



Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft

SpektrumWasser 1

Hochwasser Naturereignis und Gefahr



Hochwasserhöhe im Jahre 1611

Hochwasserhöhe im Jahre 1666

Hochwasserhöhe im Jahre 1697

Hochwasserhöhe im Jahre 1721

Hochwasserhöhe im Jahre 1796

Hochwasserhöhe am 15. September 1890

Hochwasserhöhe am 4. August 1891

Hochwasserhöhe am 11. Juni 1897

Hochwasserhöhe am 22. Aug. 1906

Hochwasserhöhe am 8. Aug. 1906

Damit wir Ihnen keine Antwort schuldig bleiben ...

... wollen wir auf folgenden Fragen, die uns die interessierte Bevölkerung immer wieder stellt, gezielt eingehen:

- A** ▶ *Ist der Mensch für Überschwemmungen verantwortlich?* Seite 37, 62
- B** ▶ *Wie wirken sich Landnutzung und Versiegelung auf Hochwasser aus?* 23, 32, 34, 35
- C** ▶ *Begradigt, aufgestaut und eingedeicht – werden Hochwasser höher?* 21, 34, 37, 49, 50
- D** ▶ *Drohen größere Hochwasser durch Klimaänderung?* 18
- E** ▶ *Gibt es heute mehr und größere Hochwasser?* 56, 58
- F** ▶ *Sind Hochwasser heute schlimmer?* 58
- G** ▶ *Wie viel Regen führt zu Hochwasser?* 17, 18, 48
- H** ▶ *Welche Rolle spielt der Schnee?* 20, 21, 42, 44
- I** ▶ *Wer warnt vor Hochwasser?* 68, 69, 70, 83, 84
- J** ▶ *Was kann gegen Hochwasser getan werden?* 62, 66, 82, 83

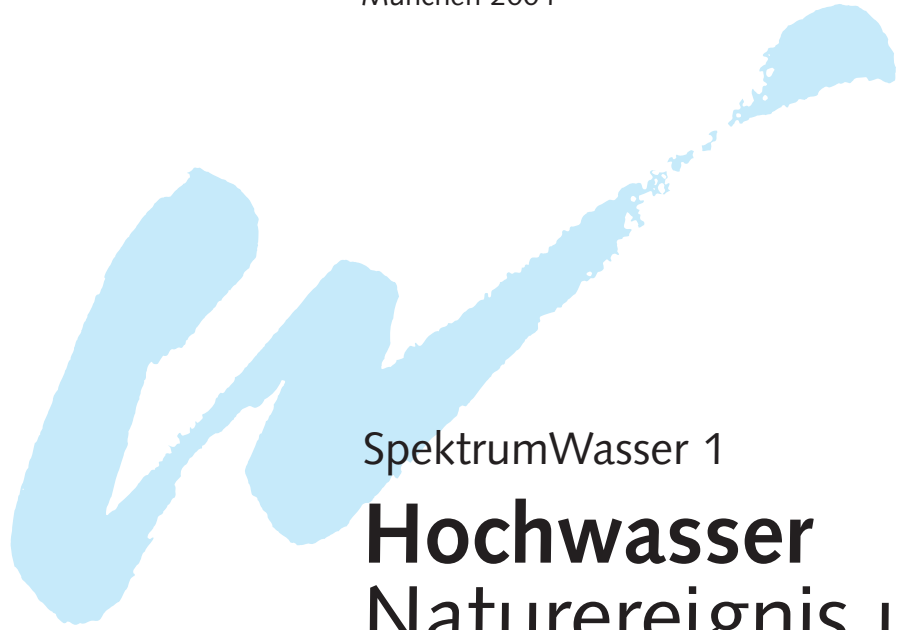
Zur schnellen und leichten Orientierung im Text finden Sie die Antwort zwischen zwei Dreiecken: Das eine markiert den Beginn **E**, das andere den Schluß **E**.

Begriffe, die mit einem Pfeil (→) gekennzeichnet sind, finden sie ab Seite 68 im Glossar.



Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft

(Herausgeber und Verlag)
München 2004



SpektrumWasser 1

Hochwasser Naturereignis und Gefahr

SpektrumWasser 1 – ISSN 1434-6702

Hochwasser

München, Mai 2004

ISBN 3-930253-93-3

1. Auflage: 50 000, März 1998

2., aktualisierte Auflage: 20 000, Mai 2004

Herausgeber: Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67
D-80636 München
Telefon 0 89/92 14-01
Telefax 0 89/92 14-14 35
E-Mail: poststelle@lfw.bayern.de
Internet: www.lfw.bayern.de
Eine Behörde im Geschäftsbereich des
Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz

Redaktionsleitung:

Karin Wüllner, Dr. Alfons Vogelbacher

Bearbeitung:

Karl-Heinz Kraus, Alexander Neumann,
Holger Pharion, Karl Schindele,
Annegret Weise

Textüberarbeitung:

Klaus Brosius, Dachau

Bildredaktion:

Karin Wüllner, Dr. Alfons Vogelbacher

Grafische Gestaltung:

Büro Jorge Schmidt, München

Grafiken: Claus J. Lienau, München

Karten:

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

Reproduktion: Zehentner & Partner GmbH,
München

Druck und Bindung: Universitätsdruckerei und
Verlag Dr. C. Wolf & Sohn GmbH & Co. KG,
München

Papier: gedruckt auf Recycling-Papier
aus 100% Altpapier

Bezugshinweis:

Diese Broschüre wird im Rahmen der
Umweltbildung und Umweltberatung
kostenlos abgegeben. Bestellung bitte an:
Wasserwirtschaftsamt Deggendorf
Bestellservice
Postfach 20 61, 94460 Deggendorf
Telefon 09 91/25 04-1 80
Telefax 09 91/25 04-2 00
E-Mail: info@wwa-deg.bayern.de

*Nachdruck und Wiedergabe – auch
auszugsweise – nur mit Genehmigung
des Herausgebers*

Editorial

Es gibt keinen besseren Humus für Risiken, als sie zu leugnen.

ULRICH BECK



Hochwasser ist ein Naturereignis, mit dem die Bewohner von Flusstälern immer wieder konfrontiert werden. Die Medien versorgen uns mit Nachrichten und Bildern von Hochwasserkatastrophen. Sie zeigen in erster Linie die Auswirkungen. Das Wissen über die Entstehung von Hochwasser, über historische Ereignisse und Maßnahmen zum Hochwasserschutz ist dagegen oft lückenhaft. Schlagworte wie Versiegelung und Klimawandel kursieren, sachkundiges Wissen über Ursachen und Zusammenhänge fehlt jedoch oft.

Am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft laufen alle Informationen über das Wasser in Bayern zusammen, hier werden Pläne und Strategien entwickelt. In der Reihe SpektrumWasser wollen wir Antworten geben auf alle Fragen rund ums Wasser: leicht verständlich, aber trotzdem differenziert und umfassend. Das Heft „Hochwasser“ erschien 1998 als erstes dieser Reihe. Vorausgegangen waren die großen Hochwasser am Rhein 1993, 1994 und 1995 sowie die Oderflut von 1997. In Bayern fragte man sich, inwieweit ähnliche Flutkatastrophen auch uns treffen könnten. Niemand ahnte, dass schon im Jahr darauf, Pfingsten 1999, eine der größten Fluten über den Süden Bayerns hereinbrechen würde und dass wiederum drei Jahre später, im August 2002, Teile Österreichs, Bayerns und vor allem das Elbe-Gebiet vom größten Hochwasser seit Jahrhunderten heimgesucht würden.

Inzwischen sind fünf Jahre vergangen und die letzten Exemplare des Heftes sind vergriffen. Das Thema Hochwasser ist nach wie vor aktuell – es hat sogar an Brisanz gewonnen. Die große und durchweg positive Resonanz auf die erste Auflage hat unser Konzept, Fachwissen allgemein verständlich zu vermitteln, voll bestätigt. Wir haben mit den jüngsten Hochwassern in Bayern neue Erfahrungen gesammelt.

Auch festigen sich die Prognosen der Klimaforscher, dass wir in Zukunft häufiger mit großen Hochwassern rechnen müssen. In die Neuauflage dieses Heftes haben wir daher neu gewonnene Erkenntnisse eingearbeitet sowie Anregungen und Fragen der Leser berücksichtigt.

Während große Teile des Heftes unverändert ihre Gültigkeit behalten, wurden einzelne Kapitel für die Neuauflage deutlich überarbeitet: So haben wir das Kapitel „Hochwasser der großen Flüsse“ um die Hochwasser vom Mai 1999 und August 2002 ergänzt. Ebenfalls erweitert wurde das Kapitel „Hochwasserschutz“ hinsichtlich neuer Entwicklungen und Maßnahmenprogramme. Mit dem Aktionsprogramm 2020 will Bayern auch in Zukunft bestmöglichen Schutz vor Hochwasser gewährleisten. Im Sinne eines ganzheitlichen Hochwasserschutzes fördert es gleichermaßen die drei Handlungsfelder natürlicher Rückhalt, technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge. Da der Nutzungsdruck in den Flusstälern weiterhin steigt, und damit auch das Schadenspotenzial, wird die Hochwasservorsorge immer wichtiger. Die Beiträge „Hochwassernachrichtendienst“ und „Hinweise zur privaten Vorsorge“ wurden daher erweitert.

Wir hoffen, dass dieses Heft einen Beitrag liefert, Diskussionen zum Thema Hochwasser zu versachlichen. Zu schnell wurden oftmals einseitig Ursachen ausgemacht und Schuldige genannt, wo doch meist ein ganzes Bündel von Randbedingungen zusammentrifft, das aus einem Hochwasser eine Katastrophe werden lässt.

Wir wünschen Ihnen eine anregende und informative Lektüre.

Prof. Dr.-Ing. Göttle
Präsident

6 Hochwasser und was Sie sonst noch erwartet

Das Thema Hochwasser kann in dieser Broschüre auf zwei Arten erschlossen werden: Über **Kapitel** (rechts) werden Themengebiete aufbauend behandelt oder über den Weg der **Fragestellung** (s. Umschlagklappe vorne – innen) für die gezielte und schnelle Information.



14 Entstehung von Hochwasser

„Die Natur schlägt zurück“ – eine These, die im Zusammenhang mit Hochwasser häufig diskutiert wird. Lässt sie sich so halten oder ist sie Ausdruck der Verunsicherung angesichts entfesselter Naturgewalt?

38 Hochwasser der großen Flüsse

Main und Donau sind die wichtigsten Wasserstraßen Bayerns. Ihre Hochwasser sind besonders schadensreich. Eine kurze Beschreibung der Genese dieser Hochwasser.

52 Hochwasser – gestern und heute

Schon in früheren Zeiten gab es große Überschwemmungen. „Heute sind sie schlimmer als vor hundert Jahren“, sagen die einen, „Keine Änderungen gegenüber früher“, sagen die anderen.

62 Hochwasserschutz

Der Mensch ist kein Wettergott. Er kann große Hochwasser nicht verhindern. Schäden lassen sich allerdings vermeiden oder zumindest verringern.



16 Witterungseinflüsse – Regen, Schnee und Eis

22 Einflüsse der Landoberfläche

32 Veränderung der Landschaft



38 Main

42 Donau

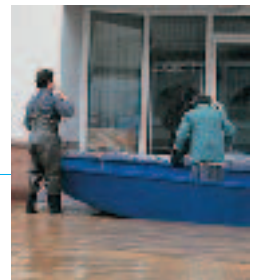
49 Flußausbau



52 In alten Zeiten

56 Hoch, höher ...

58 Schäden



62 Natürlicher Rückhalt

64 Technischer Hochwasserschutz

66 Hochwasservorsorge



72 Glossar von A bis Z

80 Tabellen

82 Wie kann ich Hochwasserschäden vermeiden – ein Ratgeber

84 Umweltverwaltung und Literatur (Umschlagklappe)

Hochwasser und was Sie sonst noch erwartet



Hochwasser macht Schlagzeilen: „Jahrhundert-Hochwasser überflutet die Alpenregion“ (25. Mai 1999), „Land unter nach verheerenden Unwettern“ (8./9. Juni 2002), „Größte Flut am Regen“ (22. August 2002). Tatsächlich sind Überschwemmungen für mehr als die Hälfte der Personen- und Sachschäden verantwortlich, die auf Naturereignisse zurückgehen. Die Überschwemmungsschäden in Deutschland beliefen sich im Januar 1995 und im April 1994 auf jeweils 250 Millionen Euro, beim Oder-Hochwasser 1997 auf 400 Millionen Euro, im Mai 1999 in Bayern auf 350 Millionen Euro. Die „Jahrhundertflut“ im August 2002 verursachte in Deutschland Schäden in Höhe von 9,2 Milliarden Euro. Zwar lassen sich eine Reihe von Vorsichtsmaßnahmen gegen Hochwasserschäden treffen, aber bis heute gibt es keinen absolut zuverlässigen Schutz. Selbst die besten Deiche und Schutzbauten

haben ihre Grenzen. Hohe Schäden sind in der bayerischen Alpenregion bei heftigen Sommergewittern zu verzeichnen, die großen Flussgebiete leiden bei lang anhaltendem Dauerregen.

Das größte Hochwasser dieses Jahrtausends fand vermutlich 1342 statt. Chroniken berichten, daß damals das Wasser des Main in Würzburg bis nahe an den Dom reichte und in Köln Boote über die Stadtmauer fahren konnten. Auch in Bayern richteten im Verlauf der Jahrhunderte außergewöhnliche Hochwasser große Schäden an. Anwohner von Main, Donau und Inn kennen die Bedrohung durch Frühjahrs- und Sommerhochwasserstände. Allein im 19. Jahrhundert erreichte der Main bei Würzburg sieben Mal die 7-Meter-Marke.

Besorgte Stimmen fragen nach der Verantwortung für die Hochwasser damals und heute. Hat der Mensch durch seine Eingriffe in die Natur selbst Schuld an den erschreckenden Überflutungsschäden? Freiflächen werden durch Asphalt und Beton versiegelt; Flüsse fließen begradigt schneller ab; schwere Maschinen verdichten den Boden und behindern das Einsickern des Regens. Handelt es sich vielleicht gar um eine „hausgemachte“ Katastrophe unserer



Zeit? Die Beobachtungen sind nachvollziehbar, die Argumente scheinen plausibel. Um allerdings schnellen Schlussfolgerungen vorzubeugen: Schon seit Menschengedenken wird von Hochwasserschäden berichtet. Eingemeißelte Markierungen an Toren und Mauern z. B. in Würzburg, Bamberg oder Regensburg zeigen, dass es auch in früheren Jahrhunderten Überflutungskatastrophen gab. Meist waren die Wasserstände damals sogar höher als heute. Zur Entstehung von Hochwasser tragen viele Faktoren bei – schnelle Antworten reichen nicht weit. Ob heute Hochwasser anders sind als früher und was der Mensch dazu beiträgt – darüber informiert Sie in ausführlicher Form dieses Heft. Sie erfahren, wie Hochwasser entstehen und welche Veränderungen sich im Verlauf der Zeit beobachten lassen. Der Einfluss des Menschen auf den Verlauf einer Hochwasserwelle wird ebenso behandelt wie Schutzmöglichkeiten für das eigene Hab und Gut.

Wie entsteht eigentlich ein Hochwasser? In erster Linie tragen Niederschläge, Regen und Schnee, zum Aufbau einer Hochwasserwelle bei. Ein ganzes System weiterer Ursachen bestimmt aber

die Höhe und den Verlauf der Welle. Wann ein Hochwasser entsteht und warum nicht jeder Regen zu Hochwasser führt, vermittelt Ihnen ausführlich das folgende Kapitel dieses Heftes. Am Beispiel von Main und Donau können Sie die Entstehungsbedingungen und das Zusammenspiel der relevanten Faktoren nachvollziehen.

„Werden Hochwasser immer schlimmer?“ Auch diese wichtige Frage beantwortet Ihnen dieses Heft. Sie erfahren, welche Hochwasserstände in der Vergangenheit gemessen wurden und ob sich Veränderungen gegenüber heute feststellen lassen. Kriegen wir häufiger nasse Füße oder nicht? Trendkurven geben Auskunft über diese langfristigen Entwicklungen. Eindeutig belegbar ist schon jetzt, daß die materiellen Schäden höher sind als früher. Tendenz steigend.

Kann man sich vor Hochwasser und seinen Folgen schützen? Der Freistaat Bayern beugt vor und hilft im Schadensfall. Neben dem natürlichen Rückhalt der Flüsse spielt der technische Hochwasserschutz eine wichtige Rolle. Nicht jedes Hochwasser ist aber sicher beherrschbar. Wenn es doch einmal heißt „Land unter“, können bei entsprechender

Vorsorge Schäden verhindert oder zumindest gemildert werden. Durch die Informationen des Hochwassernachrichtendienstes sind Sie stets auf dem Laufenden.

Wie kann ich selbst vorsorgen? So unterschiedlich wie die Ursachen, so unterschiedlich müssen auch die individuellen Vorkehrungen zum Schutz gegen Hochwasser sein. Patentrezepte gibt es nicht. Die Antworten, die hier Flussanrainer und Hochwasserbedrohte erhalten, tragen diesen Unterschieden Rechnung. Sie finden Handlungsempfehlungen, Adressen und Ratschläge zu Ihrem persönlichen Hochwasserschutz am Ende dieses Heftes.



Wo große Ströme aufeinander treffen, steigt die Hochwassergefahr – Zusammenfluss von Inn und Donau in Passau.



Wie stark die Wasserführung eines Flusses schwanken kann, zeigen die Bilder der Isarmündung an der Donau beim Niedrigwasser im August 2003 (unten) und beim Hochwasser im August 2002 (oben). Die großflächigen Auwälder der Isarmündung sind besonders schützenswerte und artenreiche Lebensräume.







Langsam, aber stetig steigt das Wasser und dringt in Gassen, Hinterhöfe und Keller. Wer wie in Wertheim oder Miltenberg seit Jahrhunderten mit dem Hochwasser lebt, ist darauf eingerichtet: So sind die Wohnräume oft im ersten Stock und mancher Hausbesitzer hat seine Heizung statt im Keller unterm Dach. Trotzdem gingen die Schäden in Unterfranken in die Millionen-Hochwasser im Januar 1995.





*Überschwemmungen
müssen keine Katastro-
phen sein. Weite Täler
können fast jedes
Frühjahr unter Wasser
stehen. Wo sie nicht
bebaut und wertvoll
genutzt werden, sind
die Schäden gering.*

Entstehung von Hochwasser

Es regnet. Dicke Tropfen treffen platschend auf durstigen Boden. Tausende von Poren saugen das Wasser ein. Nach und nach füllen sich Mulden und Hohlräume. Zuerst langsam, dann immer schneller fließt das Wasser dem Fluss zu. Zentimeter um Zentimeter steigt der Pegel. Noch halten die Deiche.

In Bayern fallen pro Jahr im Durchschnitt 940 mm → *Niederschläge* in Form von Regen und Schnee. Dabei entspricht ein Millimeter Niederschlag einem Liter Wasser pro Quadratmeter (l/m^2). Auf die Gesamtfläche des Freistaates gehen somit jährlich circa 66 Milliarden Kubikmeter (m^3) Wasser nieder. Ein Teil verdunstet oder versickert im Boden. Immerhin noch 27,5 Milliarden leiten Bäche und Flüsse jedes Jahr zum Meer zurück. Wie auf unseren Autobahnen kommt es dabei manchmal zu einem Stau. Diesen Stau nennen wir Hochwasser. Schädigt das Wasser menschliche Ansiedlungen und Leben, sprechen wir von einer Hochwasserkatastrophe.

Wenn es ergiebig regnet, es mehr regnet, als versickert oder gespeichert werden kann, wenn das Wasser schnell in Bäche und Flüsse abfließt und auf andere Hochwasserwellen trifft – dann tritt ein Fluss über die Ufer. Natürlich lassen sich diese Prozesse der → *Abflussbildung*, der → *Abflusskonzentration*, des → *Wellenablaufs* und der → *Wellenüberlagerung* noch wesentlich genauer beschreiben. Lesen Sie mehr in den folgenden Kapiteln.

Eisschollen werden weit in das Vorland getragen – Waldnaab, Januar 1997



Schauer und Gewitter über München kündigen sich an.





Witterungseinflüsse – Regen, Schnee und Eis

Hochwasser kann nur entstehen, wenn es ergiebig regnet. In Bayern treten hochwassergefährliche Niederschläge regelmäßig bei bestimmten Wetterlagen am Alpenrand und in den Mittelgebirgen auf. Entscheidend für die Höhe und den Verlauf eines Hochwassers ist, wie viel Prozent des → *Einzugsgebietes* eines Flusses gleichzeitig vom Regen betroffen wird. Ein kurzer, kleinräumiger Gewitterschauer kann einen einzelnen Gebirgsbach zu einem reißenden Wildwasser machen, der → *Pegelstand* eines größeren Flusses schwankt dabei kaum. Erst ein Landregen, der lange anhält und eine große Fläche beregnet, lässt auch Main oder Donau ausufern.

Aus den Alpen und den Mittelgebirgen fließt während der Schneeschmelze Wasser den Bächen und Flüssen zu. Je schneller und je mehr Schnee taut und abfließt, desto höher ist die Belastung für die Flüsse.

Eisbildung kann das Abfließen der Wassermengen behindern. Hochwasser, die durch Eis ausgelöst werden, sind seit dem Bau von Staustufen in den großen Flüssen jedoch seltener geworden.

Wasser in der Luft

Luft enthält immer etwas → *Wasserdampf*. Je wärmer sie ist, desto mehr Wasser kann sie speichern. Kühlt sich die Luft ab, → *kondensiert* ein Teil der Luftfeuchtigkeit und bildet kleine Tröpfchen. Wir kennen dieses Phänomen vom Ausatmen im Winter. Die feuchte und warme Luft aus den Lungen trifft auf die kalte Umgebung, und man kann weiße Wölkchen aus kondensiertem Wasser beobachten.

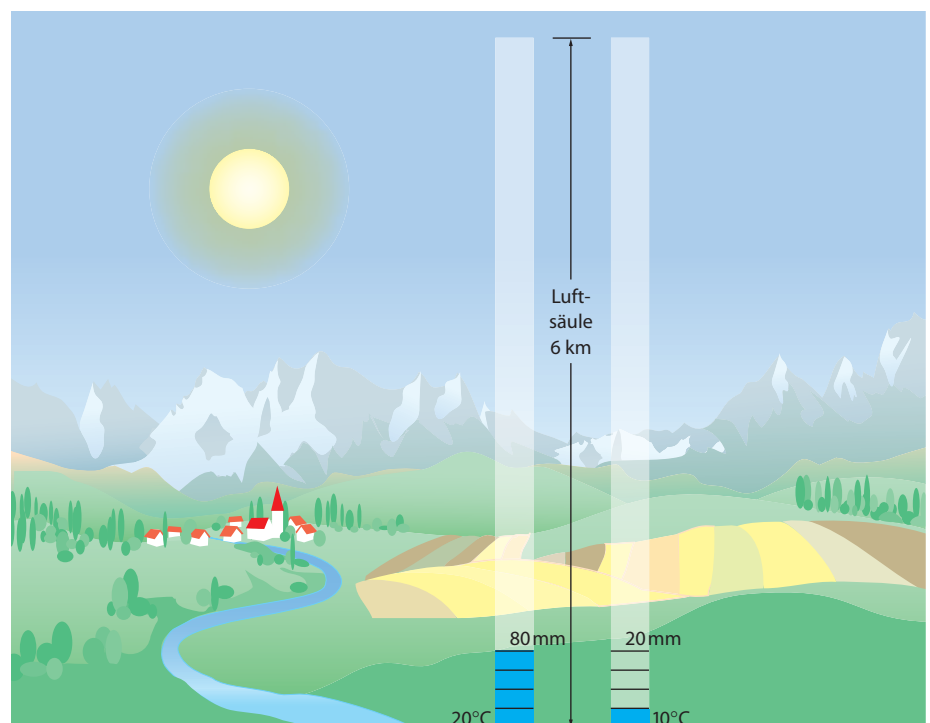
Dasselbe passiert in großem Maßstab bei der Entstehung unseres Wetters. Wenn die Luft ausreichend feucht ist und aufsteigt, kondensiert Wasserdampf durch Abkühlung in höheren Luftschichten zu Tropfen. Es bilden sich Wolken. Aufwinde wirbeln das Kondensat durch-einander und lassen Schichten oder

Wolkentürme entstehen. Kleinere Kondenströpfchen verbinden sich dabei zu immer größeren Tropfen. Wenn diese so schwer sind, dass der Aufwind sie nicht mehr halten kann, fallen sie als Regentropfen zu Boden. Bei niedrigen Temperaturen entstehen kleine Eispartikel, die sich zu Schneekristallen vereinigen – dann schneit es.

Luftmassen werden gehoben und damit abgekühlt, wenn intensive Sonneneinstrahlung die Erde sehr stark aufheizt. Wie in einem Kamin wird die Luft nach oben gerissen. Meteorologen nennen dieses Phänomen Thermik. Je weiter sich die warme Luft von der Erdoberfläche entfernt, desto mehr nimmt die Temperatur der Umgebung ab – im Durchschnitt 0,6 bis 0,7 Grad Celsius pro 100 Meter. Dieses Phänomen ist allen Bergwanderern wohl bekannt.

Strömende Luftmassen werden auch gehoben, wenn sie Gebirge erreichen und überqueren. Im Stau der Berge regnen die entstandenen Wolken ab und verursachen teils ergiebige Niederschläge. Herrschen bestimmte Strömungsrichtungen vor, z. B. von West nach Ost in Mitteleuropa, dann schälen sich in Abhängigkeit von Windstau und Windschatten (→ *Luv- und Lee-Effekt*) regenreichere und regenärmere Gebiete heraus.

Bei klarem, wolkenlosem Himmel kann die Atmosphäre bis in 6 km Höhe bei 20 Grad am Boden bis zu 80 mm Wasser enthalten. Bei 10 Grad am Boden sind es nur noch 25 mm (1 mm entspricht 1 Liter pro Quadratmeter).



Gewitter- oder Schauerzellen sind räumlich eng begrenzt. Über kleinen Gebieten regnet es sehr viel, in der Umgebung aber wenig oder gar nicht.



Regen und Hochwasser

Die Höhe von Regen und Schneeschmelze bestimmt nicht allein, wie hoch das Hochwasser in einem Fluß eintritt. Vor allem große Hochwasser setzen voraus, dass durch entsprechende Vorregen ein großer Teil des Bodens kein Wasser mehr aufnehmen kann oder die Versickerung durch gefrorenen Boden behindert ist. Dennoch ist die Gefahr für ein überörtliches Hochwasser im Allgemeinen erst bei Überschreiten von bestimmten Niederschlagshöhen gegeben.

Antwort G Im Hochwassernachrichtendienst in Bayern werden für unterschiedliche Regionen Schwellenwerte angegeben. Regnet es z. B. in 24 Stunden mehr als 15 bis 30 Liter pro Quadratmeter, meldet dies der Deutsche Wetterdienst an den Hochwassernachrichtendienst. In Zeiten der Schneeschmelze können auch geringere Niederschläge gefährlich werden. Werden diese Höhen nicht erreicht, dann ist auch unter ungünstigen Ausgangsbedingungen (z. B. Wassersättigung durch Vorregen) nicht mit einem Hochwasser zu rechnen.  weitere Infos siehe S. 18
Zum Vergleich: Beim Hochwasser im Januar 1995 im Maingebiet wurden Tagesniederschläge von 50 bis 60 Liter pro Quadratmeter erreicht.

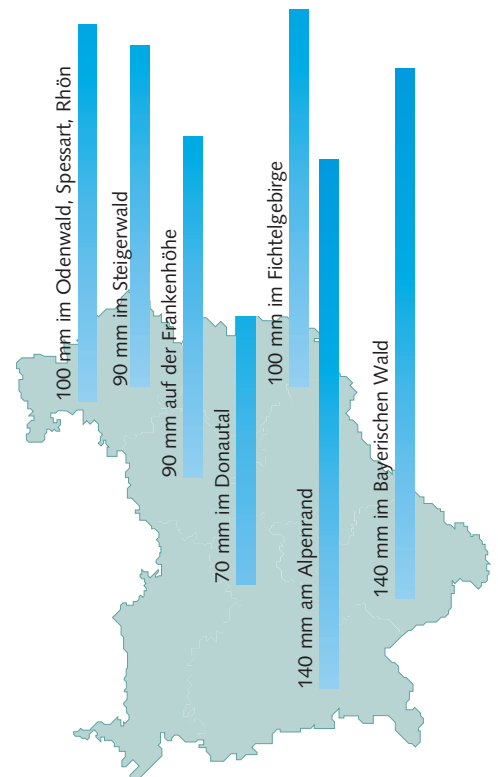
Wegen der Staueffekte und Höhenlage regnet es an den Mittelgebirgskämmen und am Alpenrand deutlich mehr als im übrigen Bayern. Nördlich der Donau treten die höchsten Tagesniederschläge in der Region Odenwald – Spessart – Rhön, auf der Frankenhöhe, im Steigerwald, im Fichtelgebirge und im Bayerischen Wald auf. Südlich der Donau nehmen die Niederschläge in Richtung der Alpen zu und erreichen die größten Höhen am Alpenrand.

