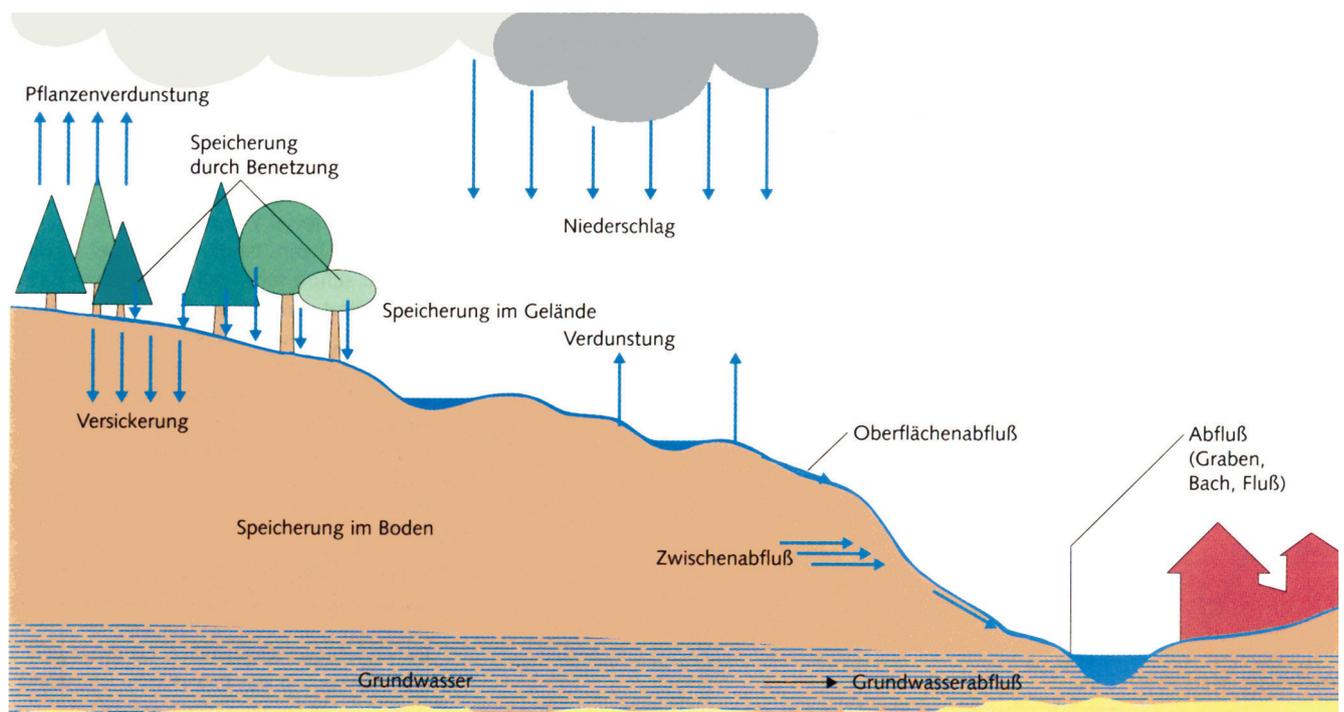


Abb. 15: Schema der Hochwasserentstehung (Quelle: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998)

Das über die Erdoberfläche versickernde Regenwasser wird im Boden- und Grundwasserraum gespeichert, ehe es als Zwischen- oder Grundwasserabfluss in die Gewässer gelangt.

Regenwasser, das über die Boden- und Grundwasserspeicher in die Gewässer gelangt, kommt dort später an als oberflächlich abfließendes Wasser. Die Wellenform wird flacher!

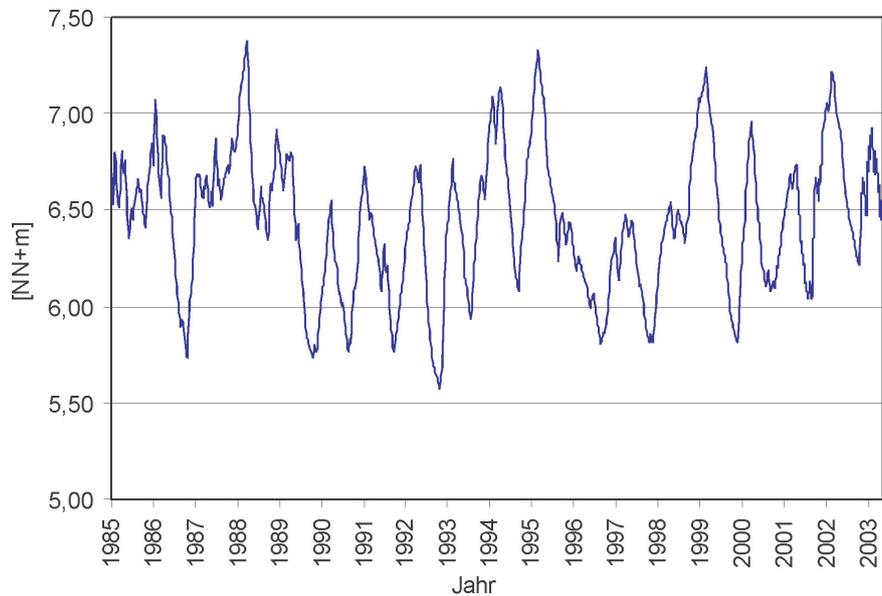


Abb. 16: Grundwasserstände an der Messstelle Groß Oldendorf

Der Grundwasserspeicher erreicht etwa im April eines Jahres einen relativen Höchststand und leert sich bis Ende Oktober.

2.1.8 Fazit »Abflussbildung in der Fläche«

Es gibt eine Fülle von Einflüssen, die bei der Entstehung von Hochwasser in der Fläche eine Rolle spielen. Nur die wichtigsten von ihnen konnten hier erwähnt werden. Unerwähnt blieb zum Beispiel, dass die Wirkung einzelner Flächeneigenschaften sich verschiebt, wenn Einzugsgebiete stark unterschiedlich überregnet werden. Dann kann es geschehen, dass beispielsweise stark überregnete Waldgebiete ein viel stärkeres Gewicht gewinnen als landwirtschaftlich genutzte Gebiete, die von Niederschlägen verschont bleiben (vgl. Kap. 2.2.2). Es ist schwierig, Kausalzusammenhänge zwischen Einzeleinflüssen und ihren Wirkungen auf das Hochwasser herzustellen. Die Abflussbildung in der Fläche muss stets als komplexer Prozess mit vielen Einflussfaktoren gesehen werden.

Dies bedeutet nicht, dass generelle Aussagen zu verschiedenen Flächennutzungen unmöglich sind. In Wäldern werden Niederschläge zum Beispiel besonders

gut zurückgehalten. Die Bäume und andere Waldpflanzen halten über ihre Oberflächen viel Regenwasser zurück und der gut durchwurzelte lockere Waldboden kann viel Wasser in kurzer Zeit aufnehmen. Auch Heideflächen und Grünland haben im Allgemeinen einen günstigen Einfluss auf den Regenrückhalt. Bei Ackerflächen kommt es sehr darauf an, wie die Feldfrüchte entwickelt sind. Im Winter brach liegende Äcker sind erosionsgefährdet und halten vergleichsweise wenig Regenwasser zurück. Am ungünstigsten stellt sich der Regenrückhalt bei versiegelten Flächen ein. Nur durch Benetzung der Oberflächen oder bei gepflasterten Flächen durch Versickerung in den Fugen findet ein Wasserrückhalt statt.

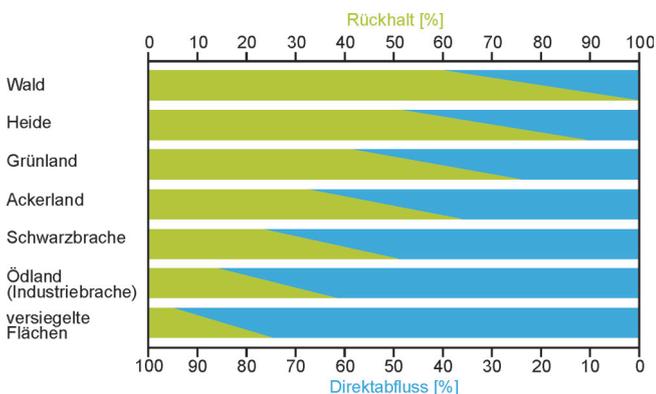


Abb. 17: Gebietsrückhalt und Hochwasserabfluss bei verschiedenen Flächennutzungen

Die Übersicht gibt einen groben Anhalt. Wegen der vielen Einflüsse auf die Abflussbildung besteht ein breiter Schwankungsbereich zwischen Rückhalt und Abfluss. Je nachdem, wie die verschiedenen Einflüsse bei einem Hochwasser ausgebildet sind, fließen im Wald bis zu 40 % der Niederschläge ab. Es gibt vorwiegend in den Sommermonaten Ereignisse, bei denen die gesamten Niederschläge im Wald zurückgehalten werden und es gibt seltene Hochwasser, bei denen mehr als ein Drittel des Niederschlags abflusswirksam wird.

2.2 Wellenablauf im Gewässernetz

Wenn die Abflüsse aus der Fläche die oberirdischen Gewässer erreicht haben, fließen sie darin ab. Der Abflussvorgang im Gewässernetz unterliegt vielen Einflüssen, die sich auf die Form der Hochwasserwellen auswirken. Besonders hervorzuheben sind die Retentionswirkung bei ausuferndem Hochwasser und die Überlagerung von Hochwasserwellen, wenn Abflüsse aus den Haupt- und Nebengewässern zusammentreffen.

2.2.1 Retention

Unter »Retention« versteht man die Rückhaltung von Abflussmengen in Speichern; dadurch wird eine Abflachung der Hochwasserwellen bewirkt. Wasserspeicher sind die Gewässer selbst und ihre Flussauen sowie von Gewässern durchflossene Seen oder Rückhaltebecken. Bei auflaufendem Hochwasser fließt Wasser in die Speicher hinein, dadurch wird der Anstieg der Hochwasserwelle gedämpft. Das gespeicherte Wasser fließt bei ablaufendem Hochwasser wieder ab und verlängert den Zeitraum erhöhter Abflüsse.

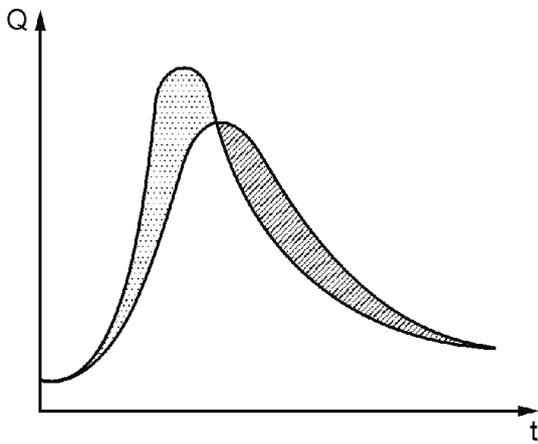


Abb. 18: Veränderung einer Hochwasserwelle durch Zwischenspeicherung von Abflüssen (Retention)
 Es ändert sich nur die Wellenform; die Abflussmenge bleibt konstant (die hell angelegte ist gleich der dunklen Fläche). Die Retentionswirkung ist umso effektiver, je größer das Speichervolumen ist. Im dargestellten Fall bietet der Speicher Platz für die Zwischenspeicherung der schraffierten Wassermenge. Das sind hier etwa ein Viertel des abfließenden Hochwassers, das sich im gesamten zugehörigen Einzugsgebiet der Hochwasserwelle gebildet hat.

Retention einer Flussaue

Ohne Retention in der Flussaue würde eine Hochwasserwelle, die einen Gewässerabschnitt durchläuft, lediglich um die reine Laufzeit später am Ende der Gewässerstrecke ankommen. Streng genommen kommt so etwas in der Natur nicht vor. Eine nicht ausufernde Hochwasserwelle unterliegt auch einer Retentionswirkung, jedoch nur einer sehr geringen. Die Zwischenspeicherung von Wassermengen erfolgt dann nur im Flusslauf selbst, in dem kein großes Speichervolumen zur Verfügung steht.

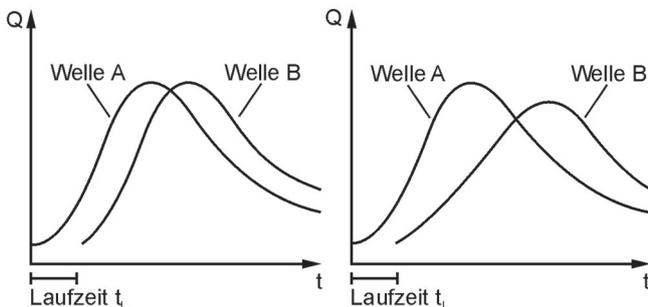
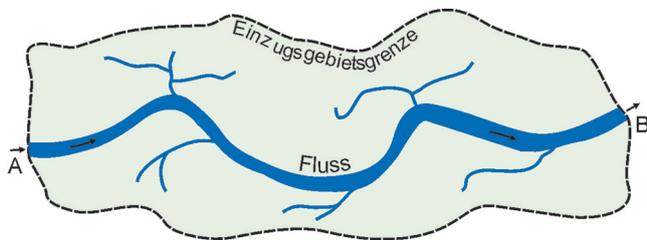


Abb. 19: Wellenablauf ohne und mit Retention
 Links unten: Wellenablauf ohne Retention: Die an der Gewässerstation A registrierte Hochwasserwelle läuft nach der Laufzeit t_L in derselben Form an der Gewässerstation B ab. Im Diagramm verschiebt sich die Welle um t_L nach rechts. Rechts unten: Wellenablauf mit Retention: Die an der Gewässerstrecke A registrierte Welle benötigt die Laufzeit t_L , um an der Station B anzukommen. Außerdem flacht sich die Welle infolge Retention in der Flussaue zwischen den Stationen A und B ab.

Retention mit Zwischengebietszufluss

Der Gewässerabschnitt hat ein eigenes Einzugsgebiet, das zwischen den Stationen A und B liegt (deswegen: »Zwischengebiet«). Der Retentionseffekt im Wellenablauf kann überdeckt werden, wenn dem Gewässer aus dem Zwischengebiet zusätzliches Hochwasser zufließt. Das ist der Fall, wenn das Zwischengebiet ebenfalls überregnet wird. Die Teilwelle aus dem Zwischengebiet wird die Hochwasserwelle aus dem Oberlauf dann verstärken und kann den Retentionseffekt dabei abschwächen und überdecken. In ungünstigen Fällen kann es sogar zu einer Erhöhung der Spitzenabflüsse kommen.

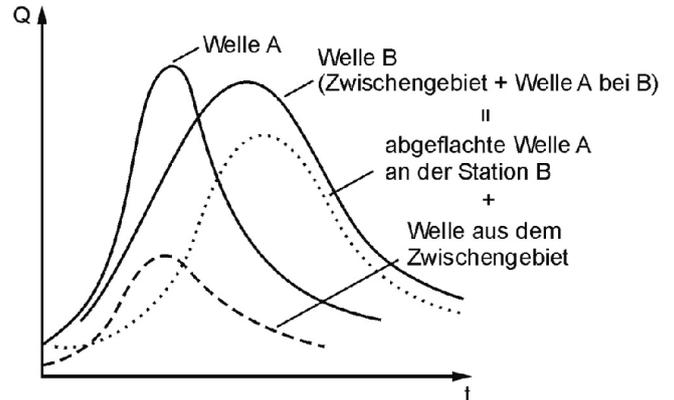


Abb. 20: Retention mit Zwischengebietszufluss
 Die zulaufende Hochwasserwelle (Welle A) wird durch Retention gedämpft und um die Laufzeit verschoben (punktierter Welle). Gleichzeitig wird die Welle A um Zuflüsse aus dem Zwischengebiet verstärkt (gestrichelte Welle). Die Summe aus punktierter und gestrichelter Welle ergibt die Hochwasserwelle an der Stelle B. Von Station A nach B ändert sich sowohl die Wellenform als auch die Wassermenge.

2.2.2 Wellenüberlagerung

Wenn die Hochwasserwelle eines Hauptgewässers mit den Wellen aus den Nebengewässern zusammenfließt, summieren sich die Abflüsse. Man spricht von einer Überlagerung der Hochwasserwellen. Bei der Wellenbildung in einem aus Teileinzugsgebieten zusammengesetzten Gewässersystem kommt es unter anderem sehr darauf an, in welcher zeitlichen Folge die Teilwellen aufeinander treffen. Wenn die Hochwasserspitzen zweier Wellen aus benachbarten Einzugsgebieten zeitgleich am Zusammenfluss der Gewässer eintreffen, ergibt sich eine besonders hohe und spitze Gesamtwellen. Je größer der zeitliche Vorlauf einer der Teilwellen ist, desto flacher und breiter wird die Gesamtwellen.

Fachthema 2: Wellenüberlagerung, Schematisches Modell

Gegeben sei ein Gewässernetz bestehend aus einem Fluss und vier Zuflüssen (A-Bach, B-Bach, C-Bach und D-Bach). Die Mündungen der vier Bäche teilen den Fluss in vier Abschnitte ein (Fluss I/Quellbereich, Fluss II, Fluss III und Fluss IV). Den vier Bächen und vier Flussabschnitten sind jeweils Einzugsgebiete zugeordnet. Unterhalb der Einmündungen befinden sich die Gewässerstationen (1) bis (4).

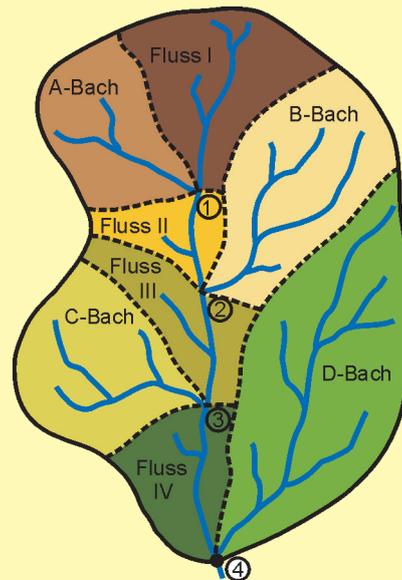


Abb. 21: Schema: Gewässernetz mit Flussabschnitten und Einzugsgebieten

Wellenüberlagerung an der Gewässerstation (1):

- An der Gewässerstation (1) fließen die beiden Hochwasserwellen
- aus dem Quellgebiet des Flusses »Fluss I« und
 - aus dem Einzugsgebiet des »A-Baches« zusammen.

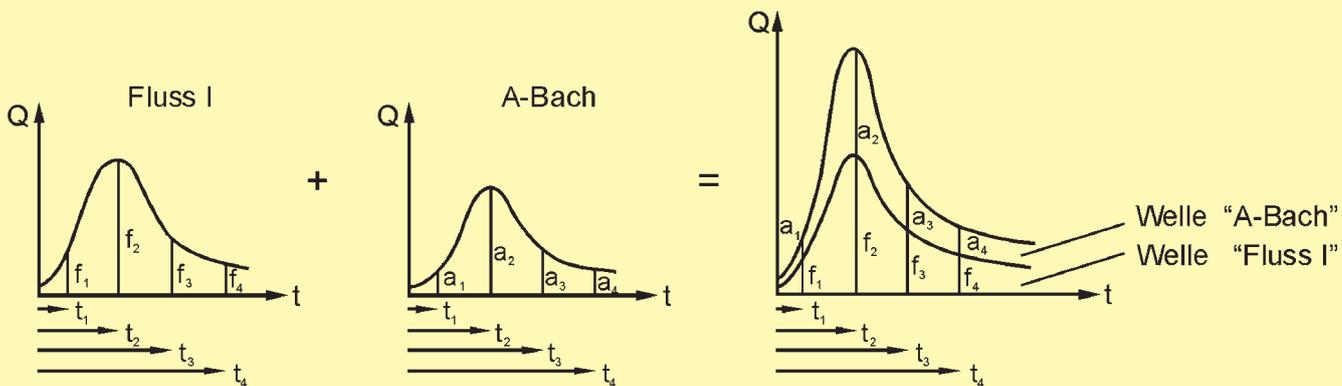


Abb. 22: Wellenüberlagerung an der Gewässerstation 1

Zwei Hochwasserwellen werden überlagert (addiert), indem die zugehörigen Abflussordinaten der beiden Wellen f_i und a_i addiert werden.

Wellenüberlagerung an der Gewässerstation (2)

- An der Gewässerstation (2) fließen die beiden Hochwasserwellen
- aus dem Einzugsgebiet des Flussabschnitts »Fluss II« und
 - mit der Hochwasserwelle von der Gewässerstation (1) zusammen, die entlang des Flussabschnitts von (1) nach (2) der Retention durch Ausuferung in der Flusssau unterliegt.

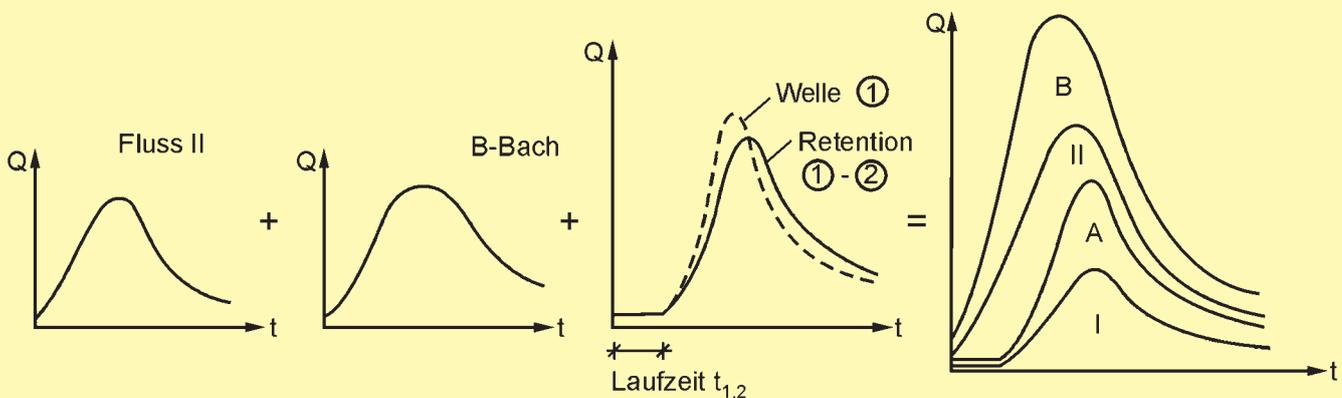


Abb. 23: Wellenüberlagerung an der Gewässerstation 2

Die an der Gewässerstation (1) ermittelte Hochwasserwelle braucht die Zeit $t_{1,2}$, um zur Gewässerstation (2) zu gelangen. Sie wird daher bei der Überlagerung mit den Wellen aus den Einzugsgebieten des Flussabschnitts »Fluss II« und des »B-Baches« um diese Zeit $t_{1,2}$ auf der Zeitachse nach rechts verschoben. In der Abbildung ist angedeutet, wie sich die an der Gewässerstation (1) ermittelte Hochwasserwelle infolge Retention auf der Strecke zwischen den Stationen (1) und (2) abflacht.

Wellenüberlagerung an der Gewässerstation (3):

An der Gewässerstation (3) fließen die beiden Hochwasserwellen

- aus dem Einzugsgebiet des Flussabschnitts »Fluss III« und
- aus dem Einzugsgebiet des »C-Baches«
- mit der Hochwasserwelle von der Gewässerstation (2) zusammen, die entlang des Flussabschnitts von (2) nach (3) der Retention durch Ausuferung in der Flussaue unterliegt.

Die Überlagerung der Teilwellen wird nach demselben Schema durchgeführt wie die Wellenüberlagerung an der Gewässerstation (2). Auf eine grafische Darstellung kann verzichtet werden.

Wellenüberlagerung an der Gewässerstation (4):

Auch an der Gewässerstation (4) erfolgt die Wellenüberlagerung analog zu den Stationen (2) und (3). Für die Gewässerstation (4) wird das Gesamtergebnis der Überlagerung der Hochwasserwellen aus allen Teileinzugsgebieten dargestellt.

Aus der Darstellung wird deutlich, dass sich die Zuflüsse aus den Nebenbächen und Flussabschnitten im Verlauf des Wellenablaufs im Gewässer jeweils vor die Welle aus dem Oberlauf setzen. Dieses Erscheinungsbild ist bei vielen Gewässersystemen zu beobachten. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen Wellen aus dem Oberlauf schneller ablaufen als die Abflüsse aus nahegelegenen Gebietsteilen.

In der Ganglinie der Hochwasserwelle ist die Ordinate des Spitzenabflusses eingetragen. Es ist ersichtlich, dass in dieser Darstellung der Hochwasserabfluss aus den am weitesten entfernt gelegenen Teileinzugsgebieten (Fluss I, A-Bach) kaum einen Einfluss auf den Spitzenabfluss der Gesamtwelle hat. Das liegt an der langen Laufzeit, die die Teilwellen aus dem Oberlauf des Flusses von der Station (1) bis zur Station (4) benötigen – sie kommen gewissermaßen zu spät, um den Spitzenabfluss der Gesamtwelle noch erhöhen zu können.

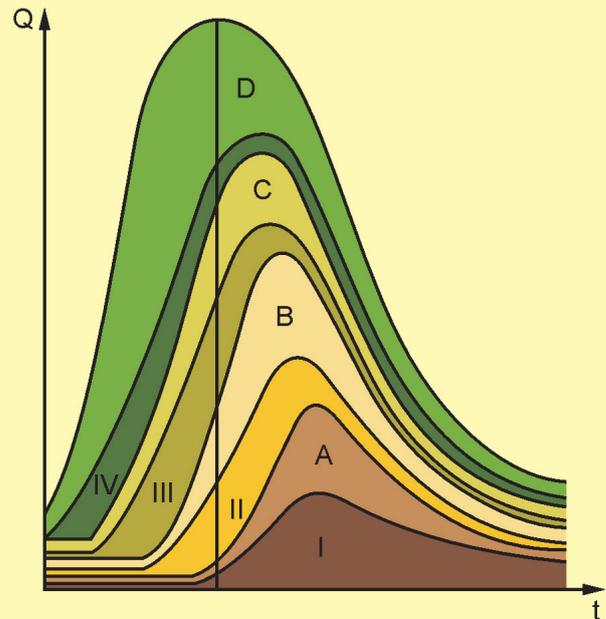


Abb. 24: Wellenüberlagerung an der Gewässerstation 4
Die Gesamtwelle aus einem Einzugsgebiet kann man sich modellhaft aus Einzelwellen aus den Teilgebieten zusammengesetzt denken. Die zusammengehörigen Teileinzugsgebiete und Einzelwellen sind in gleicher Farbe kenntlich gemacht.

benötigen – sie kommen gewissermaßen zu spät, um den Spitzenabfluss der Gesamtwelle noch erhöhen zu können.

Der Einfluss von nahe an der Station (4) gelegenen Flächen (Fluss IV) auf den Spitzenabfluss der Gesamtwelle ist ebenfalls nur gering (siehe Abb. 21 und 24). In diesem Fall liegt es daran, dass die Teilwelle aus dem nahen Gebiet schon sehr früh, nämlich in der Phase des Anstiegs der Gesamtwelle an der Station (4) eintrifft. Entscheidenden Einfluss auf die Spitzenabflüsse der Hochwasserwelle aus dem Gesamtgebiet haben die in der Mitte liegenden Teileinzugsgebiete.

Einfluss der Gebietsstruktur auf die Ausbildung zusammengesetzter Hochwasserwellen

Es liegt insbesondere an der Struktur eines Gewässernetzes und Einzugsgebiets, in welcher Weise sich die Hochwasserwellen aus den Teilflächen seiner einzelnen Flussabschnitte und Nebenflüsse überlagern. Die Teilwellen weisen je nach Gebietsgröße und den vorliegenden Abfluss bildenden Einflüssen (z. B. Gebirge oder Tiefland, Wald oder Siedlung) ein unterschiedliches Volumen und eine spezielle Form auf.

Die Teilwellen können sich hinsichtlich der resultierenden Hochwasserspitzen bei jedem ihrer Zusammenflüsse je nach den vorliegenden Struktureigenschaften günstig oder ungünstig überlagern.

Ein typisches Beispiel für den großen Einfluss unterschiedlicher Gebietsstrukturen und der damit verbundenen zeitlichen Überlagerung von Teilwellen zeigt der Vergleich der Wellenbildung in einem kompakten gegenüber einem langgestreckten Einzugsgebiet.

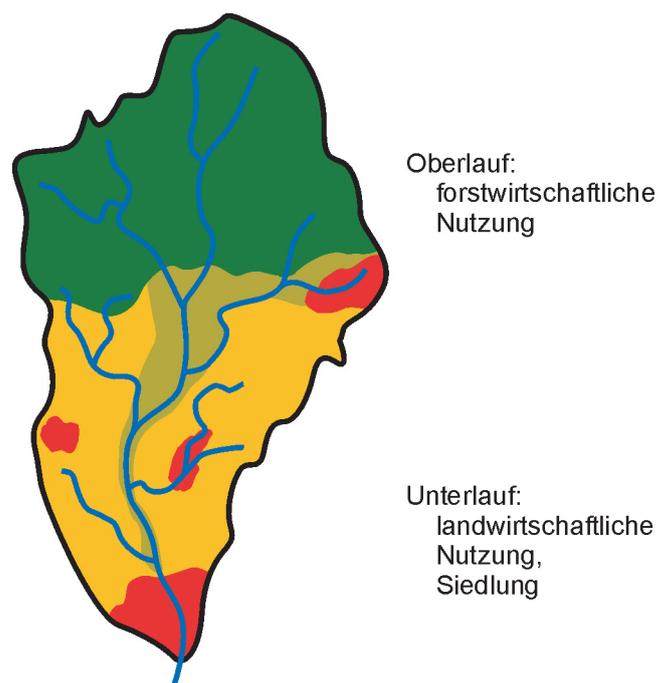


Abb. 25: Schema der unterschiedlichen Landnutzungen im Einzugsgebiet

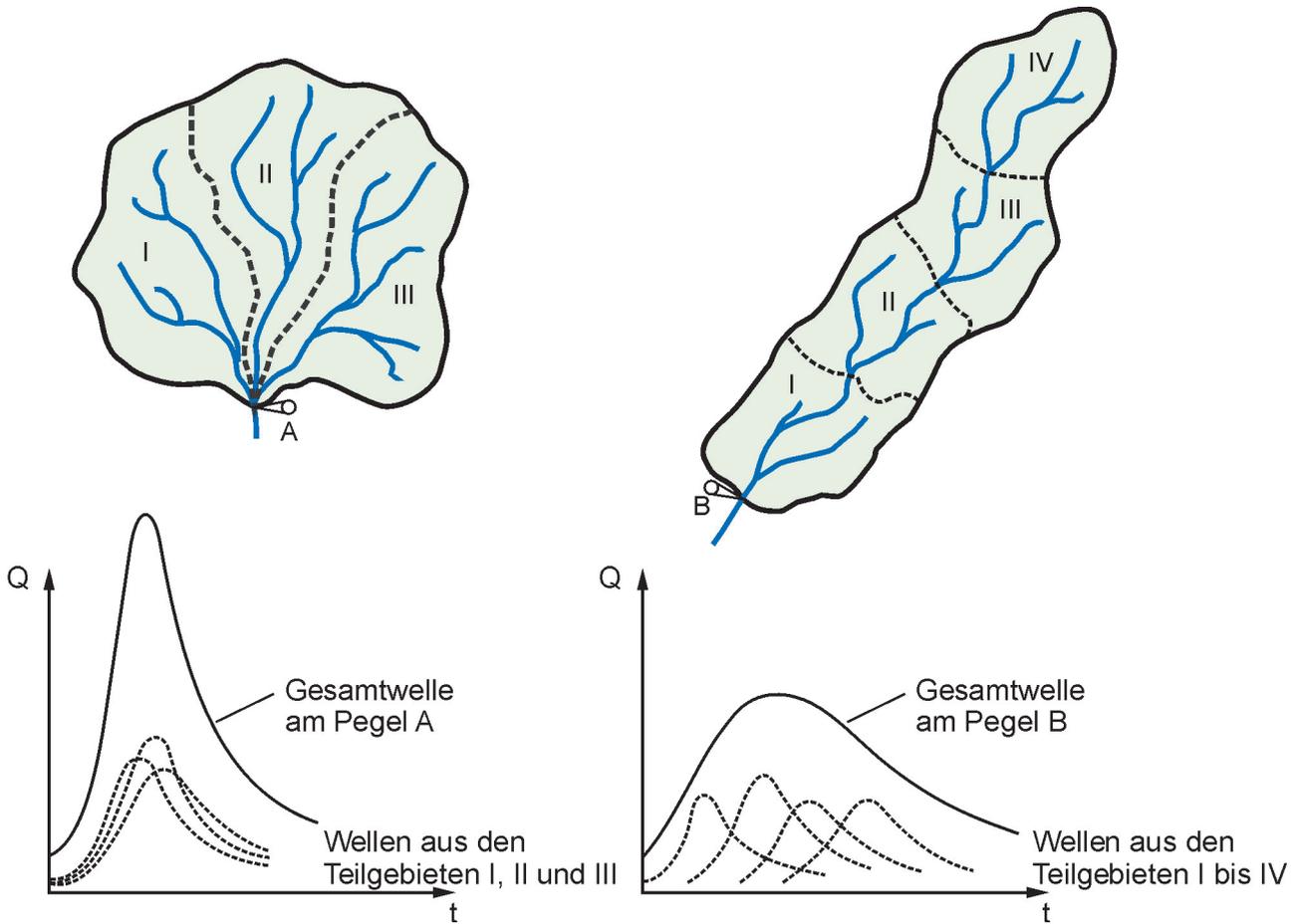


Abb. 26: Einfluss der Einzugsgebietsform auf die Hochwasserwelle

Bei einem kompakten Einzugsgebiet, in dem die Hochwasserwellen aus mehreren Teilgebieten an einem Punkt zusammenfließen, treffen die Einzelwellen zu etwa gleicher Zeit aufeinander und erzeugen eine relativ schmale und hohe Abflussspitze.