Hochwasserregen

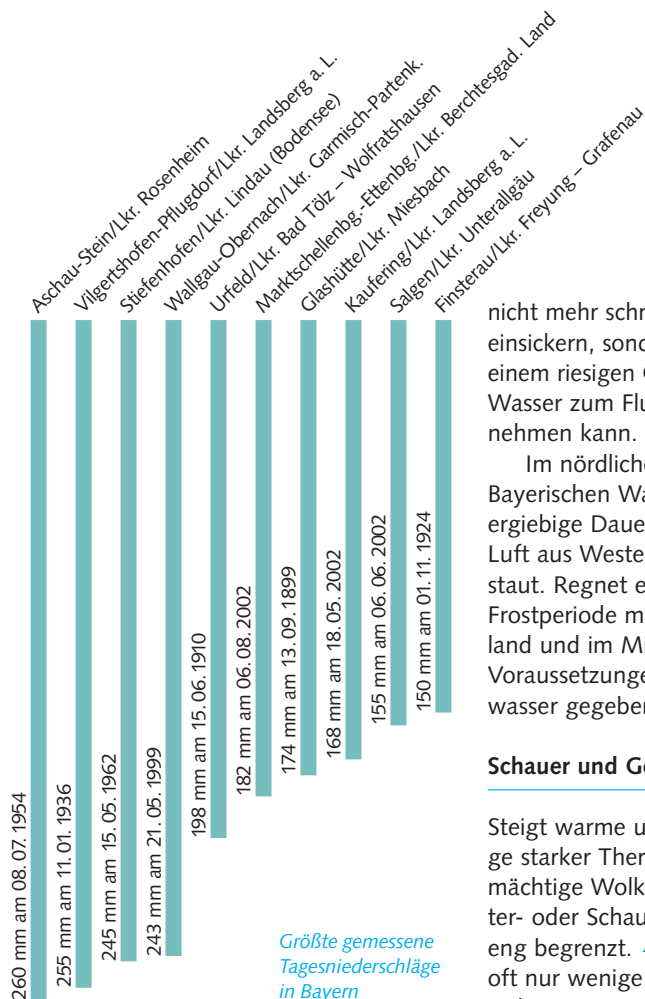
Für die Entstehung von Hochwasser sind zwei Formen von Regen von besonderer Bedeutung: tagelanger, großflächiger Dauerregen und kurzzeitige, meist von Gewittern begleitete kräftige Regengüsse, so genannte → *konvektive Niederschläge*. Dauerregen haben besonderen Einfluss auf das Hochwasser der großen Flüsse, konvektive Niederschläge wirken sich auf Bäche mit kleinen → *Einzugsgebieten* aus.

Dauerregen

Lang anhaltende Niederschläge entstehen in Verbindung mit → *Wetterfronten*. Hebt sich zuströmende warme Luft, weil sie auf kältere Luftmassen trifft, dann kommt es zu einer zwar langsamen, aber stetigen Hebung. Auf großer Fläche fallen dann leichte, aber anhaltende Niederschläge. Der Übergangsbereich zwischen warmer



Hohe Tagesniederschläge treten in Nordbayern an den Mittelgebirgen auf. Die höchsten werden im Bayerischen Wald und am Alpenrand erreicht. In den Niederungen, wie im Donautal, regnet es deutlich weniger. Die dargestellten Tagesniederschläge werden im Mittel nur alle 100 Jahre erreicht oder überschritten.



nicht mehr schnell genug in den Boden einsickern, sondern fließen sofort ab. Aus einem riesigen Gebiet strömt dann mehr Wasser zum Fluss, als das Flussbett aufnehmen kann.

Im nördlichen Bayern und dem Bayerischen Wald fallen verbreitete und ergiebige Dauerregen, wenn die feuchte Luft aus Westen sich an den Hängen staut. Regnet es im Anschluss an eine Frostperiode mit Schneedecke im Flachland und im Mittelgebirge, so sind die Voraussetzungen für ein großes Hochwasser gegeben.

Schauer und Gewitter

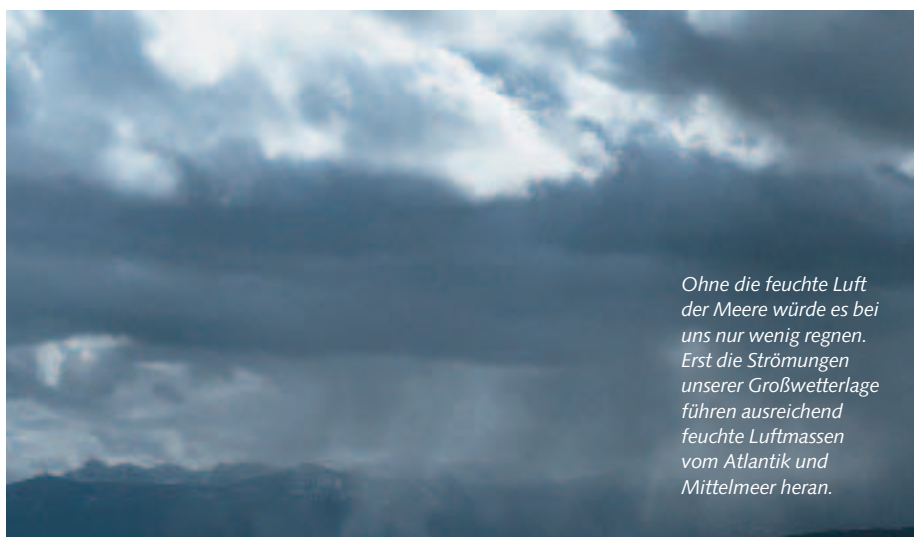
Steigt warme und sehr feuchte Luft infolge starker Thermik schnell auf, so können mächtige Wolken entstehen. Als Gewitter- oder Schauerzellen sind sie räumlich eng begrenzt. **Antwort G** Über kleinen, oft nur wenige Quadratkilometer großen Gebieten regnet es plötzlich sehr viel, in

Klimaänderung und Hochwasser

Natürliche Klimaänderungen hat es über Jahrtausende hinweg immer wieder gegeben. Erdgeschichtlich neu ist die massive Freisetzung von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen durch den Menschen seit Beginn der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert. Die erhöhten Konzentrationen an Treibhausgasen führen zu einer Erwärmung der Atmosphäre. So sagen globale Klimamodelle bis 2100 eine Zunahme der Durchschnittstemperatur von 1,5 bis 5,8 Grad voraus. Die Prognosen variieren je nach verwendetem Modell und der zu Grunde gelegten wirtschaftlichen Entwicklung. Einig sind sich jedoch alle Klimaforscher, dass sich die Atmosphäre erwärmen wird.

D Es ist noch offen, wie sich diese Temperaturerhöhung auf den Wasserhaushalt in unseren Breiten auswirkt. Da wärmere Luft mehr Wasser aufnehmen kann und sich die Luftdruckgegensätze bei einer Erwärmung verstärken, kann es zu stärkeren Schauern und Gewittern und einer Zunahme der Niederschläge kommen. Erosion und häufigere Hochwasser wären die Folgen. An anderen Orten kann es aber auch umgekehrt sein: Weniger Niederschläge und längere Trockenperioden ließen bei uns das Wasser knapp werden. **D**

Um die Folgen für den Wasserhaushalt in Bayern und Baden-Württemberg näher zu untersuchen, haben die Wasserwirtschaftsverwaltungen beider Länder gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst das Kooperationsvorhaben KLIWA (www.kliwa.de) in Angriff genommen. Für Süddeutschland zeigten die Untersuchungen vorhandener Messreihen flächendeckend seit 1931 eine Zunahme der Jahresmitteltemperaturen je nach Gebiet zwischen 0,5 und 1,2 Grad. Die stärkste Zunahme erfolgte dabei im Dezember mit bis zu 2,7 Grad. Seit Beginn der 50er-Jahre ging auch die Anzahl der Tage mit Schneedecken unter 800 Meter Meereshöhe um 20 – 40 Prozent zurück. Die Niederschläge werden im Sommer geringer und nehmen dagegen im Frühjahr und Winter zu. Besonders die Starkniederschläge werden im Winter häufiger und steigen um 30 – 35 Prozent, während sich im Sommer keine deutlichen Veränderungen zeigen. Die Veränderung im Niederschlag wird auf eine Veränderung der Häufigkeit der Großwetterlagen in Mitteleuropa zurückgeführt. Die jährlichen Höchstabflüsse zeigten in den letzten 70 bis 150 Jahren beim überwiegenden Teil von 107 untersuchten Pegeln keine Veränderungen. Um künftige Änderungen der Hochwasserabflüsse abschätzen zu können, werden zur Zeit regionale Wasserhaushaltsmodelle mit unterschiedlichen Klimaszenarios berechnet.



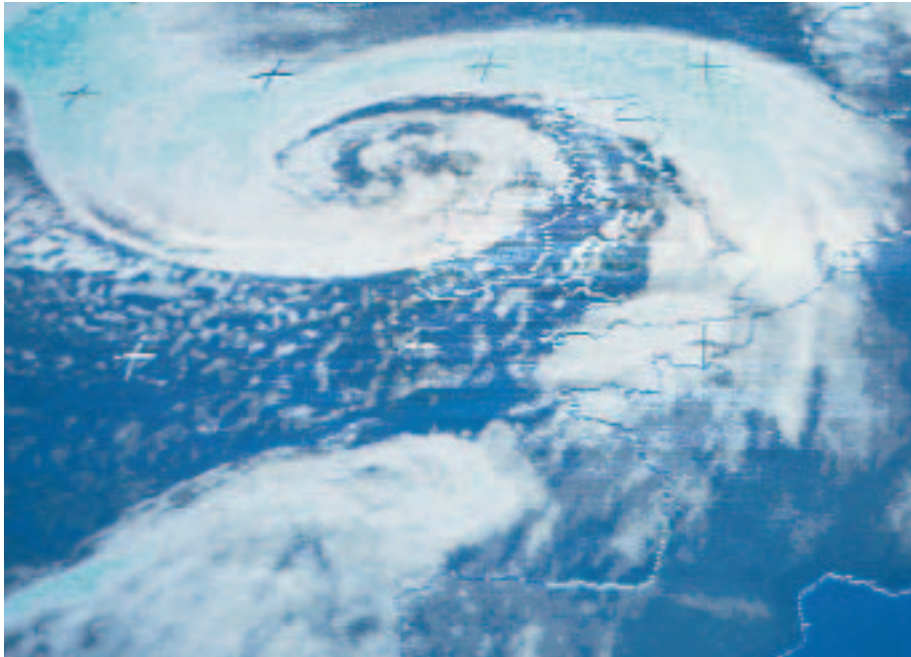
Ohne die feuchte Luft der Meere würde es bei uns nur wenig regnen. Erst die Strömungen unserer Großwetterlage führen ausreichend feuchte Luftmassen vom Atlantik und Mittelmeer heran.

und kalter Luftmasse ist die →Warmfront. Sie ist nicht ortsfest, sondern schwenkt langsam um ein →Tiefdruckgebiet.

Dauerregen durchtränkt den Boden regelrecht. Besondere Bedeutung hat das für die →Einzugsgebiete großer Flüsse. Werden innerhalb von 24 Stunden Regenmengen von 15 bis 30 l/m² überschritten, so wächst die Gefahr eines Hochwassers. Weitere Niederschläge können zum Teil

der Umgebung aber wenig oder gar nicht. Hochwasser werden in diesen Fällen vorrangig in kleineren Bächen und Flüssen ausgelöst. Da →konvektive Niederschläge aber →Regenintensitäten im Extremfall von bis zu 100 l/m² in einer Stunde erreichen, können sie regelrechte →Sturzfluten auslösen. **G** weitere Infos siehe S. 48 Stärkere Niederschläge entstehen auch bei zuströmender Kaltluft. An der →Kaltfront schiebt sich kalte Luft unter die Warmluft und zwingt diese zu steilem und schnellem Aufstieg. Vertikal mächtige Wolkentürme entladen sich in heftigen Schauern.

Wolkenwirbel um ein
Tief im Satellitenbild



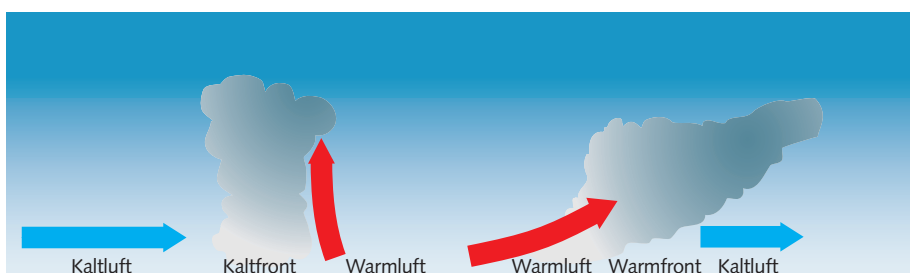
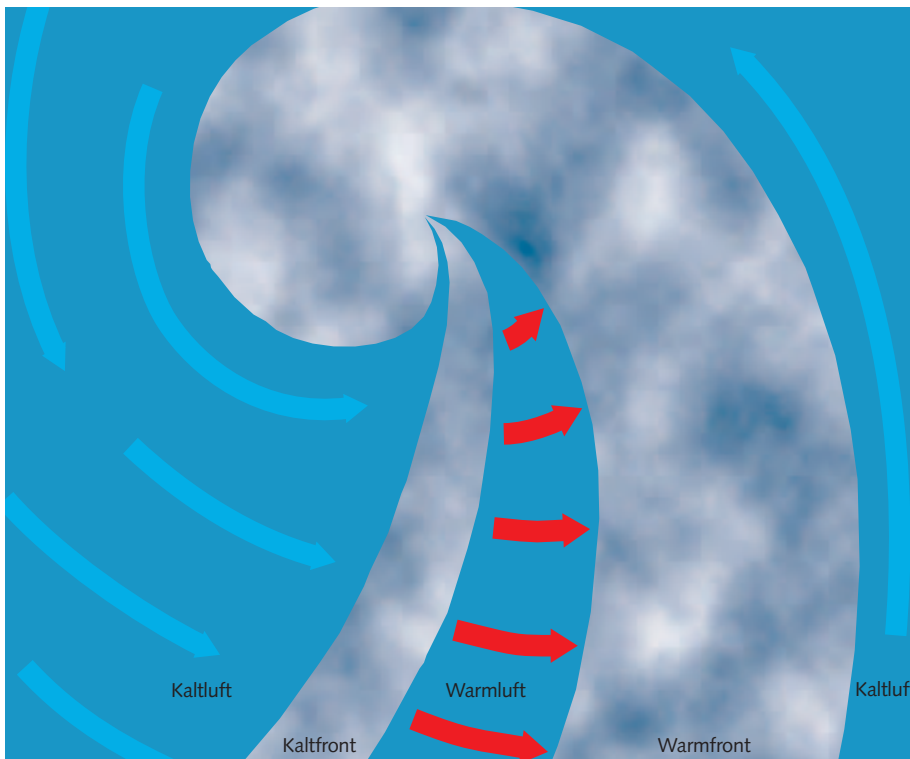
Wetterlagen

Ohne die feuchte Luft der Meere würde es bei uns nur wenig regnen. Über dem Festland ist die Luft wegen der geringen Verdunstung meist relativ trocken. Erst die Strömungen unserer Großwetterlagen führen ausreichend feuchte Luftmassen vom Atlantik und Mittelmeer heran. Jetzt kann es ergiebig regnen und Hochwasser entstehen.

In Mitteleuropa unterscheidet man verschiedene Wetterlagen, zum einen nach der Anordnung ihrer wetterbestimmenden → *Tief- und Hochdruckgebiete*, zum anderen nach ihrer Hauptwindrichtung. Im Sommer kommt vom Meer relativ kühle und feuchte Luft. Der Winter beschert uns warme und feuchte Luftmassen aus westlichen bis nordwestlichen Richtungen. Werden diese Luftmassen in Tiefdruckgebieten (Zyklonen) oder in Tiefausläufern gehoben, regnet es. Viele Hochwasser entstehen bei diesen → *zyklonalen West- oder Nordwestwetterlagen*. Reine Westlagen bringen feuchte Luft vom Atlantik. An den bayerischen Mittelgebirgen wird die Luft gehoben und regnet ab. In Mitteleuropa treten solche Wetterlagen am häufigsten im Juni/Juli und im Dezember auf.

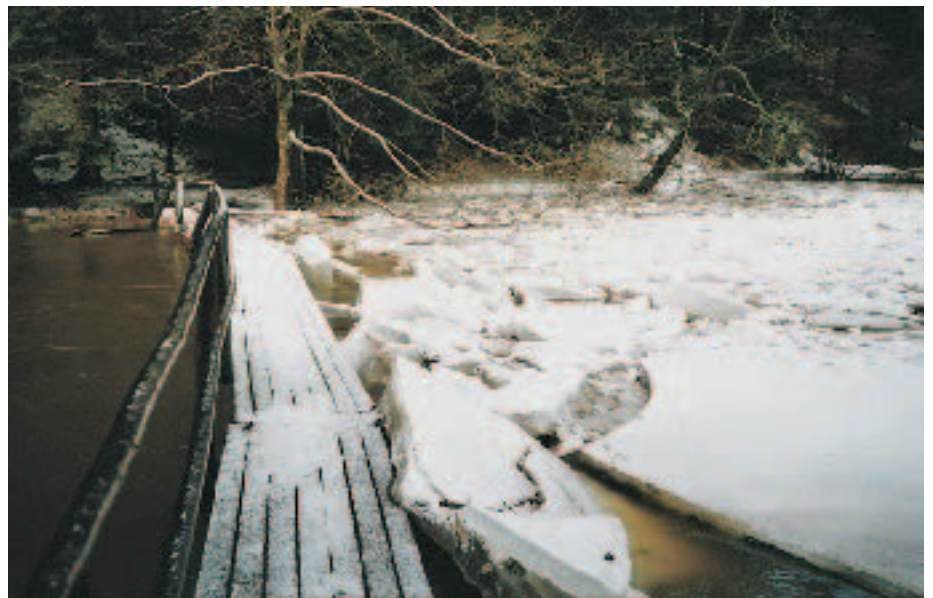
Nordwest- und Nordlagen bringen vor allem von April bis August kalte Meeresluft meist polaren Ursprungs nach Bayern. Kalte Luft nimmt zwar weniger Wasser auf, aber durch massiven Stau und Hebung vor den Alpen kommt es dennoch zu ergiebigen Niederschlägen. Diese reichen bis weit in das Alpenvorland hinein. Im Winter fallen die Niederschläge meist als Schnee. Im Sommer erzeugt diese Wetterlage in Verbindung mit warmer und feuchter Mittelmeerluft von Süden und Südosten tagelang anhaltende Hochwasserregen. Diese spezielle Wetterlage nennt man → *Vb-Lage* (sprich: 5 B-Lage). Sie wird uns bei der Entstehung von Donau-Hochwassern beschäftigen.

Länger anhaltende und verbreitete Niederschläge sind in unseren Breiten an Wetterfronten gebunden, an denen warme und kalte Luftmassen zusammengeführt werden.





Bei anhaltender kalter Witterung entstehen im Fluss Eisdecken, deren Abgang bei Warmluft-einbrüchen große Gefahren auslösen kann. Die in der aufbrechenden Eisdecke entstehenden Eisschollen können, wenn der Eisabgang zusätzlich von hoher Wasserführung begleitet wird, über das Bachbett hinaus und zum Teil weit in das Vorland getragen werden – Regensburg, 5. Februar 1893.



Eisschollen stauen sich vor einem Steg – Waldnaab, Januar 1997.

Schneesmelze

Nach dem Regen liefert die Schneesmelze im Winter und Frühjahr den größten Beitrag zum Hochwasser. Zunächst bleibt das Wasser, das in Form von Schnee vom Himmel gefallen ist, in der Schneedecke gespeichert. Erst wenn es wärmer wird und taut, wird dieses Wasser frei. **Antwort**  Treten Schneesmelze und Regen gemeinsam auf, so summieren sich die Wassermengen. Es kommen weit höhere Abflüsse zu Stande als durch Regen allein.  weitere Infos siehe S. 21

Die Wassermenge, die in einer Schneedecke gespeichert ist, kann je nach Zustand der Schneedecke sehr unterschiedlich sein. Fällt ein Zentimeter Pulverschnee, so entspricht dies einem Niederschlag von einem Millimeter Regen, das ist ein Liter Wasser pro Quadratmeter (l/m^2). Wiederholtes Auftauen und Gefrieren wandelt die Kristallstruktur des Schnees im Laufe der Zeit um. Sein Eigengewicht trägt dazu bei, dass er sich weiter setzt und zu so genanntem Altschnee wird. Dieser Schnee hat kaum noch Hohlräume und daher eine große Dichte. Ein Zentimeter Altschnee enthält bis zu $4 l/m^2$.

Bei anhaltender Kälte
vereisen die Wehre –
Waldnaab, Januar 1997.



Schnee braucht Wärme, um zu schmelzen. Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur und Wind führen ihm diese Wärme zu. Auch das Regenwasser trägt mit seiner – im Vergleich zu Schnee – höheren Temperatur zur Schneeschmelze bei. Wenn es taut, kann eine hohe Schneedecke in den Poren zunächst viel Wasser speichern. Es wird erst viel später als Schmelzwasser abgegeben. Große Schneehöhen wirken also erst einmal hochwasserbremsend. Eine dünne Schneedecke schmilzt dagegen bei Niederschlag sehr rasch und die Schmelzwässer fließen zusammen mit dem Regen ab. Häufig kann außerdem wegen des → *Bodenfrosts* bei dünnen Schneedecken kaum Wasser in den Boden einsickern. Geringe Schneehöhen verschärfen also die Hochwassergefahr dann, wenn es gleichzeitig regnet.

Schneeschmelze im Hochgebirge

In den Alpen baut sich über den Winter eine mächtige Schneedecke auf. Nahezu der gesamte Niederschlag wird als Schnee gespeichert. Nur wenig Wasser wird über die Flüsse abgeführt. Bei Einbruch der warmen Witterung im Frühjahr und Frühsommer taut der Schnee nach und nach ab. Während im Tal die Null-Grad-Grenze bereits überschritten wird, herrscht hundert Meter weiter hangaufwärts noch der Frost. Nur langsam greift das Tauwetter auf größere Höhen über. Im günstigen Fall ist der Schnee in den unteren Lagen geschmolzen und das

Wasser abgelaufen, bevor in den Hochlagen die Schneeschmelze einsetzt. Kommt es aber im Frühsommer zu ergiebigen Regenfällen, so schmilzt durch die zugeführte Wärmeenergie viel Schnee in kurzer Zeit. Diese Restschneeschmelze läßt den → *Pegelstand* der Alpenflüsse sehr rasch steigen.

Schneeschmelze in Mittelgebirge und Flachland

Im Flachland und in den Mittelgebirgen baut sich keine speicherfähige Schneedecke auf. Durch den häufigen Wechsel zwischen Schneefall und Tauwetter bleibt der Schnee nicht lange liegen. Hinzu kommt die geringere Höhendifferenz der Mittelgebirge. Große Gebiete können bis in höhere Lagen gleichzeitig vom Tauwetter erfaßt werden und geben große Wassermengen frei. Tauwetter in den Mittelgebirgen wird meist durch feuchte und milde Luftmassen aus Südwest- und West eingeleitet. [Antwort H](#) Deshalb besteht Hochwassergefahr in Bayern durch Schneeschmelze vor allem für das Maingebiet, die nördlichen Zuflüsse der Donau und Teile des Alpenvorlandes. [H weitere Infos siehe S. 42](#)

Eis im Gewässer

Eisbildung kann den Abfluß in Bächen und Flüssen behindern. Randeis, Grundeis und der so genannte Eisstau tragen auf ihre Weise zu Hochwasserereignissen bei. Aber erst wenn das Quecksilber

unter null Grad fällt, beginnt die Vereisung. Einzelne Eiskristalle wachsen, werden zu größeren Strukturen verbunden und führen – dauert der Frost lang genug an – auch in fließenden Gewässern zu einer geschlossenen Eisdecke.

Zunächst zeigt sich am Ufer das so genannte Randeis. Entstehen daraus Eisschollen, so spricht man von Treibeis. Diese Schollen können an seichten Stellen oder Kurven im Fluss liegen bleiben. Verkeilen sie sich an Brücken und Wehren, besteht die Gefahr eines Eisstaus. Ein immer größer werdender Pfropfen aus Eisschollen versperrt dem fließenden Wasser den Weg. Der Fluss wird so sehr in seinem Abfluss behindert, dass er über die Ufer tritt. Hochwasser durch Eisstau trat 1955/56 an der Donau auf. Es regnete während der Tauperiode und zeitgleich setzte die Schneeschmelze ein. An der → *Pegelstation* Hofkirchen stieg die Donau durch den Eisstau um 3,60 Meter. Weiträumige Überschwemmungen waren die Folge.

Nimmt der Druck auf die Eisbarriere stark zu, kann das Wasser mit großer Gewalt den Eisstau durchbrechen. Fachleute bezeichnen das gleichzeitige Abfließen von Eis und gestautem Wasser als Eisstoß. Vor den → *Flußregulierungen* und dem Staustufenbau traten Eisstöße häufig und immer wieder an denselben Stellen auf. Die Vornbacher Enge am Inn nahe Passau, die Weltenburger Enge an der Donau oberhalb von Kelheim oder die Steinerne Brücke in Regensburg waren besonders betroffen. Dort konnten sich leicht Eisversetzungen bilden. 1895 stieg das Wasser infolge einer Eisversetzung in Regensburg auf den höchsten Stand seit Beginn der Pegelbeobachtungen.

[Antwort C](#) Die Erwärmung der Flüsse und der Ausbau mit Staustufen hat die Gefahr eines Eisstoßes oder von Eisversetzungen heute weitgehend beseitigt. [C weitere Infos siehe S. 34](#)

Flüsse frieren nicht immer von der Oberfläche her zu. Durch Turbulenzen gelangen Eiskristalle bis auf den Grund und können dort festfrieren. Es entsteht Grundeis. Das Flussbett wird von unten und von den Seiten immer weiter eingengt, bis sich das Wasser einen anderen Weg zum Abfluss suchen muß. Die Fließgewässer in der Münchner Schotterebene, z. B. Teilstrecken der Würm oder der Sempt, sind Beispiele für häufige Grundeisbildung.

Einflüsse der Landoberfläche

Bei Regen bleibt ein Teil des → *Niederschlags* auf den Blättern der Pflanzen wie ein Tropfenkleid haften. Ein anderer Teil versickert im Boden oder sammelt sich in Senken und Klüften des Geländes. Dieser aufgefangene Niederschlag fließt nicht ab, wirkt deshalb auch nicht hochwassergefährlich.

Erst wenn es länger regnet, kann das Wasser nicht mehr festgehalten werden und kommt zum Abfluss. Im Winter und Frühjahr, bei gefrorenem oder wassergesättigtem Boden, fließt mehr Wasser ab als im Sommer. Dünne Schneedecken taut der Regen auf und das Schmelzwasser verdoppelt das Abflussvolumen. All diese Prozesse bestimmen, wie viel Wasser aus einem Gebiet abfließt. Fachleute benutzen dafür den Begriff Abflussbildung.

Bei großem Gefälle von Bächen oder bei kurzen Wegen strömt das Wasser schnell zusammen. Entsprechend viel Wasser muss dann gleichzeitig abgeleitet werden – Hochwassergefahr besteht. Bei sanftem Gefälle und langen Wegen verzögert sich die Abflusskonzentration. Die Wassermassen können über einen längeren Zeitraum gleichmäßig abgeführt werden. Abflussbildung und Abflusskonzentration bestimmen den Verlauf des Hochwassers in Flüssen mit kleinen → *Einzugsgebieten*.

Im Fluss bremsen Bewuchs und Geröll das ablaufende Wasser. Je rauer das Flussbett ist, desto mehr wird der Wellenablauf verlangsamt. Werden außerdem Talauen überschwemmt, so speichern sie einen Teil des Überschusses. Unterhalb solcher Stellen wird das Hochwasser entschärft. Es steigt weniger schnell und hoch. Wenig Speicherung und schneller Wellenablauf verschärfen dagegen das Hochwasser flussabwärts.

Münden die → *Hochwasserwellen* zweier Flüsse zu gleicher Zeit an einem Ort ein, so spricht man von Wellenüberlagerung. Durch Wellenüberlagerung kann ein mittleres zu einem Jahrhunderthochwasser werden. Günstig dagegen ist es, wenn die Hochwasserwellen einzelner Flüsse nacheinander eintreffen. Zwar dauert in einem solchen Fall das Hochwasser wesentlich länger, es entlastet aber durch geringere Pegelstände → *Deiche* und Schutzbauten.

Abflussbildung

Bewuchs, Boden und Gelände speichern einen Teil der Niederschläge und können so Hochwasser vermeiden helfen. Dichter, alter Waldbestand in hügeligem Gelände hat die höchste Speicherleistung. Gewalzter Asphalt ist mit seiner geschlossenen, ebenen Oberfläche ein extremes Gegenbeispiel. Auf ihm entsteht bei Regen sofort Oberflächenabfluss.

Wasser, das nicht mehr in den Boden eindringen kann, muß oberflächlich abfließen. Dabei nimmt es Boden- und Pflanzenteile mit.

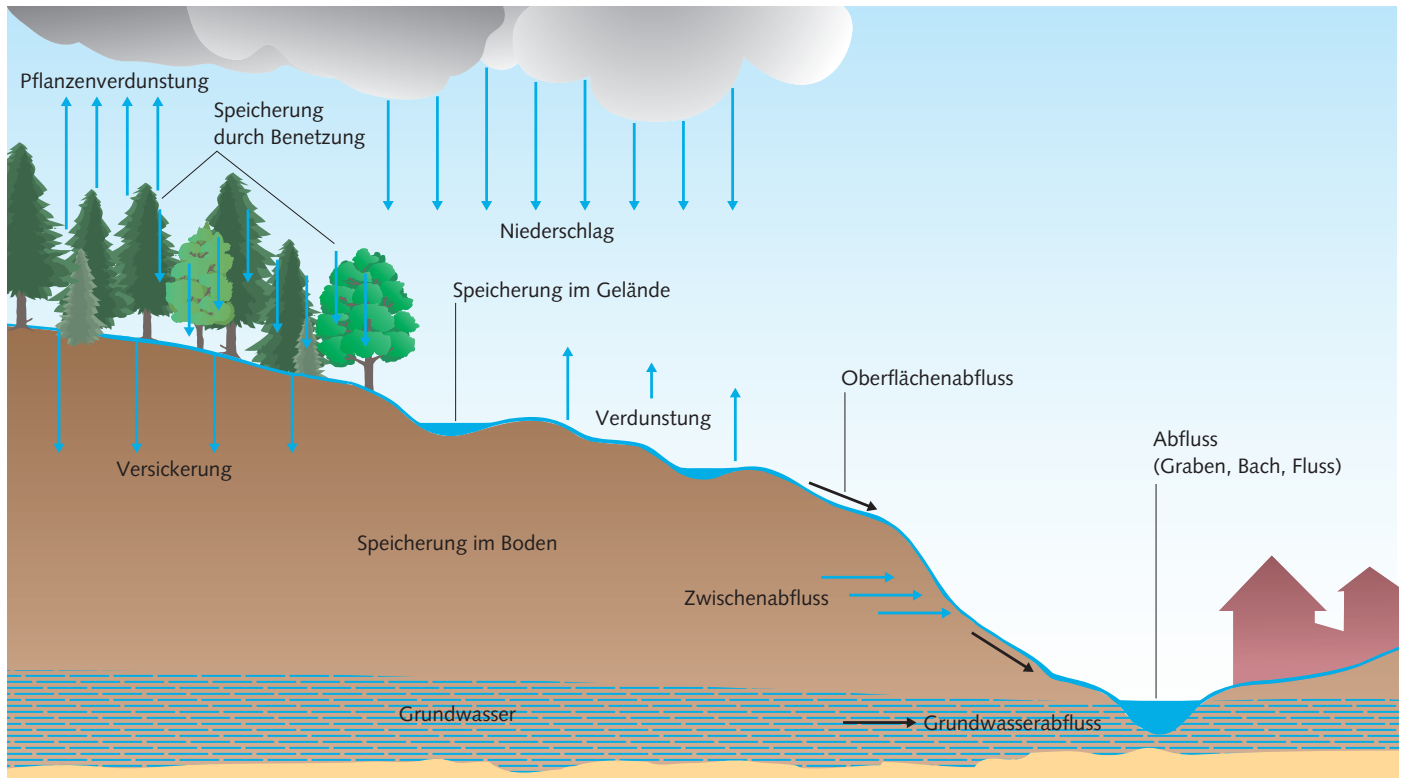


Die Folge von hohen Abflüssen bei viel Regen und geringer Versickerung sind Überschwemmungen.



Es regnet. Was nicht verdunstet oder im Boden gespeichert wird, fließt ober- und unterirdisch ins nächste Gewässer.

Bei starken Niederschlägen ist dieser Abfluss so hoch, dass in Bächen und Flüssen Hochwasser entstehen kann.



Bewuchs

In der freien Natur fällt der Regen auf Bäume, Sträucher und Pflanzen. Zu Beginn lässt das Blätter- oder Nadeldach der Bäume kaum Wasser durchdringen. Erst allmählich beginnt es zu tropfen und nach und nach erreicht der Regen den Boden. Auf einer Wiese werden 2, im Wald bis zu 5 l/m² von Gras und Bäumen im „Tropfenkleid“ gehalten. Nach dem Regen verdunstet dieses Wasser wieder.

Diese Benetzungsverdunstung gibt die Feuchtigkeit leichter Niederschläge schnell wieder in die Atmosphäre ab. So erreicht über Wochen und Monate wenig Wasser den Boden. Außerdem verbraucht die Vegetation Feuchtigkeit, die sie dem Untergrund entzieht. Er trocknet ab und die Bodenporen können wieder Wasser speichern. Fallen dann mit einem Hochwasserregen mehr als 30 bis 40 Liter Regen pro Tag auf einen Quadratmeter, so nimmt der trockene Boden Wasser auf und vermindert den Oberflächenabfluss. Bewuchs dämpft Hochwasser.

Antwort B Die Vegetation speichert nicht nur Wasser, sondern verbessert auch die Durchlässigkeit der Oberfläche. Wasser dringt schneller und tiefer in den Boden ein. Diesen Vorgang nennt man → *Infiltration*. Am höchsten ist die → *Infiltrationsrate* unter alten Waldbeständen. In einer Stunde versickern auf ebenem Waldboden 60 bis 75 l/m². Eine magere Weidefläche lässt dagegen nur rund 20 Liter eindringen. Noch geringer sind die Infiltrationsraten unter Hackfrucht-, Getreide-, oder Futterpflanzenanbau. weitere Infos siehe S. 32

Gelände

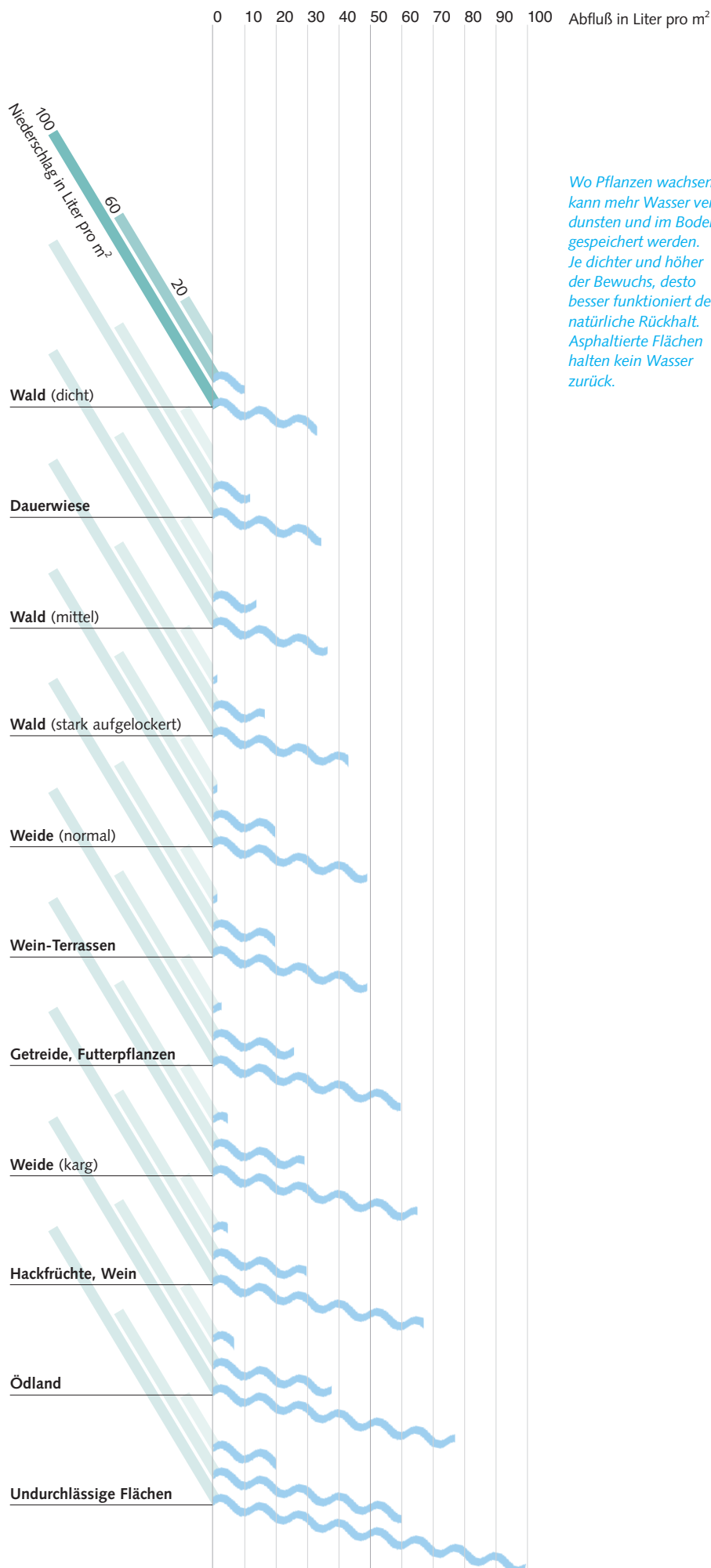
Bei Oberflächenabfluss sammelt sich das Wasser in Mulden und Furchen. Fachleute sprechen vom Muldenrückhalt des Geländes. Jeder kennt wohl die vom Regen überschwemmten Wiesen und Ackerflächen. Dort bleibt das Wasser stehen, fließt also nicht sofort den Flüssen zu. Durch Beregnungsversuche und Geländebeobachtungen wurde ermittelt, dass in Mulden und Unebenheiten zwischen 1 und 5 l/m² zurückgehalten werden. In flachem Gelände ist dieser Muldenrückhalt höher als in steilem und geneigtem Gelände. Trotz der positiven

Speicherwirkung hat der Muldenrückhalt nur einen geringen Einfluss auf das Hochwasser. Bei anhaltenden starken Regenfällen sind die Unebenheiten schnell gefüllt. Ihr Speichervermögen ist deshalb nur in der Anfangsphase eines Hochwassers wirksam.

Boden

Der Boden saugt Wasser auf wie ein Schwamm. Größe und Form der Hohlräume im Boden bestimmen seine Speichereigenschaften. Diese schwanken je nach Humusgehalt, Bodenart, Mächtigkeit und Bodendichte. Feuchter Lehm Boden nimmt auch in einer Tiefe von einem Meter noch bis zu 150 l/m² auf. Das ist mehr Niederschlag, als gewöhnlich in zwei Monaten fällt.

Will man Hochwassern vorbeugen, ist es natürlich günstig, wenn der Boden viel Niederschlag zwischenspeichern kann.

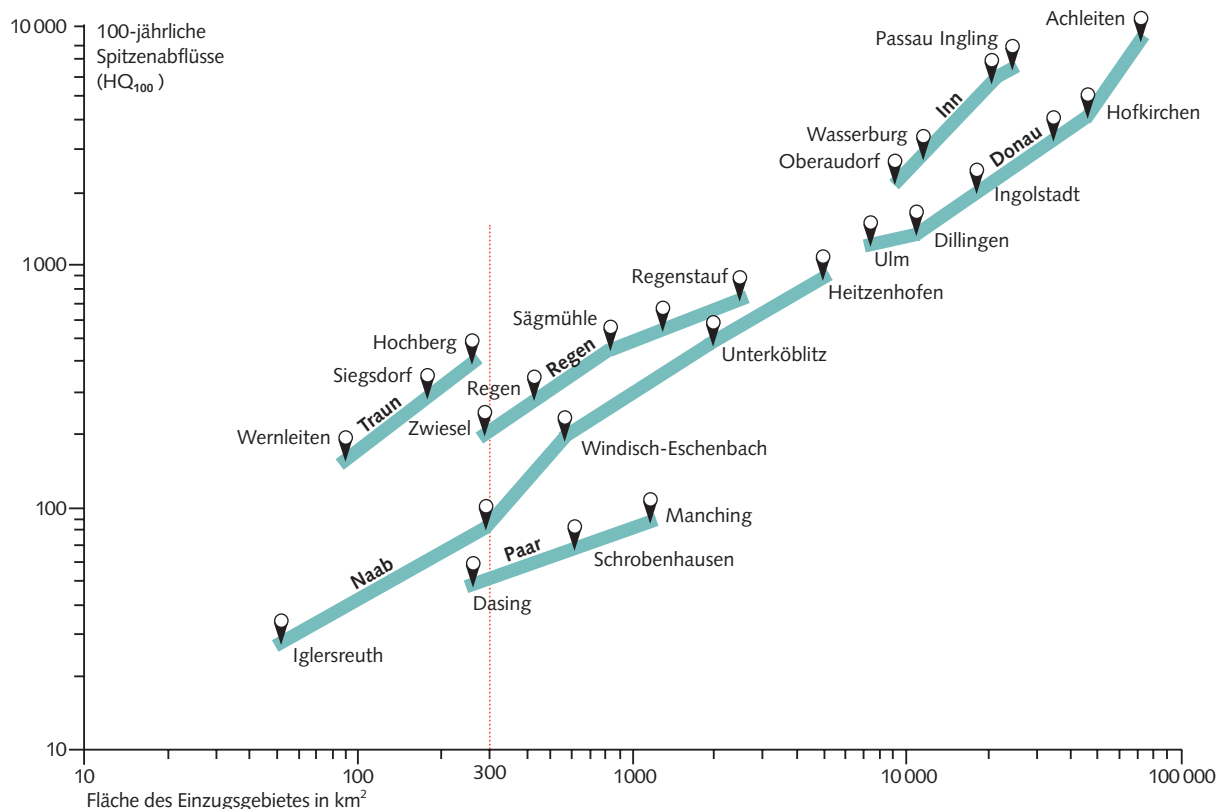


Wo Pflanzen wachsen, kann mehr Wasser verdunsten und im Boden gespeichert werden. Je dichter und höher der Bewuchs, desto besser funktioniert der natürliche Rückhalt. Asphaltierte Flächen halten kein Wasser zurück.

Es kommt aber vor, dass in kurzer Zeit sehr viel Regen fällt. Auch wenn die Speicherfähigkeit des Bodens noch nicht ausgeschöpft ist, kann es sein, dass Wasser nicht schnell genug in den Untergrund einsickert. Es sammelt sich auf der Oberfläche und fließt ab. Die Infiltrationsrate zeigt an, wie viel Wasser pro Stunde versickern kann. Ist der Wassergehalt des Bodens schon sehr hoch, sinkt diese Rate. Große und verbundene Poren im Boden begünstigen das Einsickern. Am schnellsten nehmen Kies und Sand mit weiten und vielfach verbundenen Poren Niederschläge auf. Tonboden dagegen mit feinsten Poren läßt Wasser nur ganz langsam eindringen und wirkt wie eine Stauschicht.

Abflusskonzentration

Bei ergiebigen Regenfällen sammelt sich das Wasser auf der Oberfläche und fließt dem Gefälle folgend in Gerinnen und Bächen ab. Von der Mündung des Flusses aus gesehen läßt sich exakt bestimmen, aus welchem Gebiet dem Fluss Wasser zufließt. Dieses Gebiet bezeichnet man als Einzugsgebiet des Flusses. Es wird an den Rändern von so genannten Wasserscheiden begrenzt. Bei größeren Flüssen setzt sich das Einzugsgebiet außerdem aus den Einzugsgebieten aller Nebenflüsse zusammen. Zum Donaueinzugsgebiet gehört also z. B. auch das von Iller, Lech, Isar ... Je größer die Fläche ist, die von den Nebenflüssen entwässert wird, desto größer ist das Gesamteinzugsgebiet des Flusses. Für die Entstehung von Hochwasser ist dabei entscheidend, wie viel Prozent des Einzugsgebietes gleichzeitig Wasser abgeben. Am schnellsten



Mit steigendem Einzugsgebiet wachsen die Spitzenabflüsse. Am Alpenrand (Traun) sind sie höher als im Mittelgebirge (Regen, Naab) oder im Hügelland. Beispielsweise liegen die 100-jährlichen Spitzenabflüsse in einem Einzugsgebiet von $300 km^2$ an der Paar (Hügelland) bei $50 m^3/s$, im Mittelgebirge (Naab, Regen) zwischen 90 und $200 m^3/s$ und am Alpenrand (Traun) über $400 m^3/s$.

steigt das Wasser in kleinen, steilen Einzugsgebieten, die bei Unwetter vollständig überregnet werden. Hundert Prozent des Einzugsgebietes tragen dann zum Abfluss bei. Wegen des steilen Gefälles fließt das Wasser außerdem sehr rasch zusammen. Es hat eine kurze → *Konzentrationszeit*. Flüsse mit großen Einzugsgebieten steigen, wegen ihrer längeren Konzentrationszeit, vor allem bei großflächigem Dauerregen. Bei ergiebigem Regen erreicht zuerst der Niederschlag den Bach, der auf die ufernahen Flächen niedergegangen ist. Er hat die kürzeste Strecke zurückzulegen, kommt also zuerst an. Das Wasser vom Rand des Einzugsgebietes braucht viel länger, bis es den Pegel erreicht. Es hat einen größeren Weg zurückgelegt. Nur wenn der Regen so lange dauert, wie das Wasser vom äußersten Rand bis zum Pegel braucht, entwässern gleichzeitig 100 Prozent des Einzugsgebietes in den



Bach. Hört er vorher auf, dann ist das Wasser aus den nahen Uferbereichen schon abgeflossen, ehe das entferntere Wasser ankommt. Weil weniger Wasser zur selben Zeit abzuleiten ist, fallen auch die Wasserstände entsprechend niedriger aus.

In kleineren Einzugsgebieten können auch kurz dauernde Schauerregen zu verheerenden Überschwemmungen führen – Neukirchen, August 1991.

Unwetter und Sturzfluten

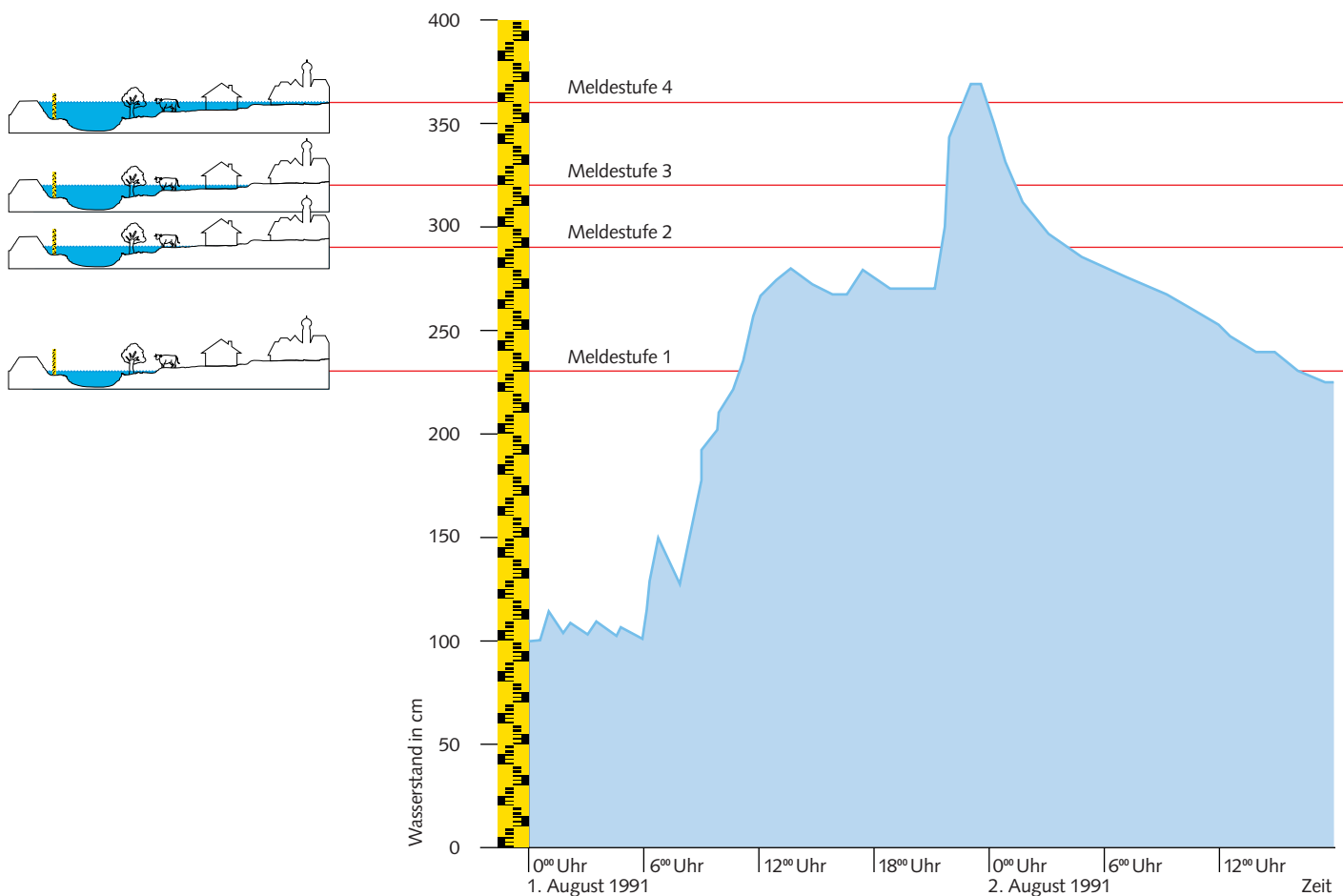
Unwetter, Sturzfluten und Muren richten erhebliche Schäden an. Örtlich übertreffen sie die Auswirkungen großer Flusshochwasser. Folgende Zeitungsausschnitte geben einen Einblick in die Dramatik der Ereignisse:

„Sechs Tote und Schäden in Millionenhöhe. Heftige Gewitter und gewaltige Regenfälle sind über Mitteleuropa niedergegangen. [...] Zwei Männer und eine Rentnerin starben in Diedorf bei Augsburg in einem Keller und in einer Tiefgarage. Im Allgäu wird eine Frau vermisst, die in der vergangenen Nacht vor den Augen ihres Bruders von den Wassermassen mitgerissen wurde. [...] In nur sechs Stunden fielen in einigen Regionen Deutschlands 128 Liter Regen pro Quadratmeter. Das Wasser überschwemmte Straßen, überflutete Keller und löste Erdrutsche aus.“
(Spiegel-Online vom 7.06.2002)

Überflutungen und Überschwemmungen infolge heftiger und meist kurz dauernder Regenfälle können von den Hochwassermelde- und Warndiensten nur in seltenen Fällen frühzeitig vorhergesehen werden. Die Bevölkerung und der Katastrophenschutz sind in diesen Fällen auf die Warnungen der Meteorologen angewiesen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) gibt entsprechende Warnungen vor Starkregen heraus (www.dwd.de). Die Warnungen erfolgen meist mehrere Stunden vor dem Ereignis für jeden Landkreis. Allerdings können Ort, Zeitpunkt und Regenmengen nicht präzise vorhergesagt werden, da Gewitterzellen zufällig entstehen und sich schon nach 15 bis 30 Minuten wieder auflösen können. Mit dem neuen Unwetterwarnsystem KONRAD kann der DWD zuverlässige Prognosen für den Verlauf des Unwetters in der nächsten halben Stunde berechnen. KONRAD steht für KONvektionsentwicklung in RADarprodukten. Es bezieht seine Daten aus 16 Radarmessgeräten des DWD, die über ganz Deutschland verteilt sind. Die Radarwellen

werden an Regentropfen oder Hagelkörnern reflektiert und ergeben auf dem Bildschirm Reflektivitätsbilder, die im Abstand von fünf Minuten für einen Umkreis von 100 Kilometern gewonnen werden. Spezielle Auswertungen und Prognosen stellt der DWD dem Katastrophenschutz über Internet zur Verfügung.

Neukirchen, August 1991



Größe, Gefälle und Form sind Parameter der → *Konzentrationszeit* in einem Einzugsgebiet. Je kleiner das Einzugsgebiet ist, desto kürzer sind auch die Fließwege und desto kürzer ist die Konzentrationszeit. Wegen des Gefälles fließt das Wasser im Gebirge schneller, und Einzugsgebiete entwässern dort rascher als im Flachland. Das erklärt die teils heftigen → *Sturzfluten* im Alpenraum. Je kreisförmiger ein Einzugsgebiet ist, desto kürzer ist – einer mathematischen Ableitung entsprechend – bei gleicher Fläche die Konzentrationszeit.

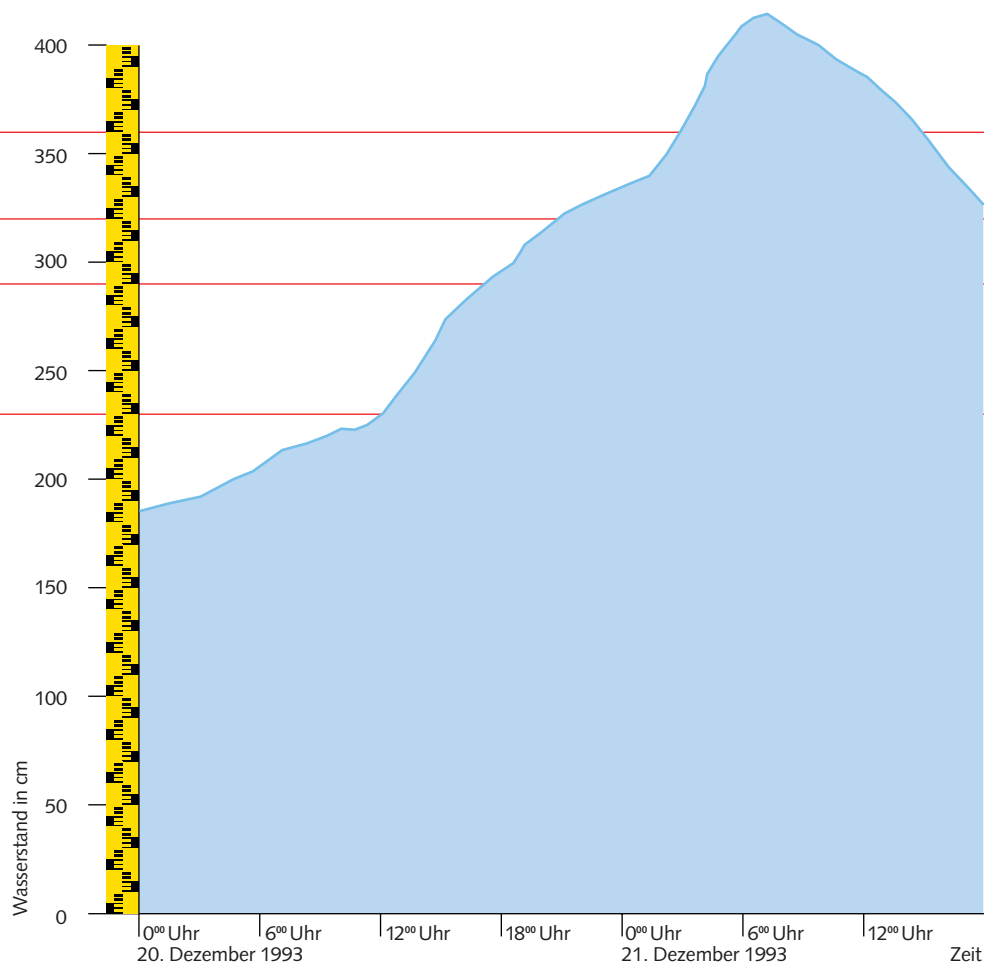
Ein kleines, kreisförmiges Gebiet mit steilem Gefälle hat also die kürzeste Konzentrationszeit, wohingegen das Wasser in einem großflächigen langgestreckten Gebiet im Flachland am längsten braucht, sich zu sammeln.

Zwar sind heftige Regen meist nur kurz, aber sie können bei großer → *Niederschlagsintensität* viele Liter Wasser auf jeden Quadratmeter Boden niedergehen lassen. Kleine Einzugsgebiete werden davon am stärksten betroffen. Auf der



gesamten Fläche strömt das Wasser dem Bach zu. Auch die Randzonen tragen zum Abfluss bei. Große Mengen Wasser müssen dann vom Bachbett bewältigt werden. Wo dabei Hochwasser entsteht, ist kaum vorhersehbar. Die Gewitter-

Tankstelle von den Sturzfluten begraben – Neukirchen, August 1991



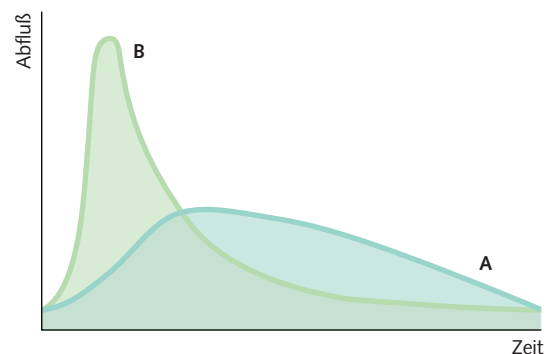
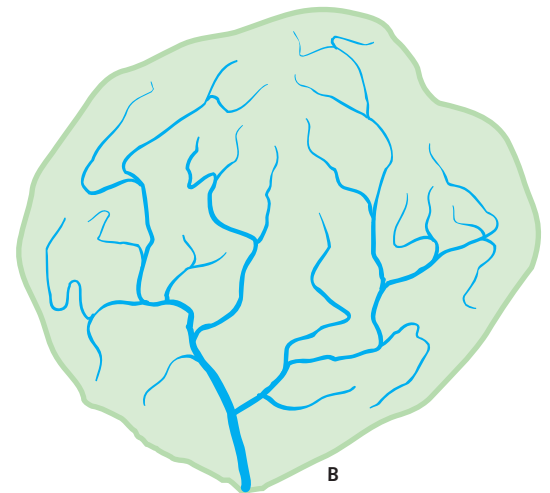
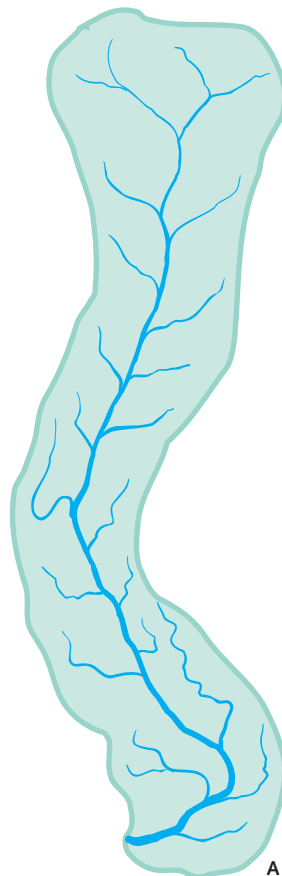
Wie rasch das sommerliche Hochwasserereignis am 1. August 1991 am Chamb den höchsten Stand erreichte, wird aus den Auswertungen des Pegelschreibers deutlich. Nachdem durch anhaltende Niederschläge bis 21 Uhr abends der Chamb bis zum Rand gefüllt war, stieg der Wasserstand innerhalb von 3,5 Stunden durch erneute starke Regenfälle um über 1 Meter. Die Wasserführung verdoppelte sich. Dagegen lief das Winterhochwasser am 20. bis 22. Dezember 1993 vergleichsweise gemächlich ab. Zwar erreichte der Wasserstand einen noch höheren Wert, aber dies erst nach insgesamt 20 Stunden. Der Höchststand von 1991 wurde erst nach etwa 13 Stunden erreicht.