Bei einem langgestreckten Einzugsgebiet benötigt die Hochwasserwelle eine bestimmte Zeit, um den gesamten Gewässerlauf von der Quelle bis zur Mündung zu durchfließen. Nach und nach treffen die Wellen aus den Nebengewässern zu verschiedenen Zeiten mit der Hauptwelle zusammen und erzeugen eine relativ breite und flache Abflussspitze.

Einfluss ungleichmäßiger Überregnung auf die Ausbildung zusammengesetzter Hochwasserwellen

Große Einzugsgebiete werden nur selten gleichmäßig überregnet. Häufig konzentrieren sich besonders starke Regenfälle auf bestimmte Regionen; andere Gebiete

werden weniger stark beregnet. Außer diesen in der Fläche unterschiedlichen Niederschlägen können auch über Land ziehende Niederschläge das Hochwassergeschehen beeinflussen, bei denen die Flächen zwar vergleichbar stark, aber zu verschiedenen Zeiten überregnet werden.

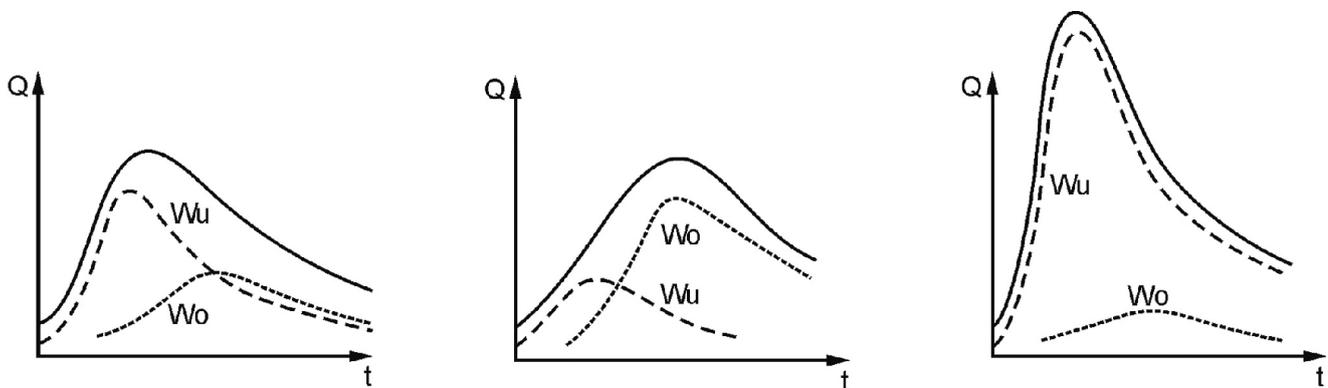


Abb. 27: Einfluss ungleichmäßiger Überregnung auf die Hochwasserwellen

Gleichmäßige Überregnung des Gesamtgebietes. Wo: Welle aus dem Oberlauf. Wu: Welle aus dem Unterlauf. Die Hochwasserwelle aus dem Gebiet des Unterlaufs läuft aufgrund der abflussintensiven Flächennutzung höher auf als die aus dem Oberlauf.

Starke Überregnung des Oberlaufs (Wo verdoppelt), schwache Überregnung des Unterlaufs (Wu halbiert). Die Spitzenabflüsse der Gesamtwelle sind in diesem Beispiel zwar vergleichbar hoch wie bei gleichmäßiger Überregnung, die Hochwasserspitze trifft jedoch später ein.

Schwache Überregnung des Oberlaufs (Wo halbiert), starke Überregnung des Unterlaufs (Wu verdoppelt). Bei starker Überregnung des abflussintensiven Unterlaufs ist die Hochwasserspitze bedeutend höher als bei gleichmäßiger Beregnung.

Einfluss inhomogener Abflussbildung auf die Ausbildung zusammengesetzter Hochwasserwellen

Wenn einem Fluss Hochwasserwellen aus unterschiedlich abflussintensiven Gebieten zufließen, kann sich die Wellencharakteristik vollkommen verändern. Ein Beispiel dafür bieten die Aller und ihre Nebenflüsse Oker und Leine. Die letzteren Flüsse entspringen im Mittelgebirge. Ihre Oberläufe sind in ihrem Hochwasserverhalten durch relativ hohe und schmale Hochwasserwellen geprägt. Das übrige Einzugsgebiet der Aller weist ausschließlich Flachlandcharakter auf, große Gebietsteile entfallen auf die Lüneburger Heide. Hier bilden sich relativ breite und flache Hochwasserwellen aus. Die Abflüsse aus der Oker und Leine verändern das Hochwasserverhalten der Aller unterhalb ihrer Mündungen dementsprechend stark.

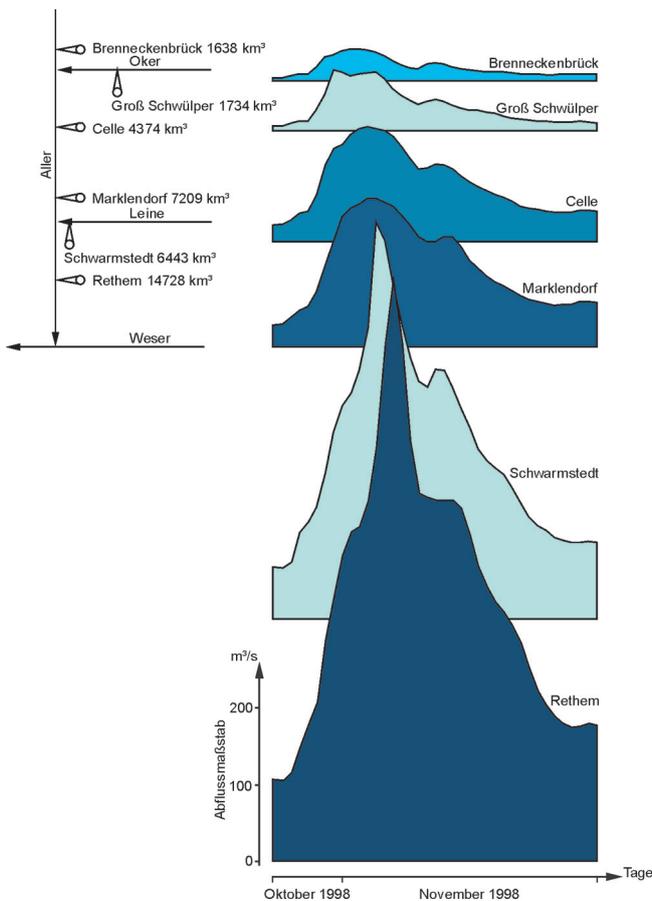


Abb. 28: Überlagerung von Hochwasserwellen aus Aller, Oker und Leine, Hochwasserereignis Oktober/November 1998
Wenn in Fällen wie bei der Aller, einem Flachlandfluss, hohe Hochwasserwellen aus dem Gebirge zufließen, wirkt sich eine Rückhaltung des Gebirgshochwassers besonders günstig aus. Hohe Spitzenabflüsse, wie sie im Gebirge vorkommen, bauen sich im Tiefland nicht wieder auf. Der den Hochwasserabfluss intensivierende Gebirgseinfluss wird durch die Rückhaltung des Wassers nachhaltig eliminiert. In den Oberläufen der Oker und Leine befinden sich daher Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken, in denen die Gebirgsabflüsse zurückgehalten werden.

2.2.3 Fazit »Wellenablauf im Gewässernetz«

Links und rechts der Flüsse stehen in den Flussauen riesige Räume zur Verfügung, die bei Hochwasser überschwemmt werden. Ansteigende Hochwasserabflüsse werden wirkungsvoll dadurch gedämpft, dass große Wassermengen in die Auen ausufern. Die Abflussdämpfung beginnt bereits mit der Ausuferung und endet bei Eintritt der Scheitelabflüsse. Hinsichtlich der Abflachung der Hochwasserspitze wirkt sich negativ aus, dass die Retentionsräume schon so frühzeitig volllaufen. Wenn die Hochwasserspitze eintrifft, steht nur noch verhältnismäßig wenig freier Stauraum zur Verfügung.

In großen Einzugsgebieten gibt es viele menschliche Einflüsse, die sich auf das Hochwassergeschehen auswirken. Oft wird nur auf die sich abflussverschärfenden Veränderungen wie Deiche und Bodenversiegelungen hingewiesen. Es gibt jedoch auch viele positive Einflüsse wie Talsperren und Rückhaltebecken. Die Einflüsse haben einzeln betrachtet oft nur eine schwache Wirkung auf den Hochwasserabfluss. Vielfach wird jedoch behauptet, dass sich die vielen schwachen Einflüsse in einem großen Einzugsgebiet ungünstig summieren könnten. Diese Auffassung ist nur sehr bedingt richtig, denn die durch den Menschen verursachten Veränderungen zeigen sich je nach ihrer Lage im Einzugsgebiet zeitlich an verschiedenen Stellen der Hochwasserwellen. Eine gegenseitige Verstärkung von abflussverschärfenden Einflüssen findet also nur in ungünstigen Fällen statt.

Einflüsse, die bei einem vergangenen Hochwasser eine bemerkenswerte Rolle gespielt haben, können bei künftigen Hochwasserereignissen unter Umständen nebensächlich sein. Derartige Phänomene können zum Beispiel durch ungleiche Überregnung und dann unterschiedliche Wellenüberlagerungen hervorgerufen werden.

Hochwasserwellen werden immer nur aus der speziellen Situation heraus verständlich!

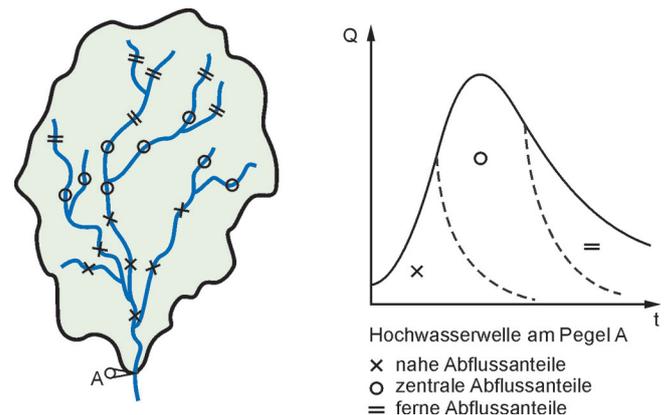


Abb. 29: Abflussanteile aus verschiedenen Stellen eines Einzugsgebiets in der Hochwasserabflussganglinie

Die Hochwasserwelle aus einem Einzugsgebiet setzt sich aus Abflüssen zusammen, die aus verschiedenen Teilflächen des Einzugsgebiets zusammenfließen. Hochwasseranteile aus weitab gelegenen Flächen brauchen relativ lange Zeit, um die Fließwege zum betrachteten Pegel zu überwinden. Dementsprechend beeinflussen sie die Hochwasserwelle im Bereich des abfallenden Wellenverlaufs. Nahe an der Gewässerstation gelegene Flächen tragen dagegen im Bereich des ansteigenden Wellenverlaufs zum Hochwasserabfluss bei, Abflüsse aus dem Zentrum des Einzugsgebiets verstärken die Spitzenabflüsse der Hochwasserwelle.

2.3 Wirkung von Gewässer- und Auenstrukturen auf Hochwasserstände

Die Hochwassergefahren gehen von ausufernden Hochwasserständen und turbulenten Strömungen aus. Beides hängt mit den Hochwasserabflüssen zusammen, jedoch sind die Größen »Wasserstand«, »Abfluss« und »Strömung« auseinander zu halten (vgl. Seite 9 ff.). Ein und derselbe Hochwasserabfluss kann entlang eines Flusslaufs zu vollkommen unterschiedlichen Hochwasserszenarien führen. Dort, wo der Fluss ein breites und tiefes Gewässerprofil hat, ufern auch relativ seltene Hochwasserabflüsse unter Umständen noch nicht aus. Wenn dann das Gewässerbett infolge natürlicher oder menschlicher Einflüsse eingengt wird, treten weite Ausuferungen und möglicherweise gefährliche Überlandströmungen auf, die zu starken Erosionen und Schäden an Bauwerken führen können.

Abflusshindernisse

Alle Gegebenheiten, die den gleichmäßig in eine Richtung verlaufenden Abfluss des Hochwassers stören, werden als Abflusshindernisse bezeichnet. Das können Bauwerke, Bäume und Sträucher, Ablagerungen an der Erdoberfläche oder auch Geländevertiefungen (siehe auch: Bundesgesetzblatt, 2005, §31b Absatz 2), Verkehrswege, Zäune, landwirtschaftliche Nutzpflanzen und vieles mehr sein. Auch Flussmäander oder sich ändernde Gewässerprofile wirken sich hinderlich auf den Abfluss aus. Je mehr Abflusshindernisse in einem Fluss und seinen Auen vorhanden sind, desto langsamer fließt das Hochwasser ab. In Gewässerstrecken, an denen der Abfluss nur wenig behindert wird, fließt das Wasser mit hoher Geschwindigkeit ab.

Abflusshindernisse stauen das Hochwasser an den Störstellen auf. Dadurch wird ein Rückstau im Gewässer verursacht, der sich stromauf weithin auswirken kann. Die Länge des Rückstaus ist unter anderem abhängig von der Höhe des Aufstaus am Abflusshindernis und vom Fließgefälle. Im Tiefland zieht sich der Rückstau weiter in die Länge als im Mittelgebirge.

Häufig wird der Verlust von Retentionsraum, der vom Abflusshindernis selbst verursacht wird (z. B. durch das Volumen eines Gebäudes), als ausgleichsbedürftig angesehen. In vielen Fällen ist der durch das Abflusshindernis selbst verlorene Raum jedoch sehr viel kleiner als das durch den Auf- und Rückstau hinzukommende Retentionsvolumen und kann dann vernachlässigt werden.

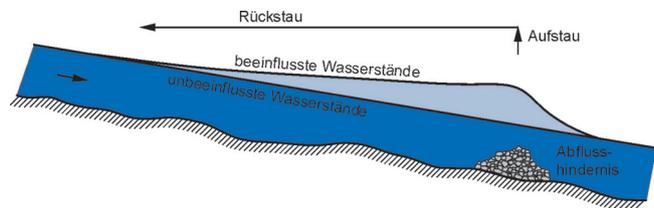


Abb. 30: Auf- und Rückstau von Hochwasserabflüssen infolge eines Abflusshindernisses

Der durch das Abflusshindernis bewirkte Aufstau hat einen langen Rückstauereffekt im Gewässer. Oberhalb des Hindernisses wirkt sich der Rückstau ungünstig auf dortige Anlagen in Gewässernähe aus. Der hinzugekommene Stauraum erhöht allerdings die Wasserspeicherung und damit die Retention. Für stromab liegende Anlagen wirkt sich der Aufstau daher positiv aus.

Strömungen

Obwohl das Hochwasser in ausgebauten und von Abflusshindernissen freigehaltenen Gewässerstrecken insgesamt gesehen schneller abfließt als in hindernisreichen Fluss- und Auenbereichen, können auch in letzteren Fällen örtlich gefährliche Strömungen auftreten. Der Grund dafür liegt darin, dass das im Anströmbereich vor den Abflusshindernissen (z. B. Bauwerken) aufgestaute Hochwasser seitlich von den Störstellen mit deutlich erhöhter Geschwindigkeit abfließt. In hindernisreichen Gewässerstrecken wechseln sich langsame und turbulente Strömungen je nach Vielzahl und Lage der Störstellen entsprechend häufig ab. Auch die Fließrichtungen variieren. Insgesamt gesehen resultiert allerdings eine relativ geringe Fließgeschwindigkeit.



Abb. 31: Strömungsdruck und Erosionsgefahr
(Quelle: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998)

Das unmittelbar vor dem Gebäude aufgestaute Wasser wird mit hoher Geschwindigkeit seitlich abgeführt. Es entsteht ein hoher Druck auf die dem Zufluss ausgesetzten Mauern. Im Bereich der seitlichen Strömungen kann es zu Erosionserscheinungen kommen, die die Standfestigkeit des Gebäudes herabsetzen. Außerstenfalls können die Fundamente unterspült werden. Im Bereich von Abflusshindernissen können auf Erosion zurückzuführende Schäden häufig erhebliche Ausmaße annehmen.

Fachthema 3: Überschwemmungsgebiet, Definition und hydrologisch-hydraulische Grundlagen

Überschwemmungsgebiete sind Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern sowie sonstige Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt oder durchflossen werden oder die für die Hochwasserentlastung oder -rückhaltung beansprucht werden. Die Wasserbehörden können Überschwemmungsgebiete durch Verordnung festsetzen (gesetzliche Überschwemmungsgebiete). In der Verordnung erlassen sie Vorschriften

- zum Erhalt oder zur Verbesserung der ökologischen Strukturen der Gewässer und ihrer Überflutungsflächen,
- zur Verhinderung erosionsfördernder Eingriffe,
- zum Erhalt oder zur Rückgewinnung natürlicher Retentionsflächen und
- zur Regelung des Hochwasserabflusses.

Die Verordnung kann Anlagen, die den Abfluss des Hochwassers nicht wesentlich beeinträchtigen, vom Vorbehalt der Genehmigung freistellen (§ 92 NWG).

Das Überschwemmungsgebiet wird in der Abbildung rechts von einem Hochwasserdeich und links von dem ansteigenden Gelände begrenzt. Die links angedeutete Siedlung liegt ungeschützt im Überschwemmungsgebiet. Die Grenzen der Überschwemmungsgebiete werden in Niedersachsen durch die Wasserstände bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis festgelegt.

Selbstverständlich können noch höhere Hochwasser auftreten als das für die Gebietsausweisung zugrunde gelegte 100-jährliche Hochwasser. Dann würde der die Siedlung schützende Hochwasserdeich unter Umständen überströmt und das dahinter liegende Dorf überflutet werden. Das Siedlungsgebiet ist also trotz des Schutzdeiches hochwassergefährdet.

- Notwendige Grundlagen für die Festsetzung von gesetzlichen Überschwemmungsgebieten sind
- die Kenntnis der 100-jährlichen Hochwasserspitzenabflüsse (NLÖ, 2003) sowie
 - die Ermittlung der zu diesen Abflüssen gehörenden Hochwasserstände (vgl. Fachthema 1, S. 11).

Mit Hilfe der ermittelten Wasserstände für ein 100-jährliches Hochwasser können die überfluteten Flächen in topografische Karten eingetragen werden.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, auch die hochwassergefährdeten Gebiete kartenmäßig darzustellen, die von noch seltener vorkommenden Katastrophenhochwasserereignissen überschwemmt werden. Auch in diesen, meist hinter Deichen liegenden Gebieten, sollten bestimmte Vorsorgemaßnahmen vorgesehen werden.

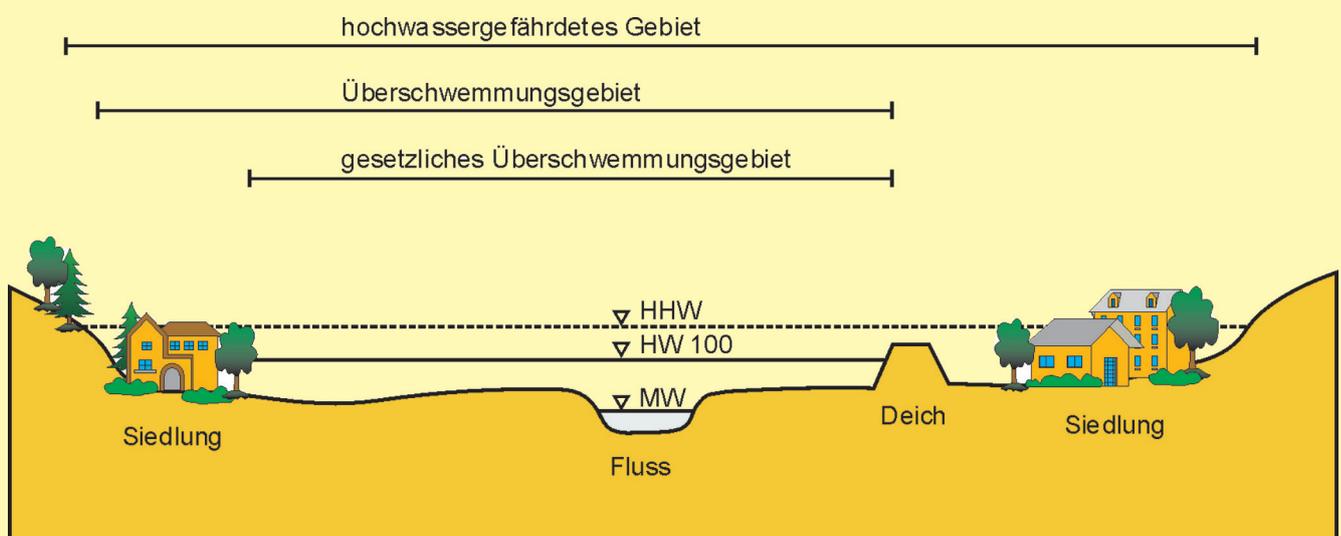
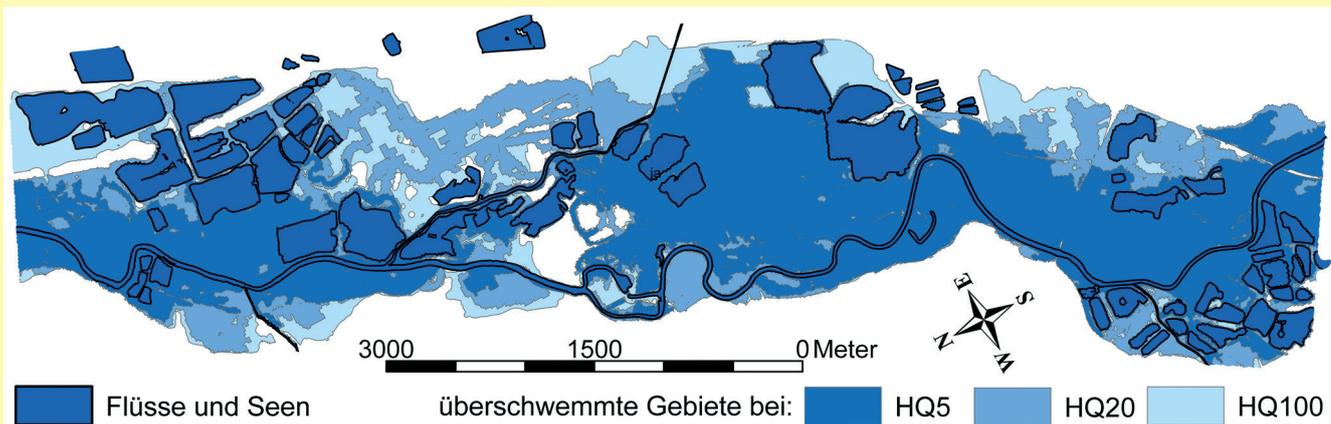


Abb. 32: Von Hochwasser beeinflusste Auengebiete

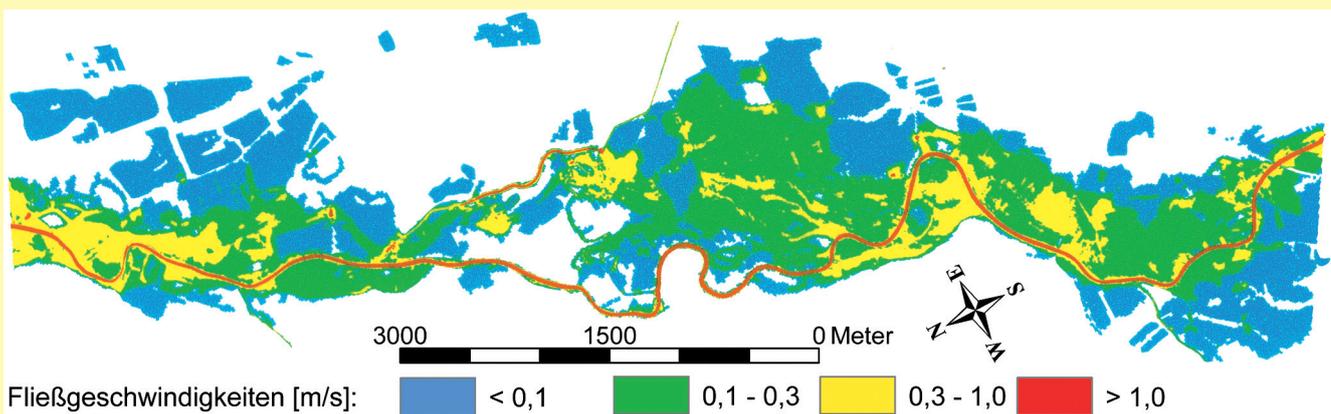


Quelle Geobasisdaten Laserscannerbefliegung TOPSCAN

Abb. 33: Überflutungshäufigkeit von Auenflächen an der Leine (Landkreis Hildesheim), kombinierte Darstellung aus Berechnung des NLWKN (HQ5 und HQ20) und der Ausweisung des gesetzlichen Überschwemmungsgebietes (HQ100).

Für Flächen, die häufig überflutet werden, stellt sich die Frage nach einer geeigneten Bodennutzung. Auf Flächen, die auch bei kleineren Hochwasserereignissen immer wieder überschwemmt werden, sollten naturnahe Vegetationsentwicklungen soweit möglich zugelassen werden.

Strömungsgeschwindigkeiten ab 0,1 m/s tragen bereits feine Tonpartikel von der Ackerkrume ab. Zur Vermeidung der Wassererosion sollte die Erdoberfläche bei starken Strömungen durch geeignete Vegetation, z. B. Grünland geschützt sein.



Quelle Geobasisdaten Laserscannerbefliegung TOPSCAN

Abb. 34: Strömungsgeschwindigkeiten im Überschwemmungsgebiet der Leine (Landkreis Hildesheim) bei einem 5-jährlichen Hochwasserereignis (Berechnung: M. Scholtka, NLWKN)

2.3.1 Freihaltung der Überschwemmungsgebiete

Die Freihaltung der Überschwemmungsgebiete von Abflusshindernissen ist eine Maßnahme des Hochwasserschutzes zur Senkung der Hochwasserstände. Insbesondere im Bereich von Siedlungen, Industrie- und Gewerbestandorten etc. sind die Hochwasserstände möglichst niedrig zu halten, damit Überflutungen weitestgehend vermieden werden. Abflusshindernisse jeglicher Art würden sich störend auswirken und zur Erhöhung der Wasserstände führen. In Überschwemmungsgebieten dürfen daher Veränderungen der Erdoberfläche, durch die der Hochwasserabfluss behindert wird, nicht ohne Genehmigung der zuständigen Fachbehörde vorgenommen werden.

In historischer Zeit entstandene Siedlungen und Verkehrswege, die in Flusslandschaften liegen, wirken sich natürlich selbst hinderlich auf den Hochwasserabfluss aus. Da diese »Abflusshindernisse« aber nicht

zu beseitigen sind, müssen andere Wege gesucht werden, um unvermeidbare Auf- und Rückstauerscheinungen zu vermeiden. Der erforderliche Ausgleich kann in solchen Fällen z. B. durch vergrößerte Gewässerprofile, Flutmulden oder Hochwasserrückhaltemaßnahmen erreicht werden, so dass sich die Hochwasserstände trotz der baulichen Anlagen in den Siedlungen und entlang ihrer Zuwegungen nicht erhöhen. Dämme und Brücken können beispielsweise so gebaut werden, dass die Abflussbehinderung möglichst gering ausfällt.



Abb. 35: Aufgeständerte Leinebrücke, Blick in die Flussaue, im Hintergrund Kiesteiche (Foto: A. Böhmert, NLWKN)

Die langgezogene Straßenbrücke kann bei Hochwasser auf breiter Strecke unterflossen werden. Die Behinderung des Hochwasserabflusses durch die das Gewässer und die Aue kreuzende Straße wird auf diese Art wieder ausgeglichen. Stromauf steigen die Hochwasserstände daher nur unwesentlich an. Allerdings beschleunigt die Ausbaumaßnahme den Hochwasserabfluss im örtlichen Bereich der Straße. Im dargestellten Fall kann dieser Einfluss jedoch durch weite Ausuferungen direkt hinter der Straße wieder kompensiert werden.

2.3.2 Naturnahe Gestaltung der Gewässer und ihrer Auen

Renaturierungsmaßnahmen von Gewässerlandschaften mit dem Ziel einer verstärkten Gehölz- und Auenwaldentwicklung in den Flussauen tragen zur Rückhaltung des abfließenden Wassers und zur Erhöhung der Retentionswirkung bei. Auewälder verzögern den Hochwasserabfluss in besonderem Maße und begünstigen die Retention durch ihre hohe Rückhaltewirkung. Räume für den Hochwasserrückhalt sollen wieder zur Förderung der Retention aktiviert werden. Aus Sicht des Hochwasserschutzes dürfen Renaturierungsmaßnahmen mit abflussbehindernder oder aufstauender Wirkung nur dort umgesetzt werden, wo stromauf liegende Siedlungen und Wirtschaftsgüter von hohen Wasserständen nicht beeinträchtigt werden. Allerdings könnten Siedlungen in derartigen Fällen durch Deiche gegen die rückstauenden Wasserstände geschützt werden.

Landwirtschaftliche Kulturen sind in Überschwemmungsgebieten durch das Hochwasser gefährdet. Überschwemmungen zerstören Ernten, und Strömungen führen zu Bodenerosionen. In besonders gefährdeten Auebereichen ist eine Grünlandnutzung zwingend erforderlich, die allen Anforderungen an den

Hochwasserschutz entspricht, sofern eine landwirtschaftliche Nutzung beibehalten werden soll. Die häufig anzutreffende Ackernutzung ist wegen der hohen Erosionsgefahr allenfalls in denjenigen Bereichen der Überschwemmungsgebiete akzeptabel, die selten überflutet und lediglich eingestaut werden, ohne dass Strömungen auftreten. Die Anlage von Silageplätzen etc. ist wegen der Abschwemmungsgefahr bei Hochwasser abzulehnen.

In der Landwirtschaft werden die Aueböden – trotz der bestehenden Hochwassergefahr – wegen ihrer oft hohen Fruchtbarkeit allerdings gern als Ackerland genutzt. Die Bereitschaft vieler Landwirte zur Extensivierung der ackerbaulich genutzten Flächen ist auch in stark überschwemmungsgefährdeten Bereichen meist gering. Bereits für eine dem Hochwassergeschehen angepasste Bewirtschaftung (z. B. Grünlandnutzung) werden oft hohe Entschädigungsleistungen gefordert. Die Wasserbehörden können jedoch anordnen, dass Grundstücke so zu bewirtschaften sind, dass Bodenabschwemmungen verhütet werden (§ 94 NWG).

2.3.3 Fazit »Auenstrukturen und Hochwasserstände«

Die verbreitete Annahme, dass von Abflusshindernissen ausschließlich negative Wirkungen für den Hochwasserschutz ausgehen, ist ein Irrtum! Hochwasser lässt sich überhaupt nur dadurch im Lande zurückhalten, dass der Abfluss verzögert – also »behindert« – wird. Letztlich ist auch der Staudamm eines Hochwasser-Rückhaltebeckens ein – sogar sehr effektives – Abflusshindernis.

Abflusshindernisse sind allerdings überall dort zu vermeiden, wo der Abfluss mit möglichst niedrigen Wasserständen schadlos abgeführt werden muss. Das ist generell im Bereich von Städten, Dörfern und Siedlungen der Fall. In diesen Bereichen sind Renaturierungsmaßnahmen in den Flussauen aus Sicht des Hochwasserschutzes problematisch. Eine gezielte Gehölz- und Auwaldentwicklung ist nur möglich, wenn ihre Hochwasserneutralität sichergestellt ist bzw. sie sich nachweislich nicht abflussbehindernd auswirken.