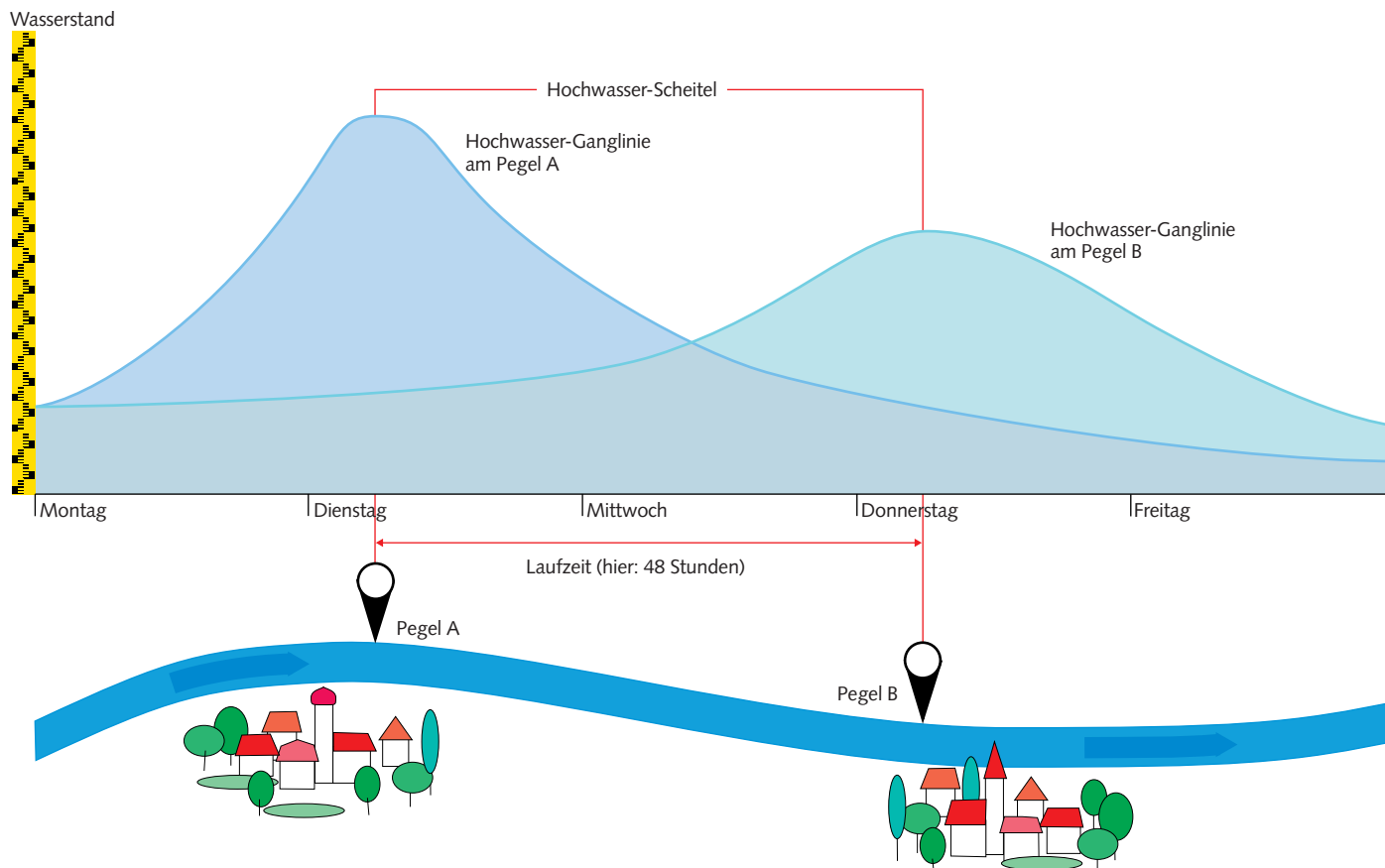


In den steilen Einzugsgebieten im Gebirge sammelt sich das Wasser rasch und erreicht hohe Abflussspitzen.

zellen, die solche Regengüsse auslösen können, sind lokal eng begrenzt und verändern ihre Lage schnell. Urplötzlich entladen sie ihre feuchte Fracht. Für Warnungen bleibt da kaum Zeit. Innerhalb weniger Stunden kann ein ruhig plätschernder Bach seine Wasserführung auf das 10- bis 100fache steigern. Über einen Kubikmeter – oder 1 000 Liter – Wasser pro Sekunde und Quadratkilometer (l/skm^2) gibt er dann weiter. In sehr kleinen Einzugsgebieten kann dieser Wert über 2 000 Liter steigen. Solche Wassermassen überfordern die Kapazität der kleinen Bäche und können große Schäden in der direkten Umgebung anrichten. Da diese Unwetter aber räumlich eng begrenzt sind, ist der absolute Wert der abgeleiteten Wassermenge gering. Sie wird von den großen Flüssen leicht bewältigt.

In kreisrunden Einzugsgebieten läuft das Wasser aus allen Teilen des Gebietes gleichzeitig zusammen und bildet steile, kurze Abflußwellen. In lang gestreckten Einzugsgebieten verteilt sich das Wasser gleichmäßiger über die Länge des Flusses. Es entstehen flache und lange Abflußwellen.





Wellenablauf

Eine Hochwasserwelle ist anders als die Brandungswelle am Meer. Über Stunden und Tage steigt der → *Wasserstand* an, noch langsamer geht er wieder zurück. Beim Betrachten des Flusses ist kaum zu erkennen, dass es sich um eine Welle handelt. Erst wenn man den Pegelstand über längere Zeit notiert, zeigt sich die → *Ganglinie* mit ihrer charakteristischen Wellenform. Zunächst steigt sie steil an, geht dann nach dem Erreichen des Scheitelpunkts (Hochwasserscheitel) gemächlich zurück. Weiter flussabwärts erhöht sich der Wasserstand langsamer und zeitlich später, die Welle wird flacher. Misst man die Zeit, die eine Hochwasserwelle zwischen zwei Punkten braucht – also z. B.

von Regensburg bis Passau –, so erhält man einen Wert, der als Laufzeit der Welle bezeichnet wird. Mit diesen Laufzeiten lässt sich vorhersagen, wo und wann Hochwasserwellen aus mehreren Flüssen aufeinander treffen und welche Wasserstände möglicherweise erreicht werden. Die Beschaffenheit des Flußbetts (→ *Rauheit*) und die Bedingungen in der Talaue können die Laufzeit verändern.

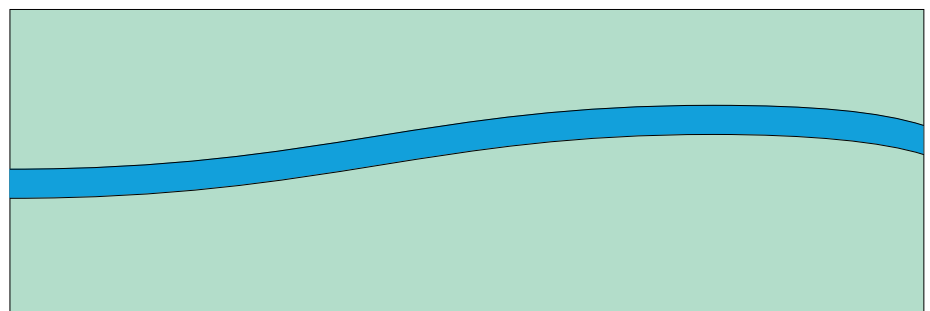
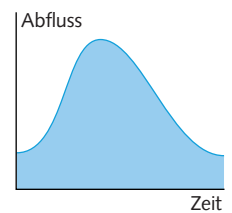
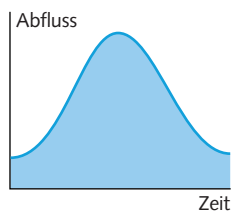
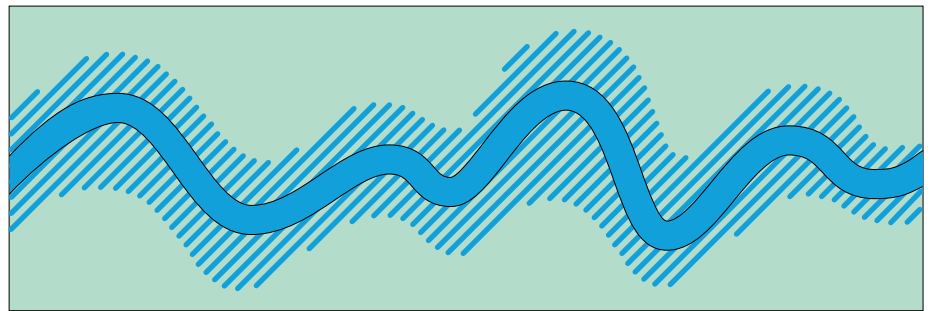
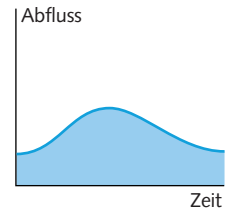
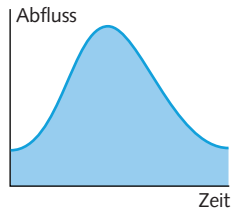
Speicherung im Flußbett

Die Größe des Flußbettes bestimmt, wie viel Wasser aufgenommen werden kann. Erst wenn dieses Bettvolumen ausgeschöpft ist, tritt der Fluss über die Ufer. Je stärker der Abfluss gebremst wird, z. B. durch Bewuchs am Ufer, durch Engstellen oder Krümmungen im Flusslauf, desto stärker ist der natürliche Rückhalt im Flußbett. Kommt kein Wasser aus Nebenflüssen hinzu, wird deshalb die Hochwasserwelle flussabwärts immer flacher.

Je weiter flussabwärts sich die Welle bewegt, umso langsamer und flacher wird sie.

Je länger der Fluss ist und je mehr Platz das Wasser im Tal hat, desto langsamer fließt es und desto flacher wird die Hochwasserwelle.

Flussbett und Talaue halten das Wasser zurück. Häufigere Überschwemmungen auf diesen Flächen verringern die Hochwassergefahr flussabwärts.



Speicherung in der Talaue

Fließt aus dem Einzugsgebiet mehr Wasser in den Fluss, als sein Bettvolumen fassen kann, so ufer er aus. Im günstigen Fall hat der Fluss seine Talaue behalten, die einen Teil des Überschusses aufnehmen kann. Mit der Überflutung der → Aue verbreitert sich der Wasserspiegel

extrem, so dass größere Flächen am Ufer zur → Retention beitragen können. Durch ihren Bewuchs bremst die Aue zusätzlich die Fließgeschwindigkeit. Büsche und Bäume halten fließendes Wasser sehr stark auf; Kräuter-, Röhricht- und Gras am Ufer und Vorländer weniger. In den Mulden und Unebenheiten der Talaue wird außerdem ein Teil des Wassers gespeichert. Deshalb erreicht der Wellenscheitel nur geringere Höhen, die Hochwasserwelle flacht ab.

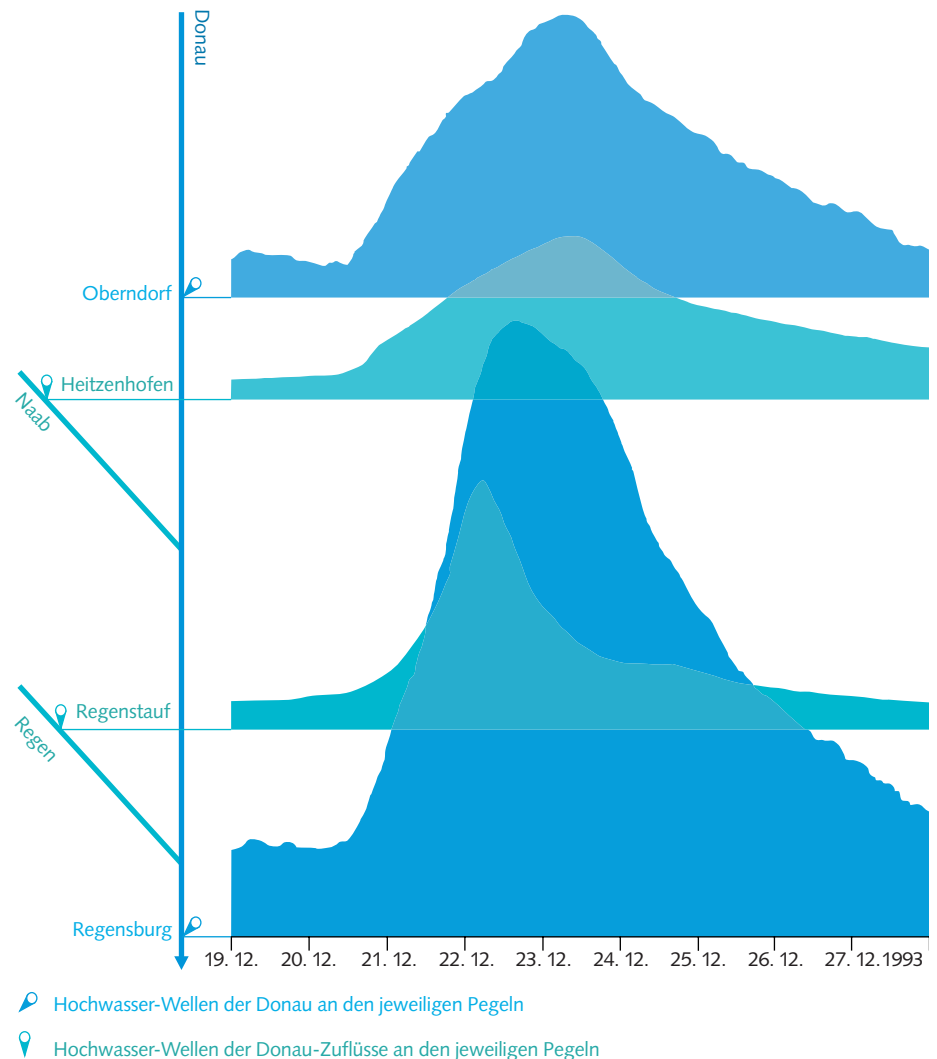
Fast klingt es paradox: Ein steigender Wasserstand und langsame Fließgeschwindigkeit vermindern die Hochwassergefahr. Wie wir aber bereits bei der Konzentrationszeit gesehen haben,

führt ein schneller Abfluss dazu, dass viel Wasser in kurzer Zeit transportiert werden muss. Schnell fließende Gewässer sind zwar selbst relativ hochwassersicher, verlagern aber das Problem an eine andere Stelle. Wie bei einem Trichter staut sich das Wasser dort, wo es zu eng wird. Je mehr Wasser bereits im Ursprungsgebiet der Nebenflüsse zurückgehalten wird, desto beruhigter können die Anwohner von Main und Donau den Frühjahrs- und Sommerregen entgegensehen.

Wellenüberlagerung

Treffen an dem Zusammenfluss zweier Flüsse Hochwasserwellen gleichzeitig ein, so kommt es zur Überlagerung dieser Wellen. Das Wasser des Nebenflusses erhöht sofort das Gesamtabflussvolumen und der → *Hochwasserscheitel* steigt deutlich. Treffen die höchsten Wasserstände aber zeitlich nacheinander ein, dann entsteht ein lang gezogener oder sogar zwei getrennte Scheitel. Diese fallen insgesamt niedriger und damit weniger schadensträchtig aus als bei einer Überlagerung. Es ist deshalb besonders für die Vorwarnung wichtig, die Laufzeiten von Hochwasserwellen für die einzelnen Flüsse Bayerns zu kennen.

Auch wenn ein Nebenfluss kein Hochwasser führt, kann dennoch durch Rückstau ein Hochwasserereignis im Nebenfluss eintreten, z. B. im Mündungsbereich des Flusses Regen bei seinem Zusammentreffen mit der Donau. Führt die Donau hohe Wasserstände, entsteht auch im Regen durch den Rückstau Hochwasser.



In Regensburg fließen Naab und Regen in die Donau. Beim Aufeinandertreffen addieren sich die Zuflüsse. Die Überlagerung ihrer Hochwasserwellen bringt besondere Gefahren für die Stadt – Überschwemmungen beim Hochwasser im August 2002.

Veränderung der Landschaft

Der Mensch gestaltet seine Umwelt, indem er sie besiedelt und den Boden für die Ernährung und Versorgung nutzt. Diese künstlichen Veränderungen der Natur können nicht ohne Auswirkungen auf den Abfluss der → *Niederschläge* bleiben. Das Thema „Versiegelung“ wird im Zusammenhang mit den Eingriffen des Menschen heftig diskutiert. Wo Flächen unter Asphalt verschwinden, wo Boden verdichtet oder ein Bachbett begradigt wird, da verändern sich auch die Bedingungen für die → *Abflussbildung*. In begrenztem Umfang bestimmen wir selbst, wie viel und wie schnell Regen und Schnee in die Flüsse gelangen. Boden-

Neben den Veränderungen, für die der Mensch Verantwortung trägt, gibt es die natürlichen Veränderungen der Landschaft. Im Bergland sind die Bachläufe immer in Bewegung. → *Muren* und → *Verklausungen* zwingen das Wasser in neue Richtungen und verändern die Fließbedingungen.

Fast unmerklich, im Zeitraum von mehreren hundert Jahren, vollzieht sich der Landschaftswandel. In seiner Begleitung entstehen andere Abflussbedingungen für das betroffene Gebiet. Am Beispiel der Attel, das weiter unten genauer beschrieben wird, lässt sich dieser Prozess gut nachvollziehen.



bearbeitung mit schweren Maschinen und Entwässerungsmaßnahmen verschlechtern die Speichereigenschaften des Untergrunds und erhöhen die Hochwassergefahr, wohingegen Aufforstungen oder das Anlegen von Terrassen an Berghängen diese mildert. Es muß also im Einzelfall untersucht werden, wie sich eine Baumaßnahme, die Veränderung der Lauflänge eines Baches oder die Umstellung landwirtschaftlicher Nutzung auf die Abflussbildung in diesem Gebiet und damit auf die Hochwassergefährdung auswirkt.

Versiegelung

In Bayern waren bis einschließlich 2001 10,4% der gesamten Fläche als Siedlungs- und Verkehrsflächen ausgewiesen. Meist bedingt die intensive Nutzung, dass ein Teil der Fläche durch Asphalt, Beton oder Bebauung versiegelt werden muss. Auf versiegelten Flächen läuft mehr Wasser ab als z. B. auf Waldboden, der es zunächst einmal aufnimmt. Die Versiegelung, so wird behauptet, sei ursächlich am Hochwasser beteiligt. Nur ein Teil der bebauten Fläche Bayerns ist aber tatsächlich wasserundurchlässig und kann als

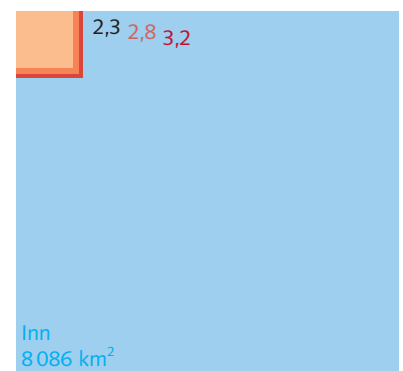
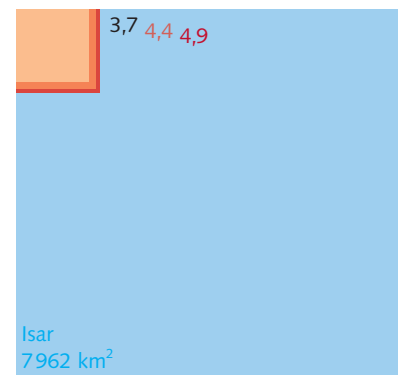
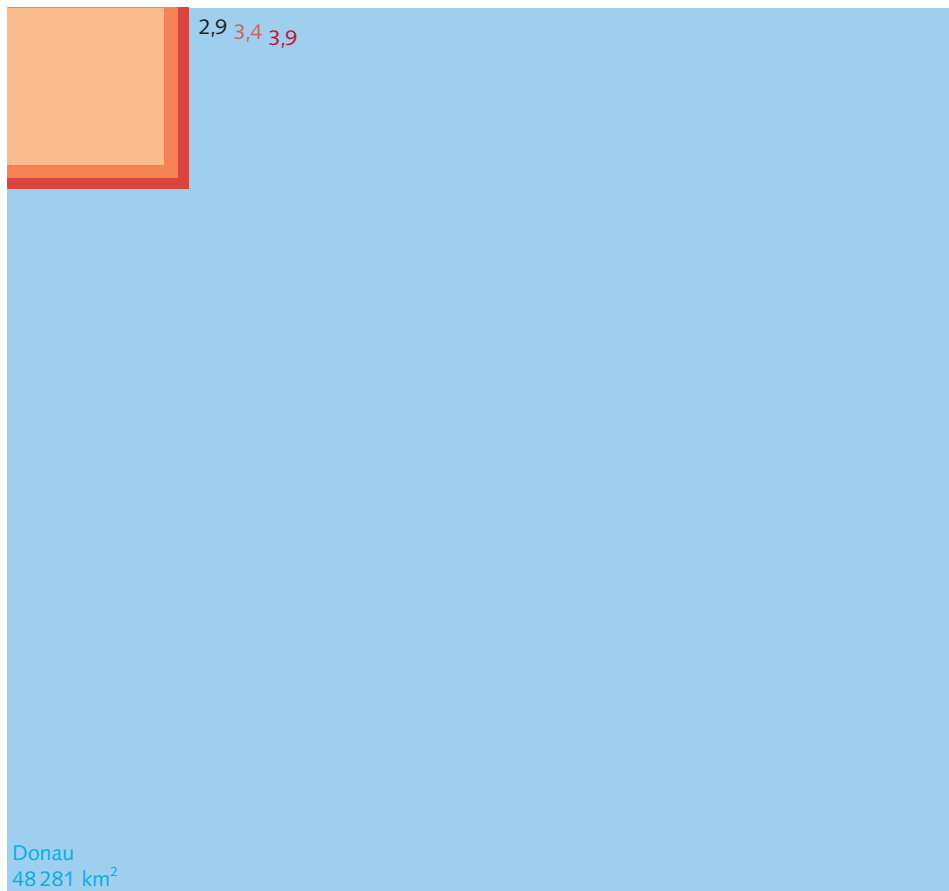
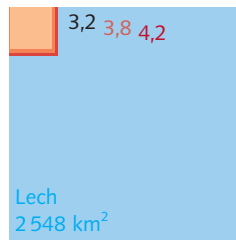
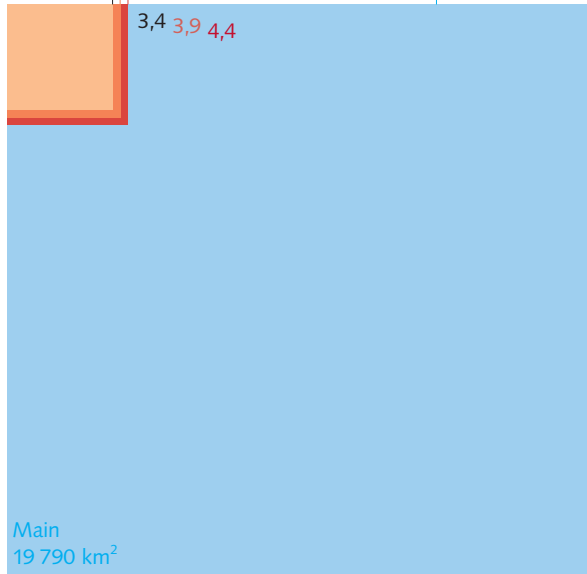
versiegelt gelten. Völlig wasserundurchlässig und damit wirklich versiegelt sind nur 3,4 Prozent der Fläche. Über 95% des Regens fallen in den großen Flussgebieten auf nicht versiegelte Flächen. Auch wenn der Mensch Flächen künstlich versiegelt hat – an den großen Flüssen wirkt sich das kaum aus. In kleineren, stark besiedelten Einzugsgebieten hingegen kann der Anteil künstlich versiegelter Flächen 3 Prozent erheblich überschreiten und somit einen klaren Beitrag zum Hochwasser leisten.

Unversiegelter Boden speichert zwar das Wasser, das auf versiegeltem gleich abläuft, aber auch diese Speicherkapazität hat Grenzen. Ist ein Schwamm einmal nass, dann läuft jeder weitere Tropfen auch auf ihm sofort ab. Diese „natürliche Versiegelung“ des Bodens lässt sich nach langem Regen, aber auch bei Frost beobachten. Dann kann nur ganz wenig Wasser versickern oder in den Hohlräumen gespeichert werden. Regnet es sehr stark, entsteht auf solchem Boden sofort Oberflächenabfluss. In der Folge wächst die Hochwassergefahr.

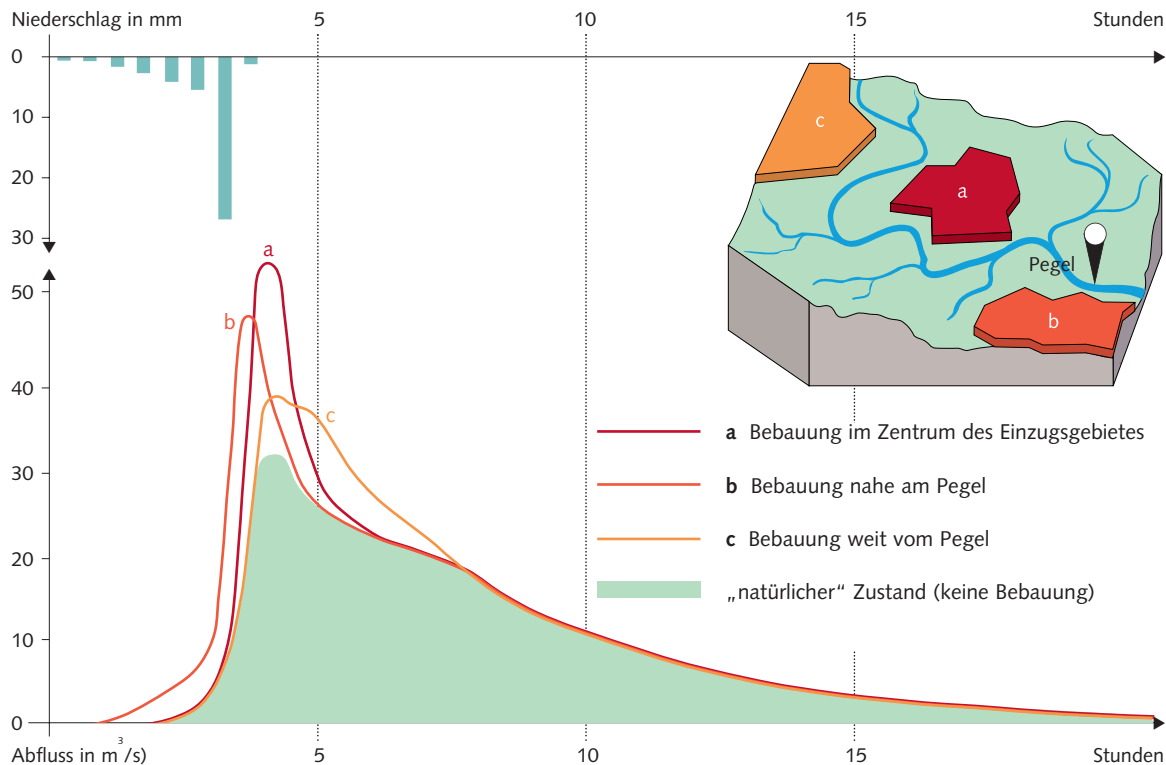
Antwort B Die Versiegelung beeinflusst laut Untersuchungen deshalb nur kleinere, häufigere Hochwasser. Bei extremen Hochwassern regnet es aber so stark, dass es wie oben beschrieben zur „natürlichen Versiegelung“ der Böden kommt. Wenn das natürliche Speichervermögen des Einzugsgebietes erschöpft ist, wird die Menge des abfließenden Wassers, wie beim zu nassen Schwamm, allein durch Stärke und Dauer des Niederschlags bestimmt. Dann ist es einerlei, ob der Boden nun „künstlich“ oder durch Dauerregen „natürlich“ versiegelt ist. Das bedeutet: Auch ein völlig unversiegeltes Bayern, ohne Straßen, Gebäude und Wege, hätte es mit annähernd denselben Phänomenen bei großen Hochwassern zu tun. Bei kleineren Hochwassern ist aber weniger Versiegelung von Vorteil. **B** weitere Infos siehe S. 34

1980 Versiegelung in %
 1992 Versiegelung in %
 2002 Versiegelung in %

Flussgebiet



Der Anteil der versiegelten Flächen in den großen Flussgebieten liegt im Mittel unter 4 Prozent. Mehr als 95 Prozent des Regens fallen auf nicht versiegelte Flächen.



Die Lage von bebauten Flächen im Einzugsgebiet bestimmt, wie sich die Abflusswellen aus dem bebauten Gebiet und dem übrigen Einzugsgebiet überlagern. a. Lage im Zentrum bewirkt die deutlichste Erhöhung der Abflüsse. b. Bei der Lage nahe dem Pegel des Einzugsgebietes fließt das Wasser vor dem restlichen Gebiet ab – mittlere Abflusserrhöhung. c. Bei der Lage am Rand des Einzugsgebietes fließt das Wasser den höchsten Abflüssen des restlichen Gebietes hinterher – geringe Abflusserrhöhung. Die dargestellten Abflussganglinien sind Ergebnisse von Berechnungen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell.

Land- und Forstwirtschaft

Antwort B Neben der Versiegelung bewirkt auch die land- und forstwirtschaftliche Nutzung von Flächen eine Veränderung im Abfluss. Die Umwandlung von Grünland in Äcker oder von Wald in Weide erhöht den Oberflächenabfluss. Bewuchs und Boden können dann weniger Wasser speichern. **B** weitere Infos siehe S. 35 Dasselbe geschieht auch, wenn der Boden – insbesondere durch den Einsatz schwerer Maschinen – verdichtet wird. Seitengräben, zusammen mit landwirtschaftlichen Wegen angelegt, leiten den Niederschlag schneller in die Bäche als früher. Im Zuge der → Flurbereinigung wurden kleine Parzellen zu großen Bewirtschaftungsflächen zusammengelegt.

Antwort C Manchmal wurden dabei Bäche begradigt oder deren Verlauf abgekürzt. In der Folge verringerten sich die Fließzeiten und das Wasser konzentrierte sich schneller an einem Punkt. **C** weitere Infos siehe S. 37



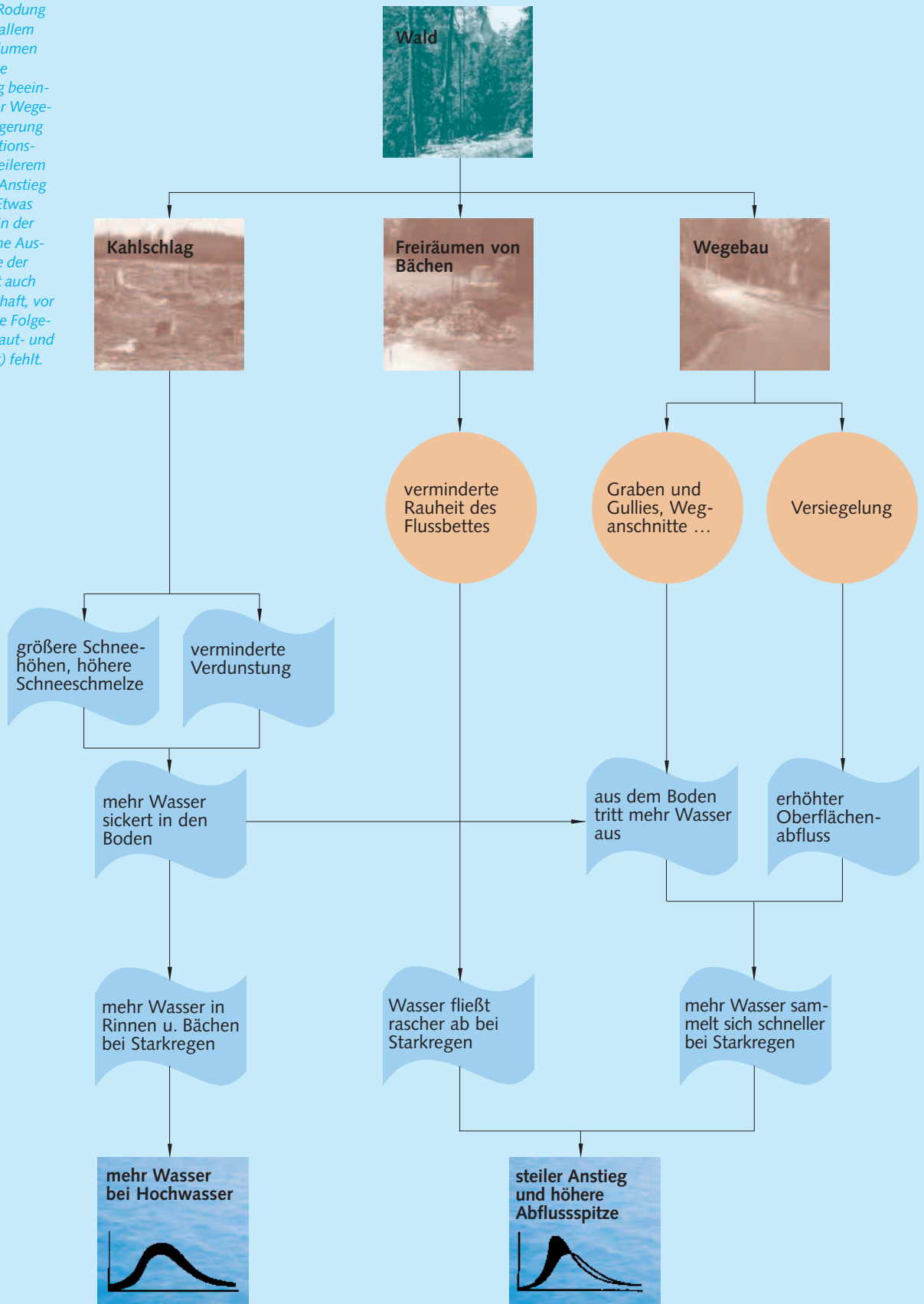
Traktorspuren zwischen den Rebzeilen verdichten den Boden und sammeln das Wasser. Unterpflanzungen begünstigen die Einsickerung, verringern den Oberflächenabfluss und damit auch die Erosion.

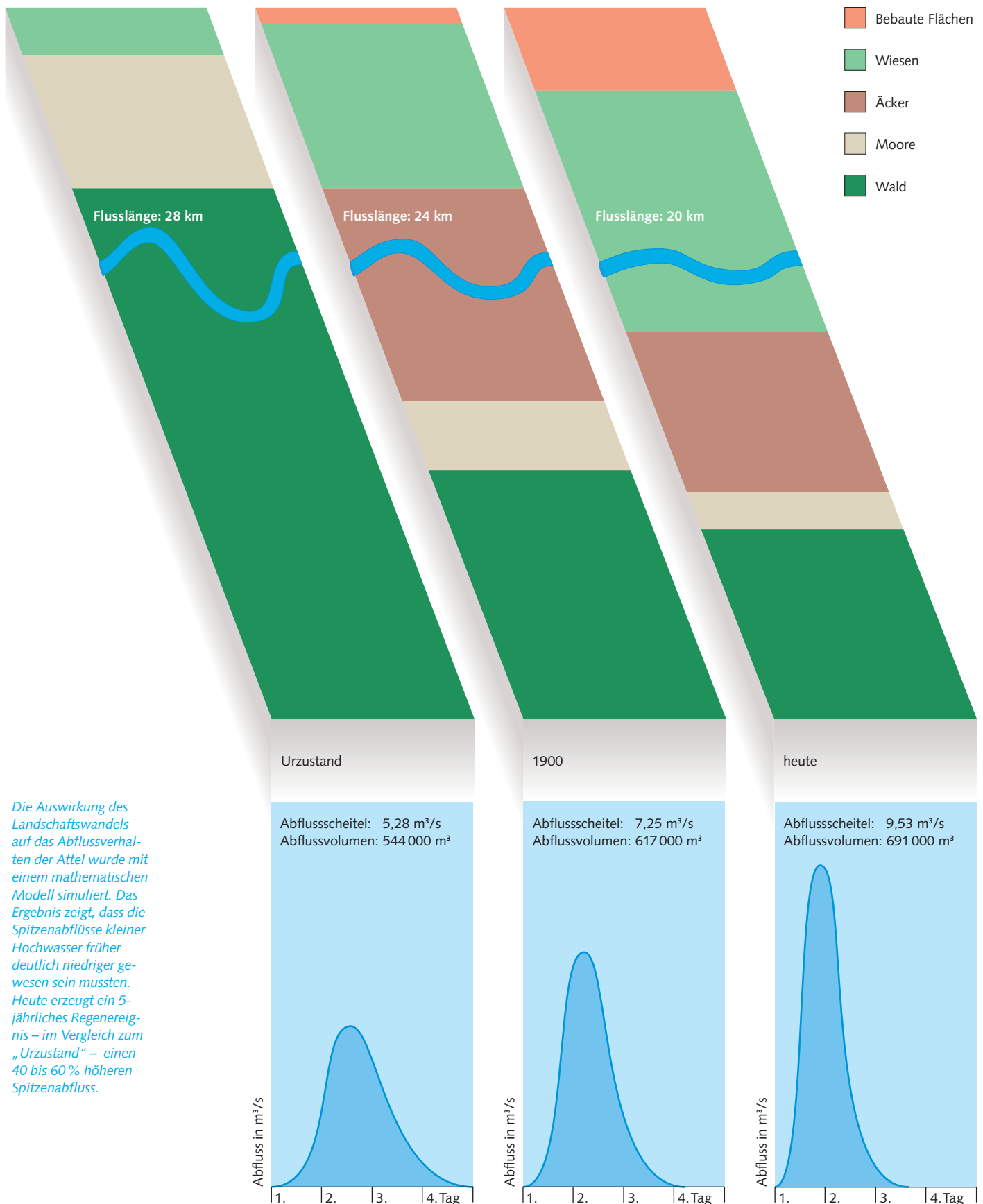


Dieser Bach wurde – wie eine Vielzahl anderer Bäche – im Zuge der Flurbereinigung in den 50er- und 60er-Jahren ausgebaut. Er tritt auch bei hoher Wasserführung kaum mehr über die Ufer und führt

das Wasser mit hoher Geschwindigkeit sofort zum nächstgrößeren Fluss ab, wo innerhalb kurzer Zeit auf diese Weise hohe Abflussspitzen auftreten.

Während die Rodung von Wald vor allem das Abflussvolumen erhöht, also die Abflussbildung beeinflusst, führt der Wegebau zur Verringerung der Konzentrationszeit, also zu steilerem und höherem Anstieg der Abflüsse. Etwas mildere, aber in der Tendenz gleiche Auswirkungen wie der Kahlschlag hat auch die Holzwirtschaft, vor allem wenn die Folgevegetation (Kraut- und Strauchschicht) fehlt.





Die Auswirkung des Landschaftswandels auf das Abflussverhalten der Attel wurde mit einem mathematischen Modell simuliert. Das Ergebnis zeigt, dass die Spitzenabflüsse kleiner Hochwasser früher deutlich niedriger gewesen sein mussten. Heute erzeugt ein 5-jährliches Regenereignis – im Vergleich zum „Urzustand“ – einen 40 bis 60 % höheren Spitzenabfluss.

*Geschwemmsel und
Treibholz staut sich an
Engstellen und Brücken
– Hochwasser an der
Mud, Dezember 1993.*

Ist der Mensch für Überschwemmungen verantwortlich?

Untersuchungsergebnisse aus der Schweiz 1987

Nach den schweren Unwettern 1987 in der Schweiz hat das Eidgenössische Bundesamt für Wasserwirtschaft die Ursachen der Katastrophe untersucht. Besonders die Einflüsse des Menschen auf den Verlauf des Hochwassers sollten analysiert werden. Die Untersuchung zeigt: Pauschale Schuldzuweisungen sind unzutreffend. Anhand der Historie lässt sich ablesen, dass es sich weder um ein einmaliges, noch um ein nie da gewesenes Ereignis handelt. Hohe Niederschläge, die die Speicherkapazitäten des Bodens überforderten, waren die Ursache der Überschwemmungen, nicht eine Verschlechterung der Infiltrationsbedingungen infolge sauren Regens oder die Verdichtung der Böden durch landwirtschaftliche Maschinen. Auch die Entwässerungen scheiden als verstärkender Faktor aus.

Antwort A Trotzdem ist der Mensch nicht ohne Einfluss auf die Schäden gewesen. Zu klein geplante und in der Folge verstopfte Straßendurchlässe ließen die Bäche unkontrolliert überlaufen. Gewässerkorrekturen und Kanalisierungen der Bäche führten teilweise zu zusätzlichen Abflussspitzen. **A** weitere Infos siehe S. 62 Das Problem war nicht nur das viele Wasser, sondern vor allem das Geröll, das vom Hochwasser mitgerissen wurde und Schäden anrichtete. Der Wald wirkte bei diesem Ereignis nur begrenzt abflussverzögernd, erhöhte aber das Risiko von Verkläuerungen durch Schwemmholzanfall.

Ein Beispiel

Zur Illustration der Zusammenhänge von Landschaftswandel und Hochwasser kann das Einzugsgebiet der Attel im Landkreis Ebersberg dienen. Mit einer Fläche von 67 km² ist es eher klein. In der hügeligen Landschaft sind die Böden wenig durchlässig. Ursprünglich waren die Talböden zum Teil moorig und vernässt. Das



Ganze Baumstämme, Wurzelstöcke und Astwerk kann der Wildbach mit sich reißen. Dieses Wildholz blockiert bei Hochwasser Brücken und andere Engstellen. Zusammen mit dem Geschiebe verursacht es Verkläuerungen.

Wasser floss in vielen Windungen bei geringem Gefälle nur zögerlich ab. Bei extremen Hochwassern wurde der Talraum nahezu völlig überflutet. Mischwälder wuchsen auf unvernässtem Boden.

Zu Beginn des Mittelalters bestanden in Niederungen und Quellgebieten ausgedehnte Wiesenmoore mit großen Torflagern. Die Besiedlung und Landwirtschaft erst ließ den „Fleckerlteppich“ aus Wald, Moor, Acker, Wiese und Siedlung entstehen, der für diese Landschaft heute typisch ist. Ab dem 17. Jahrhundert wurde zum Schutz der Landwirtschaft der Bachlauf verkürzt, das Gefälle erhöht und damit die landwirtschaftlich nutzbare Fläche ausgedehnt. Man baute Trieb-

werkskanäle für die Mühlen. Da die nasen Talgründe bei stärkeren Regenfällen kaum Wasser aufnehmen, kam es dennoch im Talraum zu großflächigen Überflutungen.

Antwort C Zu Beginn des 20. Jahrhunderts plante man eine systematische Regulierung der Attel und die Entwässerung des Talraums. Der Flusslauf wurde um ein Drittel verkürzt, begradigt und tiefer gelegt. Wiesengräben kamen hinzu. Nochmals um 50 Zentimeter tiefer gelegt wurde die Attel nach dem verheerenden Hochwasser von 1954. Die regelmäßigen Überschwemmungen, mit denen die Gemeinden Grafing und Aßling zu kämpfen hatten, hörten auf. Für die Unterlieger, die das Wasser nun schneller und höher erreicht, nahm die Überschwemmungsgefahr zu. **C** weitere Infos siehe S. 49

Hochwasser der großen Flüsse

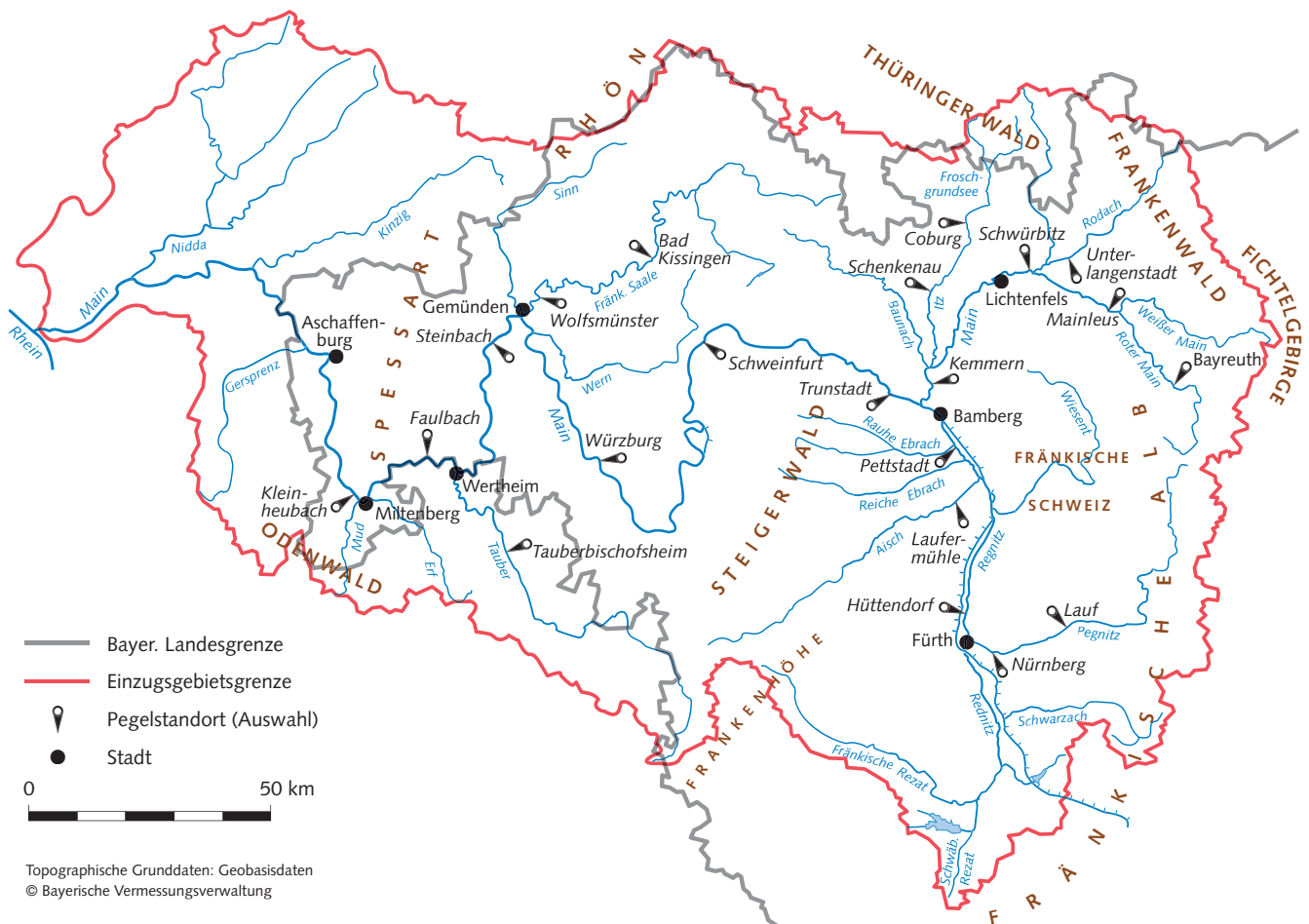
So breit war die Donau hier noch nie. So viel Wasser. Es sieht faszinierend und gefährlich aus, wie sich die Fluten flussabwärts wälzen. Der Inn soll ja auch schon ganz hoch gestiegen sein. Was wohl passiert, wenn Inn und Donau aufeinander-treffen? Hoffentlich passiert den Einwohnern von Passau nichts.

Der Main

Bis der Main Bayern verlässt, entwässern er und seine Nebenflüsse eine Fläche von 23 350 km². Nach der Mosel stellt er damit das zweitgrößte Zuflussgebiet zum Rhein. Von Osten, mit dem Ursprung im Fichtelgebirge, durchquert er auf seinem Lauf nach Westen die gesamte Gesteins-

serie der süddeutschen Schichtstufenland-schaft. Der Main lässt sich entsprechend der Einzugsgebiete seiner Nebenflüsse in drei Abschnitte unterteilen – in den Oberen Main von der Quelle bis Bamberg, den Mittleren Main von Bamberg bis Steinbach (Gemünden) und den Unteren Main von Gemünden bis zur Landes-grenze.

Am Oberen Main prägen die Zuflüsse aus den kleineren → *Einzugsgebieten* der Mittelgebirge die Hochwasser. Tief eingeschnittene Täler mit starken Gefällen führen zu kurzen → *Konzentrationszeiten*. Die Flüsse steigen sehr rasch an und erreichen steile, kurz anhaltende → *Wellen-scheitel*. Oberhalb von Mainleus kommt es zum Zusammenfluss des Weißen



An aerial photograph showing a wide, muddy-brown river flowing through a valley. The river is flanked by green fields and clusters of houses with red-tiled roofs. A long, arched stone bridge spans the river in the upper right. The water level is high, inundating the surrounding land.

Die Donau bekommt ihr Wasser aus den Alpen und den Mittelgebirgen. Stauniederschläge und Schneeschmelze machen sie zum hochwasserreichsten Fluss Europas – August 2002.

Überschwemmungen
in Miltenberg am
30. Januar 1995.



Hochwasseraufbau am
Main im Januar 1995

21. 01.
In den Vortagen hat sich durch Schneefälle eine Schneedecke von 10 bis 30 cm im mittleren Höhenlagen und bis zu 50 cm in höheren Lagen gebildet. Mit der Zufuhr milder Luftmassen bei Westlage beginnt es zu regnen.

22. 01.
Vor allem nördlich des Main fallen von Westen her bis zu 50 mm Regen.

23. 01.
In den mittleren Höhenlagen ist der Schnee geschmolzen. Regen und Schnee führen zu einer ersten Abflusswelle vor allem an den nördlichen Zuflüssen des Main. Am Pegel Mainleus wird ein erster Scheitel erreicht, bei Kemmern führen die Zuflüsse von Itz und Baunach zu steigenden Wasserständen, bei Steinbach die Fränkische Saale und bei Kleinheubach die Zuflüsse aus dem Spessart und dem Odenwald (Mud und Erf).

24. 01.
Bei anhaltender Westlage tritt zunächst eine Wetterberuhigung ein. Im oberen Main bei Schwüribitz beginnen die Wasserstände zu fallen, an den übrigen Pegeln bis Würzburg steigen sie weiter an. Die Fränkische Saale erreicht einen zweiten Höchststand. Bei Miltenberg steigt der Main weiter.

25. 01.
Eine Warmfront bringt sehr feuchte und milde Atlantikluft. Von Westen her beginnen erneute Regenfälle. Sie erreichen zum Teil über 50 mm in Mittelfranken und der Oberpfalz. Auch an der Regnitz steigen jetzt die Wasserstände.

26. 01.
Bei Kleinheubach erreichen die Wasserstände nach 6 Uhr einen Höchststand. Vereinzelt sind bebaute Gebiete von Überschwemmungen betroffen. Im oberen Main werden Scheitelstände erreicht, die im Mittel nur alle 15 Jahre überschritten werden.

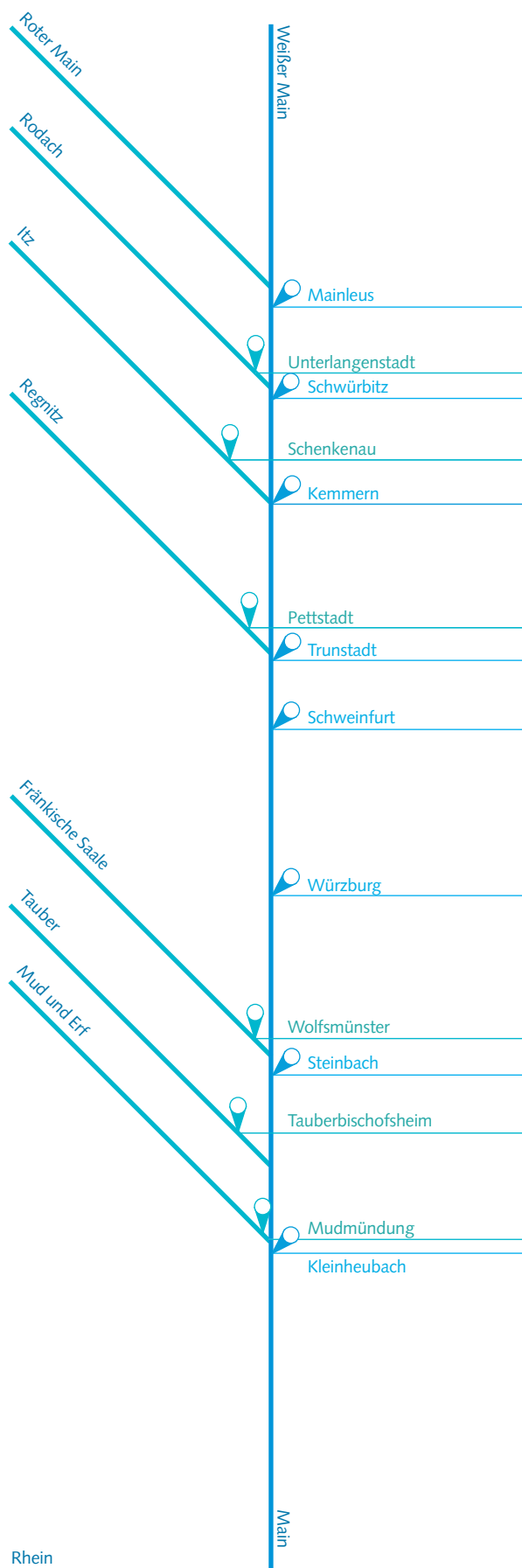
27. 01.
Eine Kaltfront führt polare Meeresluft nach Deutschland. Es beginnt wieder zu schneien. Die Regnitz erreicht um 1 Uhr einen Höchststand, der im Mittel nur alle 20 Jahre erreicht wird. Mit dem Zusammenfluss von Regnitz und Main bil-

det sich eine Hochwasserwelle, die ab der Regnitzmündung mainabwärts läuft. Um 16 Uhr wird in Trunstadt der Scheitel erreicht. Bei Miltenberg wird ein weiterer Höchststand erreicht. Hier sind in größerem Umfang auch bebaute Gebiete von Überschwemmungen betroffen.

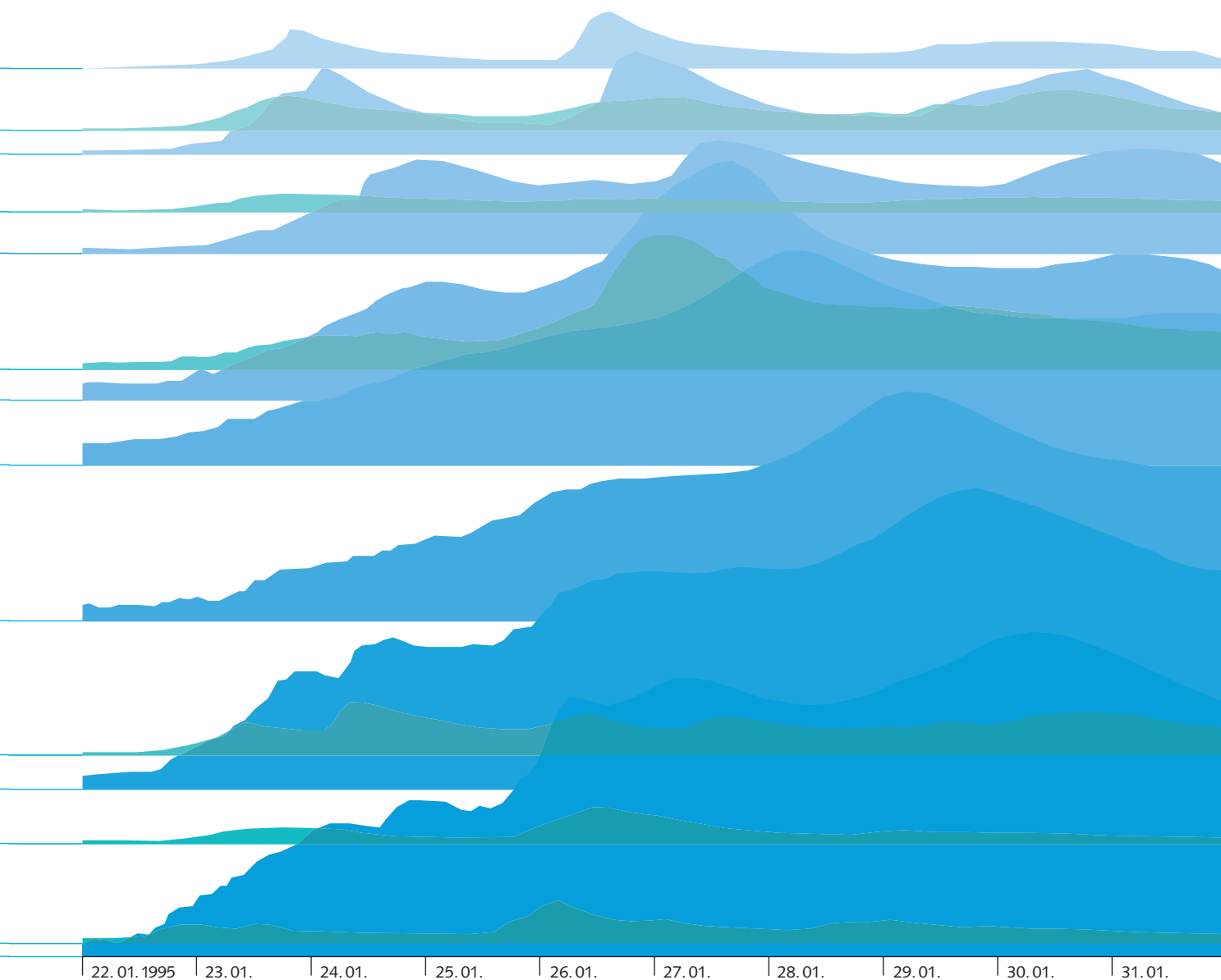
28. 01.
→ Aufgleitniederschläge einer Warmfront fallen zunächst als Schnee, später als Regen. Sie erreichen in Ober- und Unterfranken Höhen zwischen 15 und 30 mm.

29. 01.
Der Regen hat aufgehört. Eine dritte Hochwasserwelle am oberen Main kommt im mittleren Main kaum mehr zur Geltung, da die Regnitz inzwischen wieder stark zurückgegangen ist. Um 4 Uhr erreicht der Scheitel der Hochwasserwelle Würzburg, um 18 Uhr Steinbach.

30. 01.
Der Pegel Kleinheubach steigt weiter und erreicht um 7 Uhr einen Höchststand, der im Mittel nur alle 20 bis 25 Jahre überschritten wird. Danach fallen die Wasserstände. Das Hochwasser geht zurück.



-  Hochwasser-Wellen des Mains an den jeweiligen Pegeln
-  Hochwasser-Wellen der Main-Zuflüsse an den jeweiligen Pegeln



Mains mit dem Roten Main. Es folgen bei Lichtenfels die Rodach aus dem Frankensteinwald und vor Bamberg die Itz aus dem Thüringer Wald. Dort werden zum Schutz von Coburg die Hochwasserabflüsse im künstlich angelegten Froschgrundsee bei Schönstadt zurückgehalten.

Bei Bamberg mündet mit der Regnitz der größte Nebenfluss von Süden in den Fluss. Sein Einzugsgebiet ist mit 7536 km² fast doppelt so groß wie das des Oberen Main. Entsprechend gewinnen seine Hochwasserabflüsse und ihr Zusammentreffen mit dem Oberen Main entscheidenden Einfluss auf die Höhe des Hochwassers. Unterhalb des Regnitzzuflusses bis zur Mündung der Fränkischen Saale tragen nur wenige kleinere Flüsse zum Abfluss bei. Im mittleren Mainabschnitt bewirken vorhandene → *Retentionsflächen* meist eine Abflachung der → *Hochwasserscheitel*, die durch Regnitz und oberen Main aufgebaut wurden.

Im Unterlauf des Main bei Gemünden nimmt der Fluss die Fränkische Saale auf. Sie entspringt in den Höhenlagen der Rhön. Wie die weiteren Zuflüsse – die Tauber bei Wertheim und die kleineren Flüsse aus Spessart und Odenwald, z. B. die Mud – kann sie erhebliche Winterhochwasser führen. Es bilden sich Zuflusswellen, die meist als so genannte „Vorwellen“ der Haupthochwasserwelle des Mains vorauslaufen.

Antwort H Die großen Hochwasser entstehen überwiegend durch Regenfälle und Schneeschmelze im Winter und Frühjahr. Katastrophale Hochwasserereignisse werden durch plötzliches Tauwetter und gleichzeitige intensive Regenfälle bei gefrorenem Boden ausgelöst. Bei den großen Hochwassern am Main ist meist das gesamte Einzugsgebiet von Regenfällen und Schneeschmelze betroffen.  *weitere Infos siehe S. 44* Da die Regenfälle sich wegen der Großwetterlage häufig von West nach Ost bewegen, beginnt die Hochwassergefahr am Unteren Main. Halten die Regenfälle länger als 2 1/2 Tage an, so bilden sich zusammen mit den Zuflüssen aus dem Oberlauf sehr große Hochwasserabflüsse. Denn so lange dauert es, bis die Hochwasserwelle des Oberen und Mittleren Mains am Unterlauf eintrifft.