Naturnahe Gewässer und Flussauen mit einem höheren Anteil von ungenutzten Flächen und Gehölzen sorgen für einen verzögerten Hochwasserabfluss, höhere Wasserstände und wirksame Retentionsräume. Sie tragen damit zum Hochwasserrückhalt bei und sollten zukünftig verstärkt für diesen Zweck genutzt werden.

Es muss das Ziel des Hochwassermanagements sein, beide Varianten der Schutzmaßnahmen

- »Senkung der Hochwasserstände« und
- »Steigerung des Retentionsvermögens«

entlang der Flussläufe je nach Anforderungen und Möglichkeiten der Umsetzung optimal miteinander in Einklang zu bringen.

Die gezielte und gesteuerte Einleitung von Hochwasserspitzen in diese Gebiete kann die Hochwassergefahren zusätzlich verringern.

3 Wie sahen die Hochwässer früher aus?

Beim letzten Hochwasser haben die Wasserstände Rekordmarken erreicht. Die meisten Menschen haben derartige Überschwemmungen noch nie erlebt. Nur die Alten können sich erinnern, dass weit von den Flüssen entfernte Ländereien in ihrer Jugend schon einmal unter Wasser gestanden haben. Die Hochwasserschäden haben dieses Mal riesige Ausmaße angenommen, mit denen vorher niemand gerechnet hat. In den am schlimmsten überfluteten Gebieten sind sogar einige Menschen ertrunken. Aus Erzählungen ist überliefert, dass es bei Hochwasserereignissen in früheren Jahrhunderten sogar sehr viele Menschenopfer gegeben hat. Die Geschädigten fragen sich, ob es sich bei dem Hochwasser um einen nicht vorhersehbaren Extremfall gehandelt hat, oder ob derartige Ereignisse in früheren Jahrhunderten schon öfter vorgekommen sind. Wenn das so wäre, müsste man sich in Zukunft wohl besser auf solche Überflutungen einstellen und die schützende Vorsorge intensivieren.

3.1 Hochwasser der großen Flüsse

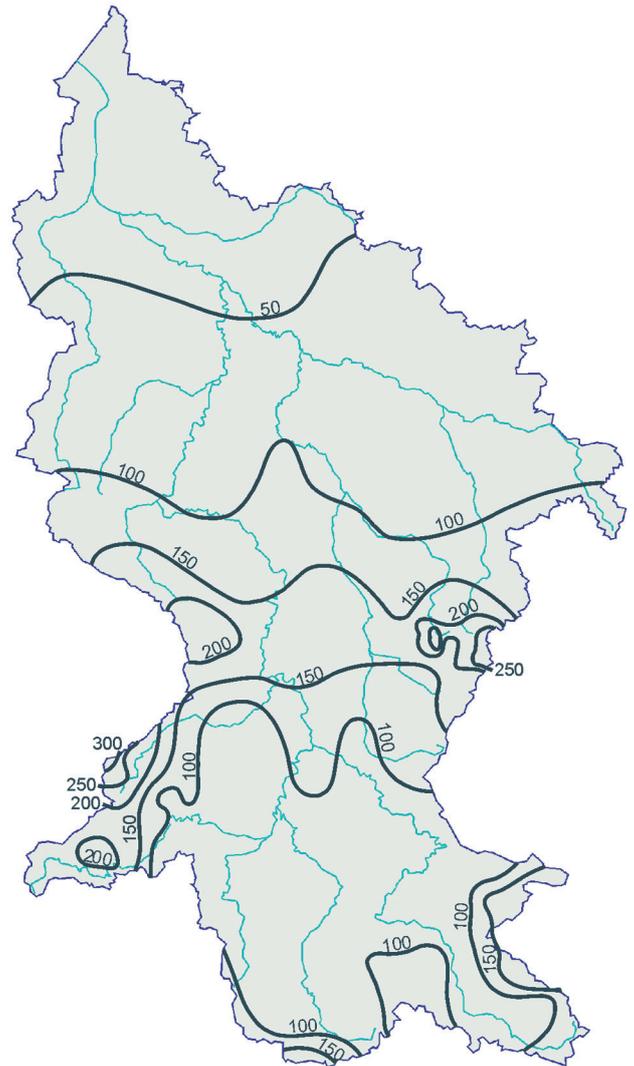
Die ältesten Pegelaufzeichnungen in Niedersachsen datieren zurück auf die Mitte des 19. Jahrhunderts. Damals gab es jedoch nur wenige Pegel, mit denen ein lückenloses Bild über die Hochwasserabflüsse in den großen Flüssen nicht zu vermitteln war. Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde das Pegelmessnetz fortschreitend ausgebaut und die Messtechnik und Datenauswertung wurden hochwertiger, so dass eine gute Dokumentation der hydrologischen Abläufe möglich wurde.

3.1.1 Das Hochwasser von 1946

Das Hochwasser, das Anfang Februar 1946 Teile von Nordrhein-Westfalen, Hessen, Thüringen und Niedersachsen heimsuchte, war in vielen Gewässern das Höchste seit über 100 Jahren. Im Gegensatz zu anderen Winterhochwassern (1841, 1909, 1926), die als Schneeschmelzhochwasser anzusehen sind, wurde dieses Hochwasserereignis fast ausschließlich durch Regen verursacht.

Die das Ereignis auslösenden Niederschläge entwickelten sich an der Nordgrenze der subtropischen Warmluft, die von Ende Januar bis zum 8. Februar in mehreren Wellen über Deutschland hinweglief. Die Niederschläge erreichten in 24 Stunden im Bergland stellenweise 100 mm, im Leinetal bis zu 50 mm, im Harzvorland bis zu 30 mm und nördlich der Aller bis zu 20 mm. In 7 Tagen fiel darüber hinaus das zwei- bis dreifache des durchschnittlichen Monatsniederschlags, im Bergland stellenweise sogar ein Viertel des durchschnittlichen Jahresniederschlags.

Die ersten starken Niederschläge trafen auf einen zwar weitgehend schneefreien jedoch durchfrorenen Boden, dessen Speichervermögen bereits nach kurzer Zeit erschöpft war, so dass die Fließgewässer schnell anschwellen. Die darauf folgenden Starkniederschläge verursachten ein weiteres schnelles und starkes Ansteigen der Wasserstände und Abflüsse vor allem in den Überschwemmungsgebieten.



Quelle Geobasisdaten © LGN

Abb. 36: Verteilung der Niederschläge vom 4. bis 10. Februar 1946 im Einzugsgebiet der Weser (Niederschlagssumme für den angegebenen Zeitraum in mm)

Besonders heimgesucht wurden das Fulda-, Eder- und Schwalmgebiet, das Tal der Ober- und der Mittelweser, einige Nebenflüsse der oberen Weser und Diemel, Emmer und Werre, die Allerniederung unterhalb der Okermündung, die Täler der Oker, der Leine und Innerste sowie das Gebiet der Ems und der Vechte.

Das Einzugsgebiet von Weser, Aller und Leine

Die Weser entsteht aus dem Zusammenfluss von Werra und Fulda bei Hannoversch-Münden ganz im Süden von Niedersachsen. Der Fluss hat dort ein Einzugsgebiet von 12442 km². Aus Hessen und Nordrhein-Westfalen fließen der Weser die Diemel und die Werre als größere Nebenflüsse zu. Aus Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen kommt dann die Große Aue dazu, bevor die Aller als größter Nebenfluss mit 15743 km² Einzugsgebiet in die Weser fließt. Bis zur Mündung in die Nordsee fließen unterhalb von Bremen die Wümme und die Hunte in die Weser. Das gesamte Einzugsgebiet der Weser umfasst 46306 km².



Abb. 37: Einzugsgebiet der Weser, Aller und Leine

Größter Nebenfluss der Aller ist die Leine mit einem Einzugsgebiet von 6526 km². Weiter oberhalb der Leinemündung fließen die Oker und die Fuhse in die Aller. Hervorzuhebende Nebenflüsse der Leine sind die Harzflüsse Rhume und Innerste.

Werra und Fulda sowie der Oberlauf der Weser sind geprägt von den deutschen Mittelgebirgen. Auch die Oberläufe von Oker und Leine weisen Mittelgebirgscharakter auf. Nördlich des Mittellandkanals, der westlich von Osnabrück vom Dortmund-Ems-Kanal abzweigt und dann die Städte Minden, Hannover, Braunschweig und Wolfsburg verbindet, durchfließen Weser, Aller und Leine das norddeutsche Tiefland.

Die Unterläufe der Weser (ab Bremen), Hunte (ab Oldenburg) und Wümme sind von der Tide beeinflusst.

Weser, 1946

Das Hochwasser in der Weser begann in Hannoversch-Münden am 2. Februar und erreichte am 10. Februar (siehe Abb. 39) seinen Höchststand. Das Zusammenreffen der Vor- und Hauptwelle aus der Fulda mit der langgestreckten Welle aus der Werra bewirkte hier innerhalb von 7 Tagen einen Wasseranstieg um 5 bis 6 m. An den Nebengewässern im Oberlauf der Weser

wurden die bisher bekannten Höchststände zum Teil erheblich überschritten.

Auch in der Mittelweser stiegen die Wasserstände um über 5 m an. Mit dazu beigetragen haben die starken Hochwasser von Werre und Aller, deren Scheitel mit dem der Weser zusammentrafen.

Die bisher gültigen Höchststände des Hochwassers von 1841 im Oberlauf bzw. 1881 unterhalb von Minden wurden nicht erreicht. Nur unterhalb der Allermündung traten neue Höchstwerte auf.

Aller, Leine und Oker, 1946

Das Hochwasser der Aller wurde im Wesentlichen durch die südlichen Nebenflüsse Oker und Leine verursacht, deren Einzugsgebiete im Zentrum der Starkniederschläge lagen (s. Abb. 39).

Im Oberlauf der Aller wurden die bisher höchsten gemessenen Hochwasserstände aus dem Jahre 1881 nicht überschritten. Erst unterhalb der Okermündung stellten sich neue Höchststände ein. Im Unterlauf dagegen wurden infolge größerer Deichbrüche die bisherigen Höchststände nicht erreicht.

In der Oker stieg das Wasser über die höchsten

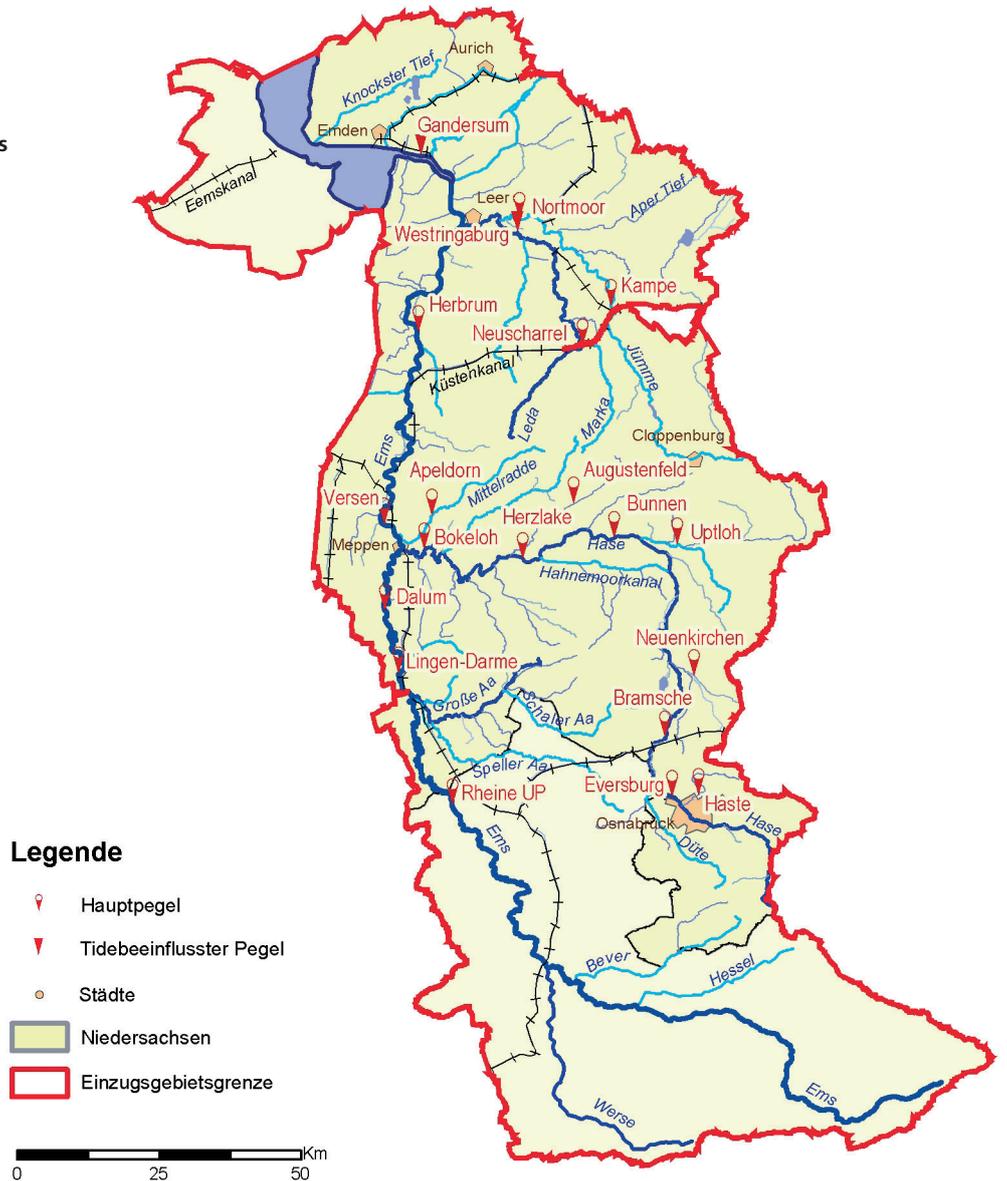
bisher beobachteten Wasserstände an. Die Stadt Braunschweig wurde von außergewöhnlichen Überflutungen betroffen. Die aus dem Elm kommende Schunter blieb dagegen weitgehend vom Hochwasser verschont.

In der Leine und ihren Nebenflüssen Rhume und Innerste überschritten die Wasserstände alle bisher bekannten Hochwasserstände. In der Landeshauptstadt Hannover wurden große Teile der Innenstadt überflutet.

Ems, 1946

Die Ems besitzt ein Einzugsgebiet von 13152 km². Sie fließt in ihrem Oberlauf durch Nordrhein-Westfalen und entwässert die Südhänge des Teutoburger Waldes und das Münsterland. Nördlich von Rheine trifft die Ems auf ihrem Weg nach Norden in Niedersachsen ein. Die größten Nebenflüsse der Ems sind die Hase sowie die Flüsse Leda und Jümme, die vor ihrer Mündung in die Ems zur Leda zusammenfließen. In Niedersachsen durchfließt die Ems ausschließlich flache Geest- und Marschlandschaften. Unterhalb des Pegels Herbrum ist die Ems dem Tideeinfluss ausgesetzt.

Abb. 38: Einzugsgebiet der Ems
Quelle Geobasisdaten © LGN



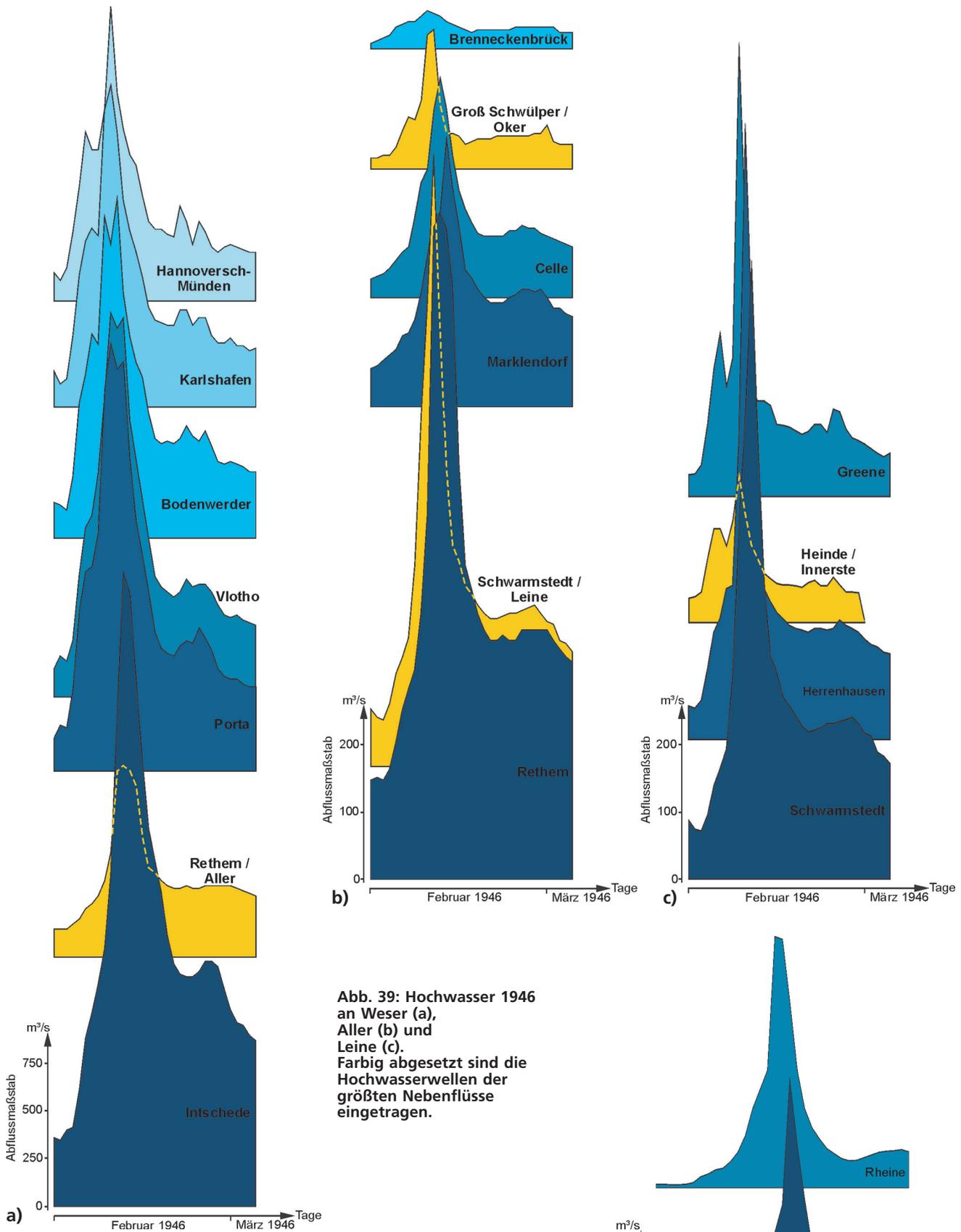


Abb. 39: Hochwasser 1946 an Weser (a), Aller (b) und Leine (c). Farbig abgesetzt sind die Hochwasserwellen der größten Nebenflüsse eingetragen.

Im Jahre 1946 wurden im niedersächsischen Bereich der Ems nur zwei der heute betriebenen Pegel beobachtet. Außerdem bestand schon damals der Hasepegel Herzlake. Daher ist das 46er-Hochwasser auch nur an diesen wenigen Pegeln dokumentiert.

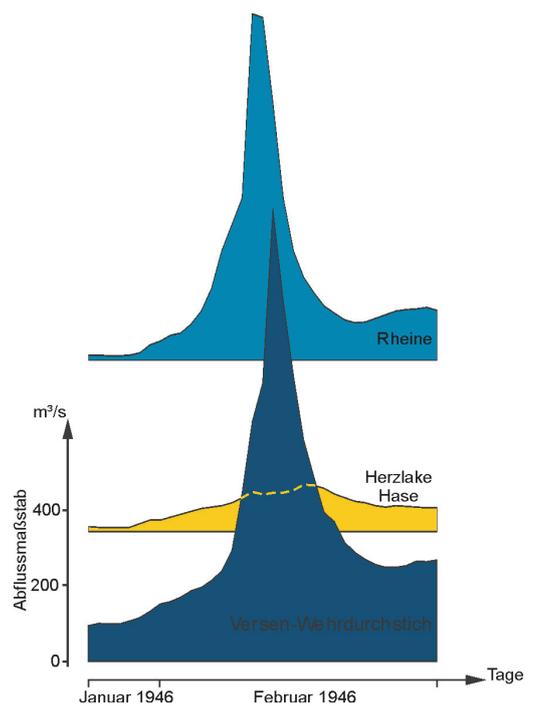


Abb. 40: Hochwasser 1946 an der Ems

3.1.2 Das Elbe-Hochwasser von 2002

Das höchste bisher beobachtete Hochwasser im Oberlauf der Elbe ereignete sich im Sommer 2002. Das Hochwasser entstand aus einer sogenannten Vb-Wetterlage, bei der feuchtwarme Luftmassen aus dem Mittelmeerraum nach Norden getrieben wurden. Infolgedessen kam es in Tschechien und in den deutschen Bundesländern Sachsen und Thüringen zu außergewöhnlich hohen Starkniederschlägen, die im Ober- und Mittellauf der Elbe und in den Nebenflüssen dieser Region zu katastrophalen Überschwemmungen führten. Nach späteren Ermittlungen hat es sich für die Elbe in Sachsen um ein Hochwasserereignis mit einer Wiederkehr von mehr als 200 Jahren gehandelt. Infolge der weiten Ausuferungen, der Deichbrüche im Oberlauf in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg, der Flutung des Havelpolders und der Tatsache, dass das Hochwasser im Unterlauf der Elbe nicht mehr durch weitere Hochwasserzuflüsse aus den Nebenflüssen verstärkt wurde, flachte sich die Hochwasserwelle ab, so dass die Spitzenabflüsse in Niedersachsen nur noch einem etwa 35-jährlichen

Ereignis entsprachen. Trotzdem ist ein Spitzen-Wasserstand am Pegel Neu-Darchau gemessen worden, der über dem bisher höchsten bekannten eisfreien Hochwasser von 1895 lag. In Niedersachsen haben die Elbedeiche dem Hochwasser standgehalten.

Niedersachsen hat nur wenig Anteil am Einzugsgebiet der Elbe. Insgesamt umfasst das Gebiet 148.300 km², von denen nur 6 % auf Niedersachsen entfallen. Das niedersächsische Einzugsgebiet liegt fast ausschließlich auf der linken Flussseite des Elbeunterlaufs. Nur im Bereich der Gemeinde Amt Neuhaus ragt Niedersachsen mit geringen Gebietsteilen auf die rechte Elbseite hinüber. Von niedersächsischer Seite fließen der Elbe die Jeetze, die Ilmenau und die Oste als größere Nebenflüsse zu. Ihnen fließen aus dem rechts liegenden Teil des Einzugsgebiets die Löcknitz, die Sude und die Stör entgegen. Ab der Staustufe Geesthacht, südöstlich von Hamburg, ist die Elbe von der Tide beeinflusst.

Die Hochwasserwelle aus dem Oberlauf der Elbe kam erst nach etwa 6 Tagen in Niedersachsen an. Am 21.08.2002 erreichte die Hochwasserwelle den Pegel Schnackenburg und am 23.08.2002 die Staustufe



Geesthach. Die Nebenflüsse der Unterelbe führten zu dieser Zeit Abflüsse ab, die im Bereich des Mittelwassers lagen. Von Schnackenburg bis nach Neu Darchau, dem letzten von der Tide unbeeinflussten Pegel an der Elbe, veränderte sich die Hochwasserwelle daher nur unwesentlich.

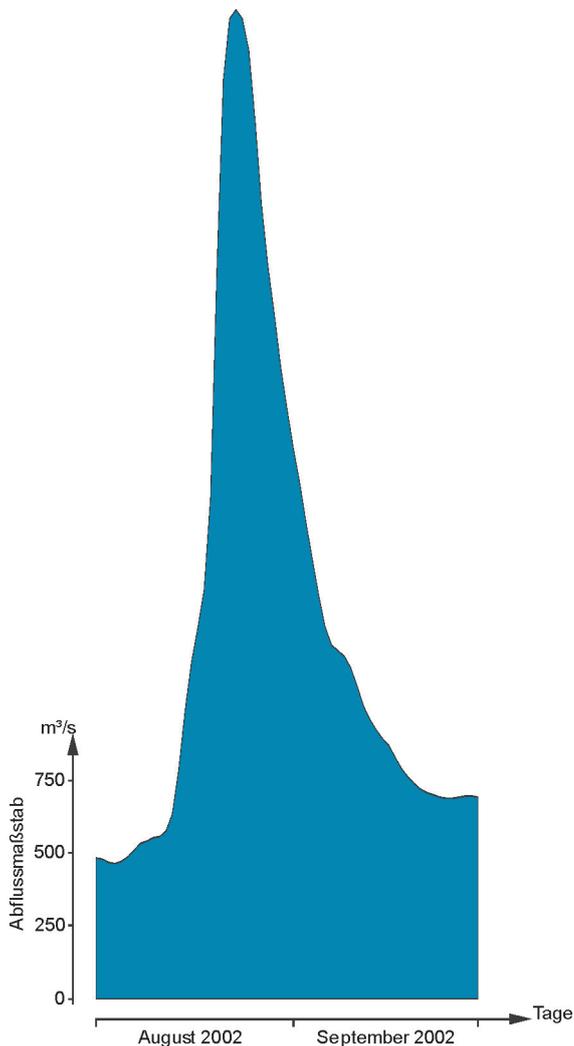


Abb. 42: Hochwasserwelle 2002 am Pegel Neu Darchau

3.1.3 Regionale Hochwasserereignisse

Extreme Hochwasser kommen an den großen niedersächsischen Flüssen nur dann vor, wenn überregionale Starkregenereignisse die Einzugsgebiete gänzlich oder zumindest überwiegend abdecken. Bei den mittelgroßen Flüssen mit Einzugsgebieten zwischen 1000 und 3000 km² genügen dementsprechend kleinere überregnete Flächen, um Hochwasser entstehen zu lassen. Auch in diesen Flüssen haben Überschwemmungen zu weit verbreiteten Schäden geführt. Demgegenüber

führen sommerliche Gewitterregen (Konvektionsniederschläge), die an einzelnen Niederschlagsmessstellen Rekordwerte erreichen, aufgrund ihrer geringen Flächenausdehnung zumeist nur zu örtlichen Hochwassern in kleinen Gewässern. Dort aber (Beispiel Fischbeck) können auch solche Hochwasser hohe Schäden auf kleinem Raum anrichten.

Im Folgenden werden die beiden jüngsten regionalen Hochwasserereignisse vorgestellt, die im Jahr 1998 im Westen und im Jahr 2002 im Osten von Niedersachsen zu beträchtlichen Schäden geführt haben.

Hochwasser Oktober/November 1998

Beim Oktoberhochwasser wurden Niederschlagsintensitäten von bis zu 13 mm Niederschlag in 15 Minuten (Harz), bis zu 20 mm in 1 Stunde (Bohmt) sowie bis zu 100 mm in weniger als 24 Stunden (Harz) registriert. Diese Niederschläge trafen auf einen bereits seit Wochen nahezu wassergesättigten Boden. Entsprechend der Verteilung der Niederschläge war eine in West-Ost-Richtung Niedersachsens verlaufende Region vom Hochwasser betroffen (siehe Abb. 43).

Besonders beteiligt am Hochwasser waren vor allem kleine bis mittlere Gewässer, deren Einzugsgebiete fast vollständig in den Starkniederschlagsfeldern lagen. Von den größeren Gewässern war die Hase stark betroffen, deren gesamtes Einzugsgebiet stark überregnet wurde.

Das über der Mitte Niedersachsens gelegene mittlere Starkregengebiet erstreckte sich über 400 km von den Niederlanden über das Emsland bis in den Raum Braunschweig hinein. Hier fielen in einem 20 bis 50 km breiten Bereich Niederschläge von 70 bis 80 mm, punktuell wurden bis 90 mm gemessen.

Hochwasser Juli 2002

Beim Julihochwasser 2002 erstreckten sich die Niederschläge in Nord-Süd-Richtung entlang der Linie Hamburg-Göttingen (siehe Abb. 44). Die Niederschläge waren noch ergiebiger als im Jahre 1998; sie lagen im Zentrum der Regenschneise über 100 mm und erreichten auch im niedersächsischen Teil des Harzes Werte von über 200 mm. Damit wurden Niederschlagswerte erreicht, die zum Teil weit über den 100-jährlichen Ereignissen an den Niederschlagsstationen liegen.

Hinsichtlich der Hochwasserabflüsse machte sich die Jahreszeit im Sommer positiv bemerkbar. Große Anteile des Regens wurden durch die Pflanzen und im Boden und Grundwasser zurückgehalten. Trotzdem wurden, insbesondere an kleineren Gewässern (Oker / Braunschweig), enorm hohe Hochwasserabflüsse registriert. Die höchsten Schäden traten im Raum Stade/Hornburg an der Este, einem Nebenfluss der Elbe, ein. Aber auch in der westlichen Lüneburger Heide übertrafen die Abflüsse die 100-jährlichen Spitzenwerte.