Die Donau

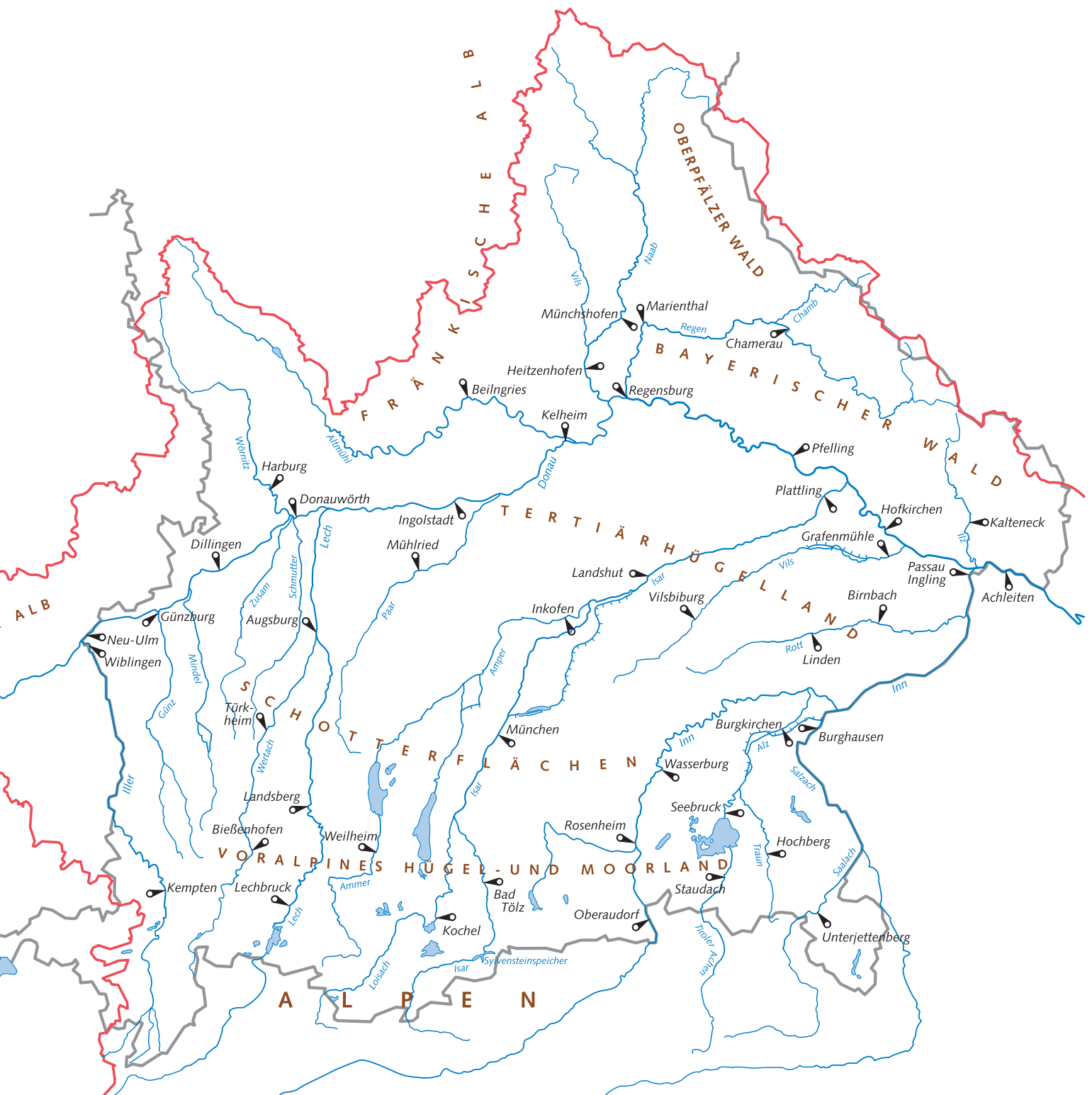
Der Aufbau großer Hochwasser an der Donau ist komplizierter als beim Main, da sie ein weit größeres Gebiet entwässert. Die Flüsse des Donaupraumes unterscheiden sich stark in ihrem Abflussverhalten und der Hochwasserhäufigkeit. Sie entwässern sehr unterschiedliche Landschaften und Naturräume. Iller, Lech, Isar und Inn, die größeren südlichen Zuflüsse zur Donau, haben ihren Ursprung im Gebirge. Schmelzwasser und Stauniederläge führen im Sommer zu einer höheren Wasserführung. Im Winter ist der Niederschlag dagegen in Schnee und Eis gebunden. Von Süden kommend, haben Günz, Mindel, Zusam, Schutter, Paar und Vils ihren Ursprung im tertiären Hügelland und den Schotterflächen des Alpenvorlandes. Mit zunehmendem Abstand vom Gebirge regnet es hier weniger. Die gute Speicherfähigkeit der Böden sorgt darüber hinaus für eine gleichmäßigere Wasserführung. Würnitz und Altmühl entwässern die Mittelgebirgslagen der Schwäbischen und Fränkischen Alb, Naab und Regen den Oberpfälzer und Bayerischen Wald. Ergiebige Dauerregen und Schneeschmelze führen dort zu Hochwasserständen. Vom trägen Mittelgebirgsfluss bis zum hochalpinen → *Wildbach* – sie alle haben ihren spezifischen Einfluss auf die Wasserführung der Donau.

Obwohl die Donau zu den hochwasserreichsten Flüssen Europas zählt, ist selten das ganze Einzugsgebiet gleichzeitig von Hochwasser betroffen. Nur das Hochwasser von 1845 und die „Tauflut“ von 1882/83 bewirkten Überschwemmungen auf fast der gesamten Fläche. In allen anderen Fällen traten und treten Hochwasserschwerpunkte auf, z. B. in Donauwörth, Regensburg oder Passau.

Der Inn ist auf deutschem Gebiet der bedeutendste Nebenfluss der Donau. Genau genommen kann man gar nicht von einem „Nebenfluss“ sprechen. Denn obwohl sein Einzugsgebiet mit 26 100 Quadratkilometern nur halb so groß ist wie das der Donau, liefert er im Mittel 740 Kubikmeter Wasser pro Sekunde nach Passau. Die Donau dagegen „nur“ 640. Schmelzwasser aus Schnee und Gletschern füllen den Inn im Sommer. Zusammen mit Regenfällen können sie

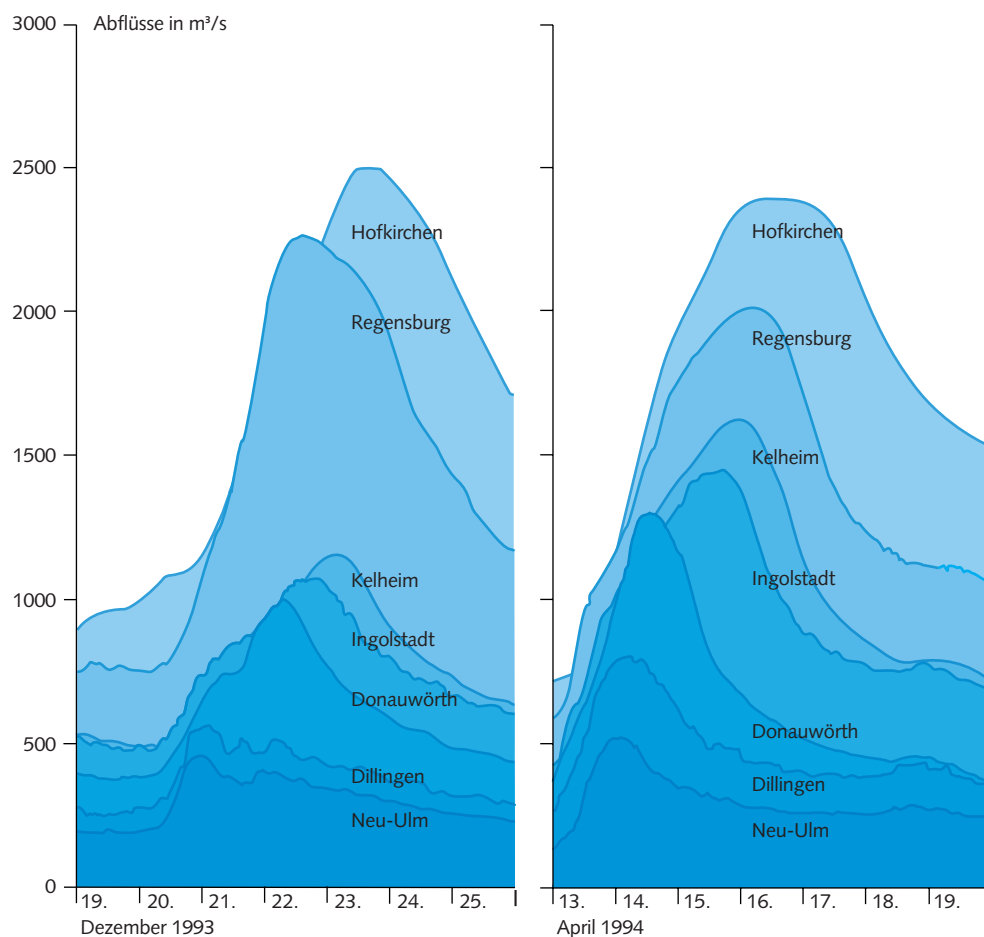


Topographische Grunddaten: Geobasisdaten
 © Bayerische Vermessungsverwaltung



Im Dezember 1993 waren vom Hochwasser besonders Wörnitz, Altmühl, Naab und Regen betroffen. In der Donau baute sich gleichzeitig eine Hochwasserwelle bei Donauwörth durch den Zufluss der Wörnitz und eine bei Regensburg durch den Zufluss von Regen und Naab auf. Die später eintreffende Donauwelle setzte sich auf die abklingenden Zuflüsse auf und verlängerte die Hochwasserstände.

Im April 1994 dominierten südliche und nördliche Zuflüsse bis Kelheim das Hochwassergeschehen. Die Hochwasserwelle in der oberen Donau wurde bis Dillingen hauptsächlich von südlichen Zuflüssen der Günz und Schutter aufgebaut. Der Scheitel erreichte nach 8 bis 10 Stunden Donauwörth, wo er auf das schon langsam zurückgehende Hochwasser der Wörnitz auftrifft. Hier addierten sich die Zuflüsse zu einem 100-jährlichen Hochwasserscheitel. Der Scheitel erreichte nach etwa 14 Stunden Ingolstadt. Die hohen Zuflüsse von Paar, Ilm und Abens liefen diesem Scheitel voraus. Sie bewirkten die rechtsschiefe Verteilung der Abflüsse bei Kelheim und Regensburg.



zu Hochwasserständen führen. Bisweilen werden hier doppelt so hohe Abflüsse gemessen wie bei den größten Sommerhochwassern der Donau. Wie das Jahr 1862 zeigt, gibt es in seltenen Fällen auch im Winterhalbjahr große Hochwasser. Treffen die Hochwasser aus Inn und Donau zeitlich zusammen, so bedeutet das Gefahr für Passau.

Winterhochwasser

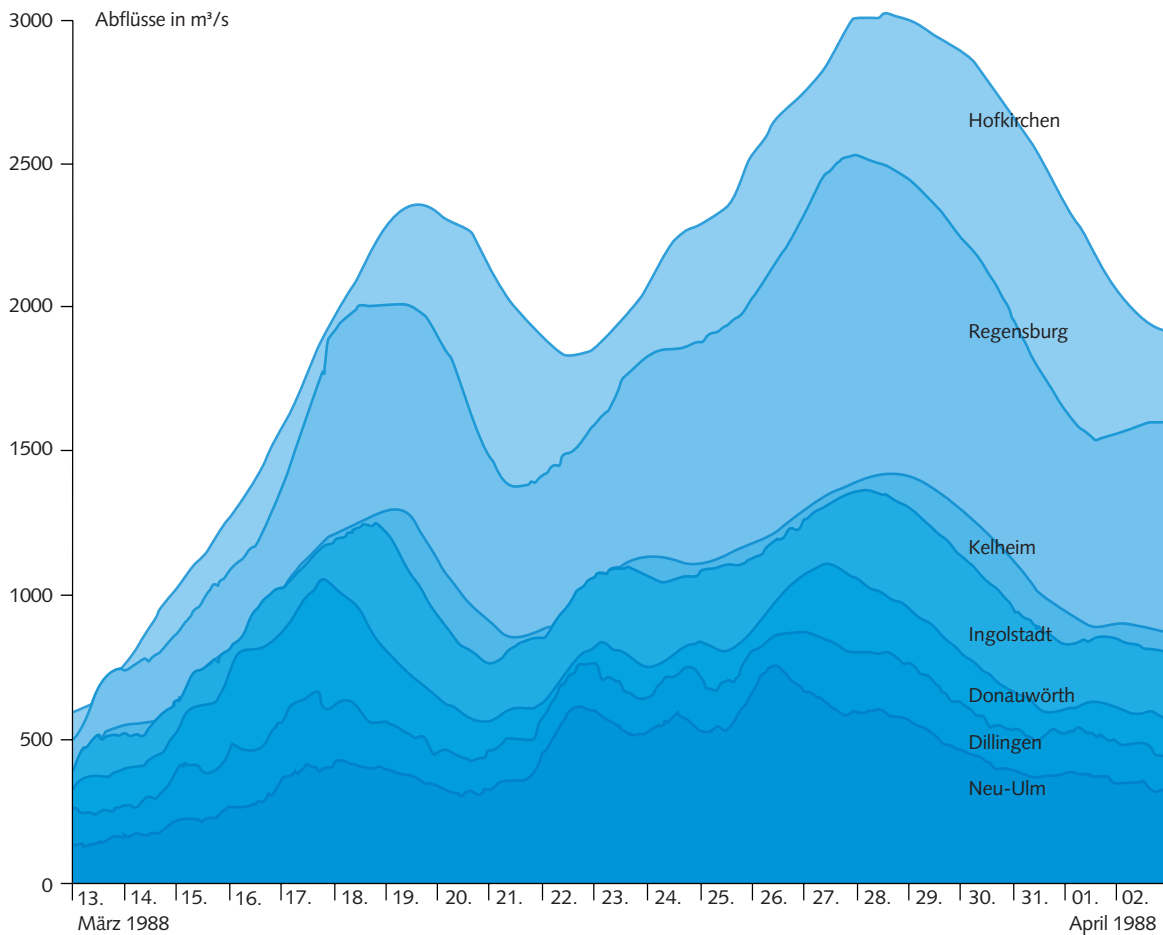
Im Winter sind es vor allem die nördlichen Zuflüsse Wörnitz, Altmühl, Naab und Regen, die zu den großen Donauhochwassern beitragen. Die größten Winterhochwasser ereigneten sich 1845, 1850, 1862 und 1882. In früheren Zeiten gab es an vielen Strecken der Donau → *Eishochwasser*, die durch Eisstau und Eisversetzung verursacht wurden. Heute besteht eine solche Gefahr kaum noch: → *Flussregulierungen* und → *Stautufen* haben sie stark vermindert.

Antwort Das größte Winterhochwasser der Donau in jüngerer Zeit ereignete sich im März 1988. Bis zum 10. März 1988 bedeckte eine geschlossene Schneedecke das gesamte bayerische Einzugsgebiet des Flusses. Je nach Höhenlage waren bis zu 100 Liter Wasser pro Quadratmeter in ihr gespeichert. Zwischen dem 10. und 17. März kamen 50 bis 100 Liter pro Quadratmeter – teils als Regen, teils als Schnee – hinzu. Tauwetter setzte ein. Die Donau entwickelte unter dem Einfluss der Schneeschmelze im Oberlauf eine flache und lang gestreckte → *Hochwasserwelle*. Bis Kelheim blieben die Pegel unter dem Niveau des Hochwassers vom April 1994. Erst ab Regensburg wandelte sich das Bild. Dort traf die Donauwelle auf die Hochwasserscheitel (→ *Hochwasserwelle*) der Zuflüsse aus Naab und Regen. Daraufhin entstand ein Scheitelplateau, das über einen Tag andauerte.

Wirklich dramatisch verschärfte sich das Hochwasser aber erst acht Tage später am 27. und 28. März. Großflächige Niederschläge von 60 bis 80 Millimetern, im Bayerischen Wald bis zu 150 Millime-

tern, fielen auf den wassergetränkten Boden, wo sie nicht mehr versickern konnten. Dieser Regen floss daher an der Oberfläche sehr schnell in die Flüsse und ließ diesmal die Wasserstände noch stärker ansteigen als nach dem 17. März, da sie sich zu den noch vom vorangegangenen Niederschlag erhöhten Wasserständen summieren. Die Gebiete Nordostbayerns lieferten mit ihrem Schmelzwasser einen zusätzlichen Beitrag. In Regensburg kam es – vor allem durch das Hochwasser der Naab – zu einer besonderen kritischen Situation. Die Hochwasserdeiche konnten dem Scheitelabfluss von 2 600 Kubikmetern pro Sekunde am 27./28. März nicht mehr standhalten. Unterhalb von Regensburg brachen die → *Deiche* und weite Landstriche verschwanden unter den strömenden Fluten.

Das Donauhochwasser im Dezember 1993 wurde durch einen zweitägigen Dauerregen mit 70 – 90 Millimeter Niederschlag innerhalb von zwei Tagen



Gegenüber den gewaltigen Abflussmengen, die im März/April 1988 zum Abfluss kamen, nehmen sich die beiden Hochwasser im Dezember 1993 und April 1994 bescheiden aus. Es wurden aber im April 1994 in Donauwörth, Ingolstadt und Kelheim höhere Scheitelstände erreicht.

ausgelöst. Dieser fiel vor allem in den nördlichen Einzugsgebieten der Donau.

Im April 1994 überlagerte sich die Hochwasserwelle der Donau mit der Welle der Wörnitz. Durch das Zusammentreffen der zwei Hochwasserwellen entstand bei Donauwörth ein → *100-jährliches Hochwasserereignis* mit erheblichen Überschwemmungen.

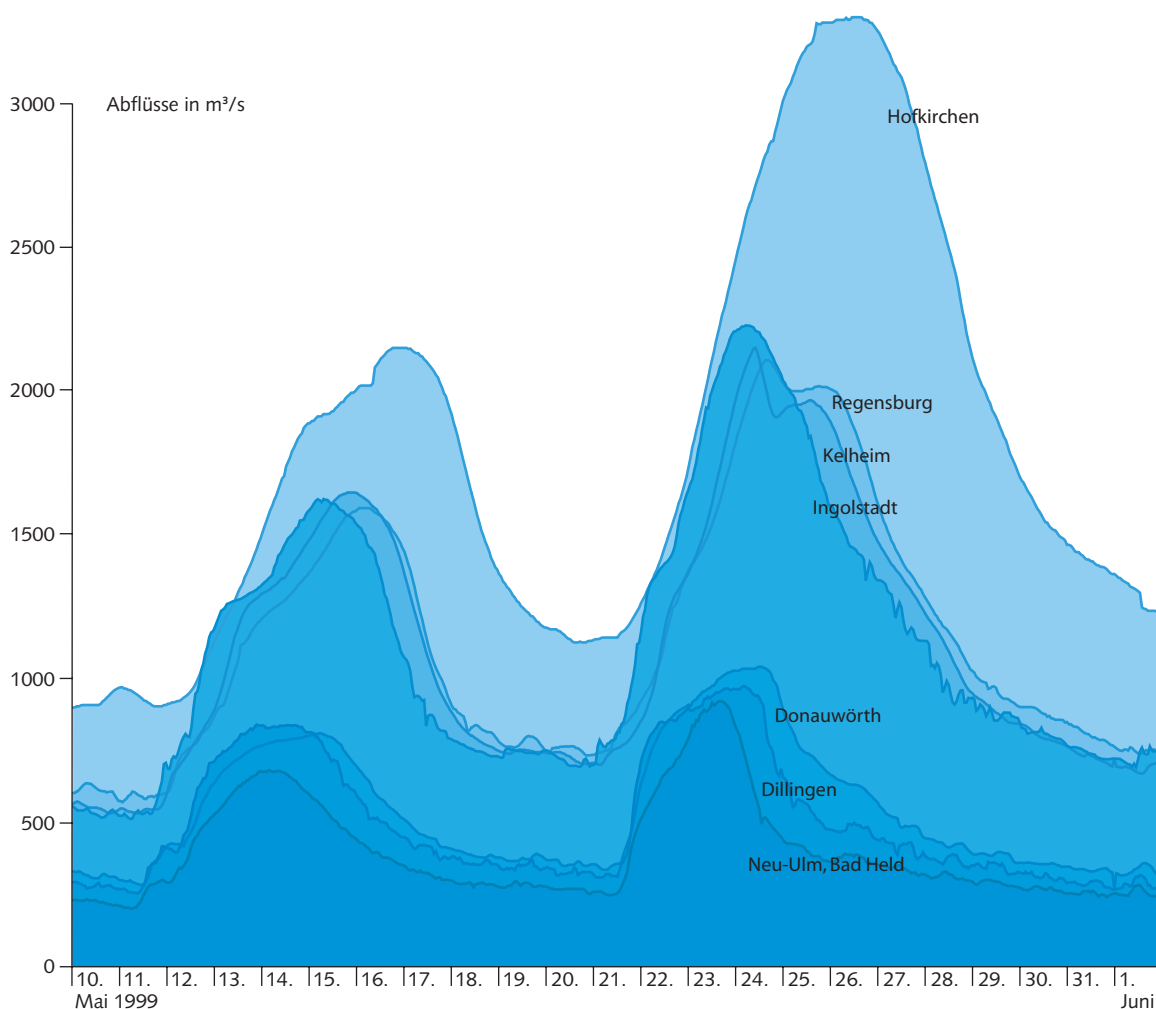
Sommerhochwasser

Im Sommer verursachen die Alpenflüsse Hochwasserereignisse. Das Wasser der nördlichen Zuflüsse Wörnitz, Altmühl, Naab, Regen und Ilz spielt meist eine untergeordnete Rolle. An der Donau besonders gefürchtet ist die sogenannte → *Vb-Wetterlage*, die am Alpenrand heftige Niederschläge auslöst. Die Hochwasser 1890, 1954, 1991 und 2002 entsprangen dieser Wetterlage. Im Jahre 1890 und 1954 führten die nördlichen und südlichen Donauzuflüsse zur selben Zeit Hochwasser. Aus der Summe beider entstanden damals extreme Sommerhochwasser.

Das Hochwasser im Mai 1999 (Pfingsthochwasser) war das Ergebnis starker Regenfälle in den Nordalpen, dem Alpenrand und Teilen des Alpenvorlandes. Den Auslöser für den dauerhaften Starkregen bildete das Zusammentreffen feucht-kalter Atlantikluft aus dem Westen mit quasi stationären Ausläufern eines Adriatiefs in Staulage an den Alpen. Verschärfend kam hinzu, dass die Böden nach den Regenfällen und der Schneeschmelze in der ersten Maihälfte bereits vor Pfingsten wassergesättigt waren. Der Starkregen vom 20. bis 22. Mai 1999 floss daher in einigen Gebieten direkt in die Flüsse ab, ohne im Boden zu versickern. Der Monat Mai 1999 bescherte insbesondere dem westlichen Oberbayern neue Rekordwerte an Monatsniederschlägen. Der meiste Niederschlag fiel am 21. Mai 1999 mit 243 Millimetern in Wallgau-Obernach. An einigen Stationen wurden neue Rekordwerte des Tagesniederschlags erfasst. Die 48 Stunden-Niederschläge vom 21. und 22. Mai in Hindelang-Hinterstein haben mit 258 Millimetern eine → *Jährlichkeit* von mehr

als 250 Jahren. Flächendeckend fielen 48 Stunden-Niederschläge einer Jährlichkeit von 50 bis 100 Jahren. Die 72 Stunden-Niederschläge des Hohenpeißenberg mit 186 Millimetern und die 24 Stunden-Niederschläge von Obergünzburg mit 93 Millimetern entsprechen einer Jährlichkeit von 100 Jahren. Die alpinen und voralpinen Einzugsgebiete reagierten am schnellsten auf die Niederschläge und die Wildbäche erreichten ihre Höchststände bereits in der Nacht von Freitag, dem 21. Mai 1999, auf Pfingstsamstag. Die extremen Wassermassen rissen dort Kies, Steinblöcke, Holz und ganze Bäume mit ins Tal. Im Tal sammelten sich die Wassermassen der Wildbäche in Iller, Lech, Ammer, Loisach und Isar. In der Folge stiegen auch diese in ihren Oberläufen bis zum Abend auf Wasserstände an, wie sie im Mittel nur alle 200 bis 300 Jahre überschritten werden.

Hochwasser im Mai 1999: Die erste Welle ab dem 12. Mai entstand in Folge von Schneeschmelze bei mäßigem Hochwasserregen. Die zweite Welle ab den 21. Mai war die Folge kräftiger, anhaltender Regenfälle. Das Hochwasser des Lech führte auf der Donaustrecke von Ingolstadt bei Kelheim zu extremen Wasserständen.



Dabei kam es zu weiträumigen Überschwemmungen und großen Schäden. Die unterhalb der Speicher Grüntensee, Forgensee und Sylvensteinsee gelegenen Städte und Gemeinden erlitten nur geringen Schaden, da ein beträchtlicher Teil der Zuflüsse zurückgehalten werden konnte. Das Hochwasser aus den Alpenflüssen erreichte ab dem 23. Mai die Donau und führte vor allem im Donauabschnitt zwischen Lechmündung und Regensburg zu extremen Wasserständen.

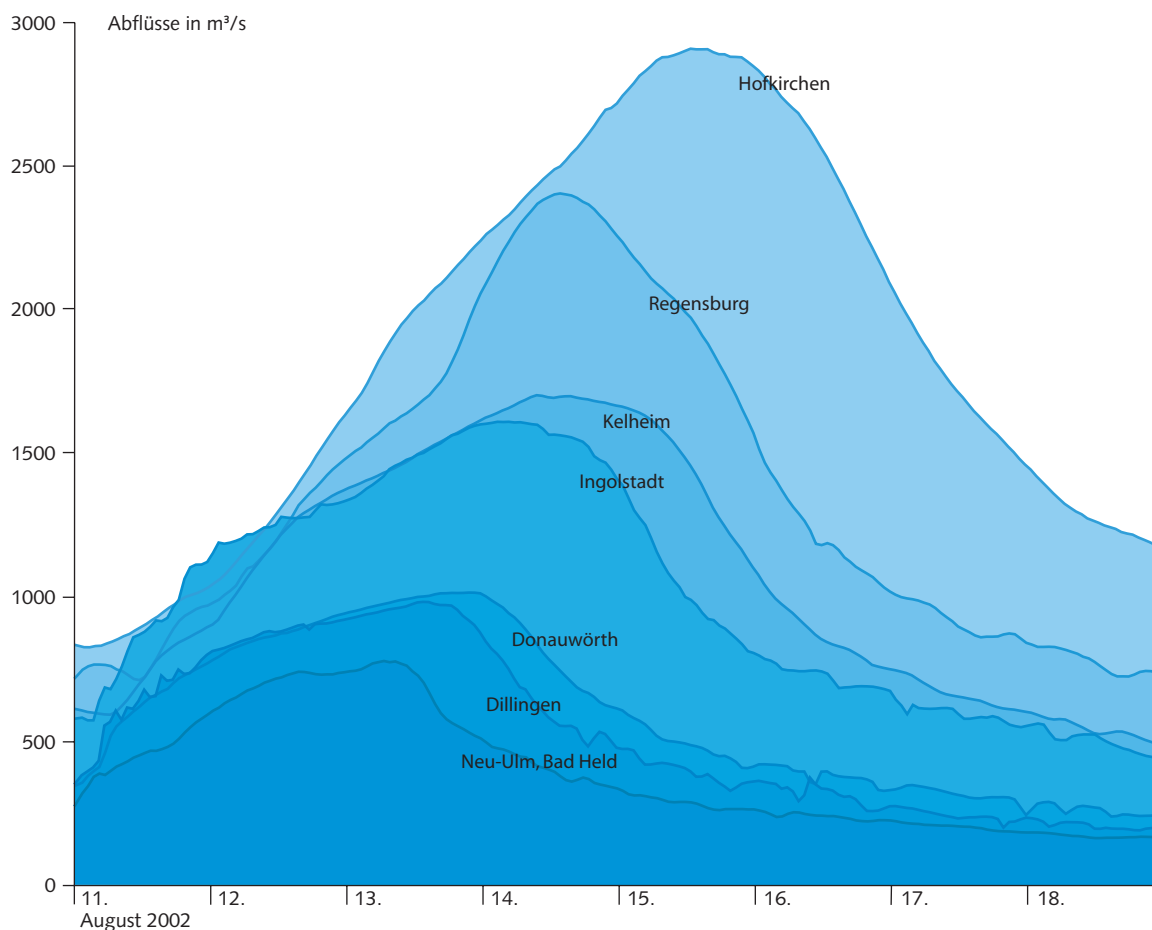
Im August 2002 entstand durch zwei aufeinanderfolgende Starkniederschlagsereignisse und ein sich langsam nordostwärts verlagerndes Adriatief (Vb-Lage) ebenfalls ein extremes Hochwasser. Das adriatische Tiefdruckgebiet konnte auf Grund seiner warmen Luftmassen über dem Mittelmeer besonders viel Feuchtigkeit aufnehmen, die ab dem 10. August

abends beim Aufeinandertreffen mit der kühleren Luft über Süddeutschland kondensierte und ausregnete. Von Westen her setzten Gewitter und Schauer ein, die in Dauerregen übergingen und vor allem im Allgäu und im Landkreis Ebersberg intensive Niederschläge brachten (Görisried 105 Millimeter, Bayern-Kleinrohrs Dorf 78 Millimeter). Am 11. August wurde die Luftmasse durch die Rückseitenströmung (Westflanke) des Tiefdruckgebietes von Norden auf die Alpenbarriere gelenkt, gestaut und regnete verstärkt durch den erzwungenen Hebungsprozess aus. Dabei brachte es Südbayern die kräftigsten Regenfälle (Aschau-Grattenbach 176, Ruhpolding 141 Millimeter).