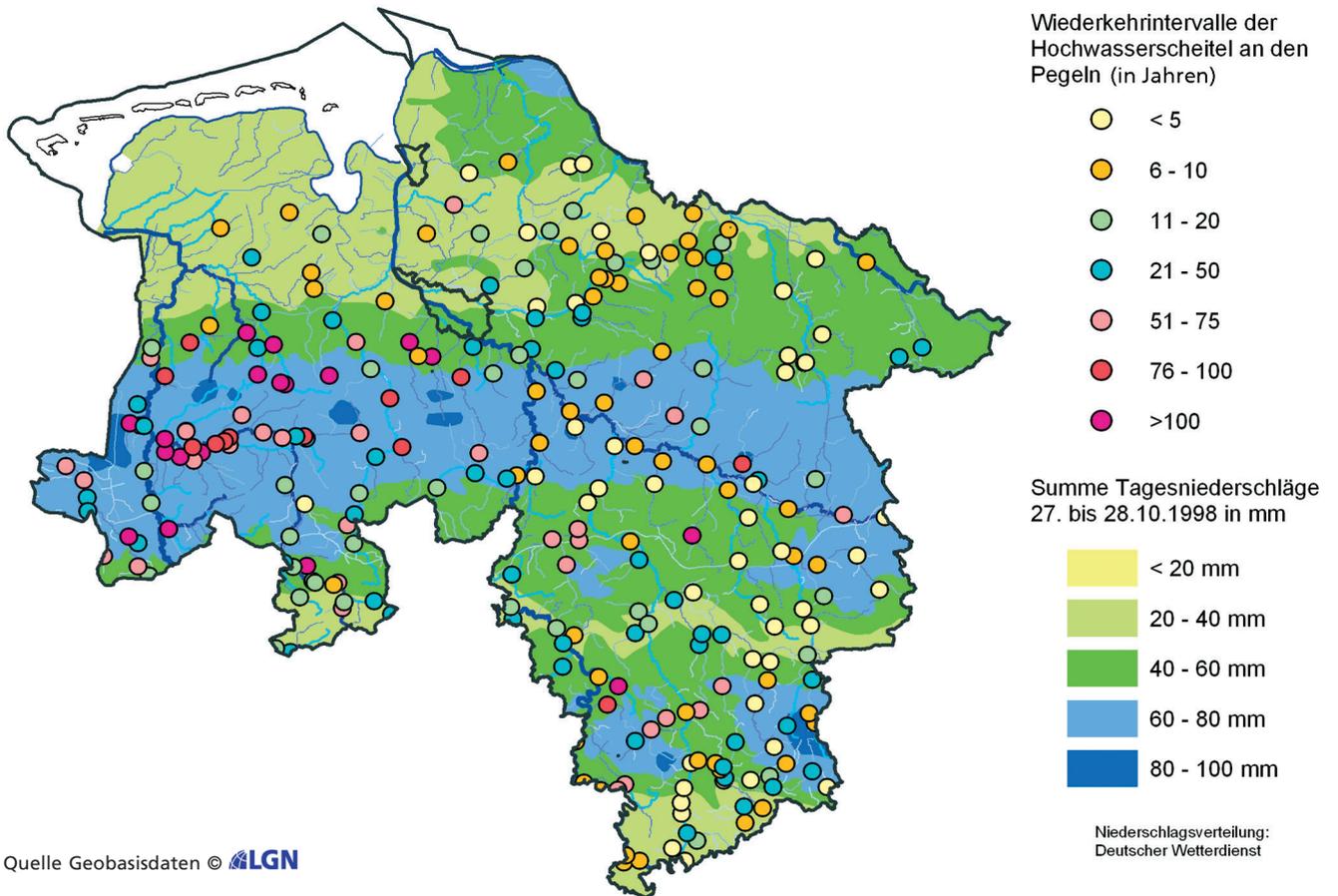


Abb. 43: Ungleichmäßige Verteilung der Niederschläge sowie Jährlichkeiten der in den Gewässern gemessenen Spitzenabflüsse beim Hochwasser 1998

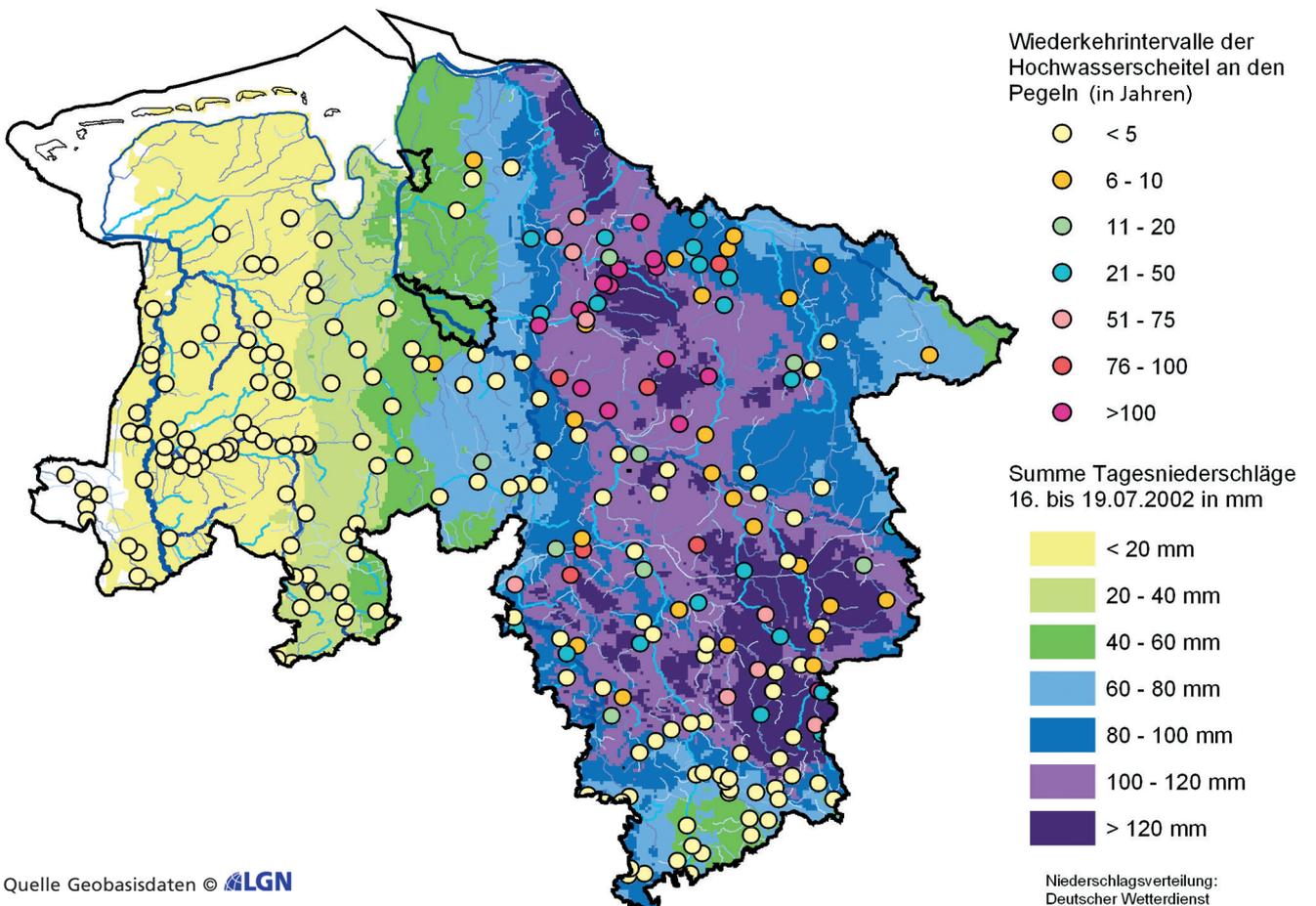


Abb. 44: Ungleichmäßige Verteilung der Niederschläge sowie Jährlichkeiten der in den Gewässern gemessenen Spitzenabflüsse beim Hochwasser 2002

3.1.4 Historische Hochwasserstände

Abflussmessungen werden erst seit etwa 150 Jahren mit Einführung der entsprechenden Messtechniken durchgeführt. Aus früheren Jahrhunderten sind jedoch Hochwasserstände bekannt, die damals an Gebäuden markiert wurden oder in Chroniken beschrieben sind. Solche Informationen über historische Hochwasser wurden für Hameln an der Weser ausgewertet. Auch wenn manche Literaturhinweise auf weit zurückliegende Hochwasser nur ungenaue Vorstellungen vermitteln, war es doch möglich, auch Ereignisse, die vor mehreren Jahrhunderten auftraten, hinsichtlich des Ausmaßes ihrer Überschwemmungen zumindest zu klassifizieren. Dabei wurden vier Klassen, angefangen von schweren bis schließlich zu katastrophalen Überschwemmungen, unterschieden.

Die höchsten Hochwasserstände traten an der Weser in früheren Jahrhunderten auf. Insgesamt wird von fünf katastrophalen Ereignissen berichtet, die im 14. bis 18. Jahrhundert auftraten. Danach traten in Hameln keine katastrophalen Überschwemmungen mehr auf. Allerdings sind mehrere extreme Ereignisse überliefert. In den letzten 100 Jahren war das Hochwasser von 1946 das Einzige, was in die Kategorie »extreme Überschwemmungen« einzuordnen war. Die Ursachen für die früher sehr hohen Wasserstände können sowohl in extrem hohen Hochwasserabflüssen als auch in vermehrten Abflusshindernissen in den damals häufig bewaldeten Flusstälern liegen. Eine genaue Ursachenforschung ist heute leider nicht mehr möglich, weil die dafür benötigten Informationen fehlen.

Für die an den Flüssen lebende Bevölkerung waren die früheren Hochwasser auf jeden Fall sehr viel gefährlicher als sie es heute sind, weil die Überschwemmungen höher aufliefen und größere Flächen überflutet wurden und weil Hochwasserschutzanlagen auch in besiedelten Gebieten entweder nicht vorhanden waren oder im Vergleich zu heutigen Bauwerken einigermaßen wirkungslos blieben.

3.1.5 Fazit »Hochwasser der großen Flüsse«

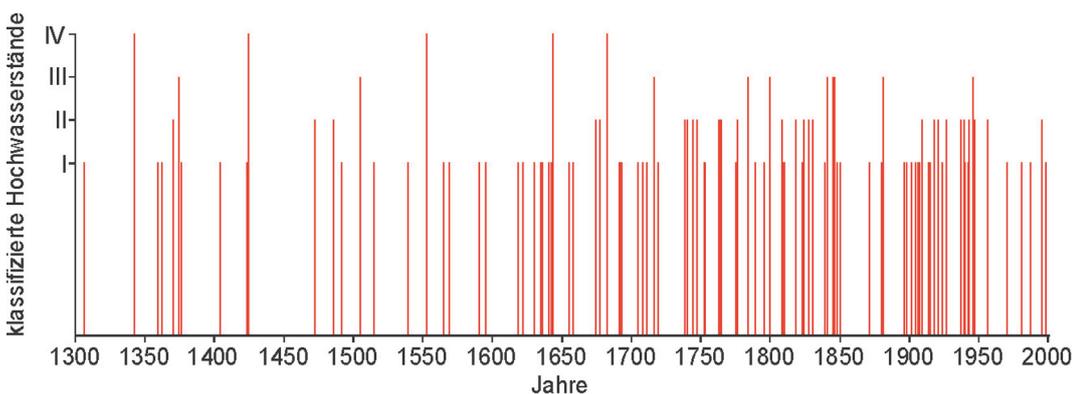
In früheren Jahrhunderten hat es Hochwasserkatastrophen gegeben, bei denen das Wasser wesentlich höher ausgeföhrt ist und weitaus größere Flächen überschwemmt hat als es bei denjenigen Ereignissen der Fall war, die von den derzeit in Niedersachsen lebenden Menschen miterlebt wurden. Das bedeutet nicht unbedingt, dass früher auch die Hochwasserabflüsse höher lagen als bei den in den letzten 100 Jahren abgeflossenen Hochwasserwellen. Die weiten Ausuferungen haben selbstverständlich eine Dämpfung der Hochwasserspitzenabflüsse bewirkt, die heute nur noch eingeschränkt vorhanden ist. Da jedoch in den früher naturnahen Flüssen wesentlich weniger Wasser pro Zeiteinheit abfließen konnte als es in den inzwischen ausgebauten Gewässern möglich ist, stiegen die Wasserstände damals unverhältnismäßig hoch an. Naturnahe Gewässerlandschaften bewirken für sich genommen eben noch keinen auch nur einigermaßen ausreichenden Hochwasserschutz bei mittleren und großen Hochwässern.

3.2 Hochwasserstatistik

Mit Hilfe der Statistik lassen sich eventuelle Trends im langjährigen Hochwasserverhalten und die Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter hydrologischer Ereignisse, z. B. die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse, ermitteln. Zu einer aussagekräftigen Hochwasserstatistik gehören Untersuchungen der Spitzenabflüsse und der sie verursachenden Starkniederschläge.

3.2.1 Statistik der Starkniederschläge

Die kritische Regendauer für die Hochwasserentwicklung an den mittelgroßen und großen Flüssen in Niedersachsen liegt bei einem bis mehreren Tagen (vgl. Kap. 2.1.1). Daher soll hier eine Übersicht gegeben



- I schwere Überschwemmungen
- II sehr schwere Überschwemmungen
- III extreme Überschwemmungen
- IV katastrophale Überschwemmungen

Abb. 45: Klassifizierung von Überschwemmungen aus früheren Jahrhunderten für Hameln an der Weser
Die Hochwasserstände wurden rekonstruiert aus überlieferten Informationen. Je weiter der Weg in die Vergangenheit führt, desto lückenhafter werden die Informationen. Daher ist davon auszugehen, dass für die weit zurückliegenden Jahrhunderte nicht alle Hochwasser beschrieben sind. Das mag der Grund dafür sein, dass die Abbildung für die letzten 250 Jahre mit ihren immer sicherer werdenden Dokumentationen deutlich mehr Überschwemmungen aufweist. Für die weiter zurückliegende Zeit dürften allenfalls diejenigen Hochwasserereignisse, die besonders verheerende Schäden anrichteten, ziemlich vollständig erfasst sein.

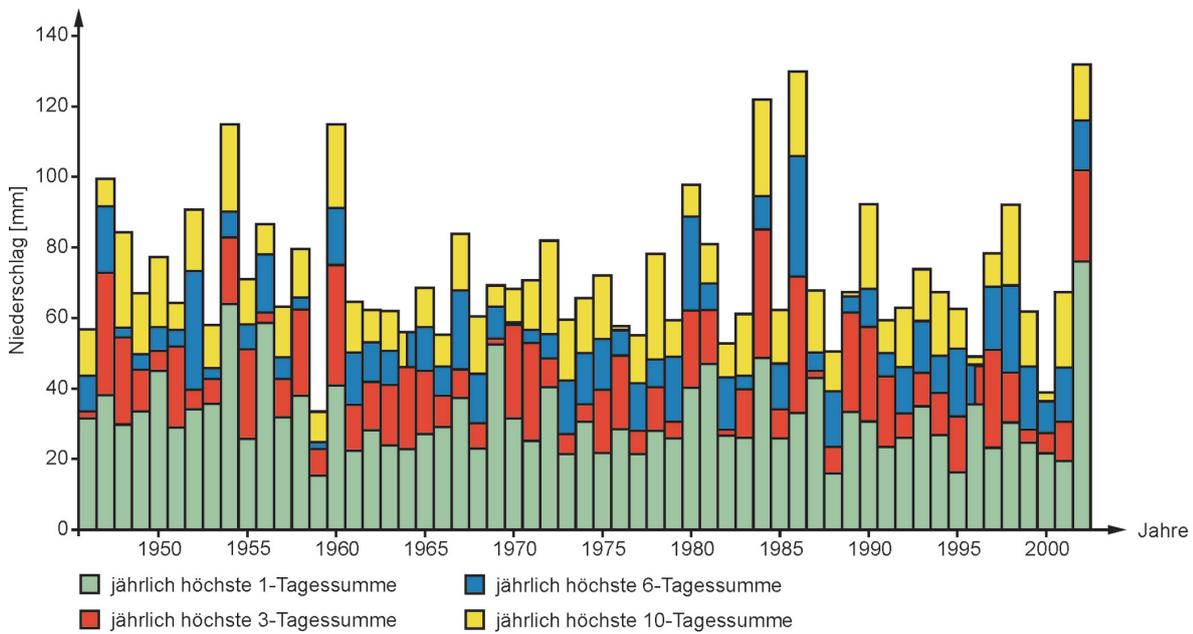


Abb. 46: Auswertung für die Niederschlagsstation Hannover-Langenhagen (Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)
 Es sind die jährlich höchsten Niederschlagssummen an einem, drei, sechs und zehn Tagen dargestellt. Ein signifikanter Trend zu steigenden oder fallenden Starkniederschlägen lässt sich aus der Datenreihe nicht ableiten.

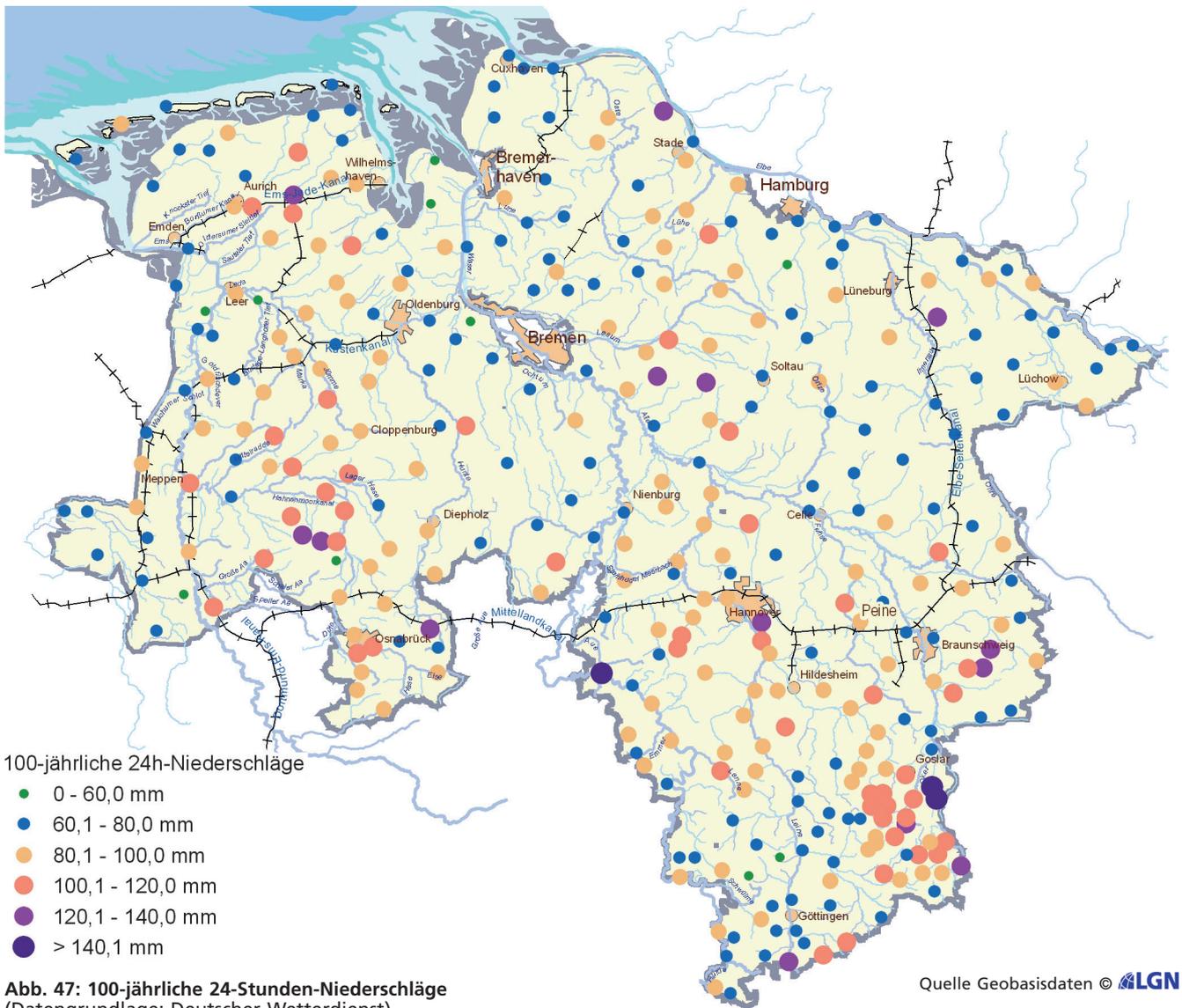


Abb. 47: 100-jährliche 24-Stunden-Niederschläge (Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

Für die dargestellten Niederschlagsmessstellen des Deutschen Wetterdienstes wurden die 100-jährlichen 24-Stunden-Niederschläge berechnet. Besonders hohe Starkniederschläge kommen im Harz mit über 160 mm und in den Luv-Lagen der Mittelgebirge vor. Auch die höher gelegenen Geestlandschaften in der norddeutschen Tiefebene weisen relativ hohe Starkniederschläge auf, die teilweise den Wert von 100 mm überschreiten. Vergleichsweise gemäßigte Starkregen sind in den Tiefebene der Flüsse, in der Lüneburger Heide sowie im Süden Niedersachsens zu verzeichnen. Der Wert von 60 mm wird nur vereinzelt unterschritten.

Quelle Geobasisdaten © LGN

werden, welche Tages- und Mehrtages-Summen für Starkniederschläge an einer ausgewählten Messstation in Niedersachsen beobachtet wurden (siehe Abb. 46).

Die Starkniederschläge sind in den niedersächsischen Regionen unterschiedlich ausgeprägt. Mit Hilfe statistischer Berechnungen an 356 ausgewählten Regenmessstellen kann eine grobe Übersicht über die Niederschlagsverteilung in Niedersachsen gegeben werden (siehe Abb. 47).

3.2.2 Statistik der Spitzenabflüsse

Wenn langjährig durchgeführte Hochwasserabflussmessungen Trends aufweisen, können unter Umständen Rückschlüsse auf sich positiv oder negativ auswirkende Ursachen dafür abgeleitet werden. Schon häufig ist – allerdings mit wechselndem Erfolg – versucht worden, Zusammenhänge zwischen dem Hochwasser und hydrologischen Einflüssen, beispielsweise

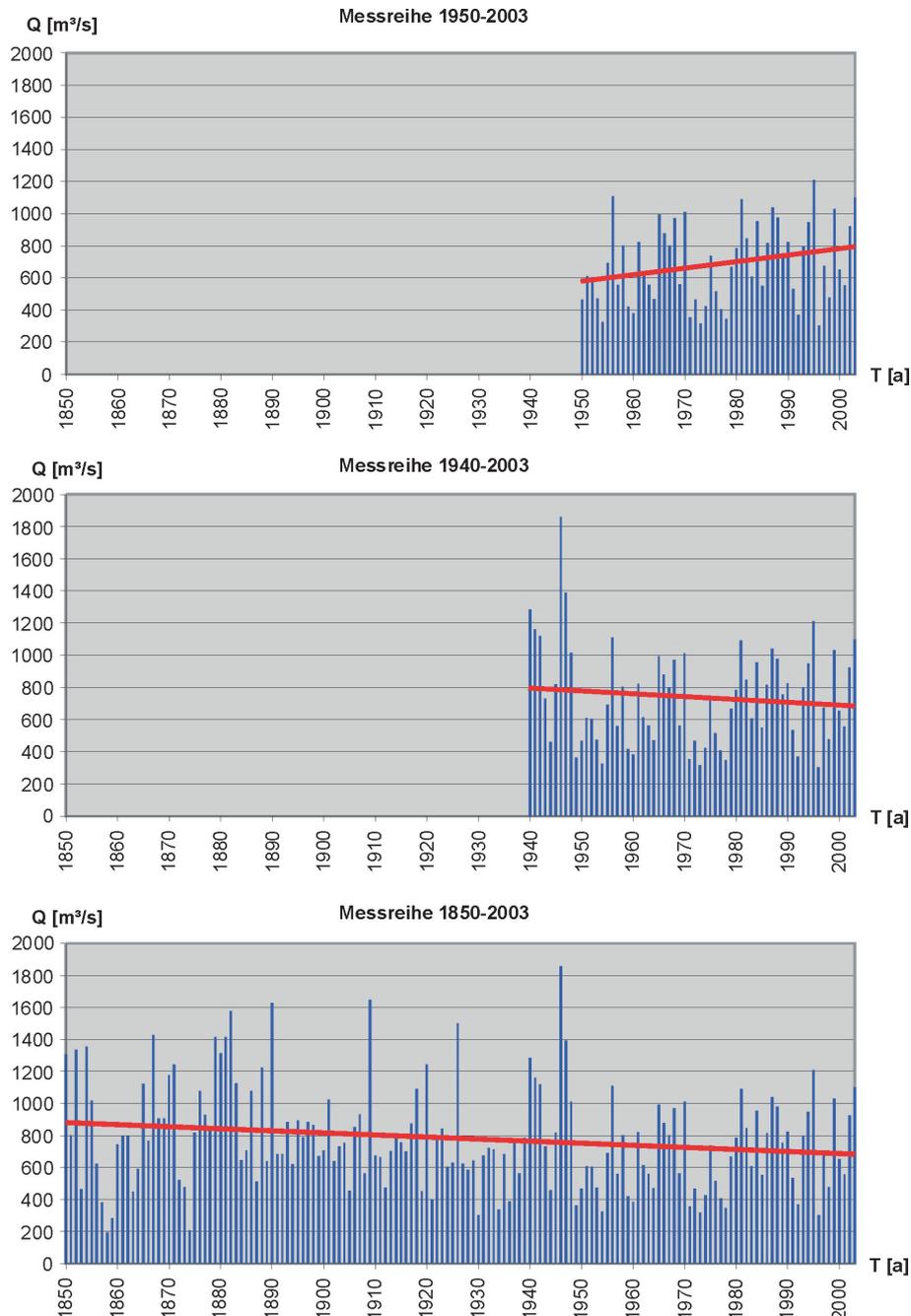


Abb. 48: Messreihen am Pegel Bodenwerder/Weser

Trenduntersuchungen an Abflusspegeln sind nur dann aussagefähig, wenn jahrzehntelange Hochwassermessungen vorliegen. Dies belegt die Abflussreihe des Weserpegels Bodenwerder, der seit dem Jahre 1850 beobachtet wird. In die Grafik sind die jährlich höchsten Hochwasserspitzenabflüsse eingetragen. Die Abflussreihe ab 1950 ergibt einen deutlich steigenden Trend. Nimmt man die Abflusswerte von 10 weiteren Jahren, also ab 1940 hinzu, stellt sich ein deutlich abnehmender Trend ein. Die gesamte Reihe ab 1850 fällt ebenfalls ab, jedoch ist der Trend schwächer als für die Messreihe 1940 bis 2002. Dieses Hin und Her der Trendaussagen ist zumindest überwiegend auf Zufälligkeiten im Niederschlagsverhalten und weniger auf Entwicklungen zurückzuführen, die auf veränderte Umwelteinflüsse zurückzuführen sind. Eine repräsentative Trendaussage ist im Falle des Pegels Bodenwerder erst möglich, wenn mindestens 65 Beobachtungsjahre zugrunde gelegt werden. Die meisten niedersächsischen Pegel sind leider noch nicht so lange in Betrieb. Wenn trotzdem Trendaussagen vorgenommen werden, stehen die Ergebnisse unter dem Vorbehalt später erforderlich werdender Korrekturen.

dem Klimageschehen oder den Auswirkungen menschlicher Eingriffe in den Wasserkreislauf, etwa infolge von Landnutzungsänderungen, herzustellen.

Bisherige Untersuchungen von Abflussreihen auf Hochwassertrends haben für die großen und mittelgroßen Flüsse Niedersachsens bisher noch zu keinen landesweit erkennbaren und auf bestimmte Ursachen zurückführbaren Entwicklungstendenzen geführt. Weder die in Ansätzen erkannte Klimaänderung noch

die im Zuge der Meliorationsmaßnahmen in den 50er und 60er Jahren durchgeführten weitreichenden Wasserbaumaßnahmen haben zu signifikanten Hochwassertrends geführt. Nur bei kleinen Gewässern, deren Einzugsgebiete in ihrer Landnutzung erheblich verändert wurden, zum Beispiel durch Entwaldung oder Urbanisierung, zeigen sich deutlich Änderungen nicht nur im Hochwasserverhalten, sondern im gesamten Abflussgeschehen.



Abb. 49: Hochwassertrends an ausgewählten langjährig beobachteten Pegeln

Es ist erkennbar, dass sowohl steigende als auch abnehmende Trends vorkommen. Obwohl Pegel mit zunehmenden Hochwassertrends überwiegen, kann eine generelle Tendenz zu steigenden Hochwasserabflüssen nicht abgeleitet werden.

Fachthema 4: Hochwasserabflüsse an langjährig beobachteten Pegeln

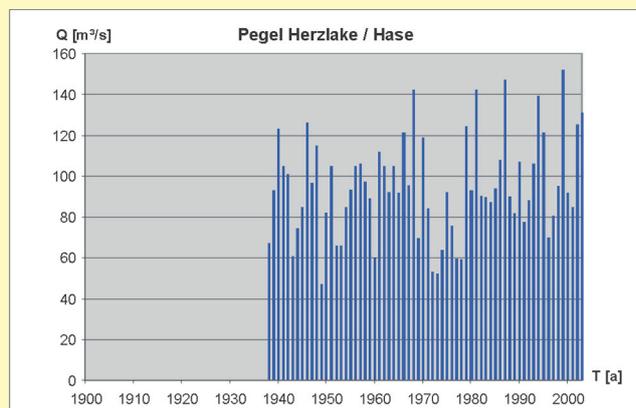
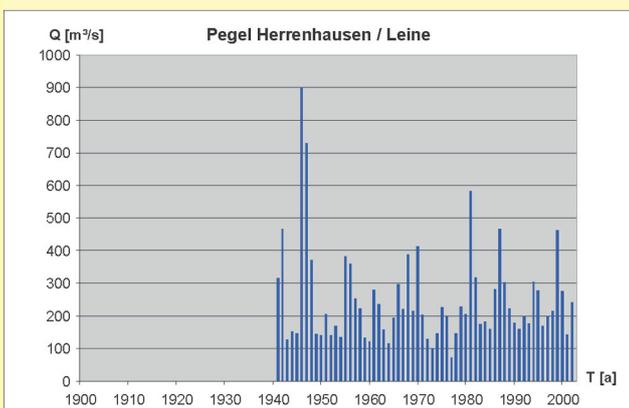
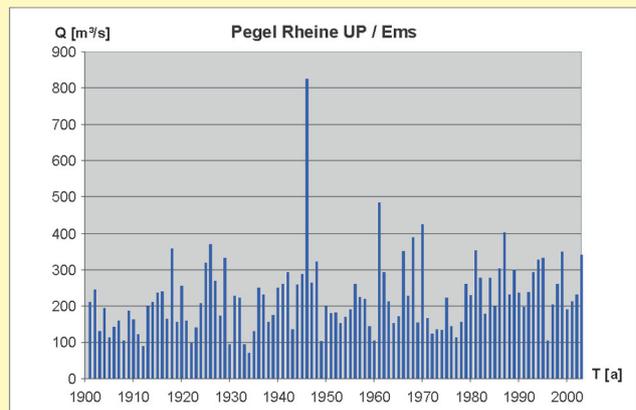
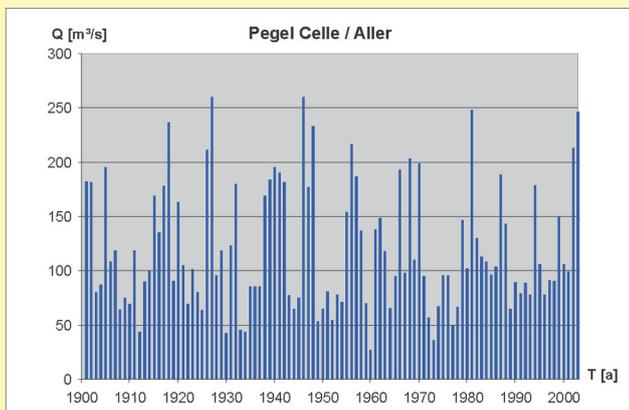
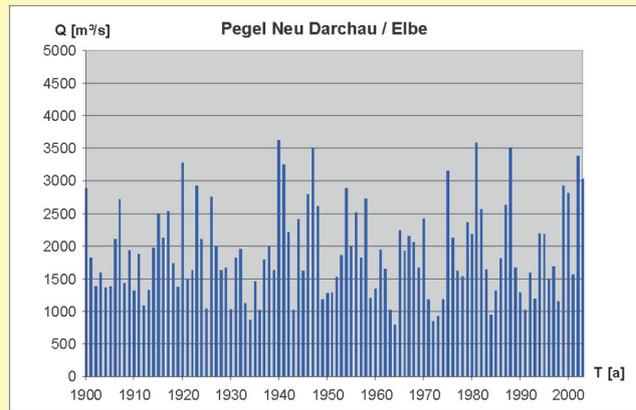
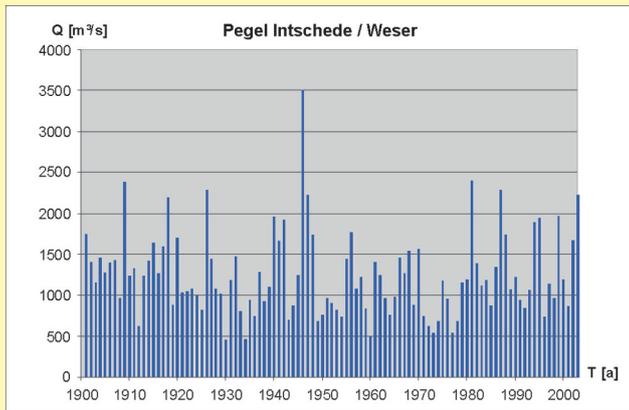


Abb. 50: Hochwasserabflüsse an ausgewählten langjährig beobachteten Pegeln. Dargestellt sind die höchsten beobachteten Hochwasserabflüsse in den einzelnen Jahren.

3.2.3 Fazit »Hochwasserstatistik«

In der öffentlichen Diskussion werden oft Meinungen vertreten, dass die Hochwasserspitzenabflüsse infolge menschlicher Eingriffe in die Gewässerregime generell angestiegen seien. Diese These kann in Niedersachsen nicht bestätigt werden. Angestiegene Hochwasserabflüsse zeigen sich im Grunde nur an kleinen städtischen Gewässern, deren Einzugsgebiete großflächig überbaut wurden (vgl. Kap. 4.1.2). Zu- oder abnehmende Trends im Hochwasserverhalten der mittelgroßen und großen Flüsse kommen in Niedersachsen gleichermaßen vor und werden auf klimatische Zufälligkeiten zurückgeführt.

3.3 Hochwasserschäden

Für Ortschaften war in früheren Jahrhunderten eine Lage am Fluss aus vielfältigen Gründen von Vorteil (z. B. Wasserversorgung, Ernährung, Gütertransport). Auch Gefahren durch wiederkehrende Hochwasser konnten die Menschen nicht davon abhalten, ihre Wohn- und Arbeitsstätten in Flussnähe aufzubauen. Die allermeisten Städte und Dörfer liegen in Niedersachsen an Flüssen oder Bächen. Dort haben sie sich im Laufe der Zeit immer weiter entwickelt. Es entstand ein hoher Siedlungsdruck auf die Flussauen. In Überschwemmungsgebieten wurden fortschreitend Wohn- und Gewerbegebiete sowie Verkehrswege errichtet. Diese Entwicklung reicht leider bis in die Gegenwart hinein und wirkt sich bei Hochwasserereignissen, wie sie in den vergangenen Jahren an Rhein, Oder und Elbe auftraten, zunehmend verhängnisvoll aus.

Durch Maßnahmen des Gewässerausbaus, des Deichbaus und der Wasserrückhaltung in großen Rückhaltebecken können häufiger auftretende Hochwasser heute soweit beherrscht werden, dass nur kalkulierbare und somit begrenzte Schäden entstehen. Die vielen Anlagen zum Hochwasserschutz vermitteln allerdings – offenbar immer wieder – ein falsches Bild absoluter Sicherheit vor dem Hochwasser. Die Schutzanlagen sind nämlich nur auf einen bestimmten Abfluss bemessen. Überschreiten die Hochwasserabflüsse die Bemessungswerte, so versagt der Hochwasserschutz. Auch hinter Deichen besteht immer ein Restrisiko, das bei Nutzung dieser geschützten Gebiete leider allzu oft außer Acht gelassen wird. In den Gebieten hinter den Deichen werden unbedacht immer wieder Siedlungen und Gewerbeanlagen errichtet, die hohe Werte darstellen. Wenn diese Gebiete im Katastrophenfall doch überschwemmt werden, entstehen dementsprechend hohe Schäden. Die im Vergleich zu früher enorm gestiegenen Kosten für die Schadensregulierung im Katastrophenfall sind nicht auf höhere Hochwasserabflüsse, sondern auf die intensivere Nutzung der Flussauen zurückzuführen!

Das Hochwasser von 1946 hat in folgenden Bereichen landesweit schwere Schäden angerichtet:

- Uferabbrüche, Auskolkungen und Flussbettverlagerungen
- Beschädigung bzw. Zerstörung von zahlreichen Brücken, Wehren und sonstigen Bauwerken
- Beschädigung bzw. Bruch von über 100 Deichen und Dämmen
- Überströmung landwirtschaftlich genutzter Flächen
- Durchströmung von Ortschaften und Einzelgehöften
- Störungen des Straßen- und Bahnverkehrs, des Fernsprech- und Telegraphendienstes, der Stromversorgung sowie der Versorgungsbetriebe

Das Hochwasser 2002 hat an den Elbe- und den Rückstaudeichen der einmündenden Nebengewässer, soweit sie in den letzten Jahrzehnten nicht verstärkt wurden, erhebliche Schäden verursacht:

- Beschädigungen an rund 20 km Elbdeichen und rund 50 km Rückstaudeichen (Lagerungsdichte, Verformungen)
- Bruch eines Hochwasserdeiches
- Zerstörung von Strassen und Wirtschaftswegen
- Überstauung landwirtschaftlicher Nutzflächen

Fazit:

Allzu leichtfertig wurden Baugebiete in Überschwemmungsgebiete oder hochwassergefährdete Bereiche gelegt. Dieses Vorgehen ist unüberlegt und darf nicht fortgeführt werden. Die stark angestiegenen Hochwasserschäden können wieder rückentwickelt werden, wenn die Nutzungen der Flussauen besser auf das bestehende Hochwasserrisiko abgestellt werden (vgl. Kap. 5.1.1).

4 Welche Änderungen im Hochwasserverhalten sind menschengemacht?

Wie konnte es nur zu so einer schrecklichen Hochwasserkatastrophe kommen? Es wurde doch so viel getan, um Hochwasserschäden abzuwenden: Die Gewässer wurden leistungsfähiger ausgebaut; Siedlungen wurden durch Deiche geschützt; das Hochwasser wurde in Talsperren und großen Rückhaltebecken gespeichert. Hat das alles denn nichts genützt? Insbesondere von Umweltverbänden wird häufig angeführt, dass es viele Veränderungen in der Landschaft gegeben hat, die die Hochwasserabflüsse verschärft haben: Es wurden viele Flächen durch Städtebau und neue Verkehrswege versiegelt; in den Flussauen gingen Retentionsräume durch Ausdeichung von intensiv genutzten Flächen verloren; durch den Gewässerausbau wurde der Hochwasserabfluss beschleunigt. Welche Auswirkungen drohen eigentlich, wenn die unter anderem von Treibhausgasen verursachte Klimaveränderung stärker in Erscheinung tritt? Es wäre gut, wenn alle diese problematischen Fragen zufriedenstellend geklärt werden könnten.

4.1 Eingriffe in das Gewässerregime

Die mit der Nutzung der Gewässer und des Bodens verbundenen Änderungen der Flussläufe beeinflussen den Hochwasserabfluss. Die anthropogenen Eingriffe in den Wasserkreislauf wirken sich entweder hochwasserdämpfend oder -verschärfend aus. Es kommt sogar

vor, dass dieselben Veränderungen sich je nach Verlauf der Hochwasserereignisse einmal positiv und ein anderes Mal negativ auf die Höhe der Überschwemmungen auswirken.

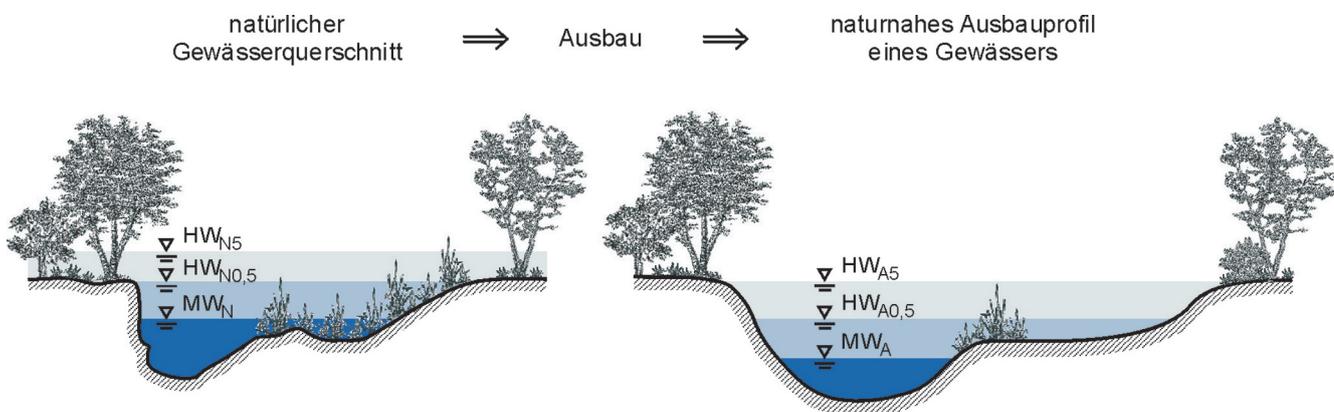
4.1.1 Veränderungen im Gewässer- und Auenbereich

Gewässerausbau und -unterhaltung

Zu den Zielen der Bodenmelioration, die vor 40 bis 50 Jahren mit hoher Priorität vorgenommen wurde, gehörten die Entwässerung vernässter Gebiete und der Schutz schadensrelevanter Gebiete vor dem Hochwasser zur Sicherung der Ernährung. Im niedersächsischen Tiefland wurden fast alle und im mittelgebirgigen Süden des Landes viele Gewässer ausgebaut, um ein landesweit funktionierendes Vorflutsystem zu schaffen.

Es wurde gesetzlich festgeschrieben, dass die ausgebauten Gewässer durch regelmäßige Unterhaltung grundsätzlich im Ausbauzustand zu erhalten sind.

Im Laufe der Zeit wurde deutlich, dass mit den ergriffenen Ausbaumaßnahmen die landwirtschaftlichen Ziele zwar erreicht werden konnten, sich aber erhebliche Defizite im Naturhaushalt der Gewässerlandschaften einstellten. Bei der Gewässerunterhaltung wurden daraufhin ökologische Belange stärker berücksichtigt. In der Novelle des Niedersächsischen Wassergesetzes vom März 2004 wird erstmals



Annahmen:

- Das natürliche Gewässer ufer bei Hochwasser durchschnittlich zweimal im Jahr aus ($\triangle HQ_{0,5}$),
- Das Gewässer wurde beim Ausbau auf ein 5-jährliches Hochwasser ($\triangle HQ_5$) bemessen, d.h. es ufer danach nicht öfter als alle 5 Jahre aus.

Legende:

MW_N	>	Wasserstände bei Mittelwasserabfluss	<	im natürlichen Gewässer
MW_A				im ausgebauten Gewässer
$HW_{N0,5}$	>	Wasserstände bei Hochwasserabfluss $Q_{0,5}$	<	im natürlichen Gewässer
$HW_{A0,5}$				im ausgebauten Gewässer
HW_{N5}	>	Wasserstände bei Hochwasserabfluss Q_5	<	im natürlichen Gewässer
HW_{A5}				im ausgebauten Gewässer

Abb. 51: Schematische Darstellung eines Gewässerprofils vor und nach dem Ausbau

Der Mittelwasserabfluss und die Hochwasserabflüsse verschiedener Jährlichkeiten können in dem ausgebauten Gewässer mit wesentlich niedriger liegenden Wasserständen abgeführt werden als im natürlichen Gewässer.

bestimmt, dass die Unterhaltung eines Gewässers nicht nur der Erhaltung eines ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluss dient, sondern auch seine Pflege und Entwicklung hin zu naturnahen Strukturen umfasst. Damit ergeben sich auch neue Akzente für den Hochwasserschutz.

Beim Gewässerausbau wurden die Gewässer in den zu entwässernden Gebieten vertieft, sie erhielten ein flächenmäßig größeres Durchflussprofil und wurden generell begradigt. Ihre neue Lage wurde häufig durch Sohlen-, Böschungs- und Uferbefestigungen stabilisiert. Die so hergerichteten Gewässer können seitdem weit höhere Abflüsse ohne Ausuferung abführen als vor dem Ausbau. Dort, wo Siedlungen und Wirtschaftsgüter von Hochwasser bedroht sind, treten Hochwasser infolge der höheren Abflussleistungsfähigkeit der Gewässer nach dem Ausbau weitaus seltener über die Ufer als früher. In den selten vorkommenden Ausuferungsfällen steigen die Wasserstände im Auengebiet weniger hoch an als vor dem Ausbau. Die Ausbaumaßnahmen haben den Hochwasserschutz im Bereich der ausgebauten Gewässer also deutlich verbessert. Sie führten aber auch durch die Reduzierung der Überflutungen und der Absenkung des Grundwassers zu intensiveren Nutzungsmöglichkeiten der Auen mit nachteiligen Wirkungen auf die natürlichen Lebensräume und die Pflanzen- und Tierwelt der Auen.

Bekannterweise beschleunigt der Gewässerausbau die Abflussprozesse. In den meisten Fällen resultiert daraus eine Erhöhung der Hochwasserabflussspitzen an stromab gelegenen Gewässerstrecken. Wenn unterhalb von Ausbaustrecken keine Ausgleichsmaßnahmen gegen die erhöhten Abflüsse ergriffen werden, kann sich die Hochwassersituation durch den Gewässerausbau insbesondere bei kleinen Hochwasserereignissen somit stellenweise verschlechtern. Dies ist früher auch durchaus geschehen.

Allerdings wird das Ausmaß der Abflussverschärfung oft überschätzt. Es handelt sich im Allgemeinen um Erhöhungen von wenigen Prozent (vgl. Fachthema 10).

In der intensiven Phase des Gewässerausbaus in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde diesen negativen Auswirkungen der Abflussbeschleunigung begegnet, indem die Gewässer prinzipiell von der Mündung beginnend in Richtung zur Quelle ausgebaut wurden. Beeinträchtigungen des Hochwasserschutzes konnten auf diese Weise nicht eintreten. Bei der Bemessung der Gewässerprofile wurde die Abfluss-erhöhung einkalkuliert. Die Vorteile in dieser Art des Gewässerausbaus, die in der Senkung der Hochwasserstände bestehen, liegen weit über den hydraulisch nachteiligen Effekten der Abflussbeschleunigung!

Für den Gewässerausbau gab es schon damals weithin anerkannte Bemessungsansätze, die sich am Wert der zu schützenden Anlagen orientieren. In Ortslagen wurden die auszubauenden Gewässer derart bemessen, dass sie je nach Art der Bebauung gegen 10- bis 100-jährliche Hochwasserabflüsse geschützt sind. Für Ackerland lag die Hochwassersicherung beim 2- bis 10-jährlichen und für Grünland und Forsten beim 1- bis 5-jährlichen Hochwasserereignis. Diese in land- und forstwirtschaftlich genutzten Gebieten angewandten Praktiken des Hochwasserschutzes sind inzwischen in die öffentliche Diskussion geraten. Die ökologischen Funktionen der Gewässerauen sollen wieder gestärkt werden. Durch Renaturierungen der Flussauen, die neben den Interessen der landwirtschaftlichen Bodennutzung auch diejenigen des Hochwasserschutzes, der Gewässerentwicklung und des Naturschutzes einbezieht, können alle gesellschaftlichen Anforderungen an die Auen angemessen berücksichtigt werden.

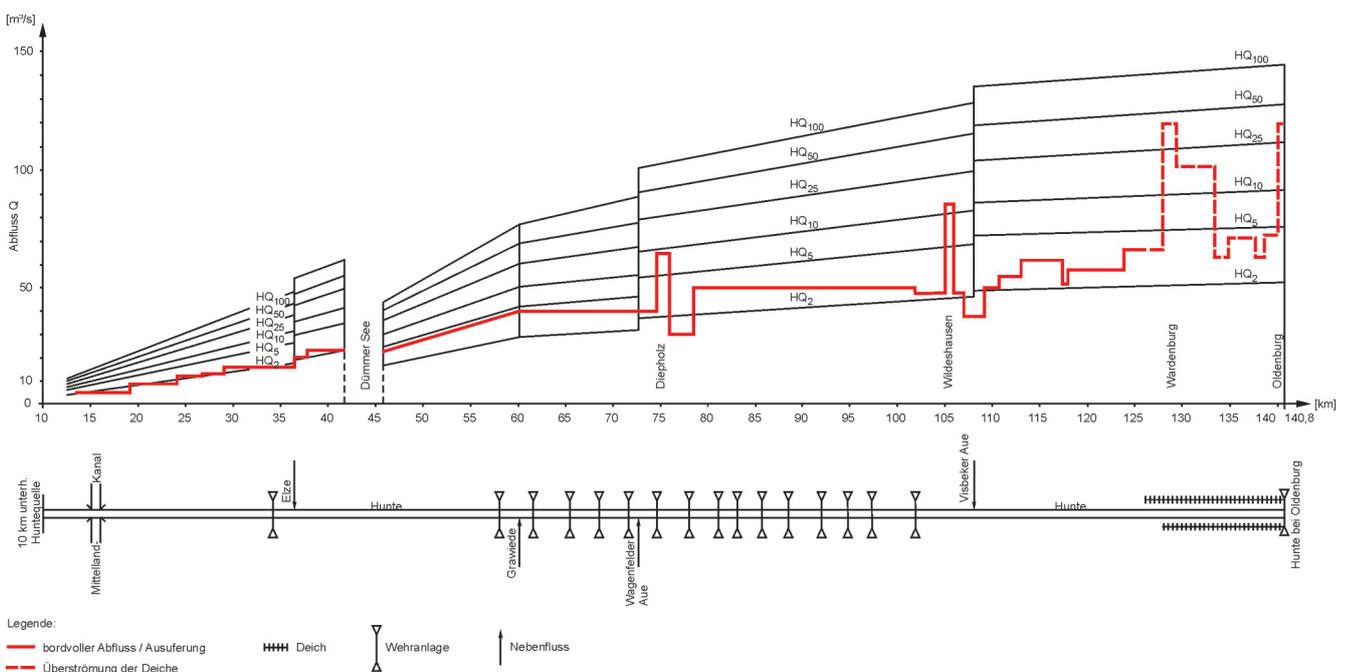


Abb. 52: Hochwasserausuferung im Abflusslängsschnitt der Hunte (Quelle: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Hunte)

Die Abbildung zeigt die Hochwasserausuferung bzw. die Überströmung der Deiche im Abflusslängsschnitt der Hunte. Orientierend sind dazu die Abflüsse des 2-, 5-, 10-, 25-, 50- und 100-jährlichen Hochwassers eingetragen. Die Ortslagen Diepholz, Wildeshausen, Wardenburg und Oldenburg sind mit Deichen gegen 10- bis 50-jährliche Hochwasserabflüsse geschützt. Ansonsten wurden die Gewässerprofile der Hunte auf 2- bis 5-jährliche Hochwasserabflüsse bemessen. Im Oberlauf durchfließt die Hunte den Dümmer-See, der im Jahr 1953 zu einem großen Hochwasser-Rückhaltebecken mit einem Speicherraum von 17,6 Mio m^3 ausgebaut wurde.

Retention in der Gewässeraue

In ausgebauten Gewässern können relativ hohe Abflüsse noch ohne Ausuferung abgeführt werden, was gerade für den Hochwasserschutz bei kleinen Hochwasserereignissen trotz der geringen Retentionsleistung vorteilhaft ist.

Wenn Hochwasserabflüsse über die Ufer der ausgebauten Gewässer treten und in die Flussauen fließen, werden dieselben Retentionsräume aktiviert wie vor dem Ausbau. In solchen Fällen wird der Retentionsraum lediglich im Bereich des Wellenanstiegs zurzeit der Ausuferung, nicht aber im Bereich der Scheitelabflüsse verändert.

Ein zählbarer Verlust an Retentionsraum tritt im Grunde nur bei ausgedeichten Aueflächen, zum Beispiel im Bereich von Siedlungen ein, die gegen seltene

Hochwasser geschützt sind. Der Anteil dieser Verlustflächen liegt in den allermeisten niedersächsischen Gewässern recht niedrig, oft weit unter 10 % bezogen auf die gesamten Flussauen. In vielen Fällen werden diese Verluste an Retentionsraum in den einzelnen Gewässern durch die Anlage von Hochwasserspeichern großenteils wieder ausgeglichen (z. B. Leine, Rhume, Innerste, Oker, Hase, Hunte, Soeste).

Es gibt aber auch einige wenige Gewässer, an denen Hochwasserdeiche die Flussauen auf langen Gewässerstrecken fast vollständig oder zu erheblichen Anteilen abtrennen. In diesem Zusammenhang sind die Aller und die Große Aue zu nennen. Für diese beiden Flüsse wurde mittels mathematischer Modellrechnungen ermittelt, in welchem Ausmaß die Hochwasserabflüsse und -wasserstände durch den Verlust der Retentionsräume in den Auen höher angestiegen sind.

Fachthema 5: Auswirkungen ausgedeicherter Aueflächen an der Großen Aue

Die große Aue entspringt in Nordrhein-Westfalen, fließt dann nach Niedersachsen und mündet bei Liebenau in die Weser (s. Abb. 37). Die Große Aue wurde in den 60er Jahren ausgebaut. In Niedersachsen wurden unmittelbar entlang der Ufer des Flusses beidseitig Hochwasserdeiche errichtet, die ein Ausuferen von Hochwasserabflüssen verhindern. Die Länge der bedeichten Strecke beträgt rd. 43 km. Für die Ausbaustrecke wurde mit Hilfe eines mathematischen Modells berechnet, in welchem Maße die Hochwasserabflüsse und -wasserstände infolge des durch die Deiche verloren gegangenen Retentionsraums angestiegen sind.

Die Modellrechnung wurde anhand eines tatsächlich abgelaufenen Hochwassers vorgenommen. Es handelt sich um das Hochwasser vom Oktober/November 1998 mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von etwa 20 Jahren.

Die Diagramme zeigen das Ergebnis der Berechnungen für die Hochwasserabflüsse und -wasserstände. In der Darstellung der Abflussganglinien ist grün die Hochwasserwelle eingetragen, die aus Nordrhein-Westfalen kommt und in die Modellstrecke einströmt. Die blau durchgezogene Welle fließt in Liebenau aus der Modellstrecke heraus. Sie ist natürlich sehr viel voluminöser, weil das Einzugsgebiet der Großen Aue in Niedersachsen stark zunimmt und dementsprechend hohe Hochwasserabflüsse aus diesem Gebiet hinzugeflossen sind. Die blau durchbrochene Ganglinie zeigt den Wellenverlauf an, der sich ohne die Hochwasserdeiche unter Einfluss der Retention eingestellt hätte. Die Hochwasserspitze wäre erwartungsgemäß wesentlich verzögert eingetreten – in diesem Fall um 1,5 Tage später – als im Zustand mit den Deichen. Die Scheitelabflüsse wären im unbedeichten Zustand zwar niedriger gewesen, der Retentionseinfluss ist jedoch im Verhältnis zu den riesigen überschwemmten Räumen in den Flussauen ziemlich gering.

Auch die Wasserstandsganglinien für den bedeichten und den nicht bedeichten Gewässerzustand zeigen in der Spitze nur einen relativ geringen Unterschied.



Abb. 53: Große Aue mit Hochwasserdeichen (Foto: R. Nietfeld, NLWKN).

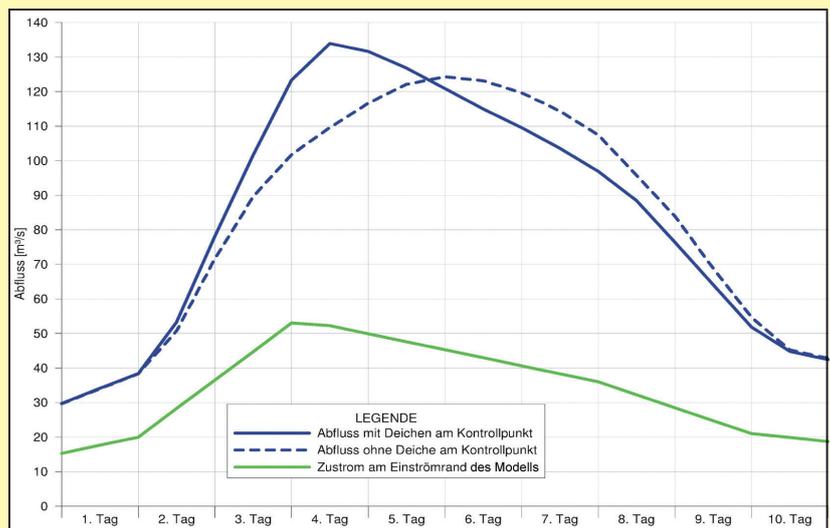


Abb. 54: Abflussganglinien, Hochwasser 1998

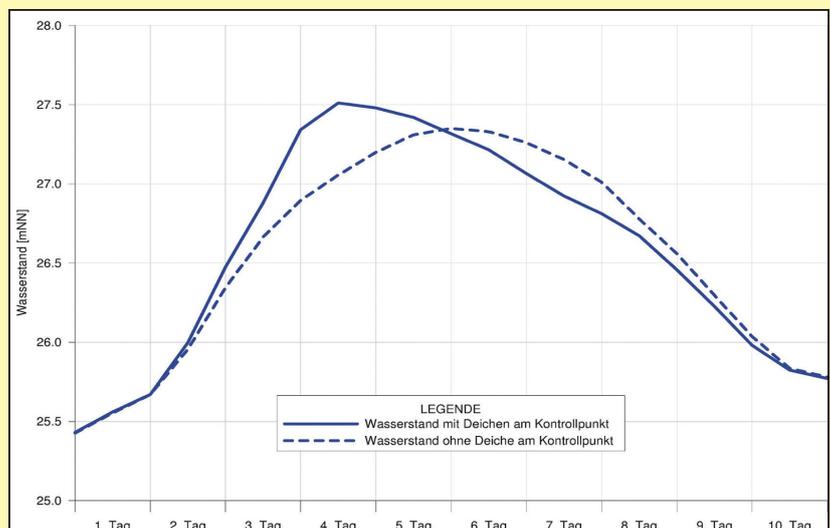


Abb. 55: Wasserstandsganglinien, Hochwasser 1998

(Quelle Abb. 54, 55: STADT-LAND-FLUSS INGENIEURDIENSTE GmbH, 2004)

Die Modellrechnung an der Großen Aue zeigt, dass sich der Spitzenabfluss bei der zugrunde gelegten Hochwasserwelle von 1998 durch die Ausdeichung der Flussauen um rd. 8 % erhöht hat. Hinsichtlich der höchsten Wasserstände bedeutet dies eine durch die Deiche verursachte Erhöhung um nur 15 cm! Der Einfluss des Retentionsraums an der 43 km langen Gewässerstrecke der Großen Aue hat sich damit bei diesem Hochwasser als ziemlich gering erwiesen.

Die Retentionsverluste sind bei Wellen mit Auftretenswahrscheinlichkeiten von 5 bis 10 Jahren prozentual höher als bei selten auftretendem Hochwasser, etwa einem 100-jährlichen Ereignis. Das liegt daran, dass das in die Aue einfließende Wasser zunächst die vorhandenen Mulden auffüllt oder sich vor erhöhten Wegen etc. aufstaut, bevor sich Strömungen bilden können. Wenn die Aue dann höher überflutet wird, steigen die Fließgeschwindigkeiten des Überland-

abflusses rasch an und die Wasserstände steigen bei zunehmenden Abflüssen wesentlich langsamer an. Damit nimmt der Retentionsraum nur noch schwach zu.

Die Modellrechnung an der Aller, bei der mit einem 100-jährlichen Ereignis gerechnet wurde, zeigt für die untersuchten Hochwasserwellen nur schwach unterschiedliche Spitzenabflüsse für die Szenarien »mit« und »ohne Deiche«. Die Deiche erhöhen die Hochwasserspitzenabflüsse nur noch um Minimalwerte, die sich grafisch nicht mehr darstellen lassen. Die Verluste an Retentionsraum spielen bei dem zugrunde gelegten 100-jährlichen Modellhochwasser in Hinblick auf die Dämpfung der Abflussspitze so gut wie keine Rolle. Allerdings bewirken die Deiche im Modellgebiet eine Änderung der hydraulischen Bedingungen, aufgrund dessen die Wasserstände stellenweise merklich ansteigen. Die erhöhten Wasserstände können jedoch von den Hochwasserdeichen aufgefangen werden.

Fachthema 6: Auswirkungen ausgedeicher Aueflächen an der Aller

Auch an einer eingedeichten Allerstrecke wurde der Einfluss der Abflussrückhaltung in den Flussauen untersucht. Modellstrecke ist eine rd. 25 km lange Allerstrecke, die wenige Kilometer unterhalb der Leinemündung bei Ahlden beginnt und am Pegel Rethem beendet wird (s. Abb. 37). An der linken Seite der Aller verlaufen die Hochwasserdeiche relativ eng am Flusslauf, während sie sich auf der gegenüberliegenden Seite weitab vom Flusslauf befinden.

Für die Modellrechnungen der Aller sollte ein 100-jährliches Hochwasserereignis zugrunde gelegt werden. Messwerte liegen allerdings für ein solches Ereignis nicht vor. Deshalb wurden die Abflussordinaten des letzten größeren Hochwassers im Januar 2003 prozentual so erhöht, dass der Spitzenabfluss mit dem statistisch ermittelten HQ100-Wert von 1420 m³/s am Pegel Rethem übereinstimmt.

Die Abbildungen zeigen die Wassertiefen in den überfluteten Flussauen. Dargestellt ist der letzte Teil der Modellstrecke oberhalb des Pegels Rethem (Die Fließrichtung der Aller erfolgt in den Abbildungen von rechts nach links).

Die obere Abbildung bildet den Ist-Zustand mit den Hochwasserdeichen ab. Nicht nur die in seitlichen Bereichen des ehemaligen Überschwemmungsgebietes liegenden Ortschaften sind durch die Hochwasserdeiche gegen ein 100-jährliches Ereignis geschützt, sondern auch die mitten in den Flussauen liegende Gemeinde Kirchwahlingen.

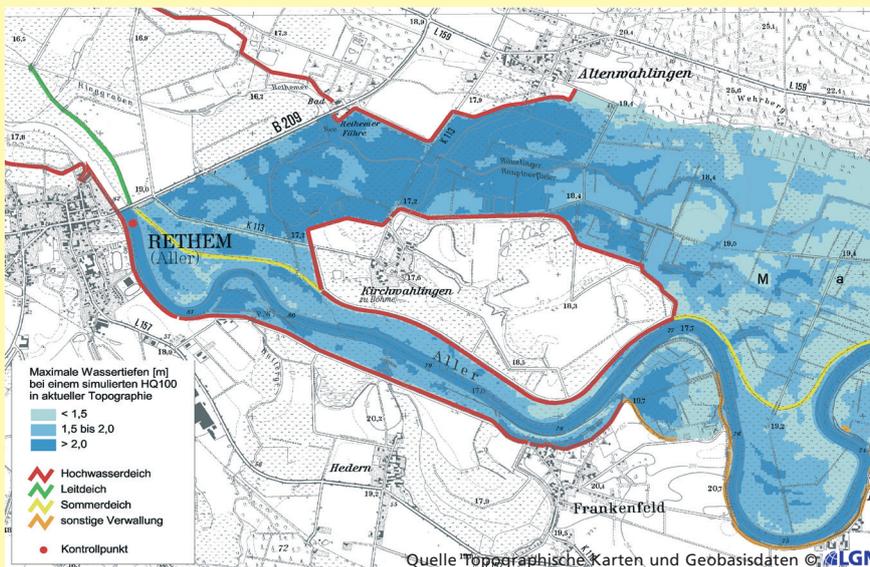


Abb. 56: Wasserstände für den Ist-Zustand »mit Deichen«

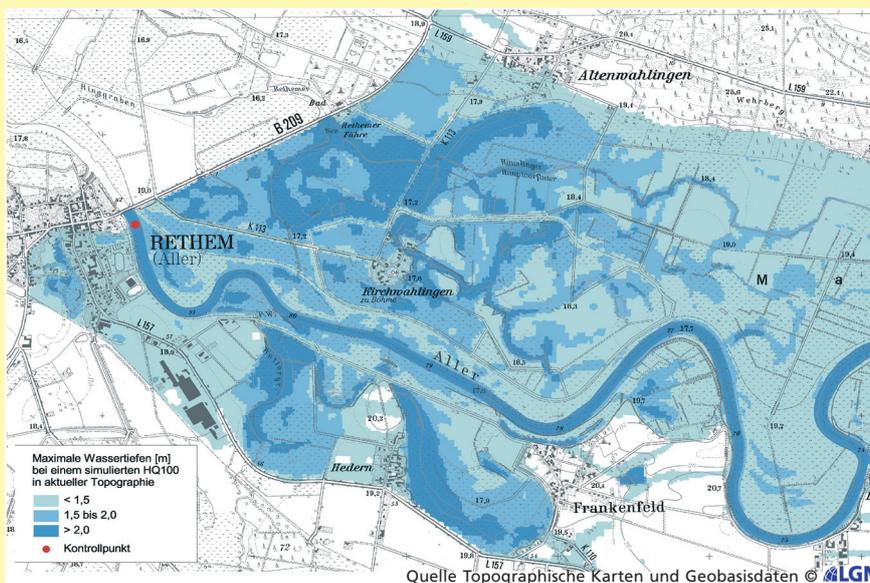


Abb. 57: Wasserstände für den Zustand »ohne Deiche«
(Quelle Abb. 56, 57: STADT-LAND-FLUSS INGENIEURDIENSTE GmbH, 2004)

Die Abbildung 57 zeigt den Zustand »ohne Deiche«. Es wird deutlich, dass weite Flächen im Süden und einige im Norden sowie das Gebiet um Kirchwahlingen ohne die Hochwasserdeiche von einem 100-jährlichen Hochwasser überflutet werden würden.

Die beiden Abbildungen machen deutlich, dass durch die Hochwasserdeiche Retentionsraum in dem Teil der ehemaligen Überschwemmungsgebiete verloren gegangen ist, der nicht mehr überflutet wird. Bei genauem Hinsehen wird jedoch offenbar, dass die Wassertiefen im Zustand »mit Deichen« zumindest in Teilbereichen der Flussauen erkennbar angestiegen sind. Das liegt daran, dass der Abflussquerschnitt durch Deiche eingeeengt wird und die ausgedeichte »Insel« Kirchwahlingen quasi als Abflusshindernis auftritt, das Auf- und Rückstaueffekte verursacht. Durch die Erhöhung der Wasserstände wird Retentionsraum gewonnen, der die vorher erwähnten Verluste zum Teil wieder ausgleicht.

Insbesondere in dem nicht dargestellten unteren Teil der Modellstrecke gibt es viele Sommerdeiche, die das Allertal teilweise sogar durchqueren. Diese Deiche

werden schon bei kleinen Hochwasserereignissen überflossen. Bei solchen Hochwasserabflüssen resultiert dann auch ein erheblicher Auf- und Rückstau der Wasserstände.

Der Vergleich der Hochwasserwellen am Pegel Rethem für die Zustände »mit« und »ohne Deiche« lässt so gut wie keine Veränderungen im Gesamt-abflussverhalten der Aller bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis erkennen. Die veränderten Retentionsräume wirken sich nur in der Phase des Wellenanstiegs aus, wenn es im Ist-Zustand zum Überströmen der Sommerdeiche kommt. Mit steigendem Abfluss sinkt der Einfluss der Sommerdeiche dann immer mehr. Die Retentionsräume in der Modellstrecke sind schon tagelang vor Eintreffen des Hochwassers nahezu gefüllt. Daher läuft das Hochwasser im Bereich der Wellenspitze in beiden berechneten Varianten fast gleich ab.

Zur stärkeren Dämpfung der Hochwasserspitzen könnte nur eine gesteuerte Aufleitung von Hochwasser ab definierten Wasserständen in die ausgedehnten Aueflächen beitragen.