Am 12. August zog das Tiefdruckgebiet weiter nach Nordosten, woraufhin im Bayerischen Wald und im Oberpfälzer Wald ergiebiger Regen einsetzte. Dies führte z. B. in Waldkirchen/Bayer. Wald zu einer Tagesniederschlagshöhe von 104 Millimeter, die einem 100-jährlichen Starkregen entspricht. Mit dem Starkregenereignis vom 10. auf den 11. August begannen zunächst im Regierungsbezirk

Schwaben die Pegel zu steigen. In Teilen des Oberallgäus führte das zu einem Ereignis, das statistisch im Bereich eines 100-jährlichen Hochwassers einzuordnen ist. An den Flüssen des Chiemgaus, des Berchtesgadener Landes und an der Salzach traten Jährlichkeiten von 50 bis 100 Jahren auf. Am Pegel Burghausen/Salzach führte das Hochwasser mit 3000 Kubikmeter pro Sekunde zum vierthöchsten Abfluss seit Beginn der Messungen an diesem Pegel 1827. Es entspricht einem 50-jährlichen Ereignis. Das Hochwasser des Inn wurde vor allem von der Salzach bestimmt. Der Inn summierte sich zusammen mit den steigenden Zuflüssen der Donau in Passau zu einem Abfluss von ca. 7700 m³/s.

Mit der Verlagerung der Tiefdruckzelle nach Nordosten stiegen zum Abend des 12. August die Pegelstände an den Flüssen im Bayerischen Wald (Regen und Ilz). Erste Scheitelstände wurden in den



Hochwasser im August 2002: Die Vb-Wetterlage bescherte vor allem dem Regeneinzugsgebiet extreme Regenfälle. An der bayerischen Donau kam es vor allem in Regensburg und Passau zu extremen Wasserständen.

Oberläufen noch in der Nacht zum 13. August erreicht. Hier kam es zu Wasserständen, wie sie bisher an diesen Pegeln noch nicht beobachtet wurden. Vom Pegel Chamerau/Regen wurde ein Höchststand von 680 cm am 13. August um 10 Uhr gemeldet. Bei 600 cm ist entsprechend den bisherigen statistischen Erkenntnissen ein 100-jährliches Hochwasser erreicht. Auch bei weiteren Pegeln im Regeneinzugsgebiet lag die Jährlichkeit deutlich über 100 Jahren. In Regensburg führte der Zufluss des Regen zusammen mit der Donau am 14. August um 13:00 Uhr zu einem Scheitelstand, der mit 6,63 m nur wenig unter dem Scheitelstand des Hochwassers vom März 1988 (6,72 m) lag.

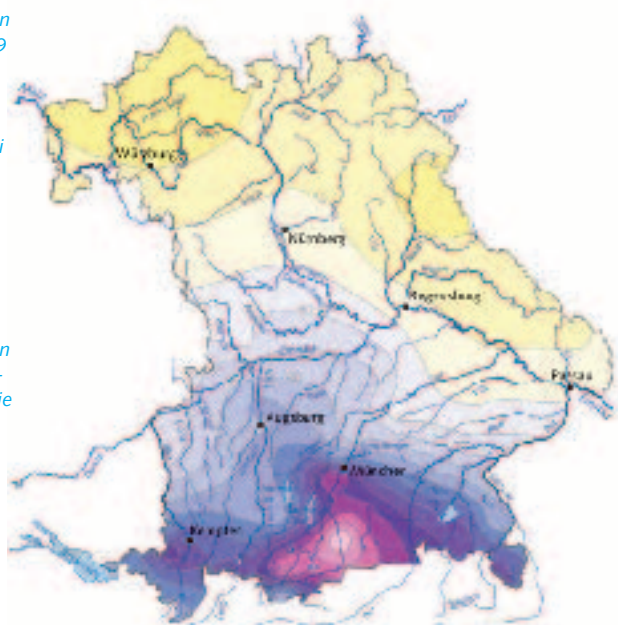
Wetterlagen wie im Mai 1999 und im August 2002 führten auch 1940 und 1954 zu außergewöhnlichen Hochwassern in Bayern. Die höchsten in Bayern gemessenen Tagesniederschläge entstammen diesen Ereignissen. Das Ereignis im Mai 1940 hatte die gleiche Dauer von drei Tagen

und die gleiche Niederschlagsverteilung wie das Ereignis im Mai 1999 (Abb. siehe Seite 48). Auf Grund der Niederschlagsverteilung brachten die nördlichen Donauzuflüsse kaum einen Beitrag und die hohen Abflüsse des Inns liefen der Welle der Donau voraus. Betroffen waren vor allem das Iller-, Lech- und Isareinzugsgebiet. Dort wurden 1999 verbreitet neue Höchstwerte erreicht, die überwiegend höher lagen als 1940. In der Donau in Ingolstadt nach der Einmündung des Lech übertraf der Abfluss 1999 mit 2270 m³/s den bisher höchsten Abfluss des Hochwassers von 1845 (2030 m³/s).

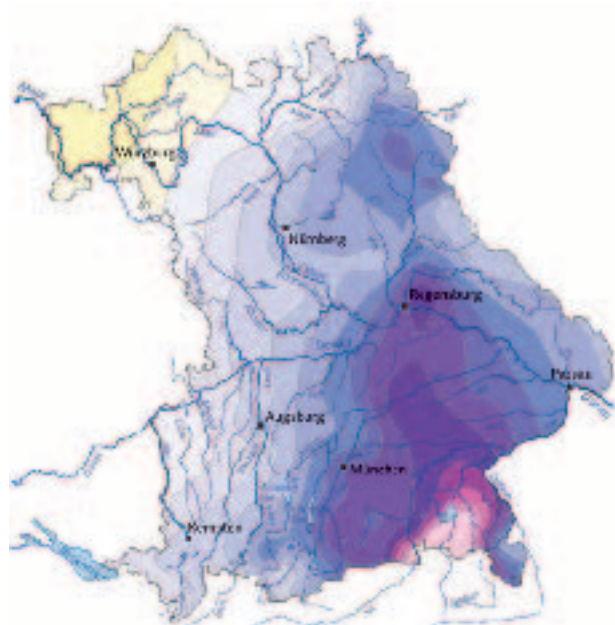
Das Ereignis von 2002 entspricht mit der typischen → Vb-Zugbahn des Adriatiefs hinsichtlich der Niederschlagsverteilung eher dem Ereignis von 1954 (Abb. siehe Seite 48). Die Vb-Zugbahn verläuft von der Adria über den Alpenraum nach Nordosten und kann im Osten Bayerns zu intensiven Niederschlägen führen. Das Hochwasser 1954 war im Inngebiet das höchste des letzten Jahrhunderts. Vor einer Wiederholung dieses Ereignisses wurde Bayern 2002 hauptsächlich auf

Grund einer weiter östlich verlaufenden Zugrichtung des Tiefdruckgebietes verschont. Lediglich das Regeneinzugsgebiet lag zu dem Zeitpunkt der heftigsten Niederschläge voll unter Einfluss des Tiefdruckgebietes, sodass dort die schon erwähnten höchsten Abflüsse seit Beginn der Pegelbeobachtungen auftraten. Auf dem Donauteilstück unterhalb der Naab- und Regenmündung bis Hofkirchen reichte das Hochwasser vom August 2002 auf Grund der extremen Zuflüsse durch den Regen wieder an die Abflüsse von 1954 heran und übertraf die Abflüsse von 1999. Durch die hohen Zuflüsse des Inn wurde in Passau an der Donau 2002 der nach dem Hochwasser von 1954 zweithöchste Abfluss seit Beginn des 20. Jahrhunderts gemessen.

Hochwasserregen wie im Mai 1999 und im August 2002 führten auch im August 1940 und im Juli 1954 zu großen Hochwassern. 1940 und 1999 dauerten die Regenfälle drei Tage. 1954 und 2002 hielten die Regenfälle sieben Tage an und entstanden durch die Vb-Wetterlage.



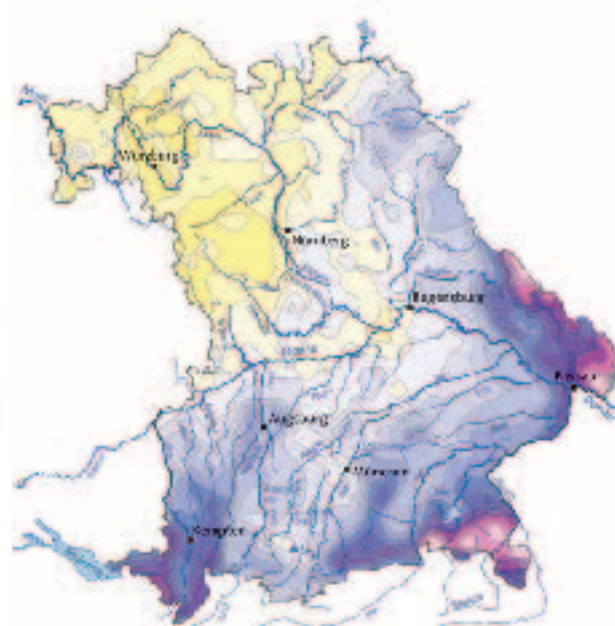
Niederschlagssummen vom 29. bis 31. Mai 1940



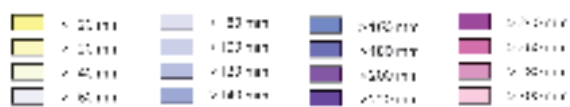
Niederschlagssummen vom 7. bis 11. Juli 1954



Niederschlagssummen vom 10. bis 12. Mai 1999



Niederschlagssummen vom 6. bis 12. August 2002



0 30 km

Topografische Grunddaten: Geobasisdaten
© Bayerische Vermessungsverwaltung

Die Täler der Flüsse sind auch bevorzugte Räume für Verkehrswege und Siedlungsraum – der Main bei Würzburg.

Flussausbau im 19. und 20. Jahrhundert

Die wenigsten Flüsse in Bayern sind heute noch genauso wie vor 250 Jahren. Zum einen ändern sich Flussläufe – der Natur folgend – ständig, zum anderen hat der Mensch immer wieder regulierend und gestaltend eingegriffen.

Antwort ► Um die Talräume für Siedlung und Verkehr nutzbar zu machen, wurden bereits im letzten Jahrhundert viele Flussbetten ausgebaut. Ausgebaggert, begradigt und eingedeicht, haben sich vor allem in den großen Flüssen die → *Laufzeiten* der Hochwasserwellen verkürzt.  *weitere Infos siehe unten*



Flußregulierungen

Seit Beginn des 19. Jahrhunderts regulierte man die Flüsse in größerem Umfang. Für die Flößerei und Schifffahrt sollten damals beständige, breite und tiefe Fahrrinnen geschaffen werden. Das Flussbett wurde an den Ufern befestigt. Wo es möglich war, begradigte man verzweigte und gewundene Flussläufe. Flussschleifen wurden mithilfe von Durchstichen verkürzt.

Man versuchte die Talräume besser vor Hochwasser zu schützen. Das Hochwasser sollte in einem engen, durch Deiche eingegrenzten Bett schneller abfließen. Das tat es auch: Doch außerdem beschleunigten sich die Hochwasserwellen. Zwar kam es an den ausgebauten Flussstrecken dann seltener zu Überschwemmungen, aber flussabwärts stieg das Wasser auf bisher nicht gekannte Höhen.

Stauhaltungen

Die Schifffahrt braucht für ihren Betrieb eine gewisse Wassertiefe. Wo diese nicht ausreichte, wurde der Wasserstand künstlich durch Staustufen angehoben. Ab 1920 – stärker noch in den Fünfziger Jahren – baute man Staustufen auch zur Stromgewinnung. Einige Flussstrecken besitzen heute ein System geschlossener Stauketten, wobei manche Staustufen

zur Sicherung der Flusssohle gegen fortschreitende → *Tiefenerosion* nötig waren.

Antwort ► Die meisten Stauanlagen haben bewegliche Wehre. Bei Hochwasser werden diese abgesenkt, sodass die Wassermassen die Stauanlagen ungehindert durchfließen können. Es wird kaum Wasser zurückgehalten, die Hochwassergefahr vermindert sich nicht. Weil das Speichervolumen der Stauräume im Verhältnis zum Volumen großer Hochwasserwellen vielfach gering ist, können durch das Absenken der Stauräume in der Regel nur häufige kleinere, eventuell noch mittlere Hochwasserereignisse beeinflusst werden. Die Abflussspitzen der seltenen extremen Hochwasser lassen sich durch Staustufen nicht abmildern, da sich die vorabgesenkten Stauräume bereits mit der anlaufenden Hochwasserwelle wieder auffüllen. 

Eindeichungen

Große Flüsse haben im Laufe der Jahrhunderte bestimmte Gebiete ihrer Täler immer wieder bei Hochwasser überflutet. Man geht davon aus, dass diese natürlichen Überschwemmungsgebiete an den großen Flüssen ehemals zwischen 2100 und 3500 km² umfasst haben – das wären 3 bis 5 Prozent der Fläche Bayerns. Heute wird etwa die Hälfte dieser Fläche ganz oder teilweise durch Hochwasserdeiche geschützt.

Die Auswirkungen der Eindeichung auf die Hochwassergefahr ist zwiespältig. Des einen Nutzen kann des anderen

Schaden werden. Bei hohen Wasserständen bieten Überschwemmungsflächen im Oberlauf einen Ausweichraum für das Wasser, flachen die Hochwasserwelle ab und verzögern deren Laufzeit. Eingedeichte Flüsse fließen im Normalfall schneller ab, d. h., sie können mehr Wasser in kürzerer Zeit aus einem Einzugsgebiet abtransportieren. Der Wasserstand innerhalb der eingedeichten Flußstrecke bleibt niedriger, für die Unterlieger verschärft sich allerdings die Hochwassergefahr.

Auswirkungen am Main

Der Main wurde mit Staustufen ausgebaut. **Antwort** ► Im schiffbaren Teil, d. h. ab dem Zufluss der Regnitz, können trotz des Ausbaus kaum Veränderungen der Hochwasserlaufzeiten festgestellt werden.  *weitere Infos siehe S. 50* Die Kanalisierung und der Ausbau mit Staustufen haben die Länge des Mains nämlich nur unwesentlich verkürzt; nur vereinzelt wurden Durchstiche der Flussschleifen durchgeführt. Die Stauhaltungen sind so niedrig, dass der Fluss bei Hochwasser weiterhin ausufern kann. Deshalb steht im Vergleich zu früher annähernd gleichviel Rückhalte-raum – so genannter → *Retentionsraum* – zur Verfügung.

Historische Flusskorrekturen

„Bayerns Hauptflüsse, der Inn, Lech, die Isar und Donau, wovon die drey erstern zu den schnellsten in Europa gezählt werden müssen, haben ihre Betten dergestalt erhöht, dass die ihnen nahegelegenen Moräste, wovon große Bezirke ehemals urbares Land waren, jetzt des Wassers nicht los werden können. Sie laufen wild dahin, und sind in ihrem jetzigen Zustand mehr eine Geisel als eine Wohltat des Landes ...“, schreibt C. F. v. Wiebeking zu Beginn des 19. Jahrhunderts und zum Auftakt der großen Flusskorrekturen in Bayern, die bis in die Anfänge unseres Jahrhunderts reichen.

Wie lebens- und siedlungsfeindlich die Flussaue früher war, beschreibt auch die Oberste Baubehörde in Bayern 1927: „In oft viele Kilometer breitem, stets veränderlichem und verzweigtem Flussbette suchte sich der Strom seinen Weg zwischen den Höhenzügen. Den Geschiebeverschlütungen stets ausweichend, griff er immer wieder andere Stellen der bebauten Ufer an. Durch die Erhöhung des Flußbettes waren ausgedehnte Flächen der Versumpfung verfallen. Diese Zustände übten einen nachteiligen Einfluß auf die Gesundheit der Talbewohner aus; sie machten das Donautal zur Malariaegend. Nach älteren Berichten der Gerichtsärzte gehörten bössartige Wechselfieber mit apolektischen und epilepsieartigen Anfällen noch um 1840 nicht zu den Seltenheiten.“

Zwischen Schweinfurt und Aschaffenburg gingen nur in geringem Umfang Retentionsräume durch den Deichbau verloren. Beim großen Hochwasser im Februar 1970 hätten die verlorenen Retentionsräume 0,2 bis 0,6 Prozent der ausufernden Wassermenge aufnehmen können. Lediglich im Raum Schweinfurt selbst wären 6,6 Prozent mehr gespeichert worden. Dafür hätte man allerdings auf den Schutz größerer landwirtschaftlicher Gebiete durch Deiche verzichten müssen.



Am Zusammenfluss von Donau und Inn in Passau droht auch im Sommer Hochwasser – August 2002.

Auswirkungen im Donauebiet

Antwort ► An der Donau und den großen alpinen Zuflüssen haben Flussregulierungen und der Ausbau mit Staustufen die → *Laufzeit* der → *Hochwasserwellenscheitel* deutlich verkürzt. weitere Infos siehe unten Im 19. Jahrhundert brauchte das Hochwasser von Ingolstadt bis Regensburg über 24 Stunden – heute sind es nur 12. Für die Flussstrecke von Regensburg bis Passau waren es im 19. Jahrhundert 40 – heute nur noch 30 Stunden. Laut Berechnungen würde am Lech das Hochwasser von 1910 heute um 10 bis 12 Stunden früher in die Donau münden und 200 m³/s mehr Abfluss erbringen. Auch am Inn haben sich seit 1890 die Laufzeiten der Hochwasserscheitel erheblich – und zwar auf die Hälfte der früheren Zeit – verkürzt.

Antwort ► Langjährige Beobachtungen an der Donau und am Inn zeigen jedoch, dass die Verkürzung der Laufzeiten die Hochwasserscheitel kaum erhöht haben. ◀ Aus einigen Staustufen der oberen Donau zwischen Ulm und Ingolstadt wird zeitweise Hochwasser in vorhandene Überschwemmungsgebiete abgeleitet. Deshalb ist der Pegelstand im Raum Ingolstadt heute teilweise sogar niedriger als früher. Anders an der unteren Donau: Zwischen Regensburg und Hofkirchen gingen durch Eindeichungen

große → *Retentionsräume* verloren. Bis zu 195 Millionen Kubikmeter Wasser konnten sie einst aufnehmen. Beim Märzhochwasser 1988 flossen allerdings 4000 Millionen m³ durch diesen Donauabschnitt, sodass diese Flächen – wären sie geflutet worden – den Hochwasserscheitel in Hofkirchen nur um 6 Zentimeter gesenkt hätten. Bei einem Hochwasser mit geringerem Wasseraufkommen, aber vergleichbarem Höchstabfluss könnten die ehemaligen Retentionsräume den Höchststand der Donau – rein rechnerisch – deutlich senken.

In den Hochwasserbrennpunkten Donauwörth, Kelheim, Regensburg und Passau führt vor allem die → *Wellenüberlagerung* zu großen Scheitelhöhen. Da die großen alpinen Zuflüsse Iller, Lech, Isar und Inn ebenfalls ausgebaut und begradigt wurden, haben sich die Laufzeiten auch dort verkürzt. Nach wie vor trifft der Hochwasserscheitel des Inn 1,5 bis 3 Tage vor dem Scheitel der Donauwelle ein. Die Hochwassergefahr für Passau ist durch den Flussausbau weder größer noch geringer geworden.

Aufnahme vom Jahre 1823



Die starken Veränderungen des Flusslaufes und der Flussaue führen häufig zu schnelleren Laufzeiten der Hochwasservellen. Dies kann streckenweise verhin-

dert werden, wenn vorhandene Überschwemmungsgebiete bei Hochwasser geflutet werden – Flusslauf der Donau mit der Staustufe Bertoldsheim.

Aufnahme vom Jahre 1903/04


 gemischter Wald

 Auen

 Ackerland

 Wiesen

 sumpfige Wiesen

 Kies

M = 1: 50 000
0 0,5 1km

heutige Aufnahme



Hochwasser – Gestern und heute

Seit drei Tagen steigt das Wasser schon. Bald ist die Sieben-Meter-Marke erreicht. Früher sollen die Hochwasser hier in Würzburg ja noch viel schlimmer gewesen sein. Großvater sagte immer: „Wer am Fluss baut, muss mit nassen Füßen rechnen.“

Trotz der großen Hochwasser in den letzten Jahren, die an einigen Orten Wasserstände erreichten, wie sie bisher noch nicht gemessen wurden, lässt sich statistisch ein eindeutiger Trend zu höheren und häufigeren Hochwassern nicht belegen. Gestiegen – und zwar deutlich gestiegen – sind dagegen die Schadenshöhen. Immer mehr Geld muss aufgewendet werden, um die Hochwasserschäden auszugleichen. Das liegt aber nicht an steigenden Wasserständen, sondern an der gestiegenen Konzentration hochwertiger Güter in Gebieten, die schon immer von Hochwasser bedroht sind.

*Coburg,
Januar 2003*



In alten Zeiten

Am St. Magdalenenstag (21. Juli) des Jahres 1342 wurde Mitteleuropa vom vermutlich größten Hochwasser dieses Jahrtausends heimgesucht. Nach längerer Trockenheit folgte ein „zwei Tage anhaltender außerordentlicher Wolkenbruch“. Damals stand das Wasser des Mains in Würzburg bis nahe an den Dom. Aus der Rheinregion wird berichtet, dass im Mainzer Dom „das Wasser einem Mann bis zum Gürtel stand“ und man in Köln mit Booten über die Stadtmauer fahren konnte. In den Chroniken von Regensburg, Passau und Wien wird das Magdalenenhochwasser als katastrophales Donauhochwasser beschrieben; ebenso an Mosel, Moldau, Elbe, Werra, Unstrut und Weser. Selbst Kärnten und die Lombardei wurden vom Hochwasser heimgesucht.

Seltene Regenereignisse kombiniert mit Eisstoß oder Schneeschmelze führen seit vielen hundert Jahren immer wieder zu Hochwassern, die den Menschen außergewöhnlich vorkommen. Will man die Frage beantworten, ob das Wasser heute höher oder häufiger steigt als früher, sollte man sich zunächst die höchsten Werte der Vergangenheit anschauen. Ab etwa 1000 n. Chr. berichten Hochwassermarken und alte Chroniken von großen Hochwassern und deren Auswirkungen. Für einige Messstellen in den heutigen Flüssen – so genannte → *Pegel* – konnten aus diesen alten Zeugnissen die Wasserstände und Abflüsse historischer Hochwasser rekonstruiert werden. Die Rekonstruktionen ergaben Anhaltspunkte für die höchsten Hochwasserstände unseres Jahrtausends.

Mit dem 19. Jahrhundert beginnen in Bayern die regelmäßigen Beobachtungen des Wasserstandes. Erst diese ermöglichen es, Höhe und Häufigkeit von Hochwasserständen und deren Änderung über die Zeit zuverlässig anzugeben.

*Im Kampf gegen die
Fluten – Hochwasser
der Abens im Juli 1951
in Mainburg*



Historische Hochwasserkatastrophen nach alten Berichten und Chroniken – Auszüge aus den Quellentexten zur Witterungsgeschichte von Weikinn.

1012 Donau

„In jener Zeit trat die Donau in Bayern über ihre Ufer und der Rhein ebenfalls. So kam eine unzählbare Menge Menschen und Vieh um, und auch viele Gebäude und Wälder wurden durch die Gewalten der Fluten zerstört.“

1051 Donau

„Nämlich während der Sommerszeit traten infolge der Regengüsse die Gewässer außerordentlich über ihre Ufer. Hierdurch kamen sowohl zahlreiche Menschen als auch Pferde im Wasser um.“

1179 Main

Bamberg: „... war die Strenge des Winters und die Menge des Schnees außerordentlich, sodass die Überschwemmungen der Flüsse die Saatefelder fast alle vernichteten.“

1206 Rhein, Main

„Eine sehr große Überschwemmung der Gewässer ..., sodass der Main sich auf 32 Ellen Höhe erhob, der Rhein gewisse Schutzwehre zerstörte und mehrere 1000 Männer, Frauen und Kinder ertränkte ...“

1235/36 Donau

Regensburg: Zerstörung ganzer Stadtviertel durch Einsturz von Mauern, Häusern und Türmen im Winter, wobei „Menschen wie Tiere von den Wogen mitgerissen und in den wilden Fluten ein nasses Grab fanden.“

1306 Main

Würzburg, Frankfurt: Große Hochwasser an Rhein, Main, Werra, Weser, Saale. Steinerne Brücke in Würzburg beschädigt. „... ist der Meyn zu Franckfurt von eiß und gewäßer so gros gewesen, dass er die zwen thürn und den mehrern theil an der brücken hat hinweg gestosen und ist damaln ein groß volk von mannen und frawen bei 500 menschen auf der brücken gestanden, davon sind 10 umbkommen.“



1342 Rhein, Main, Donau

„...In diesem Sommer war eine so große Überschwemmung der Gewässer durch den ganzen Erdkreis unserer Zone, die nicht durch Regengüsse entstand, sondern es schien, als ob das Wasser von überall her hervorsprudelte, sogar aus den Gipfeln der Berge ... und über die Mauern der Stadt Köln fuhr man mit Kähnen ... Donau, Rhein und Main ... trugen Türme, sehr feste Stadtmauern, Brücken, Häuser ... und die Bollwerke der Städte davon. ... und die Schleusen des Himmels waren offen, und es fiel Regen auf die Erde wie im 600. Jahre von Nochs Leben ... ereignete es sich in Würzburg, dass dort der Main mit Gewalt die Brücke zertrümmerte und viele Menschen zwang, ihre Behausungen zu verlassen.“

1413 Main

„Item ze Wirczburg (Würzburg) kom daz wasser in der nacht, do die lewt slieffent; do war der Men (= Main) alz groz, daz all keler vol wurden, ... et tet daz wasser grossen schaden über all ... item ez gedacht kein mensch in 40 oder in 50 iaren keine grössern wasser ... Pegnitz, Nürnberg: ... do ward ze Nürenperg die Begicz alz groz, daz daz wasser gieng gen unsser frawen auffher ...“

1432 Pegnitz

Nürnberg: „... da was der keltz winter, der bey 100 jar gewesen ist, und gefiel auch der grost snee und was so kalt, das man ... ein hochzeit auf der pegnicz het und man tanczet darauf ...“

und darnach ward das grost wasser das in langen jaren ye gewesen was, und dertrunken vil leut ...“

1451 Main

Bamberg: ... infolge der vorangegangenen anhaltenden Regengüsse eine so große Überschwemmung, die zugleich mit dem Eisgang unschätzbaren Schaden an den Brücken und Mühlen anrichtete.“ Nürnberg: „... wuchs die Pegnitz in eim halben tag vom Riter bis an Schoppers haus ... Das wasser raiß all prucken und alle steg hin ... das wasser gefil in zweien tagen ...“

1501 Donau

Passau: Eines der größten Donauhochwasser. In Regensburg hatte es bereits eine außerordentliche Höhe erreicht. Es wurde durch den extremen Abfluss des Inn verstärkt. Das Hochwasser vom 15. August 1501 vernichtet ganze Felder, die Folge war eine große Teuerung.

1546 Main

Würzburg: „... fing der Main an zu steigen und stieg so hoch, dass er bis an das Schodershaus auf dem Markte ging; diese Überschwemmung that allenthalben villen Schaden.“

1551 Main

Würzburg, Kitzingen, Ochsenfurt, Schweinfurt: „... ist zu Wirtzburg und daselbst umher ein sehr grosser Regen mit Donner und Blitz eingefallen, dass der Mayn zusehens gewachsen, kleine Bäch dermasen angeloffen, als wann es grosse Ströhm wären, dadurch an

Aeckern und Wiesen, Weingärten, Gebäuden und anderen grosser Schaden geschehen.“

1558 Main

Schweinfurt: „ ... ist ein erschrecklicher Eisbruch, welcher am Judenanger Spieß hoch uf einander geschoben, gestanden, und, als ehe das Eis abgangen, 14 Tage in einander stecken blieben.“

1561 Main

Schweinfurt: „ ... ist das Eis im Main mit groszer Gewalt gangen und an der euseren Brücke 4 Joch in der Mitte sauber hinweg genommen, welches Eis 15 Zoll dick gewesen. ist das oberländisch Eis gangen und gedachter Brücke noch 2 Joch hinweg genommen ...“

1595 Main

Pegnitz: „Da war die Pegnitz überfrozen, /... Und ist das Eiß gangen von der statt, /... Und ist die Brucken da mit Knallen / Mit etlich Leuten eingefallen etc. Es traf die Stadt das Unglück einer dreimaligen Überschwemmung, die vom grossen Schnee, dem schnellen Aufthauen, anhaltenden Regen, in den letzten Tagen des Februars erfolgte ... Dieselbe Messingtafel ... die 6 Schuh vom Erdboden hoch angemacht war, wurde von der Flut um 1 Elle übertroffen ...“

Main, Schweinfurt, Kitzingen u. a.: Hochwasser durch Schneeschmelze außerordentlich angewachsen. Großer Schaden, da mehrere Brücken fortgerissen wurden. Es ertranken Menschen und Tiere.

1633 Main

Würzburg: „ ... Es ist der Mayn also gros und schnell gewachsen, dass er an die Ziffer Zahl 1595 am steinern Eck ... gangen und gestanden.“

1655 Pegnitz

Nürnberg: „ ... und demnach bey eingefallenem linden Wetter etliche Tage nach einander starck geregnet / hat es den Schnee vom Gebürg herab gehend gemacht / und hiedurch das Wasser / die Pegnitz genannt / also erhöhet / dass alle Häuser in den niedrigen Gassen der Stadt / und theils auff 3 Elen tieff im Wasser gestanden /...“

1658 Main

Schweinfurt: Das Maineis brach und riss 2 Brückenjoche ab.

1682 Main

Frankfurt: „Die Mainbrücken hat im Wasser gestanden, dass kein Bogen, sondern nur als ein Mauer gesehen worden ist ... Es nimmt das Wasser so schnell ab / als es anfänglich gewachsen.“

Ochsenfurt: Bei hohem Wasserstande und durch den Eisgang werden die beiden äußeren Pfeiler der Brücke ruiniert.

1709 Donau, Main

Regensburg: (Bericht) von dem Anstürmen der Eisschollen bis zur Höhe des Schwabelweiser Kirchturmes am 5. Januar 1709 und von der Zerstörung von Häusern, Brücken, Mühlen Würzburg, Kitzingen, Ochsenfurt: „Es liesse die Kälte wieder nach, folgte ein Regen-Wetter bey 4. Täg, wobey der Mayn aufgangen, und sich also ergossen ... Was das Wasser für Schaden ... gethan habe ... ist nicht zu beschreiben.“

betroffen ... hauptsächlich im Fränkischen Kreise, in dessen Theile gegen Morgen in der Oberpfalz so wol, als noch mehr gegen Abend im Würzburgischen und Wertheimischen, unaussprechlichen Schaden gethan. Auch die Stadt Nürnberg litte sehr, doch nicht so viel als die Stadt Schwabach.“

1784 Donau, Main

Regensburg: Bericht von einem Abschwemmen von sechs Wohnhäusern in Donaustauf durch die Tauflut des Jahres 1784.