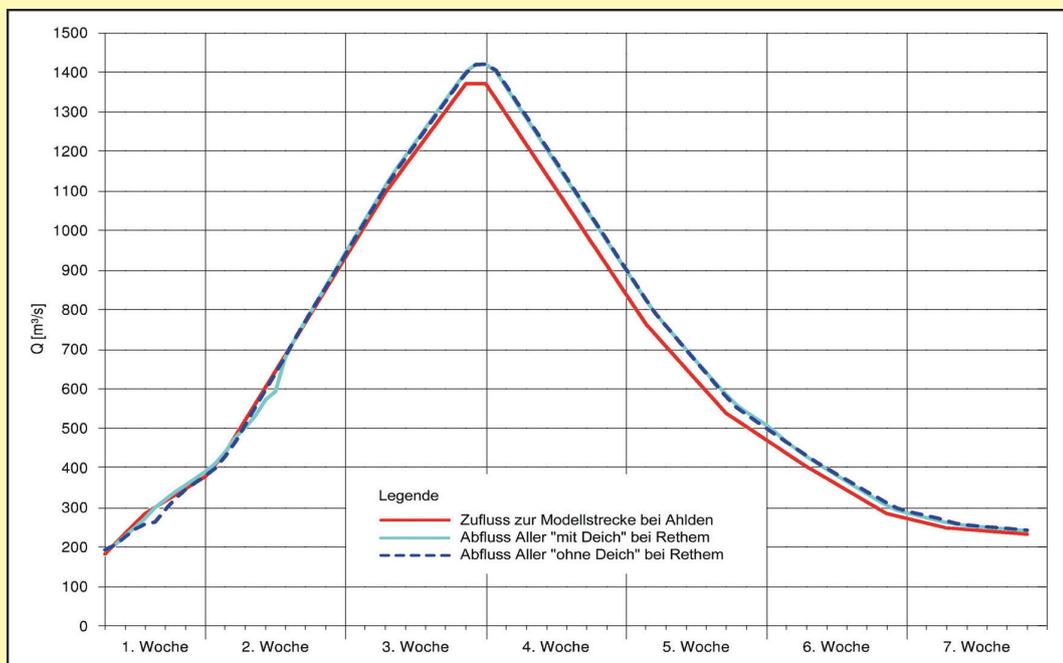


Abb. 58: Abflussganglinien für ein 100-jährliches Hochwasser
(Quelle: STADT-LAND-FLUSS INGENIEURDIENSTE GmbH, 2004)

Talsperren und Rückhaltebecken

In großen künstlichen Speichern kann das Hochwasser zur Entlastung der Spitzenabflüsse wirkungsvoll zurückgehalten werden. Die Hochwasserspeicher werden nach Durchlauf einer Welle so bald wie möglich wieder entleert, damit sie bei rasch aufeinander folgenden Hochwasserereignissen sofort wieder wirksam werden können. Die fünf niedersächsischen Harztalsperren sind Mehrzweckspeicher, die außer dem Hochwasserschutz auch der Trinkwasserversorgung und der Niedrigwasseraufhöhung dienen. Einige der in Niedersachsen betriebenen Hochwasser-Rückhaltebecken sind aus ökologischen und touristischen Gründen im Niedrigwasserbereich als Dauerstau eingerichtet. Drei der größten niedersächsischen Binnenseen – der Dümmer, das Zwischenahner Meer und die Thülsfelder

Talsperre – wurden zu Lasten des natürlichen Zustandes mit regelbaren Abflussorganen ausgestattet und mit Ringdeichen umgeben und können auf diese Weise weitaus effektiver zur Hochwasserrückhaltung genutzt werden, als dies vor diesen Maßnahmen möglich war.

Hochwasserspeicher werden gebaut, um den Hochwasserschutz an einer bestimmten Gewässerstrecke zu verbessern. Ihre positive Wirkung hält im Gewässer nicht unbegrenzt weit an. So können die Harztalsperren aufgrund ihres großen Speichervolumens zwar ganze Hochwasserwellen zurückhalten und damit viele im Harz oder Harzvorland liegende Ortschaften vor Hochwasserschäden bewahren, wenn aber zum Beispiel die Rhume, in deren Quellgebieten sich drei Talsperren (Okertalsperre, Oderteich, Sösetalsperre) befinden, schließlich in die Leine mündet, dann hat

die Retentionswirkung der Talsperren schon deutlich abgenommen. Im Mündungsbereich der Rhume setzen sich die Spitzenabflüsse weitestgehend aus dem etwa 10-mal größeren Einzugsgebiet unterhalb der Talsperren zusammen. In Hannover an der Leine beeinflussen die Abflüsse aus den Talsperren schließlich nur den abfallenden Ast der Hochwasserwellen.

Hochwasserrückhaltebecken

	Gewässer	Fertigstellung	Einzugsgebiet	Speicherraum	Dauerstau
		Jahr	km ²	Mio m ³	
Salzderhelden	Leine	1994	2200,0	37,4	
Alfhausen-Rieste	Hase	1982	664,5	20,8	x
Dümmer	Hunte	1953	419,0	17,6	x
Zwischenahner Meer	Zwischenahner Meer	1981	96,4	3,3	
Haselünne	Hase	1972	2521,0	1,4	x
Polder Lüsche	Fladderkanal	1976	202,0	1,3	
Fischbeck	Nährenbach	1969	20,0	0,9	
Kl. Mahner	Warne	1972	47,9	0,9	
Haaren	Haaren	1976	40,0	0,7	

Abb. 59: Tabellen zu Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren

In Niedersachsen gibt es 8 bedeutende Talsperren und 9 Hochwasserrückhaltebecken. Daneben gibt es zahlreiche Speicherräume, in denen das Hochwasser innerhalb der Kanalisationssysteme in Städten oder entlang von Autobahnen, an Flugplätzen etc. zurückgehalten wird. Im Harz wurden zu Zeiten des Bergbaus viele Teiche angelegt, die verschiedenen Funktionen beim Abbau der Erze dienten. Diese Teiche gelten nach den Bestimmungen des Niedersächsischen Wassergesetzes ebenfalls als Talsperren. Ihre Rückhaltewirkung bei Hochwasser ist jedoch begrenzt.

Talsperren

	Fertigstellung	Einzugsgebiet	Speicherraum	max. Wasserfläche	Nutzung
	Jahr	km ²	Mio m ³	ha	
Sösetalsperre	1931	50	25,5	121	H, T, K
Odertalsperre	1934	54	30,6	136	H, A, K
Eckertalsperre	1942	17	13,3	66	H, T, K
Okertalsperre	1956	85	47,4	230	H, A, K
Innerstetsperre	1966	96	20,0	139	H, A
Granetalsperre	1969	23	46,4	220	H, T, K
Thülsfelder Talsperre	1927	133	10,8	170	H, A
Oderteich	1721	10,8	1,69	27	H, A, K

Abkürzungen: H = Hochwasserschutz A = Aufhöhung des Niedrigwassers
T = Trinkwasser K = Krafterzeugung

Fachthema 7: Auswirkungen des Rückhaltebeckens Salzderhelden in der Leine

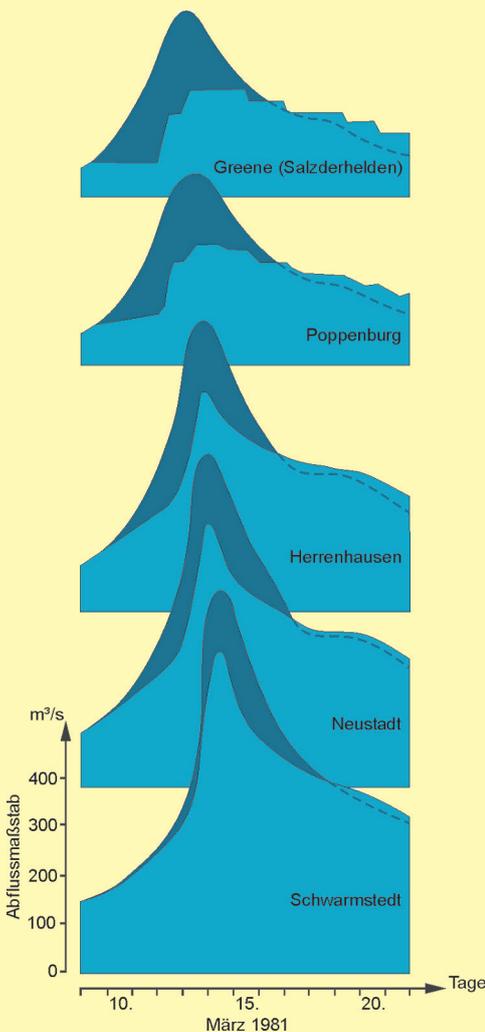


Abb. 60: Auswirkungen des Rückhaltebeckens Salzderhelden

Als in der Leine im März 1981 ein Hochwasser abließ, war das Hochwasser-Rückhaltebecken Salzderhelden noch im Bau; ein Einstau fand deshalb noch nicht statt. In einer Modellrechnung wurde ermittelt, welchen Einfluss das Rückhaltebecken auf den Ablauf der Hochwasserwelle in der Leine genommen hätte.

Das Rückhaltebecken Salzderhelden befindet sich 12 km oberhalb des Pegels Greene an der Leine (siehe Abb. 37). Die Abbildung zeigt den Hochwasserverlauf an den Leinepegeln bis nach Schwarmstedt, wo die Leine in die Aller mündet. Für die einzelnen Pegel sind die 1981 gemessenen und die für den Zustand »mit Rückhaltebecken« berechneten Hochwasserwellen dargestellt.

Wäre das Rückhaltebecken Salzderhelden im Jahre 1981 schon in Betrieb gewesen, so wären die Hochwasserwellen an den Leinepegeln um die dunklen Bereiche niedriger abgefließen. Es fällt auf, dass der Einfluss des Rückhaltebeckens mit zunehmender Lauflänge der Leine immer mehr abnimmt. Die in Salzderhelden gekappte Hochwasserspitze ist beim nahegelegenen Pegel Greene deutlich zu erkennen und bleibt auch beim dann folgenden Pegel Poppenburg noch weitgehend unverändert erhalten. Dann mündet die Innerste in die Leine ein und es baut sich auf die abgesenkte Ganglinie eine neue Hochwasserspitze auf, die sich stromab mit weiteren Zuflüssen aus kleineren Nebenflüssen schnell verstärkt. Bei Einmündung der Leine in die Aller zeigt der Pegel Schwarmstedt nur noch einen verhältnismäßig geringen Einfluss des Rückhaltebeckens Salzderhelden. Außerdem ist deutlich sichtbar, dass die im Rückhaltebecken am Pegel Greene bei ansteigendem Hochwasser zurückgehaltenen Wassermengen am Pegel Schwarmstedt in den abfallenden Ast der Hochwasserwelle gewandert sind. Das liegt daran, dass die zwischen Greene und Schwarmstedt hinzugeflossenen Hochwasserabflüsse sich vorwiegend vor die aus dem Leineoberlauf kommende Welle gesetzt haben.

Bei der Bewertung der Wirkung von Hochwasser-Rückhaltebecken darf nicht außer Acht gelassen werden, dass es letztlich nicht um Hochwasserabflüsse sondern Wasserstände geht, die im Interesse der Anrainer gesenkt werden sollen. Der Scheitelabfluss am Hochwasser-Rückhaltebecken hätte beim Märzhochwasser um 147 m³/s reduziert werden können. Dadurch wäre der Wasserstand am Pegel Hannover-Herrenhausen, gemessener Wert 5,89 m, um 8 bis 10 cm niedriger ausgefallen.

Fachthema 8: Auswirkungen der Oker- und Eckertalsperre in der Oker

Die Oker entspringt im Harz und fließt dann Richtung Norden in das norddeutsche Tiefland. Gut 10 % des 1834 km² großen Einzugsgebiets liegen im Harz. Das restliche Gebiet teilt sich etwa jeweils zur Hälfte auf in leichtes Hügelland des Harzvorlandes und auf die Flussniederungen von Oker und Aller. Die Gebietscharakteristik unterscheidet sich damit von der Leine, die zwar auch in nördliche Richtung in das Tiefland fließt, deren Einzugsgebiet jedoch zu weit höheren Anteilen vom Mittelgebirge geprägt ist.

Entsprechend anders wirkt sich an der Oker auch die Hochwasserrückhaltung im Harz aus. Die außerordentlich steilen und hohen Hochwasserwellen, die sich im Harz bilden und in der Oker- und Eckertalsperre zurückgehalten werden, bauen sich im Tiefland nicht in dementsprechender Art und Weise wieder auf. In einer Modellrechnung wurde für das im März 1981 abgeflossene Hochwasser ermittelt, wie sich die beiden Talsperren entlang der Oker ausgewirkt haben.

In der Abbildung wird mit den dunklen Flächen verdeutlicht, um wie viel höher die Hochwasserwellen an den Okerpegeln ohne die beiden Harztalsperren angestiegen wären. Tatsächlich sind die hellblau angelegten Wellen abgeflossen. Die Hochwasserwellen aus dem Harzvorland und dem Tiefland setzen sich in diesem speziellen Fall noch nicht vor die Welle aus dem Harz, sondern bilden aufgrund der Geländeeigenschaften langgestreckte Wellen, bei denen die Hochwasserscheitel vergleichsweise spät ablaufen. Die Abflussspitze aus dem Harz nähert sich dem Scheitelabfluss aus dem Mittel- und Unterlauf der Oker zwar immer mehr, er liegt aber trotz der großen Lauflänge der Oker auch bei deren Mündung in die Aller zeitlich noch immer ein wenig voraus.

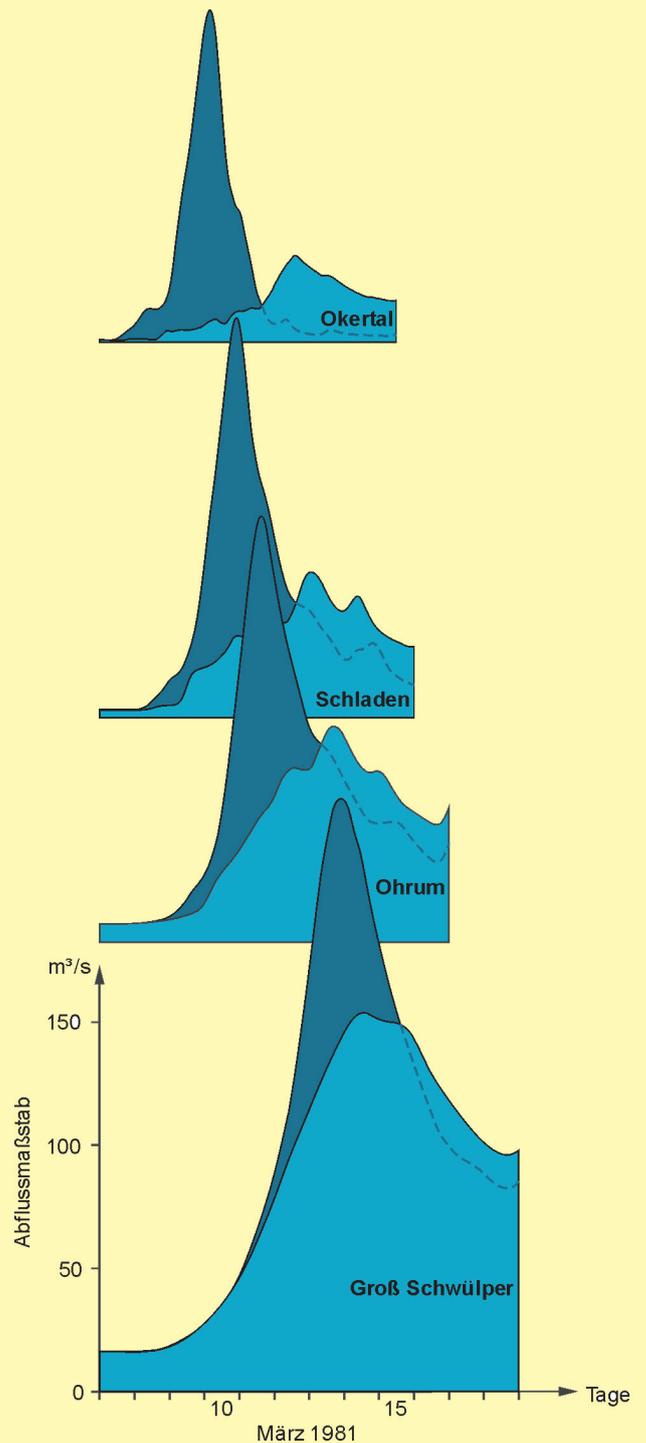


Abb. 61: Auswirkungen der Oker- und Eckertalsperre (Quelle: Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner, Ingenieurgesellschaft mbH, 2004)

Eine Modellrechnung an der Oker zeigt die Wirkung der Harztalsperren. Die Oker- und Eckertalsperre verringern die Hochwasserabflüsse in der Oker nachhaltig. Derart positive Wirkungen treten immer dann auf, wenn große Speicherbecken Hochwasserwellen aus dem Gebirge am Übergang zum Tiefland gänzlich zurückhalten können.

In der Okertalsperre wird im Winterhalbjahr mindestens 10 % des Stauraums für die Hochwasserrückhaltung freigehalten. Das genügt, um die meisten Hochwasserwellen, die sich im Quellgebiet der Oker bilden, vollständig speichern zu können. In den 48 Jahren seit Bestehen der Talsperre traten nur

zwei Hochwasserwellen auf, die nicht vollständig zurückgehalten werden konnten, weil die Talsperre keine zusätzlichen Wassermengen mehr fassen konnte. Nicht zu speichernde Hochwasserabflüsse werden dann über die Hochwasserentlastung der Talsperre in die Oker abgegeben.

Für die anderen Harztalsperren gibt es entsprechende Regelungen für den Hochwasserrückhalt.

Bei der Beurteilung des Hochwasserschutzes in einem Gewässersystem darf man die Volumina von verstreut in einem Einzugsgebiet liegenden Speichern nicht einfach addieren und daraus eine »Gesamtwirkung« für das Hauptgewässer ableiten wollen. Das

gilt natürlich auch für die natürlichen Retentionsräume in den Flussauen. Übrigens wird sich genauso wie der Zugewinn von Retentionsraum durch Rückhaltebecken auch ein diesbezüglicher Verlust, der zum Beispiel durch die Ausdeichung von Flächen in den Überschwemmungsgebieten eintreten könnte, immer nur an bestimmten Gewässerabschnitten bemerkbar machen.

Hochwasserabschläge in den Mittellandkanal

Der in Ost-West-Richtung am Nordrand der niedersächsischen Mittelgebirge verlaufende Mittellandkanal wird von vielen hochwasserführenden Gewässern gekreuzt, die aus dem Gebirge kommend in das norddeutsche Tiefland fließen (s. Abb. 37). Schon die Planung des Mittellandkanals war darauf ausgerichtet, einen Teil der Hochwasserabflüsse an den Kreuzungstellen aufzunehmen. Der Kanal selbst verfügt nur über kleine eigene Einzugsgebiete, so dass es von daher zu keinen nennenswerten Wasserstandserhöhungen nach Starkregen kommen kann.

Die Hochwasserabschläge in den Mittellandkanal entlasten die kreuzenden Gewässer ganz erheblich. Die Entlastung tritt in der Regel bei Überschreitung bestimmter Hochwasserabflüsse in den Gewässern ein und beträgt bis zu 20 m³/s an der Fuhse und bis zu ca. 50 m³/s an der Aller.

4.1.2 Veränderungen in der Landschaft

Von der Natur- zur Kulturlandschaft

Der Wandel von der Naturlandschaft zur heute bestehenden Kulturlandschaft hat sich im Laufe von Jahrhunderten fast unmerklich vollzogen. Ursprünglich war Niedersachsen überwiegend bewaldet. Ausnahmen waren Teile der Flussauen sowie die Hoch- und Niedermoore. Nach und nach haben die Menschen Flächen für die landwirtschaftliche Bodennutzung kultiviert. Der Waldanteil in Niedersachsen ist inzwischen auf etwa 20 % gesunken.

Rund zwei Drittel der Fläche Niedersachsens wird landwirtschaftlich genutzt. Der Rest von ca. 15 % entfällt auf Siedlungs-, Verkehrs-, Wasser- und sonstige Flächen.

Die meisten Einzugsgebiete haben sich im Laufe der Jahrhunderte in ihrer Flächennutzung großflächig verändert. Derartig weitreichende Wandlungen haben das Hochwassergeschehen natürlich entscheidend beeinflusst. Je nach Art und Ausbreitung der Gebiets-eigenschaften dürfte sowohl das Abflussvolumen als auch die Höhe der Abflussscheitel bei häufig vorkommenden Hochwasserwellen in der Größenordnung von 10 %, 20 %, 30 % oder in extremen Fällen sogar darüber hinaus gegenüber dem »Urzustand« angestiegen sein. Bei seltenen großen Hochwasserereignissen wirken sich die Änderungen in der Landschaft allerdings wesentlich weniger aus (s. Kap. 4.3).

Die Aussagen über die früher niedriger liegenden Hochwasserspitzenabflüsse dürfen jedoch keinesfalls darüber hinwegtäuschen, dass die früheren Zustände – die Flussauen standen mehrere Male im Jahr unter Wasser bzw. wiesen über lange Zeiträume sehr hohe Grundwasserstände auf – trotz der damals niedrigeren Hochwasserabflüsse heute in weiten Bereichen der Flussauen wegen deren intensiver Nutzung nicht akzeptiert würden. Daher kann sich die nach den jüngsten Hochwasserkatastrophen generell geäußerte Empfehlung, künftig größere Hochwassermengen im Binnenland zurückzuhalten, nur auf Flächen beziehen, die nicht oder nur extensiv genutzt werden, oder in denen bestehende Nutzungen aufgegeben oder extensiviert werden können, seien es ausgedeichte Flächen oder Flächen innerhalb gesteuerter Flutpolder.

Bodenversiegelung

Niederschläge, die auf versiegelte Flächen fallen, fließen zunächst auf der Erdoberfläche und dann in den meisten Fällen in Kanalisationen ab. Einzugsgebiete von urbanen Gewässern, die zu großen Gebietsanteilen bebaute Flächen entwässern, weisen starke Veränderungen in ihrem Abflussverhalten auf. Die Niedrigwasserabflüsse sind sehr gering, teilweise fallen städtische Gewässer in den Sommermonaten trocken, dafür steigen die Hochwasserabflüsse nach Starkregen sprunghaft an und können außerordentlich hohe Spitzenwerte erreichen. In extremen Fällen liegen die Hochwasserspitzenabflüsse um ein Mehrfaches über den natürlichen Werten. Als Ausgleich werden in Städten Speicherbecken in die Kanalisationssysteme integriert und die Gewässer erhalten weite Abflussprofile, so dass die hohen Abflussspitzen ohne Ausuferung in die nächsten großen Flüsse abgeführt werden können.

Fachthema 9: Auswirkungen der Flächenversiegelung in Hannover auf die Fösse und Leine

Die Fösse ist ein kleines Gewässer, das im Bereich der Landeshauptstadt Hannover in die Leine mündet. Das Einzugsgebiet der Fösse hat eine Größe von rd. 20 km², wovon 6,6 km² durch städtische Flächen versiegelt sind. Für das Hochwasser im Oktober/November 1998 wurde mit einem mathematischen Modell berechnet, um wie viel die Hochwasserabflüsse geringer gewesen wären, wenn keine Bebauung vorhanden gewesen wäre. Außerdem wird ermittelt, welchen Einfluss die Flächenversiegelung im Fössegebiet auf die Hochwasserwelle der Leine hat.

Für die Fösse zeigt der grafische Vergleich der Hochwasserwellen »vor« und »nach der Versiegelung« den starken Einfluss der städtischen Bebauung. Berechnet wurden mehrere Hochwasserspitzen zwischen dem 24. Oktober und dem 13. November 1998. Der höchste Abfluss lag in dieser Zeit für den tatsächlich existierenden bebauten Zustand bei 4,2 m³/s. Wenn das Einzugsgebiet der Fösse naturnah geblieben wäre, hätte sich der Spitzenabfluss wesentlich niedriger, nämlich bei 1,6 m³/s. eingestellt.

Die an verschiedenen Tagen flächenhaft niedergehenden Niederschläge haben in der genannten Zeitspanne in der Leine zu einer zusammenhängenden Hochwasserwelle geführt, die unter der Ganglinie für die Fösse abgebildet ist. Man beachte, dass die am Pegel Hannover-Herrenhausen gemessene Abflussganglinie einen deutlich anderen Abflussmaßstab hat als die Hochwasserwelle der Fösse.

Die Abflussspitze von 4,2 m³/s aus der Fösse trifft zu einem Zeitpunkt auf die Leinewelle, als das Hochwasser in Hannover gerade anzusteigen beginnt. Dies ist typisch für das Zusammentreffen von Hochwasserwellen aus kleinen und großen Einzugsgebieten. Die Abflussspitzen aus kleinen urbanen Gewässern verstärken nur sehr selten die Scheitelabflüsse von großen Flüssen, in die sie einmünden. Nur wenn es am 4. November 1998 in der Region Hannover erneut kräftig geregnet hätte und das übrige Leinegebiet davon verschont geblieben wäre, hätten die Spitzenabflüsse aus der Fösse die Scheitelabflüsse des

Leinehochwassers bei Hannover verstärken können.

Selbst für diesen Fall hätte es jedoch keine merkliche Hochwasserverschärfung gegeben. In der Abbildung trifft die Abflussspitze von 4,2 m³/s auf einen Abfluss in der Leine, der bei etwa 160 m³/s liegt. Der Scheitelabfluss in der Leine von rd. 540 m³/s würde nach der Modellrechnung zusammenfallen mit einem Abfluss von rd. 0,7 m³/s aus der Fösse. Während der gesamten Zeit des Hochwasserablaufs in der Leine sind die Zuflüsse aus der Fösse auch im bebauten Zustand vergleichsweise so gering, dass sie in der Ganglinie des Leinehochwassers gar nicht darstellbar sind.

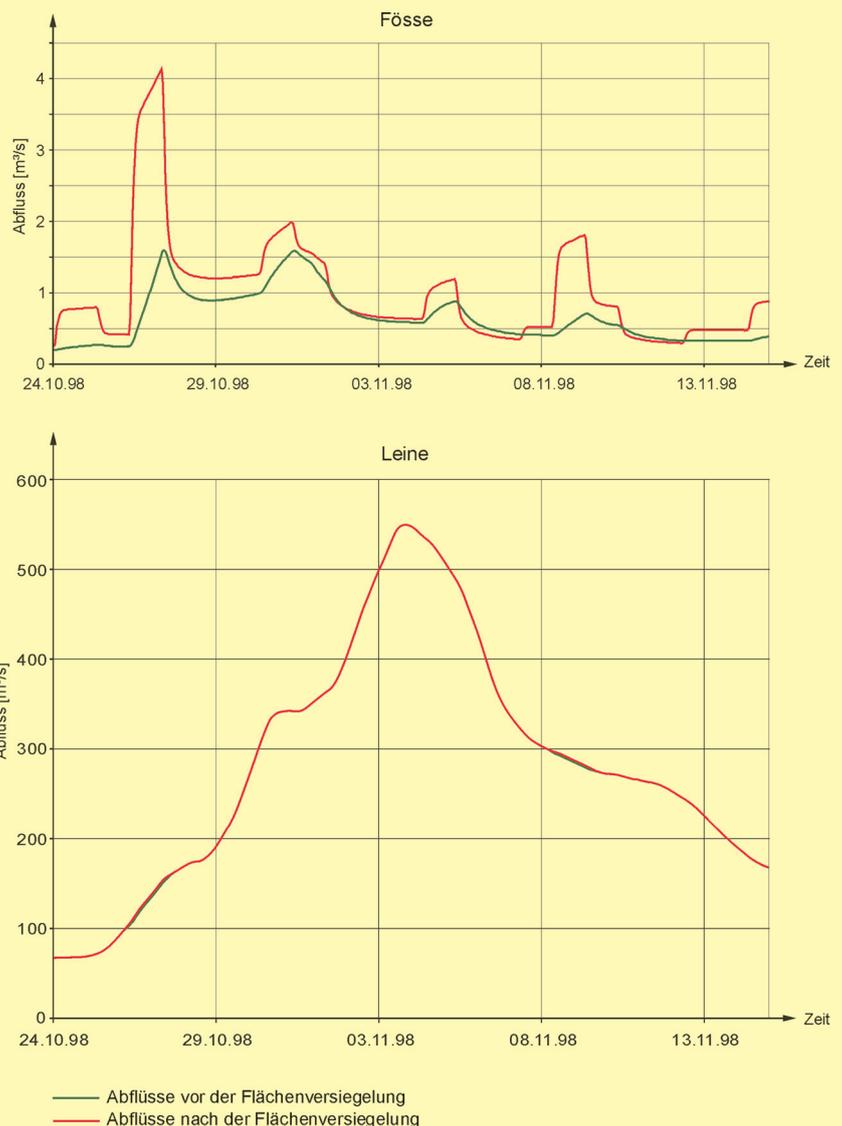


Abb. 62: Abflussganglinien der Fösse und Leine in Hannover (Quelle: Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner GmbH, 2004)

In landschaftlich geprägten Einzugsgebieten spielt die zunehmende Bodenversiegelung eine untergeordnete Rolle. Im Falle der großen und mittelgroßen Gewässer ist dieser Einfluss in Niedersachsen so gering, dass er nicht nachweisbar ist und im Allgemeinen vernachlässigt werden kann. In Niedersachsen werden zurzeit rd. 11,7 % der Landesfläche von Siedlungen und Verkehrswegen eingenommen. Allerdings sind nur ein Drittel davon, also etwa 4,5 % der Gesamtfläche, tatsächlich bebaut. Die versiegelten Flächen verteilen sich in den landschaftlich geprägten Einzugsgebieten relativ gleichmäßig auf die Teileinzugsgebiete der Bäche und Nebenflüsse. Die in den kleinen Teileinzugsgebieten durch versiegelte Flächen verursachten Abflussänderungen treffen beim Zusammenfluss der Teilwellen zeitlich nur relativ selten so aufeinander, dass sie sich in ihren ungünstigen Auswirkungen gerade verstärken. Daher dürfen die durch Bodenversiegelung an verschiedenen Stellen entstandenen Abflussveränderungen in ihrer Gesamtwirkung nicht aufaddiert werden. Das ist auch der hauptsächliche Grund dafür, dass die Zunahme der Bodenversiegelung im Abflussverhalten tendenziell nicht erkennbar ist.

Entwässerung vernässter Gebiete

Eine wettbewerbsfähige Landwirtschaft benötigt einen günstigen Boden-Wasser-Haushalt. Knapp 1500 Entwässerungsverbände, die rd. 40 % der Landesfläche Niedersachsens überdecken, wurden gegründet, um die eingerichteten Drän- und Vorflutsysteme zur Regulierung landwirtschaftlich günstiger Grundwasserstände funktionsfähig zu halten.

Die Bodenentwässerung hat in ihrer Wirkung auf die Hochwasserbildung sowohl einen negativen als auch positiven Aspekt. Ungünstig wirkt sich die Beschleunigung der Abflüsse in Dränagerohren und künstlichen Entwässerungsgräben aus. Wesentliches Ziel der Entwässerung ist aber die Vergrößerung des wirksamen Rückhaltepotentials des Bodenspeichers.

Wie in Kap. 2.1.6 näher erläutert kommt es sehr darauf an, wie viel Regenwasser während des Hochwassererlaufs im Boden versickert und zurückgehalten werden kann. Der Bodenspeicher ist am wirksamsten, wenn er zu Hochwasserbeginn möglichst wenig angefüllt ist. Die hohen Grundwasserstände vor Trockenlegung der vernässten Gebiete haben das Speichervolumen des Untergrundes stark eingeschränkt. Nach den Entwässerungsmaßnahmen steht wesentlich mehr Rückhaltevolumen zur Verfügung. Graben- und Dränsysteme können aber auch, je nach Niederschlagsverlauf und bei hohen Grundwasserständen, zu beschleunigten Abflüssen führen.

Im norddeutschen Tiefland gibt es viele Einzugsgebiete von Gewässern, die gänzlich oder zu weitaus überwiegenden Gebietsteilen gedrängt sind. Insbesondere in diesen Gebieten kommen die Entwässerungsmaßnahmen dem Hochwasserschutz zugute: Erstens werden große Regenmengen im Hochwasserfall zurückgehalten und zweitens werden die Wassermengen nach dem Hochwasser rasch wieder abgegeben. Gerade die unmittelbare Abführung der gespeicherten Starkregenanteile versetzt gedränte Böden schnell wieder in die Lage, bei weiteren Hochwasserereignissen erneut Wassermengen zwischenspeichern zu können. Dies ist ein wichtiger Vorzug, da Hochwasserereignisse oft als Doppelwellen auftreten.

Die Auswirkungen der Dränung auf den Hochwasserabfluss werden in der Literatur allerdings unterschiedlich beurteilt. Untersuchungen mit positiven Ergebnissen, wie im Fachthema 10 dargestellt, stehen Untersuchungen aus anderen Gebieten entgegen, etwa aus süd- und ostdeutschen Niedermoorregionen, bei denen die Entwässerungssysteme zur Hochwassererschärfung beitragen (vgl. Literaturverzeichnis). Insbesondere wird dort die langfristige Wasserspeicherung im Boden und die positive Retentionswirkung einer natürlichen Vegetationsdecke mit hohem Rauigkeitsbeiwerten festgestellt.

Fachthema 10: Auswirkungen der Entwässerung durch Dränung an der Lager Hase

Die Lager Hase ist ein rechter Nebenfluss der Hase, die wiederum in die Ems mündet. Mit Hilfe einer mathematischen Modellrechnung wurde für das 509 km² große Einzugsgebiet der Lager Hase bis zum Pegel Uptloh (s. Abb. 38) berechnet, wie sich die bestehende Entwässerung in diesem Gebiet auf das Hochwasser auswirkt. Das Gebiet wird hauptsächlich landwirtschaftlich als Acker- und Grünland genutzt. In den landwirtschaftlich genutzten Gebieten herrschen mineralische Nassböden vor, die fast vollständig gedränt sind.

Die Ergebnisse der Modellrechnung zeigen, dass die Entwässerung beim Hochwasser im März 1981 zu einer Abflachung der Hochwasserwelle führte. Ohne die Dränung wäre die Hochwasserspitze um rd. 10 m³/s höher angestiegen, das sind 18 % vom gemessenen Scheitelabfluss. Die Ursache ist darin zu sehen, dass die Dränung vor Beginn des Hochwassers dafür gesorgt hat, dass der Boden entwässert war. Die Niederschläge, die in den Wochen vor dem Hochwasser fielen, sind mit Hilfe der Dränung schon abgelaufen. Ohne die Dränung wäre der Boden entsprechend nasser gewesen und hätte während des Hochwassers weniger Wasser speichern können. Im Zustand ohne Dränung wären in der gesamten Hochwasserwelle 36 Mio m³ Wasser abgeflossen. Tatsächlich flossen nur 28 Mio m³ Wasser ab. Der Rest von 22 % konnte im entwässerten Boden zurückgehalten werden.

In einem weiteren Rechengang wurde ermittelt, welchen Einfluss die Dränung gehabt hätte, wenn die Wochen vor Beginn des Hochwassers regenfrei geblieben wären, das Märzhochwasser also eine Trockenperiode beendet hätte. In diesem Fall

- wäre die Hochwasserwelle insgesamt niedriger ausgefallen, weil der trockene Boden sehr viel Regenwasser hätte zurückhalten können und
- hätte die Dränung keinen positiven Einfluss auf den Regenrückhalt gehabt, weil der Boden im

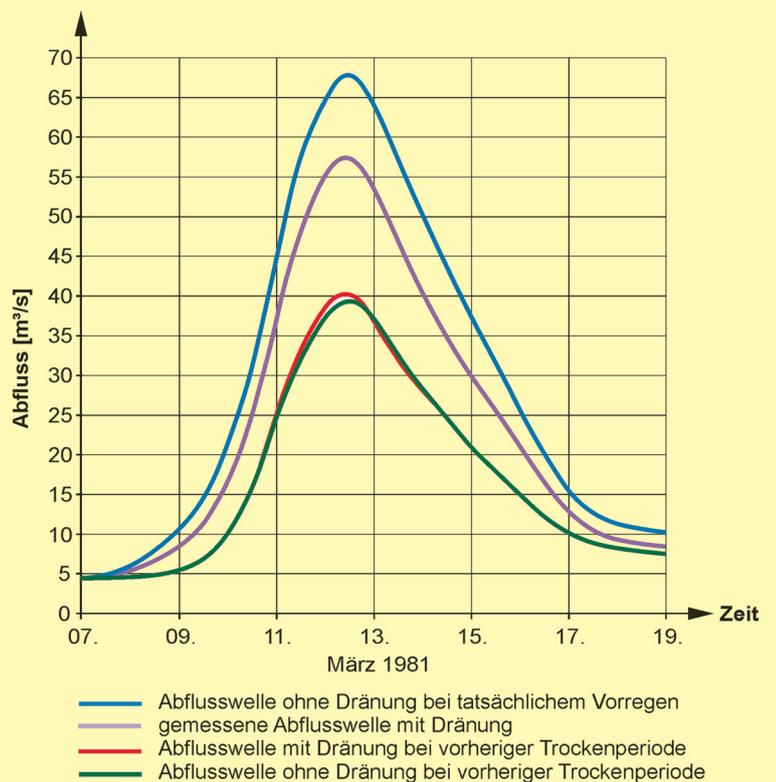


Abb. 63: Auswirkung der Dränung auf den Hochwasserabfluss
(Quelle: Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner, Ingenieures. mbH, 2004)

Zustand »ohne Dränung« aufgrund der Trockenheit gleichermaßen aufnahmebereit gewesen wäre.

Trotzdem hätten sich die Hochwasserwellen »mit« und »ohne« Dränung unterschieden. Grund dafür wäre der oft zitierte, den Abfluss beschleunigende Einfluss der Dränung und des Grabenausbaus. Die Gebietsentwässerung wirkt sich bei gleichem »Nässezustand« des Bodens vor Hochwasserbeginn also hochwasserverschärfend aus. Allerdings zeigt der Vergleich der dargestellten Ganglinien, dass der Anstieg der Spitzenwerte nur gering ausfällt. Im berechneten Beispiel stieg der Scheitelabfluss von 39,5 m³/s auf 40,1 m³/s, das entspricht einer Aufhöhung um 1,5 %.

4.1.3 Fazit »Eingriffe in das Gewässerregime«

Über die menschlichen Einflüsse auf das Hochwassergeschehen ist in der öffentlichen Diskussion ein verzerrtes Bild entstanden. Hochwasserverschärfende Einflüsse werden immer wieder hervorgehoben und hochwasserdämpfende Einflüsse sind allzu sehr in den Hintergrund geraten. Daher wird hier noch einmal zusammengefasst:

- Vergleicht man den heutigen Zustand des Abflussverhaltens bei Hochwasser mit einem weit entfernt liegenden Zustand etwa vor 1000 Jahren, so ist festzustellen, dass die Abflüsse kleiner und mittlerer Hochwasser erheblich zugenommen haben. Im letzten Jahrhundert wurden dann erhebliche Anstrengungen unternommen, den Hochwasserschutz zu verstärken. Dadurch konnten die negativen Auswirkungen der Abflussverschärfung aufgefangen und darüber hinaus erst die Existenzgrundlagen für eine menschliche Nutzung der Gewässerauen geschaffen werden. Gleichzeitig wurden dadurch die natürlichen Lebensräume in den Auen erheblich verändert.
- Gewässerausbau und Gebietsentwässerung können die Abflüsse zwar beschleunigen und die Hochwasserspitzen geringfügig erhöhen. Wasserwirtschaftliches Ziel ist aber der gegenläufige Effekt, dass der entwässerte Bodenspeicher bei starken Niederschlagsereignissen größere Regenmengen zurückhalten kann. Für den Hochwasserschutz ist auch entscheidend, dass die Gewässer die Hochwasserabflüsse bei wesentlich niedrigeren Wasserständen abführen können. Hochwasserabflüsse, die früher bereits weit ausgeföhrt sind, können seitdem noch in den Gewässerböden abfließen.
- Der Rückhalt von Hochwasser in den Gewässerauen spielt insbesondere für häufig vorkommende kleine Hochwasserereignisse eine wichtige Rolle, der Einfluss der Retention ist dabei aber eher gering. Kleinere Maßnahmen zur Wiederherstellung ehemals vorhandener Retentionsräume, die zum Beispiel durch Ausdeichung verloren gingen, sind vor allem für den Natur- und Gewässerschutz wichtig, der Hochwasserschutz profitiert kaum davon. Im Übrigen sei erwähnt, dass es in Niedersachsen nur wenige Hochwasserdeiche gibt, die für große Hochwasserereignisse bemessen sind und die über lange Strecken an den Flussläufen entlang führen. In der Regel werden nur Siedlungsgebiete gegen seltene Hochwasser geschützt. Die durch Deiche herbeigeführten Verluste an Retentionsraum sind dementsprechend begrenzt.
- Die Wirkung von Hochwasserrückhaltebecken nimmt entlang der Gewässer mit zunehmender Entfernung von den Speichern immer mehr ab. Am wirkungsvollsten erweisen sich große Wasserspeicher im Oberlauf der Fließgewässer, die seltene Hochwasserwellen möglichst gänzlich aufnehmen können. Eine Vielzahl kleinerer Rückhaltebecken, die in einem Flusssystem an verschiedenen Standorten angeordnet sind, entfalten eine weitaus geringere Wirkung.
- Die Bodenversiegelung kann das Abflussverhalten kleiner urbaner Gewässer ganz entscheidend beeinflussen. In den landschaftlich geprägten niedersächsischen Gewässern, insbesondere in den großen Flüssen, hat die zunehmende Überbauung der

Erdoberfläche in Bezug auf den Hochwasserabfluss dagegen keine erkennbaren Änderungen hervorgerufen.

4.2 Folgen der Klimaveränderung

Meteorologische Untersuchungen zur Klimaforschung kommen zu dem Ergebnis, dass sich die mittlere Lufttemperatur auf der Erde infolge des Treibhauseffektes voraussichtlich erhöhen wird (Bartels, Katzenberger, Weber, 2004). Im Laufe des 21. Jahrhunderts ist nach derzeitigem Forschungsstand ein Anstieg der Lufttemperatur zwischen 1,4°C und 5,8°C zu erwarten. Da die Temperatur den Wasserdampfgehalt in der Luft beeinflusst, wird sich mit dem Klima auch das Niederschlagsverhalten ändern. Derzeit werden die Klimamodelle zumeist für große kontinentale Räume, wie zum Beispiel Nordeuropa angewendet. Für einzelne europäische Staaten oder die Länder der Bundesrepublik Deutschland können bislang noch keine belastbaren Prognosen über Klimaveränderungen erstellt werden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass sich die globalen Klimaveränderungen auch regional auswirken werden. Auch Niedersachsen wird davon betroffen sein.

In der fachlichen Diskussion über die Folgen der Klimaveränderungen wird allgemein eine Zunahme von extremen Wetterlagen erwartet. Für die Wasserwirtschaft würden danach Nässe- und Trockenperioden häufiger und in verstärktem Maße auftreten. Erste hydrologisch-meteorologische Auswertungen von Messdaten in Bayern und Baden-Württemberg scheinen diese These zu bestätigen. Extreme Nassperioden mit mindestens 8 Tage anhaltenden Niederschlägen nehmen in Süddeutschland im Winter zu und im Sommer ab. Die Starkniederschläge weisen im Winterhalbjahr überwiegend Zunahmen auf, während im Sommer keine signifikanten Änderungen beobachtet werden. Bei den Hochwasserereignissen wird in den letzten 30 bis 40 Jahren eine Tendenz zu häufigerem Auftreten ermittelt. Die Zeitreihen der Jahreshöchstabflüsse zeigen allerdings keine einheitlich zunehmenden Trends an.

Die Klimaveränderung und ihre Folgen auf den Hochwasserabfluss sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht konkret erfassbar. Der sachgerechten Behandlung dieses Problemkreises kommt aufgrund der möglicherweise schwerwiegenden Veränderungen unserer Umwelt allerdings hohe Bedeutung zu. Grundlage künftiger Forschungen ist eine ausreichende Datenbasis meteorologischer und hydrologischer Messwerte. Messsysteme dürfen nicht nur auf globale Auswertungen ausgerichtet sein. Die spezifischen klimatischen und gewässerkundlichen Gegebenheiten der Region Niedersachsen müssen ergänzend betrachtet werden.

Die Messreihen sind hinsichtlich ihres Langzeitverhaltens detailliert zu untersuchen. Die Schwierigkeit derartiger Untersuchungen liegt darin, dass sich mehrere Trends, die verschiedene Ursachen haben, überlagern können. Die Tatsache, dass derzeit keine einheitliche Tendenz für eine Zu- oder Abnahme von Hochwasserspitzenabflüssen erkennbar ist (vgl. Kap. 3.2.2), muss nicht bedeuten, dass keine langfristigen Änderungen vorhanden sind. Es ist durchaus

vorstellbar, dass sich gegenläufige Trends gegenseitig aufheben. Falls klimatische Einflüsse auf diese verdeckte Art schon existent wären, könnten sie in Zukunft dominant werden. Es ist also anzuraten, die meteorologische und hydrologische Analyse von langfristigen Messzeitreihen zu intensivieren.

Ausblicke in die Zukunft des Hochwassergeschehens lassen sich für verschiedene Klimaszenarien mit Hilfe von mathematischen Modellen prognostizieren. Im Zusammenhang mit der globalen und regionalen Klimamodellierung gibt es derzeit noch viele offene Fragen, die wissenschaftlich zu klären sind. Auf der Grundlage regionaler Prognosen für das künftige Niederschlagsverhalten können Wasserhaushaltsmodelle für niedersächsische Flüsse angewendet werden, in denen die Komponenten Niederschlag, Verdunstung, Versickerung, Wasserspeicherung und Abfluss simuliert werden. Mit diesen Ergebnissen können auch Hochwassermodelle für die wichtigsten Flussgebiete angepasst werden. Diese Forschungsaufgaben, die wichtige Einblicke in zukünftige Entwicklungen der Wasserwirtschaft gewähren, sollten im europäischen Verbund initiiert werden.

Die Vorausschau auf künftige Änderungen im Hochwasserverhalten wird die europäischen Regierungen in die Lage versetzen, zukunftsfähige Vorsorge-maßnahmen zum Hochwasserschutz in Verbindung mit den verschiedenen Funktionen der Gewässer im Naturhaushalt und zu menschlichen Nutzungen, zum Beispiel zur landwirtschaftlichen Bodennutzung der Auen, Binnenschifffahrt, Wasserversorgung, Binnenfischerei und Freizeitgestaltung, zutreffend einzuplanen. Derartige Handlungsempfehlungen und Vorsorgemaßnahmen verlangen eine lange Vorlaufzeit, weil sie zumeist hohe Kosten verursachen und ggf. mit neuen gesetzlichen Bestimmungen und Verordnungen einhergehen.

Fazit

Das Phänomen der Klimaveränderung und deren mögliche Auswirkungen auf das Hochwasserverhalten sind noch weitgehend unerforscht. Die derzeit bekannten und wissenschaftlich abgesicherten Fakten brauchen zwar noch nicht zu hektischer Aufregung führen, sie sind aber durchaus so Besorgnis erregend, dass die vorausschauende Forschung intensiviert werden sollte. Vieles spricht dafür, dass wir uns Ende des 20. und Anfang des 21. Jahrhunderts bereits in der Phase der anthropogen verursachten Klimaveränderung befinden. Als Folge davon wird sich auch das Hochwasserverhalten ändern. Allerdings ist bis jetzt noch unklar, welche Auswirkungen konkret auftreten werden. Die Umstellung auf das geänderte Klima wird nicht von heute auf morgen vor sich gehen, aber man sollte einkalkulieren, dass sie schneller eintreten kann, als Reaktionen für den Hochwasserschutz ohne rechtzeitige Vorsorge fachlich einzuplanen, rechtlich durchzusetzen und raumordnerisch sowie ggf. baulich umzusetzen sind.

4.3 Einflüsse auf Katastrophenhochwasser

Aus den umfangreichen Erläuterungen zur Entstehung von Hochwasser in der Fläche und zum Wellenablauf im Gewässersystem (s. Kap. 2) wird deutlich, dass sehr viele sowohl auf natürliche als auch auf menschliche Aktivitäten zurückzuführende Einflüsse auf das Hochwasser einwirken. Das gilt im Grundsatz für die häufig auftretenden Hochwasser mit relativ niedrigen Spitzenabflüssen als auch für die seltenen Katastrophenhochwasser. Und doch existiert ein gewichtiger Unterschied zwischen häufigen und seltenen Ereignissen. Die Extremniederschläge, die im Katastrophenfall auf die Einzugsgebiete treffen und in den Gewässern abfließen, verursachen nämlich so ungeheuer große Abflüsse, dass viele Einflüsse auf den Hochwasserabfluss nur zu Beginn der Ereignisse eine spürbare Rolle spielen, jedoch im weiteren Hochwasserverlauf immer mehr an Bedeutung verlieren:

Je stärker die Niederschlagstätigkeit ist, desto mehr Einfluss verliert der Wasserrückhalt zu Beginn des Regens, der infolge unebenen Geländes und durch die Benetzung der Pflanzen zurückgehalten werden kann. Auch in muldenreichen Waldlandschaften erschöpft sich das Rückhaltevermögen nach einiger Zeit, so dass die weiterhin fallenden Niederschläge dann abfließen.

Je länger intensive Niederschläge andauern, desto weniger Wasser kann über die vernässte Erdoberfläche in den Boden eindringen und desto mehr Wasser fließt oberflächlich auf die Gewässer zu. Bei Katastrophenhochwasser fällt so viel Regen, dass es nach einiger Zeit immer unwichtiger wird, ob Sand- oder Lehmböden oder gar versiegelte Flächen vorliegen. Das gilt auch für den Fall von Winterereignissen, bei denen Regen- und Schneeschmelzwasser nicht in den gefrorenen Boden eindringen kann. Dann fließt das Wasser nahezu unabhängig von den Bodeneigenschaften oberflächlich ab.

Katastrophenhochwasser entstehen zumeist im Anschluss an niederschlagsreiche Perioden, in denen der Boden schon vor dem eigentlichen Starkregenereignis nahezu wassergesättigt ist, so dass kein zusätzliches Wasser mehr gespeichert werden kann. Wenn die Hochwasser im Frühjahr auftreten, sind die Grundwasserspeicher meistens gefüllt und es sind nur noch geringe Rückhaltepotentiale vorhanden. Das Unvermögen des Untergrundes, zusätzliches Niederschlagswasser zu speichern, bezieht sich bei Katastrophenhochwasser auch auf gedränte Gebiete. Die bei kleineren Hochwasserereignissen positive Wirkung der raschen Entleerung des Bodenspeichers vor dem Hochwasserbeginn wird bei Extremereignissen wegen der andauernden Wasserzuführung so gut wie bedeutungslos.

Beim Ablauf von extremen Hochwasserwellen in den Gewässern spielt die Retention in den Flussauen eine wesentlich geringere Rolle als bei kleineren Hochwasserereignissen (s. Fachthema 7). Da die Dämpfung von katastrophalen Spitzenabflüssen nur schwach ist, gehen von Hochwasserdeichen, die Retentionsräume abtrennen, nur geringe negative Wirkungen aus. Die Retentionsverluste in Katastrophenfällen durch Deiche sind nur dann relevant, wenn die Deiche den Fluten standhalten. Wenn sie überströmt werden, steht der natürliche Retentionsraum wieder unvermindert zur Verfügung. Dieser Fall ist beispielsweise beim Oder- und beim Elbehochwasser

eingetreten und hatte für die Unterlieger positive Effekte, da die Retentionsräume zur Minderung der Spitzenabflüsse geführt haben. Die ungeschützt hinter den Deichen liegenden Ortschaften sind jedoch komplett überflutet worden. Eine deutlich verbesserte Retention kann somit durch den Bau ungesteuerter Flutpolder (mit Wehrschwelle) und insbesondere von gesteuerten Flutpoldern erreicht werden.

Auch Rückhaltebecken können bei extremen Hochwasserereignissen die erhoffte Wirkung nur dann erfüllen, wenn sie für ein solches Ereignis bemessen wurden. Wegen der großen erforderlichen Speichervolumen sind ausreichend bemessene Speicherbecken im Allgemeinen nur oberhalb von Ortschaften an kleinen Gewässern zu finden. Hochwasserspeicher an großen Flüssen sind in Hinsicht auf ihr Volumen häufig viel zu klein ausgelegt, als dass von ihnen bei Katastrophenabflüssen eine nennenswerte Retentionswirkung ausgehen könnte. Die Extremhochwasser können dann also nur zu einem kleinen Teil zurückgehalten werden. Wie die Flussauen füllen sich auch Rückhaltebecken, die von den Gewässern durchflossen werden, teilweise schon bevor die Spitzenabflüsse eintreffen und büßen dadurch weitere Effektivität ein. Eine gute Wirkung kann dagegen mit Rückhaltebecken erzielt werden, die abseits der Gewässer liegen und nicht von ihnen durchflossen werden. Diese Speicher können zunächst leer gehalten und erst ab einem bestimmten Zeitpunkt unmittelbar vor Eintreffen der Hochwasserspitze geflutet werden. Wenn derartige Rückhaltebecken ausreichend groß bemessen werden, können auch extreme Hochwasserwellen wirkungsvoll gekappt werden.

Durch Gewässernetze, die zu funktionierenden Vorflutsystemen ausgebaut wurden, können Überschwemmungen bei katastrophalen Hochwasserereignissen zwar nicht vermieden werden, sie bewirken jedoch, dass die Dauer der Überflutungen abgekürzt wird. Darin liegt durchaus ein Vorteil.

Fazit:

Gerade nach Hochwasserereignissen mit katastrophalen Ausmaßen werden immer wieder Klagen geäußert, dass sich die Spitzenabflüsse durch menschliche Eingriffe in die Natur noch verstärkt hätten. Die Äußerungen sind unter dem Eindruck verheerender Schäden emotional verständlich. Aus fachlicher Sicht sind sie weniger nachvollziehbar, weil anthropogene Einflüsse bei seltenen Katastrophenabflüssen kaum wirksam werden. Die Bilder der Elbeflut aus dem Jahre 2002 in Sachsen sind uns noch vor Augen: Sämtliche Deiche waren überspült, die Rückhaltebecken schon nach kurzer Zeit vollgelaufen, ganze Städte standen unter Wasser, die Flusstäler waren bis zum Rand überflutet. Was wäre denn vor 1000 Jahren im Hochwasserablauf anders gewesen? Es gab doch gar keine Retentionsräume mehr, die früher zusätzlich hätten genutzt werden können. Die Urgewalten der Katastrophenhochwasser sind von den Menschen kaum zu beeinflussen, weder in positiver noch in negativer Hinsicht! Die Hochwasservorsorge muss unbedingt darauf ausgerichtet werden, dass Katastrophenhochwasser – wenn auch in großen Zeitabständen – immer wieder auftreten werden.

5 Wie kann man sich vor Hochwasser schützen?

Das Hochwasser fließt wieder ab. Die Schäden erweisen sich als noch gravierender als zunächst vermutet wurde. Konnte so etwas in unserer hochtechnisierten Welt wirklich nicht verhindert werden? Die Fachleute sagen, dass Naturgewalten letztlich nicht beherrschbar seien. Sie hätten dies immer schon geäußert, ihre warnenden Worte seien bisher jedoch nicht ernst genug genommen worden. Das, so nehmen sich die Menschen vor, soll von nun an anders werden! Auch wenn wir uns auf eine höhere Gewalt einzustellen haben, so muss doch das Menschenmögliche getan werden, damit künftige Hochwasserereignisse wenigstens glimpflicher verlaufen. Zumindest hätte die Bevölkerung früher gewarnt werden sollen – dann hätten einige der zu Schaden gekommenen mobilen Werte wie Autos und Wohnungseinrichtungen noch gerettet werden können. Für dieses Mal bleibt nur zu hoffen, dass die am meisten Geschädigten wenigstens gut versichert sind, damit sie wieder neu anfangen können.

5.1 Grundsätze und Ziele im Hochwasserschutz

In der gesellschaftlichen Diskussion werden viele Hinweise zur Verbesserung des Hochwasserschutzes vorgebracht, die jedoch in Hinsicht auf ihre Wirkungen, Kosten und rechtlich-politische Umsetzbarkeit leider unspezifiziert bleiben. Insbesondere in Zeiten leerer öffentlicher Kassen muss streng auf die Effizienz des Vorgehens geachtet werden. Es muss mit denjenigen Maßnahmen begonnen werden, mit denen die größten Defizite im Hochwasserschutz wirkungsvoll abgebaut und die im Hinblick auf die Rechts- und Finanzlage des Landes ohne unüberwindliche Schwierigkeiten umgesetzt werden können.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat nach den großen Hochwasserereignissen in Mitteleuropa Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz und die zugehörigen Instrumente und Handlungsempfehlungen veröffentlicht (LAWA 2004). Die Konzeption der LAWA geht davon aus, dass Hochwässer als Naturereignisse immer wiederkehren werden und dass die Hochwasserschäden durch die Kopplung von Hochwasserereignissen und insbesondere die stark gestiegenen Schadenspotentiale enorm zunehmen. Die Schäden durch Hochwässer können nur durch abgestimmtes Handeln verringert werden. Zu den Möglichkeiten zählen insbesondere Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt, zum technischen Hochwasserschutz und zur Hochwasservorsorge. Notwendig ist ein effektives Zusammenwirken von staatlicher Vorsorge und eigenverantwortlichem Handeln des einzelnen Bürgers. Die Strategie der LAWA fordert eine

- Flächenvorsorge (mit Festsetzung und Freihaltung von Überschwemmungsgebieten; Förderung des Wasserrückhalts im Einzugsgebiet und der Retentionswirkung der Fließgewässerrauen)
- Bauvorsorge (technische Hochwasserschutzmaßnahmen, Bau- und Anlagensicherung)

- Verhaltensvorsorge (Optimieren des Hochwassermelddienstes und der Hochwasserprognose)
- Risikovorsorge (Absichern des Restrisikos über die Versicherungswirtschaft).

Die folgenden Kapitel dieser Broschüre behandeln vertiefend die Aspekte des technischen Hochwasserschutzes.

5.1.1 Hochwasserrisiko

Mit Anwendung der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Hydrologie ist es möglich geworden, den Hochwasserabflüssen Jährlichkeiten ihres Auftretens zuzuordnen. Eine Hochwasserschutzanlage, die für ein 100-jährliches Hochwasser bemessen wurde, wird wahrscheinlich nur einmal in 100 Jahren in Anspruch genommen und ihre Schutzwirkung entfalten. Ein solches Schutzversprechen erzeugt allgemein eine beruhigende Sicherheit. Schnell sind dann Unkundige bereit, die geschützten Gebiete hochwertig zu nutzen. Normalerweise vergeht ja auch eine lange Zeit, bis ein 100-jährliches Hochwasser tatsächlich einmal eintritt. Manch eine Generation erlebt ein solches Ereignis in ihrer heimatlichen Umgebung gar nicht. Nur wenige denken daran, dass der Fall des 100-jährlichen Hochwassers auch in den nächsten Wochen schon eintreten kann. Die Bemessung der Schutzanlagen auf ein 100-jährliches Hochwasser ist also für jeden Gefährdeten dann mit einem Risiko verbunden, wenn tatsächlich ein selteneres Ereignis, z. B. ein 200-jährliches eintritt.

Dieses Risiko ist umso beunruhigender, je wertvoller die von der Anlage geschützten Güter sind – unter Umständen sind sogar Menschenleben gefährdet. Die Nutzung der geschützten Flächen muss also auch nach dem Bau der Schutzanlagen dem immer noch bestehenden Hochwasserrisiko angepasst werden. Das ist eine Denkweise, die in den letzten Jahrzehnten leider vernachlässigt wurde. Sie muss künftig zu einem bestimmenden Faktor des Hochwassermanagements werden.

Für die Flussauen ist zu ermitteln, bei welchen Hochwasser-Jährlichkeiten welche Flächen überschwemmt werden. Dies ist abhängig von der Abflussleistungsfähigkeit der Gewässer und ggf. den Deichhöhen. Diese hydraulische Bewertung ist von Zeit zu Zeit zu aktualisieren, weil sich die natürlichen und technischen Gegebenheiten ändern können. So können Uferabbrüche, Büsche sowie weitere Hindernisse die Abflussleistung eines Flusslaufs deutlich herabsetzen und dazu führen, dass die ehemals angesetzten Bemessungsabflüsse nicht mehr in vorgesehener Weise abgeführt werden können. Das mag auch ein Grund dafür sein, dass Hochwasserdeiche im Katastrophenfall trotz ihrer Bemessung auf das höchste zu erwartende Hochwasser (vgl. § 4 Nieders. Deichgesetz) – wie bei den Hochwasserereignissen an Elbe, Oder und Rhein geschehen – überströmt werden und dann stellenweise brechen.

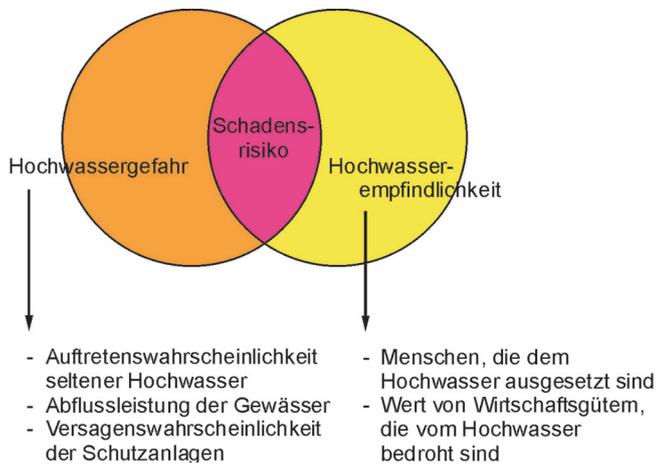


Abb. 64: Hochwassergefahr – Hochwasserempfindlichkeit – Schadensrisiko (Quelle: frei nach DKKV, 2003)

Der bestehenden Überflutungshäufigkeit der Aueflächen ist der Wert ihrer durch das Hochwasser gefährdeten Nutzung zuzuordnen. Das aktuelle Schadensrisiko ergibt sich aus der Überschneidung von Hochwassergefahr und der Empfindlichkeit der dem Hochwasser ausgesetzten Wirtschaftsgüter.

Selbstverständlich bergen die Bauwerke auch in Hinblick auf ihre Konstruktion, Baumaterialien, Unterhaltung etc. die allgemein für Bauten bestehenden Risiken. Auch diese Fakten sind über Erfahrungswerte bei der Ermittlung des Hochwasserrisikos zu berücksichtigen.

Mit der Information über das Hochwasserrisiko sollen die in den Überschwemmungsgebieten wohnenden Menschen eine Grundlage für weitere eventuell vorzunehmende Maßnahmen zur Vorsorge erhalten. Es gibt viele Möglichkeiten, die bisher getroffenen Maßnahmen zum Hochwasserschutz gegebenenfalls so zu verbessern, dass überall akzeptable Lösungen erreicht werden. Allerdings ist dies nur mit erheblichem – oft unverhältnismäßig hohem – Kostenaufwand möglich. Bei neuen Bauvorhaben sollte daher sehr genau überlegt werden, ob Standorte in den Flussauen wirklich unumgänglich sind. Wertvolle Wirtschaftsgüter und erst recht Menschenleben sollten dem Hochwasser gar nicht erst ausgesetzt werden! Dies ist die wirksamste Art des Hochwasserschutzes.

Fazit:

Die Genehmigung von baulichen Anlagen in Überschwemmungsgebieten muss aus Sicht der Wasserwirtschaft sehr viel restriktiver gehandhabt werden als bisher. Ausnahmen dürfen nur bei unabwiesbaren Notwendigkeiten zugelassen werden.

5.1.2 Hochwasserprognose

In dieser Broschüre sind die Beispiele, in denen Wirkungszusammenhänge im Hochwasserabfluss verdeutlicht werden sollen, aus gutem Grund unter Anwendung mathematischer Hochwassermodelle zusammengestellt worden. Einige Ergebnisse der in den »Fachthemen« dargestellten Berechnungen von Hochwasserabläufen dürften manchen Leser überrascht haben, weil über die Medien oft andere Aussagen über das Hochwassergeschehen verbreitet werden. Wasserwirtschaftliche Fachleute gelangen

wiederkehrend zu der Erkenntnis, dass die öffentliche Diskussion über das Hochwasser leider nicht ganz frei von umweltideologischen Klischees geführt wird. Auf einer solchen Grundlage können keine verlässlichen Entscheidungen getroffen werden!

Die Zusammenhänge bei der Hochwasserentstehung und dem Hochwasserablauf sind so komplex, dass die fachlichen Grundlagen bei der Planung weitreichender Maßnahmen zum Hochwasserschutz zuverlässig nur unter Einsatz von Hochwassermodellen für ganze Flussgebiete geschaffen werden können. Mit Modellrechnungen können Folgewirkungen im Hochwasserverhalten auf geänderte Bedingungen im Gewässerregime und in den Einzugsgebieten mit ausreichender Genauigkeit prognostiziert werden. Nur mit Hilfe von mathematischen Modellen ist die nötige fachliche Sicherheit für zielführende Bewertungen im Hochwasserschutz zu erreichen.

Fazit:

Die Änderung von Hochwasserabläufen infolge von Eingriffen in die Gewässerlandschaften und Flussläufe sowie die Wirksamkeit von geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen sind, wie auch die Ermittlung der bei hundertjährlichen Hochwassern auftretenden Überschwemmungsgebiete, grundsätzlich unter Anwendung von mathematischen Hochwassermodellen zu ermitteln. Vorort-Erkenntnisse sind bei deren Kalibrierung zu berücksichtigen.

5.1.3 Synergieeffekte Hochwasserschutz / Naturnahe Gewässerentwicklung

Die Überschwemmungsgebiete sind nicht nur in Hinblick auf den Hochwasserabfluss interessant. Sie haben auch für die naturnahe Entwicklung und Gestaltung der Gewässer, den Naturschutz und den Bodenschutz eine besondere Bedeutung.

Das Land Niedersachsen fördert die ökologische Verbesserung von Fließgewässern, um die mit der Übernutzung der Gewässer einhergegangene negative Entwicklung wieder auszugleichen. Im Jahre 1992 wurde das »Niedersächsische Fließgewässerprogramm« vom Niedersächsischen Umweltministerium eingeführt, das darauf hinzielt, die Vielfalt der in Niedersachsen typischen Fließgewässerlandschaften wieder herzustellen. Die in Niedersachsen heimischen aquatischen und amphibischen Pflanzen und Tiere sollen wieder intakte Lebensbedingungen bekommen. Vielfalt, Eigenart und Schönheit der niedersächsischen Fließgewässerlandschaften sollen wieder einen höheren Stellenwert erhalten.

Die Renaturierung der Fließgewässer bezieht sich nicht nur auf die Flussläufe selbst, sondern bezieht die Flussauen ein. Die in den Flüssen und ihrer unmittelbaren Umgebung lebenden Tiere sollen sich sowohl in Längs- als auch in Querrichtung der Flüsse und Auen möglichst ungehindert bewegen können. Dies ist die Voraussetzung für eine Wiederansiedlung und Erhaltung der Pflanzen und Tiere, die teilweise in ihrem Fortbestand bedroht oder sogar schon ausgestorben sind. Naturnahe Fließgewässerlandschaften bilden ein landesweites Netz an Biotopen, das die verschiedenen Naturräume des Landes miteinander verbindet. Die in

den einzelnen Landschafts- und Naturschutzgebieten vorkommenden Lebewesen hätten dann bessere Möglichkeiten, sich über das Verbindungselement Flussauen in Niedersachsen auszubreiten.

Die Renaturierung von Flussauen unterstützt den Hochwasserschutz insofern, als sie die Ausbreitung anderer Landnutzungen, insbesondere der Bebauung einschränkt. Der Grundsatz, wertvolle Güter dem Hochwasser gar nicht erst auszusetzen, kann damit besser durchgesetzt werden. Auf naturnahen Aueflächen können im Übrigen größere Hochwassermengen zurückgehalten werden als auf genutzten Flächen.

Naturnahe Aueflächen sind typischerweise begrünt. Hochwasserabflüsse, die solche Flächen überströmen, verursachen nur verhältnismäßig geringe Bodenerosionen. Dagegen sind Ackerflächen, die in Überschwemmungsgebieten liegen, insbesondere im Zustand der Brache außerordentlich erosionsgefährdet. Durch Wassererosion wird fruchtbarer Boden abgetragen, der dann zusammen mit anhaftenden Stoffen (z. B. Pflanzenschutzmittelreste) die Gewässer verschmutzt. Die Renaturierung von häufig überschwemmten Aueflächen begünstigt sowohl den Boden- als auch den Gewässerschutz.

Fazit:

Von der Renaturierung von Aueflächen profitieren Hochwasserschutz, Gewässerschutz, Naturschutz und Bodenschutz.

5.1.4 Hochwasserkataster

Die Hochwasservorsorge und die Gefahrenabwehr im aktuellen Hochwasserfall können nur dann wirkungsvoll sein, wenn alle Flussanrainer (z. B. europäische Staaten, Bundesrepublik Deutschland, Bundesländer, Gemeinden) optimal zusammenarbeiten. Die absolut notwendige Grundlage für eine gute Zusammenarbeit liegt im Aufbau von kompatiblen Datenbanken, in denen alle erforderlichen Informationen zum Hochwasserabfluss zugriffsbereit vorgehalten werden.

Für alle wichtigen Gewässer und ihre Auen sollten die Hochwasser relevanten Informationen und Daten übersichtlich in einem Hochwasserkataster zusammengestellt werden. Dazu gehören:

Gewässernetz

- Lage der Gewässer im Gelände
- Gefälleverhältnisse, Gewässerprofile
- Hydraulische Leistungsfähigkeit der Gewässer

Abflussverhältnisse im Gewässerlängsschnitt

- Ganglinien tatsächlicher Hochwasserereignisse
- Mittelwasserabflüsse
- Hochwasserabflüsse verschiedener Auftretenswahrscheinlichkeiten

Anlagen zum Hochwasserschutz (z. B. Deiche, Hochwasserrückhaltebecken, Talsperren)

- Lage der Anlagen im Gelände
- Daten zur hydraulischen Leistungsfähigkeit

Überschwemmungsgebiete, gesetzliche Überschwemmungsgebiete, hochwassergefährdete Gebiete (vgl. Fachthema 3)

- Gebietsgrenzen, geodätische Höhenaufnahme
- Landnutzung (Bebauung, Acker, Grünland, Auenwald, naturnahe Fläche etc.)
- Überflutungshäufigkeit von Aueflächen
- Strömungsgeschwindigkeiten im Auenbereich

Die im Hochwasserkataster zusammenzustellenden Daten und Informationen sind eine wichtige Handlungsgrundlage für den Hochwasserschutz. Die weitverbreiteten Nutzungskonflikte in den Flussläufen lassen sich bedeutend leichter lösen, wenn möglichst genaue hydrologisch-hydraulische Kenntnisse für die Überschwemmungsgebiete und hochwassergefährdeten Gebiete verfügbar sind.

Fazit:

Daten und Informationen zum Hochwassergeschehen, die zugriffsbereit in einem Hochwasserkataster zusammengefasst sind, können das Hochwassermanagement wirkungsvoll unterstützen. Beim Aufbau des Hochwasserkatasters sollten Prioritäten gesetzt werden.

5.2 Hochwasservorsorge

Die Zunahme von Schäden, die durch Hochwasser verursacht werden, ist vor allem auf das in der Vergangenheit allzu freizügige Angebot von Bauland in den attraktiven Lagen der Flussauen zurückzuführen. Es ist Aufgabe der Flächenvorsorge, die bauliche Entwicklung aus den Überschwemmungsgebieten möglichst herauszuhalten. Doch auch hinsichtlich der in den Überschwemmungsgebieten bereits vorhandenen Nutzungsgüter können Hochwasserschäden vermindert bzw. vermieden werden, indem ihre Schadensanfälligkeit reduziert wird. Hier setzen Bau- und Verhaltensvorsorge an. Für den Fall, dass trotz aller Vorsorgemaßnahmen Hochwasserschäden auftreten, sollten Risikoversicherungen für einen finanziellen Ausgleich sorgen (DKKV, 2003).

5.2.1 Flächenmanagement

Die Planung adäquater Nutzungen in den Flussauen sollte von der Leitidee getragen werden, einerseits die Menschen und ihre Güter vor dem Hochwasser zu schützen und andererseits Umweltschäden, die vom Hochwasser herbeigeführt werden können, möglichst zu vermeiden. Wenn Überschwemmungsgebiete und hochwassergefährdete Gebiete nicht genutzt würden, dann könnte das Hochwasser ohne Schaden anzurichten dorthin ausufern. Daher werden die Freihaltung noch unbebauter Flächen und – wo es möglich ist – die Renaturierung oder auch die Extensivierung genutzter Flächen in den Flussauen zur Vermeidung bzw. Verringerung künftiger Hochwasserschäden angestrebt.

Allerdings darf nicht verkannt werden, dass die meisten der gegenwärtig in den Überschwemmungsgebieten betriebenen Nutzungen aus den unterschiedlichsten Gründen nicht aufgegeben werden

können. Siedlungen, die in Flussauen entstanden sind, werden dort auch bestehen bleiben. Es ist sogar davon auszugehen, dass diesen Ortschaften wohl auch künftig ein Mindestmaß an Entwicklungsmöglichkeiten zugestanden werden muss. Verkehrswege durchqueren die Flusstäler notgedrungen. Auch in Zukunft kann nicht darauf verzichtet werden. Bei Zunahme des Verkehrs ist sogar mit neuen Trassen zu rechnen. Landwirtschaftliche Betriebe nutzen bevorzugt die oft fruchtbaren Aueböden. Es sollte ermittelt werden, ob die drohenden Hochwasserschäden im Falle der landwirtschaftlichen Bodennutzung über oder unter dem kalkulierten wirtschaftlichen Gewinn liegen. Übersteigen die Schäden den Gewinn oder ist mit hohen Umweltschäden durch Erosion zu rechnen, so liegt eine Extensivierung der Flächen nahe.

In Überschwemmungsgebieten sollten künftig alle relevanten gesetzlichen Verfahren der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes (z. B. Schutzgebiete, Eingriffsregelung), der Raumordnung und der Flurbereinigung genutzt werden, mit denen ein auf das Hochwassergeschehen abgestelltes Flächenmanagement erreicht werden kann. In Niedersachsen sollen Überschwemmungsgebiete und hochwassergefährdete Gebiete künftig in die Raumordnung integriert werden. Damit sind bessere Voraussetzungen für die Beachtung der Hochwassergefahren vor Ort gegeben. Für alle höherwertig genutzten Flussauen werden in Niedersachsen gesetzliche Überschwemmungsgebiete in einem seit Jahren laufenden Schwerpunktprogramm festgesetzt. Vorhandene gesetzliche Überschwemmungsgebiete, die vor Jahrzehnten festgesetzt wurden, müssen aufgrund der inzwischen eingetretenen Veränderungen in den Flussauen häufig aktualisiert und dann neu festgesetzt werden. Der zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten in Niedersachsen bis zum 31.12.2004 erreichte Stand ist im Kartenband »Hochwasserschutz Überschwemmungsgebiete in Niedersachsen« dokumentiert (Niedersächsisches Umweltministerium, 2004).

Fazit:

Der »alleits anerkannte Leitsatz »Mehr Raum für die Flüsse« gilt auch in Niedersachsen. Wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte sprechen dafür, die Flussauen wegen der bestehenden Hochwassergefahren möglichst nur extensiv zu nutzen.

5.2.2 Bau- und Verhaltensvorsorge

Eine gute Information der vom Hochwasser betroffenen Menschen ist die Grundvoraussetzung für die Begrenzung von Hochwasserschäden in Siedlungen, die in Überschwemmungsgebieten oder hochwassergefährdeten Gebieten liegen. Über das bestehende Hochwasserrisiko muss überall Klarheit herrschen. In den Kommunen sollten Kenntnisse über die Auftretenswahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen und die hydraulische Leistungsfähigkeit der Gemeinde-Gewässer vorliegen. Der Bevölkerung ist bekannt zu geben, in welchen Gebieten mit Überflutungen zu rechnen ist und welche Wasserstände bei Hochwasserereignissen verschiedener Jährlichkeiten zu erwarten sind (Bundesgesetzblatt, 2005). Außerdem ist darüber zu informieren, in welchen Gebieten mit Rückstau-

einflüssen in der Kanalisation zu rechnen ist, damit ein Wassereintritt in die betroffenen Gebäude mit Hilfe von Absperreinrichtungen verhindert werden kann.

Gebäude, die dem Hochwasser ausgesetzt sind, sollten im Keller und Erdgeschoss mit wasserundurchlässigen Materialien errichtet werden. Schotten an Fenstern und Türen können das Einströmen von Wasser verhindern. Die Standsicherheit von Gebäuden gegen Auftrieb, Wasserdruck, Strömungsdruck und Boden-erosion ist zu berücksichtigen.

Auch die Nutzung hochwassergefährdeter Gebäude sollte dem bestehenden Schadensrisiko angepasst werden. In den unteren Stockwerken sollten dementsprechend geringwertige Nutzungen vorgenommen werden. Heizungen, elektrische Anschlüsse und Versorgungseinrichtungen, die sich normalerweise im Keller oder Erdgeschoss befinden, sollten in Überschwemmungsgebieten besser in höhere Etagen verlegt werden. Wohnungen sollten in hochwassersicheren Stockwerken eingerichtet werden.

Anlagen für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sollten aus dem hochwassergefährdeten Bereich herausgehalten oder, wenn das nicht möglich ist, hochwassersicher ausgebaut werden (Bundesgesetzblatt 2005). Dies betrifft auch die sichere Lagerung von Heizöl. Öltanks könnten ansonsten bei steigendem Wasserstand aufschwimmen und beschädigt werden. Es muss auf jeden Fall verhindert werden, dass toxische Stoffe in die Umwelt gelangen.

Fazit:

Alle, die Besitz in einer Flussaue haben, sollten aktiv werden, um mögliche Hochwasserschäden gering zu halten. Zuständige Behörden sollten Auskünfte über die Schadenserwartungen geben. Vorsorgende Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sollten von den Betroffenen möglichst rasch eingeleitet werden.

5.2.3 Technischer Hochwasserschutz

Der Technische Hochwasserschutz befindet sich in Niedersachsen auf hohem Niveau. Mit dem Gewässerausbau sowie dem Bau von Deichen und Rückhaltebecken wurde erreicht, dass häufig auftretende kleine Hochwasser kaum noch Schäden anrichten. Siedlungen, wichtige Verkehrswege und andere wertvolle Anlagen sind auch vor seltenen Hochwasserereignissen geschützt. Die Vorgehensweise, die Flussauen entlang der Gewässer nach ihrer unterschiedlich einzuschätzenden Schutzwürdigkeit gegen Überflutungen zu schützen, hat sich vollauf bewährt. Allerdings kann sich aufgrund von Nutzungsänderungen die Schutzwürdigkeit von Flächen im Überschwemmungsgebiet im Laufe der Zeit ändern. Deshalb sollten ehemals zu Grunde gelegte Schutzansätze wiederkehrend einer Revision unterzogen werden.

Wenn sich von Hochwasser bedrohte Siedlungsflächen seit dem Bau der Hochwasserschutzanlagen weiterentwickelt haben und inzwischen hochwertiger geworden sind, ist eine aktuelle Einschätzung des Hochwasserschadensrisikos anzuraten. Je wertvoller die zu schützenden Güter sind, desto höher muss die Hochwassersicherheit sein, die von den Schutzanlagen ausgeht.

Der Hochwasserschutz ist optimal eingestellt, wenn die Investitions- und Betriebskosten für die Schutzanlagen geringer sind als der Wert der zu erwartenden Hochwasserschäden. Eine Bedrohung von Menschenleben muß unbedingt vermieden werden.

Wenn die zu erwartenden Hochwasserschäden wesentlich höher liegen als die ermittelten Kosten der Schutzanlagen, sollte reagiert werden, indem die Hochwasserschutzanlagen vervollkommen werden und/oder die Bau- und Verhaltensvorsorge verstärkt wird.

Defizite zum Technischen Hochwasserschutz ergeben sich nach den intensiven Meliorationsmaßnahmen der 50er und 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts hauptsächlich nur noch im örtlich-regionalen Bereich von Siedlungen. Wenn das durch Hochwasser verursachte Schadensrisiko im Umfeld von Ortschaften zu hoch erscheint, müssen die geeigneten technischen Maßnahmen speziell auf die jeweilige Hochwassersituation der betrachteten Gewässerstrecke zugeschnitten sein. Durch begleitende Modellprognosen ist nachzuweisen, ob Maßnahmen des Gewässerausbaus, der Deicherhöhung oder des Hochwasserrückhalts die erwünschten Vorteile auch tatsächlich erbringen. Wenn oberhalb der zu schützenden Gewässerstrecken Entlastungspolder vorgesehen werden, sollten sie künstliche Wassereinlässe besitzen, die erst zu Zeiten der Hochwasserspitzen aktiviert werden. Mit einfachen Deichrückverlegungen können bei seltenen Hochwasserereignissen keine ausreichenden Effekte erzielt werden.

Eine spezielle Maßnahme des regionalen Hochwasserschutzes lag an der Elbe und dort im Bereich des Neuhauser Deich- und Unterhaltungsverbandes (NDUV). Die im Verbandsgebiet liegenden Elbdeiche erfüllen auf gesamter Länge von 46,62 km weder in ihrem Aufbau noch in ihren Abmessungen die Anforderungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und wurden durch das Elbehochwasser im August 2002 nachhaltig geschädigt (vgl. Kap. 3.1.2). Mit besonderen Haushaltsmitteln aus dem Aufbau- und Instandhaltungsfond Elbe sind bis zum Ende des Jahres 2004 Deichstrecken von ca. 25 km neu hergestellt, das sind knapp 54 % der gesamten Elbdeiche im Bereich des NDUV. Das Programm wird auch in den nächsten Jahren mit Nachdruck weiter verfolgt.

Fazit:

Städte und Dörfer müssen mit technischen Schutzanlagen gegen seltene Hochwasserereignisse geschützt werden. Dazu gibt es keine Alternative. Die mit Renaturierungsmaßnahmen und Rückdeichungen verbundene Rückhaltung von Hochwasser reicht normalerweise nicht aus, um spezielle Schutzansprüche für hochwertig genutzte Flächen im Auenbereich erfüllen zu können.

5.2.4 Hochwasserwarnsysteme

Zur möglichst frühzeitigen Warnung der Bevölkerung in hochwassergefährdeten Gebieten und ggf. der Schifffahrt werden in Niedersachsen Hochwassermeldeordnungen (HWMO) und Hochwasserwarndienste betrieben. Die HWMO für die Weser, in der die

Nebenflüsse Aller, Leine und Oker einbezogen sind, wird gemeinsam vom Land Niedersachsen (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz – NLWKN) und vom Bund (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte in Hannover – WSD Mitte) in Zuständigkeit für die Schifffahrt durchgeführt. Der Hochwasserdienst wird im akuten Bedarfsfall von Vertretern beider Behörden gemeinsam wahrgenommen. Die Aufgaben des Hochwasserdienstes umfassen die Verarbeitung von Niederschlagsdaten, die vom Deutschen Wetterdienst bezogen werden, und von Wasserstands- und Abflussmesswerten aus den Pegelmessnetzen des Bundes und des Gewässerkundlichen Landesdienstes Niedersachsen. Diese Daten werden zusammen mit Hochwasservorhersagen zu speziellen Hochwassernachrichten zusammengefasst und an die für die Gefahrenabwehr, die Wasserwirtschaft und die Schifffahrt zuständigen Behörden in den betroffenen Ländern sowie an Hilfsorganisationen wie das Technische Hilfswerk abgesetzt. Auch das Wehrbereichskommando II in Hannover wird benachrichtigt. Die vor Ort erforderlichen Reaktionen zur Katastrophenabwehr werden in der HWMO Weser nicht geregelt. Die Koordination und Durchführung geeigneter Maßnahmen obliegt den benachrichtigten Stellen in eigener Verantwortung.

Der Hochwassermelddienst an der Elbe wird von der WSD Ost in Zusammenarbeit mit dem Land Sachsen-Anhalt in Magdeburg wahrgenommen. Hochwasserdaten und -vorhersagen für den niedersächsischen Teil der Elbe werden von dort an den NLWKN gegeben, der die Hochwassernachrichten in Niedersachsen an die vor Ort betroffenen Institutionen weiterleitet.

An der Ems führt die WSD West den Hochwasserdienst durch und benachrichtigt nicht nur die Schifffahrt, sondern auch die für die Gefahrenabwehr sowie die Wasserwirtschaft zuständigen Stellen des Landes Niedersachsen.

Hochwasserdienste werden des Weiteren an einigen mittelgroßen Flüssen in Niedersachsen durchgeführt. Für die Ilmenau wurde eine HWMO offiziell von der ehemaligen Bezirksregierung Lüneburg eingeführt. Für die Hase, Hunte, Vechte, Innerste und Ruhme wurden regionale Hochwassermelddienste (RHWD) in eigener Regie von den ehemals bestehenden Staatlichen Ämtern für Wasser und Abfall bzw. vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz (NLWK) eingeführt. Inzwischen hat der NLWKN diese Hochwassermelddienste übernommen. Unter www.nlwkn.de finden Sie aktuelle Informationen zu den Meldediensten (>Aktuelles > Warndienste) und zu den aktuellen Pegeldaten des RHWD (>Aktuelles > Aktuelle Messwerte). An den Bundeswasserstraßen wird die Kooperation mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung fortgesetzt.

Die Erfahrungen mit Hochwasserwarnsystemen haben im Falle der Katastrophenereignisse an Rhein, Oder und Elbe gezeigt, dass aufgetretene Schwächen, die den Erfolg der Warndienste erheblich eingeschränkt haben, künftig vermieden werden müssen. An effektive Hochwasserwarnsysteme werden folgende Anforderungen gestellt:

1. Das Messnetz der Hochwasserpegel, die in Niedersachsen mit Einrichtungen zur automatischen Datenfernübertragung ausgestattet sind, muss auch bei extrem hohen Wasserständen allzeit funktionsfähig bleiben. Beim Elbe- und Oderhochwasser



Abb. 65: Niedersächsische Gewässer, an denen Hochwasserwarnsysteme betrieben werden, Hochwassermeldepegel in Niedersachsen

fielen viele Pegel aus, weil sie überflutet wurden oder die Stromversorgung zusammenbrach. Auch die Datenfernübertragung muss für den Hochwasserfall besonders gesichert werden.

Die an den Pegeln registrierten Wasserstände werden von den Hochwassermelddiensten in Abflüsse umgerechnet. Die dafür benötigten Wasserstand-Abfluss-Beziehungen müssen auch im Bereich der höchsten zu erwartenden Hochwasserstände noch definiert sein. Diese Herrichtung der Wasserstand-Abfluss-Beziehungen muss vorsorgend erledigt werden, weil während des Hochwassers kaum Möglichkeiten bestehen, die fachlich schwierigen Probleme rasch und zufriedenstellend lösen zu können.

- Der Deutsche Wetterdienst modernisiert seit einigen Jahren das Niederschlagsmessnetz in Deutschland und wird dabei von den Ländern unterstützt. Die Starkniederschläge werden mit Regenmessgeräten (Ombrometer) kontinuierlich erfasst und die Messwerte automatisch fernübertragen. Zusammen mit Wetterradarmessungen werden die Ombrometerdaten dann zentral zu flächenbezogenen Niederschlagsübersichten ausgewertet.

Die Hochwasservorhersage könnte einen erheblich größeren zeitlichen Vorlauf erhalten, wenn es den meteorologischen Dienststellen gelänge, die Unwetterwarnungen zu präzisieren. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

- Um zu gewährleisten, dass die Hochwasservorhersagen möglichst sicher und weit vorausschauend sind, müssen die am besten geeigneten Methoden angewendet werden. Derzeit gehören die seit Jahrzehnten ausgetesteten und ständig weiterentwickelten hydrologischen und hydraulischen Modelle zum unbedingt zu nutzenden Inventar. Die Hochwasservorhersagen sind für gesamte Flussgebietseinheiten zu erstellen. Die Hochwassermodelle können nur dann erfolgreich verwendet werden, wenn alle grundlegenden Daten und Informationen in den Datenbanken des Hochwasserkatasters zugriffsbereit vorliegen. Im Übrigen ist zu gewährleisten, dass fortwährend erfahrenes Personal bereitsteht, das den Hochwasserdienst in den Hochwasservorhersagezentren zu jeder Zeit aufnehmen kann.
- Die Weiterverbreitung von Hochwassernachrichten an alle betroffenen Behörden/Stellen und Personen muss aufschlussreich, zügig und sicher erfolgen. Zur

Aufnahme der Dienstbereitschaft bei den Landkreisen, kreisfreien Städten und ausgewählten Hilfsorganisationen wird das Lagezentrum des Niedersächsischen Innenministeriums eingeschaltet. Rundfunk und Fernsehen werden im Katastrophenfall hinzugezogen. Ansonsten bedient man sich seitens des Landes des Faxgerätes, des Fernsprechers und des Fernschreibers. Seit einigen Jahren wird auch das Internet (www.nlwkn.de) zur Verbreitung von Hochwassernachrichten genutzt. Die Möglichkeiten dieses Informationsweges sind jedoch bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Es wird angestrebt, die Ergebnisse der Modellrechnungen künftig besser aufzubereiten und für Jedermann verständlicher zu machen. Über das Internet können unter anderem die vorausgesagten Hochwasserverläufe an den verschiedenen Pegeln visualisiert und die voraussichtlich überschwemmten Flächen auf topografischen Karten dargestellt werden.

5. In einem zweiten Schritt geben die Landkreise, kreisfreien Städte und großen selbständigen Städte die empfangenen Hochwassernachrichten in Niedersachsen weiter an die unmittelbar vom

Hochwasser Betroffenen und veranlassen im eigenen Zuständigkeitsbereich die geeigneten Maßnahmen zur Gefahrenabwehr. Es ist darauf zu achten, dass die Zusammenarbeit im Hochwasserfall von allen an der Gefahrenabwehr beteiligten Behörden und Stellen gut vorbereitet und aufeinander abgestimmt wird. Bei Hochwasserereignissen ergeben sich eigentlich immer Ansätze zu Verbesserungen der vorhandenen Alarmpläne, die dann konsequent eingearbeitet und weiterverbreitet werden müssen, damit Verbesserungen landesweit wirksam werden können.

Fazit:

Hochwasserwarnsysteme haben eine hohe Bedeutung bei der Schadensbegrenzung. Im Falle von Katastrophenereignissen, bei denen die Betroffenen den Naturgewalten nahezu schutzlos ausgeliefert sind, bieten Warnsysteme die wirksamste Möglichkeit, gegen Hochwasserschäden vorzusorgen. Der Optimierung der Hochwasserwarnsysteme soll in Niedersachsen große Aufmerksamkeit gewidmet werden.

6 Ausblick

Der Bundestag hat am 03. Mai 2005 das »Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes« verabschiedet. Es wurde am 9. Mai 2005 (Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 1224) verkündet und ist am 10. Mai 2005 in Kraft getreten. Das Gesetz verpflichtet die Länder dazu, eine Vielzahl von Maßnahmen mit dem Ziel eines verbesserten Hochwasserschutzes in Deutschland durchzuführen.

Die Länder haben gemäß § 31b Wasserhaushaltsgesetz (WHG) Gewässer und Gewässerabschnitte zu bestimmen, bei denen durch Hochwasser nicht nur geringfügige Schäden entstanden und zu erwarten sind. Für diese Gewässer sind bis zum 10. Mai 2012 gesetzliche Überschwemmungsgebiete festzusetzen. Für Überschwemmungsgebiete, in denen ein hohes Schadenspotential besteht, endet die Festsetzungsfrist bereits am 10. Mai 2010. Als Bemessungshochwasser wird einheitlich das 100-jährliche Hochwasser festgelegt. Das bedeutet in der Praxis, dass die bisher teilweise praktizierte Ausgrenzung z. B. von besiedelten Bereichen zukünftig nicht mehr zulässig ist.

Darüber hinaus sind auch die überschwemmungsgefährdeten Gebiete (= hochwassergefährdete Gebiete) zu ermitteln und in Kartenform darzustellen (§ 31c WHG).

Die Ausweisung von neuen Baugebieten in den festgesetzten Überschwemmungsgebieten wird erheblich erschwert. Sie ist nur noch dann zulässig, wenn neun unterschiedliche Anforderungen erfüllt werden können (§ 31b Abs. 4 WHG).

Wenn in Überschwemmungsgebieten neue bauliche Anlagen errichtet und bestehende Anlagen erweitert werden, sind an die dafür benötigten Ausnahme genehmigungen strenge Bedingungen geknüpft, mit denen Beeinträchtigungen des bestehenden Hochwasserschutzes vermieden werden sollen (§ 31b Abs. 4 WHG).

Die Länder haben zu regeln, wie die zuständigen staatlichen Stellen und die Bevölkerung über Hochwassergefahren, geeignete Vorsorgemaßnahmen und Verhaltensregeln informiert und vor zu erwartendem Hochwasser rechtzeitig gewarnt werden.

Der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ist in Überschwemmungsgebieten so zu regeln, dass eine Gewässerverschmutzung im Hochwasserfall vermieden wird. Dazu kann sogar die Errichtung neuer Heizölanlagen verboten werden, soweit dieses zur Schadensvermeidung erforderlich ist (§ 31b Abs. 2 WHG). In festgesetzten Überschwemmungsgebieten ist für landwirtschaftlich genutzte und sonstige Flächen zu regeln, wie insbesondere mögliche Erosionen zu vermeiden oder zu verhindern sind (§ 31b Abs. 3 WHG).

Die Länder haben gemäß § 31d WHG bis zum 10. Mai 2009 Hochwasserschutzpläne aufzustellen, in denen die dem Hochwasserschutz dienenden Maßnahmen insbesondere zur Gewährleistung eines natürlichen Wasserabflusses, des technischen Hochwasserschutzes und der Wiederherstellung von Rückhalteflächen dargestellt werden. Bei grenzüberschreitenden Gewässern werden die Länder zur Kooperation mit den Nachbarländern bzw. -staaten verpflichtet. Es können auch gemeinsame Hochwasserschutzpläne erstellt werden. Auch bei der Erstellung der Hochwasserschutzpläne wird als Bemessungshochwasser einheitlich das 100-jährliche Hochwasser festgelegt.

Die Umsetzung des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes verlangt von den Ländern erhebliche zusätzliche Anstrengungen im Vollzug. Um die ehrgeizigen Terminvorgaben einzuhalten, bedarf es vor dem Hintergrund der allgemein angespannten Haushaltssituation besonderer Anstrengungen der niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung.

Literaturverzeichnis

- Bartels, Hella; Katzenberger, Bernd; Weber, Hans (2004): Klimaveränderungen und Wasserwirtschaft in Süddeutschland, Zeitschrift Wasserwirtschaft, Heft 4, Jahrgang 2004
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1998): Spektrum Wasser 1 – Hochwasser, München 1998
- Bundesgesetzblatt (2005): Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. BGBl. Teil I, Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 9. Mai 2005
- Dallmann, D. (2002): Dokumentation des Hochwasserereignisses im Einzugsgebiet der Oker im Juli 2002. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Betriebsstelle Süd. Göttingen, August 2002
- Dallmann, D. (2003): Hydrologische Auswertung des Winterhochwassers 2002/2003 im Einzugsgebiet der Weser. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Betriebsstelle Süd. Göttingen, Mai 2003
- Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, DKKV (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland – Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet, Kurzfassung der Studie, Bonn 2003
- Ganz, T.F. (2004): Möglichkeiten und Wirkungsweisen von Maßnahmen zum Wasserrückhalt in Einzugsgebieten. In: Dränagetag 19.5.2004, Bosch & Partner GmbH
- LAWA (2004): Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Düsseldorf 2004
- Lischeid, G. (2004): Nicht-lineare Effekte der Dränage auf Abflussregenerierung und Nährstoffdynamik. In: Dränagetag 19.5.2004, Bosch & Partner GmbH
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (2003): Hochwasserbemessungswerte für Fließgewässer in Niedersachsen, Hildesheim 2003
- Niedersächsisches Umweltministerium (2004): Hochwasserschutz Überschwemmungsgebiete in Niedersachsen. Text und 23 Kartenblätter. Niedersächsisches Umweltministerium, Hannover, Dezember 2004
- Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH (2004): Anwendung von Hochwassermodellen an verschiedenen niedersächsischen Flüssen zur Unterstützung hydrologisch-hydraulischer Aussagen in der Broschüre »Hochwasser in Niedersachsen«, 2004, unveröffentlicht
- Quast, J. (2001): Wasserhaushalt. – in: Ökosystemmanagement für Niedermoore. Stuttgart
- Schmidt, Martin (2000): Hochwasser und Hochwasserschutz in Deutschland vor 1850 – Eine Auswertung alter Quellen und Karten, Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim 2000, Kommissionsverlag Oldenburg, Industrieverlag München
- STADT-LAND-FLUSS INGENIEURDIENSTE GmbH (2004): Anwendungen von Hochwassermodellen an der Aller und der Großen Aue, 2004, unveröffentlicht
- v. d. Ploeg, R. (2004): Die Dränung von Acker- und Grünlandflächen im Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Hochwasserschutz. In: Dränagetag 19.5.2004, Bosch & Partner GmbH
- Zollner, A. & H. Cronauer (2003): Der Wasserhaushalt von Hochmooreinzugsgebieten in Abhängigkeit von ihrer Nutzung. In: LWF-Bericht 40: 1-9