Main: Das Hochwasser von 1784 im Maintal kann wie auch in anderen Flussgebieten Mitteleuropas als eines der größten Hochwasser in historischer Zeit angesehen werden. Die außergewöhnliche Höhe der Flutwelle war auf die Regenfälle, die Schmelzwassermengen und auf Eistau zurückzuführen.

Rhein: In Köln ist insbesondere der 28. 02. 1784 erwähnenswert, wo bei einem Eishochwasser mit 13,55 m Kölner Pegel über 1000 Tote, 600 zerstörte Schiffe und Hunderte von zerstörten Häusern zu beklagen waren.



1732 Main

Regnitz: „Außerordentliche Wasserfluthen, als Folgen eines stark anhaltenden Regens, haben die in der Mitte liegenden Provinzen Deutschlands

Einsturz der Steinernen Brücke (heute Ludwigsbrücke) in München am 13. September 1813.



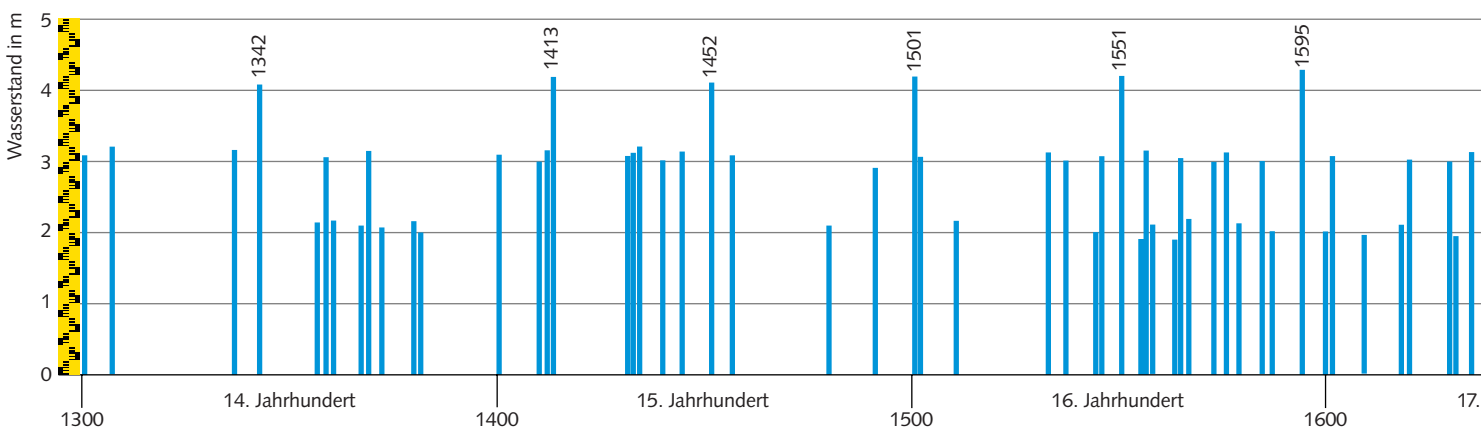
Zu den Wasserständen an der Pegnitz in Nürnberg gibt es Aufzeichnungen in den Unterlagen des Reichsstädtischen Bauamtes von Nürnberg. Dort wurde die Höhe aller größerer Hochwasser in der Stadt seit dem Jahr 1300 festgehalten. Diese längste Reihe von Wasserständen in Nürnberg an der Pegnitz zeigt in Abständen von 40 bis 87 Jahren immer wieder extreme Hochwasserstände.

Am 19. Mai 1821 erließ das damalige Finanzministerium eine allgemeine Anordnung zum Aufbau eines systematischen Pegelnetzes an allen schiff- und floßbaren Flüssen in Bayern. Dieses erste Netz umfasste 65 Messpegel. Der Wasserstand wurde täglich einmal abgelesen. Bei Hochwasser erfolgten vereinzelt Zwischenbeobachtungen. Gegen Ende des Jahrhunderts installierte man zunehmend Schreibpegel. Der erste stand in Würzburg im Jahre 1883. Ab 1849 sind Aufzeichnungen von Flügelmessungen (→ Hydrometrie) zur Bestimmung des Abflusses vorhanden. Bis 1871 sind die Wasserstände in bayerischen Schuh bzw. Fuß überliefert. Heute werden sie in Zentimeter über einem festgelegten Pegelnullpunkt angegeben.

Natürliche Erosion und Auflandung, aber auch Eingriffe des Menschen, verändern im Laufe der Zeit Breite und Tiefe eines Flusses. Ein Hochwasser von früher könnte deshalb an gleicher Stelle heute ganz andere Wasserstände erreichen. Das muss beim Vergleich damaliger und heutiger Pegelstände beachtet werden.

Hoch, höher ...

Antwort **E** Die höchsten Wasserstände und Abflüsse der letzten 200 Jahre an Main und Donau traten nach den Pegelaufzeichnungen im März 1845 auf. **E** weitere Infos siehe S. 58 Nach einer mehrwöchigen Frostperiode war der Boden tief gefroren. Es lag eine dünne Schnee-



deckte. Binnen kurzer Zeit fielen großräumig bis zu 50 cm Schnee. Anschließend regnete es intensiv und anhaltend. Beide Phänomene zusammen – abtauender Schnee und ergiebiger Regen – ließen die Flüsse anschwellen. In unregelmäßigen Abständen – manchmal nach wenigen Jahren, manchmal 20 oder 30 Jahre später – wiederholten sich derartige extreme Hochwasser. Das ist sowohl für das 19. wie auch das 20. Jahrhundert belegt. So traten in Wasserburg am Inn die letzten vier größten Hochwasser 1985, 1940, 1899 und 1853 auf. Dazwischen lagen jeweils über 40 Jahre, in denen kein Hochwasser auch nur annähernd diese Höhe erreichte. Aber nur 2 Jahre vor 1853 war wieder ein höheres Hochwasser.

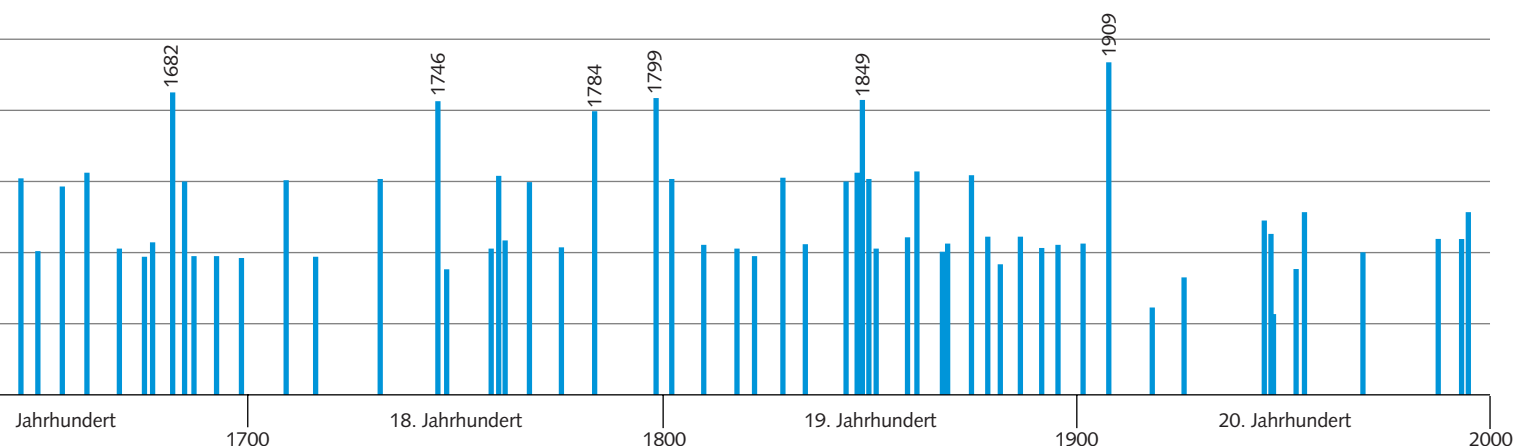


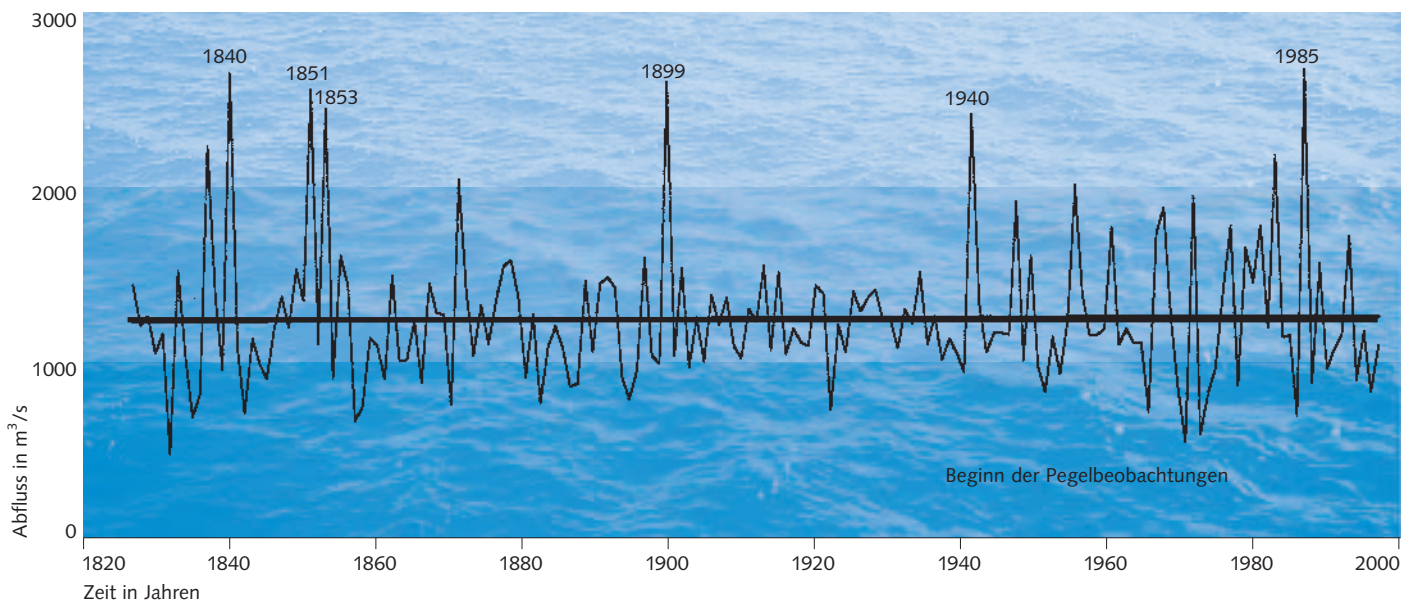
Vor 30 wie schon vor 100 Jahren – Überflutungen im Ortsteil Etwashausen (Kreisstadt Kitzingen) beim Hochwasser 1970



Am Pegel Würzburg erreichten im 19. Jahrhundert 3 Hochwasser einen Abfluss von mehr als 1500 m³/s. Im letzten Jahrhundert waren es nur zwei. 14 Fluten erreichten mehr als 1000 m³/s im 19. Jahrhundert, zwischen 1900 und 1997 waren es nur 9. Die 7-Meter-Marke am Pegel wurde vor 1900 siebenmal, nachher dreimal überschritten.

Burghausen 1970





Die Trendgerade der höchsten Abflüsse in Wasserburg am Inn zeigt, dass keinerlei Änderungen im mittleren Verhalten der Hochwasserabflüsse vorliegt.

Höhe und Trend, d. h. die Entwicklung der Hochwasser über die Zeit, werden durch Messungen und mathematische Berechnungen untersucht. In jedem Jahr notieren die Pegelstationen die höchsten Abflüsse an den bayerischen Flüssen. Wegen der starken jährlichen Schwankungen entsteht zunächst ein unübersichtliches Bild. Mithilfe der so genannten *Trendgerade* lässt sich der mittlere zeitliche Verlauf darstellen. Eine langfristige Zunahme der *Hochwasserscheitel* müsste sich dann in einem Anstieg der Trendgerade äußern. In Bayern wurden für den Zeitraum von 1930 bis 1993 Trenduntersuchungen durchgeführt.

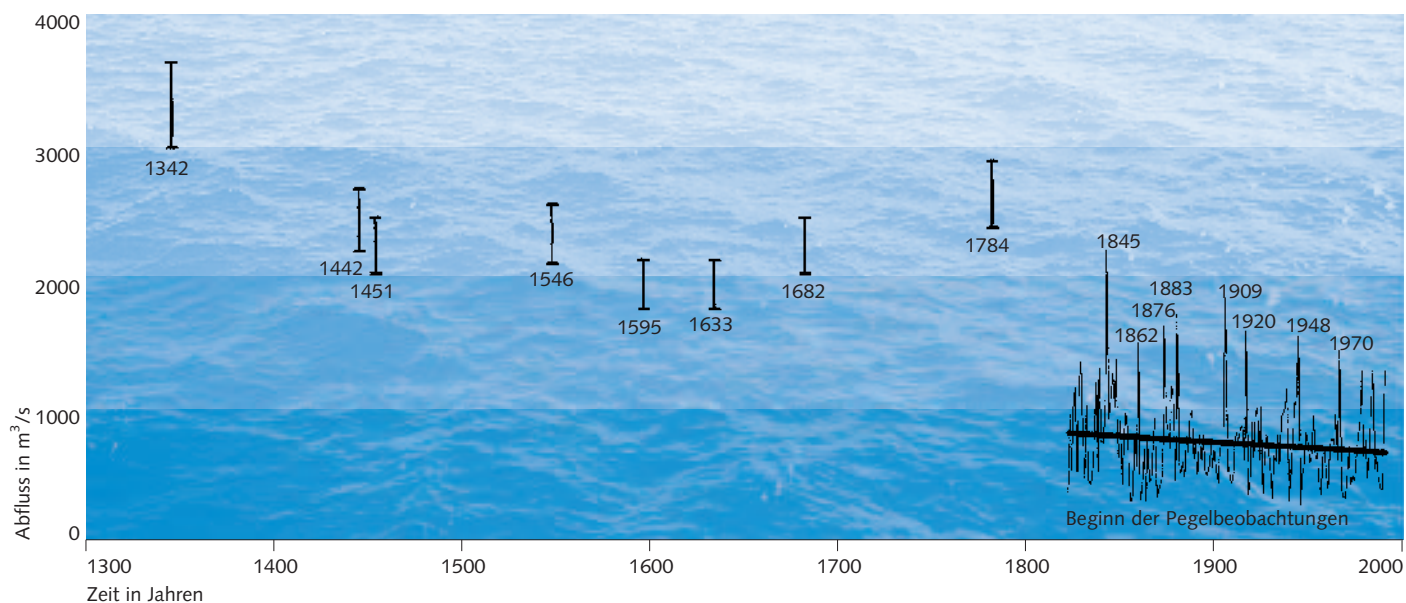
Antwort **E** Nur an einem von 75 Pegeln lässt sich ein deutlicher Anstieg beobachten, an einem anderen dagegen ein Rückgang der Scheitelhöhen. In allen anderen Fällen ist keine Änderung im

mittleren Verhalten zu erkennen. Das bedeutet, dass nach den bisherigen Untersuchungen die Hochwasser nicht höher eintreten als in früheren Jahren. **E**

Schäden

Naturereignisse wie Hochwasser können dort zu Katastrophen werden, wo sie Schäden verursachen. Für die Schäden sind die Menschen in großem Maße selbst verantwortlich. Die Besiedlung natürlicher Überschwemmungsräume in Folge der wirtschaftlichen und siedlungspolitischen Entwicklung schaffte erst das Schadenspotenzial, das große Hochwasser zu Katastrophen macht.

Antwort **F** Nach einer Zusammenstellung der Münchner Rück beliefen sich die Schäden durch Überschwemmungen in Deutschland im Januar 1995 und im April 1994 auf jeweils 250 Millionen Euro, im August 1997 auf 400 Millionen Euro, im Mai 1999 allein in Bayern auf 330 Millionen Euro und im August 2002 auf 9,2 Milliarden Euro. Im Vergleich zu den Hochwassern vor 30 Jahren hat sich die Schadenshöhe aufgrund des Wertezuwachses verdoppelt. **F**



Für den Pegel Würzburg war es möglich, bis zurück zu dem großen Hochwasser von 1342 die damaligen höchsten Abflüsse von 8 großen Hochwassern zu ermitteln. Da die Ermittlung fehlerbehaftet ist, werden sie durch einen senkrechten Balken dargestellt. Das Hochwasser von 1342 dürfte demnach einen Abfluß zwischen 3 000 und 3 700 m^3/s erreicht haben.

Hochwasser im Februar 1909 in Würzburg

*Nach dem Hochwasser
bleiben die Schäden –
Pfarrkirchen, Juli 1954.*



*Reste der Traunbrücke
bei Hörpolting nach
dem Hochwasser im
September 1899*

Flusstäler waren seit jeher bedeutende Verkehrswege und damit Entwicklungsachsen. Dieser Infrastrukturvorteil hat dazu geführt, dass der Siedlungsdruck auf die Talräume sehr stark ist. Um Mobilität und Arbeitsplätze zu sichern, wurden Straßen angelegt und Bauland ausgewiesen. Selbst in Überschwemmungsgebieten wurden Verkehrswege, Wohn- und Gewerbegebiete errichtet. Steigt der Fluss

nun über seine Ufer, verursacht er höhere Schäden pro Flächeneinheit. Wenn nach längerer hochwasserfreier Zeit das Wissen um die Gefahr in Vergessenheit geraten ist, entwickeln sich sehr schlecht angepasste Nutzungen. Wird ein Gebiet



Den größten Anteil an der Schadenshöhe durch Überschwemmungen haben Schäden an privaten Wohngebäuden, öffentlichen Bauten und landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden. Hinzu kommen Schäden an Infrastruktur (Straßen, Brückenbauten etc.), an nicht überbauten Flächen (Gärten, Parks etc.), an landwirtschaftlich genutzten Flächen

und an beweglichen Gütern. Mittelbare Schäden, z. B. durch Betriebs- und Produktionsausfälle, Verkehrssperren, Einsatzkosten des Katastrophenschutzes, sind oft nur schwer zu beziffern.

durch → *Deiche* geschützt, so nehmen die Bewohner häufig an, dass diese Gebiete absolut hochwassersicher seien. Sie müssen jedoch weiterhin als Überschwemmungsgebiete angesehen werden, da ihre Schutzanlagen nur auf einen beschränkten Abfluss bemessen sind. Bei einem Versagen des Hochwasserschutzes kommt es zu Schäden. Durch eine individuelle Vorsorge könnten solche Schäden wirksam begrenzt werden.

Die größten Schäden verursachen Hochwasser an privaten Wohngebäuden, öffentlichen Bauten und landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden. Hinzu kommen Schäden an Infrastruktur, z. B. an Straßen und Brückenbauten, an nicht überbauten öffentlichen Flächen wie Gärten und Parks, an landwirtschaftlich genutzten Flächen und an beweglichen Gütern. Mittelbare Schäden, z. B. durch Betriebs- und Produktionsausfälle, Verkehrssperren oder Einsatzkosten des Katastrophenschutzes, sind oft nur schwer zu beziffern.

Einen Schaden von rund 1 Million Euro an Gebäude und Inventar verursachte das Hochwasser im März 1988 in der Gemeinde Kirchroth, Lkr. Straubing-Bogen. Ein Deich brach und die Donau

überflutete mehrere → *Polder*. Insgesamt war eine Fläche von rund 10 km² betroffen. 400 Menschen und rund 3000 Stück Großvieh mußten evakuiert werden.

Die Marktgemeinde Kraiburg, Lkr. Mühldorf musste einen Schaden von 1,8 Millionen Euro an Gebäude und Inventar hinnehmen. Hinzu kamen 0,8 Millionen Euro Schäden an Straßen, Brücken, landwirtschaftlichen Nutzflächen, Parkanlagen und Spielplätzen.

Im Jahre 1984 hatte man mit dem Bau eines neuen Hochwasserschutzsystems für die Stadt Wasserburg begonnen. Die Bauarbeiten waren zu diesem Zeitpunkt bereits so weit fortgeschritten, dass eine Überflutung des Stadtkerns verhindert werden konnte. Ohne die Schutzmaßnahmen wären in Wasserburg Gebäude- und Inventarschäden in Höhe von rund 10 Millionen Euro entstanden.

Das Pfingsthochwasser 1999 hat in 16 Landkreisen und Städten sowie in 4 Regierungsbezirken zur Feststellung des Katastrophenfalls geführt. Die Hochwasserspitzen lagen zum Teil ganz erheblich über dem Ausbaugrad der Deiche. Deichbrüche durch Überströmung waren nicht selten die Folge. Durch einen Deichbruch besonders schwer getroffen wurde Neustadt an der Donau, wo das gesamte Poldergebiet bis zu 2 m hoch überflutet wurde. Zahlreiche Öltanks schlugen leck, sodass insgesamt mehr als 2 Millionen Liter Heizöl austraten.



Hochwasserschutz

Zu spät. Überall ist Wasser. Die braune Brühe schwappt durch den Keller. Sogar der Boden im Wohnzimmer ist überschwemmt. Alle Möbel, die Teppiche und der Fernseher sind unbrauchbar. Das darf doch nicht wahr sein. 9 Milliarden Euro Schäden hat das Hochwasser vom August 2002 in Deutschland verursacht. Hätten wir das vorher gewusst. Wir hätten zumindest die Einrichtung retten können. Hoffentlich gibt es finanzielle Unterstützung.

Antwort J Das Naturereignis Hochwasser lässt sich nicht verhindern. Doch wir können viel dafür tun, dass es nicht zur Katastrophe wird. Im Hochwasserschutz geht es in erster Linie darum, den Schaden zu begrenzen, eine Zunahme des Schadenspotenzials in gefährdeten Bereichen zu vermeiden und ein angemessenes Gefahrenbewusstsein zu entwickeln.  weitere Infos siehe S. 66

Diese Zielsetzung erfordert eine ganzheitliche Strategie: Isolierte Schutzkonzepte reichen nicht aus, weil sie im Zweifelsfall nur das Problem flussabwärts verlagern. Deshalb funktioniert moderner Hochwasserschutz nur in der Kombination seiner drei Handlungsfelder:

- Natürlicher Rückhalt
- Technischer Hochwasserschutz
- Hochwasservorsorge

Bayern hat mit diesem kombinierten Hochwasserschutz seit Jahren gute Erfahrungen gemacht. Nach dem Pfingsthochwasser 1999 war jedoch klar, dass schneller und in größerem Umfang gehandelt werden musste. Im Mai 2001 beschloss die Bayerische Staatsregierung daher das „Aktionsprogramm 2020 für Donau- und Maingebiet“: Bis zum Jahr 2020 will der Freistaat mit diesem Programm 2,3 Milliarden Euro in den Hochwasserschutz investieren.  weitere Infos siehe folgende Seiten und S. 66

Natürlicher Rückhalt

Natürliche Fließgewässer ufern in der Regel mehrmals jährlich aus. Auen und angrenzende Gebiete werden überschwemmt. Pflanzen, Boden, Gewässer und Flussauen speichern vorübergehend einen Teil des Wassers. Das wird als natürlicher Rückhalt bezeichnet. Bewuchs in Talauen (→ Aue) und Ausuferungsgebieten bremsen die Strömung des Wassers, es fließt langsamer ab. Auf diese natürliche Weise wird das Wasser im Überschwemmungsgebiet zurückgehalten. Je höher dieser Rückhalt ist, desto niedriger sind die Hochwasserstände flussabwärts.

Antwort A In früherer Zeit gingen viele Flächen mit günstigen Speicher- und Sickereigenschaften dem natürlichen Rückhalt verloren. Sie wurden besiedelt oder landwirtschaftlich genutzt, durch Drainage trockengelegt oder eingedeicht der Überflutung entzogen. Das hatte einen ungünstigen Einfluss auf die Entwicklung der Hochwasser.

Heute versucht man, den natürlichen Rückhalt im Einzugsgebiet der Flüsse wieder zu fördern. Zum Teil können die nachteiligen Veränderungen der Vergangenheit ausgeglichen werden. Das Prinzip all dieser Maßnahmen heißt: Wasser soll da versickern, wo es anfällt. 

Garageneinfahrten, Parkplätze und

Die Rückbildung regulierter Gewässer zu mäandrierenden Fließstrecken mit Altarmen gibt den Gewässern den Talraum und die Aue zurück. Bei Hochwasser kann diese schadlos überschwemmt werden. Natürlicher Rückhalt wird geschaffen, der vor allem bei kleineren und mittleren Hochwassern die Höchststände verringert – Oberpfälzer Vils.



In der landwirtschaftlich intensiv genutzten Kulturlandschaft bietet der Fluss mit seiner extensiv genutzten Tal-

auflage Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten – eingedeichelte Vils mit großzügig bemessenem Vorland.

Schulhöfe lassen sich auch ohne Versiegelung planen und bauen. Die Bodenoberflächen bleiben dabei durchlässig; Regen läuft nicht mehr schnell über die Kanalisation ab, sondern wird direkt dem Untergrund zugeführt. Durch angepasste Bodennutzung trägt die Landwirtschaft zum Rückhalt bei. Das Wasser wird länger auf der Fläche gehalten. Werden Gewässer und Auen renaturiert, dann können sie wieder häufiger ausufern. Die Unterlieger profitieren von diesen Veränderungen. Bei ihnen treten die Hochwasser wesentlich niedriger ein.

Im Zuge dieser Zielsetzung werden heute in Siedlungsbereichen – wo es möglich und sinnvoll ist – die Verkehrsflächen durchlässig geplant. Regenwasser kann schneller und direkt vor Ort versickern. Man verzichtet z. B. auf die Entwässerung großer Flächen.



Staatliche Maßnahmen

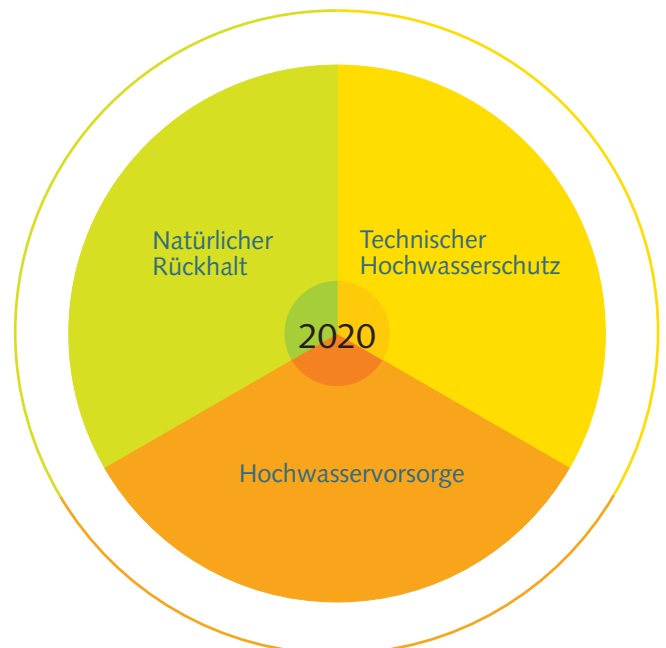
Legen Landwirte Schutzpflanzungen entlang der Gewässer an oder wandeln Acker- in Grünland um, so bekommen sie Fördermittel, z. B. aus dem bayerischen Kulturlandschaftsprogramm. In der Forstwirtschaft unterstützt das Schutzwaldsanierungsprogramm den Aufbau und die Verjüngung standortgerechter Bergwälder. Erhebliche Zuschüsse können Kommunen vom Freistaat Bayern erhalten, wenn sie an kleinen Flüssen und Bächen Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt durchführen. Die bayerische Umweltverwaltung hat es sich zum Ziel gesetzt, die Abfluss-extreme der großen Gewässer und der → *Wildbäche* zu dämpfen. Vor allem die Rückhaltefähigkeit der Gewässer und der Flussauen soll verbessert werden. Zu diesem Zweck sollen 10 000 ha Uferfläche an Bach- und Flussläufen bis zum Jahr 2020 renaturiert werden. Darüber hinaus schützt und entwickelt die bayerische Umweltverwaltung mit dem Auenprogramm Bayern naturnahe Flusslandschaften. Dabei stimmt sie die Interessen von Hochwasserschutz, Naturschutz, Landnutzung und Freizeitnutzung aufeinander ab.

Der Freistaat Bayern erwirbt an den größeren Gewässern Uferstreifen und Ufergrundstücke. So kann ein erweiterter

Rückhalteraum für Hochwasser geschaffen werden. Die nunmehr natürliche Gewässerentwicklung mit ihren Veränderungen des Flussbettes führt zu teilweise erheblicher Verzögerung des Abflusses und dämpft damit die Hochwassergefahr. Der natürliche Rückhalt stößt bei lang anhaltenden Extremniederschlägen jedoch an seine Grenzen. Ist der Boden erst einmal wassergesättigt – oder durch Eis versiegelt –, kann kein Wasser mehr gespeichert werden.

Technischer Hochwasserschutz

Wo Siedlungen, Verkehrswege und andere Einrichtungen von Überschwemmungen bedroht sind, ist technischer Hochwasserschutz unverzichtbar. Deiche, Mauern und Stauseen dürfen jedoch nicht dazu dienen, weitere hochwassergefährdete Gebiete zu bebauen. Auch die Möglichkeiten des technischen Hochwasserschutzes sind begrenzt. Es gibt immer



Moderner Hochwasserschutz kombiniert die 3 Handlungsfelder des Aktionsprogramms 2020: Natürlicher Rückhalt, Technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge.

ein Hochwasser, das die maximale Höhe von → *Deichen* und Mauern überschreitet – auch wenn das vielleicht nur einmal in 100 Jahren passiert. In diesem Fall wird das Hinterland überschwemmt, obwohl es durch technische Bauwerke geschützt schien.

Deiche und Mauern

In den großen Flussgebieten werden seit vielen Jahrhunderten Deiche und Dämme gebaut, um Siedlungen, Landwirtschaft und Industrie zu schützen. Aus bescheidenen Anfängen haben sich die heutigen Deichsysteme an den großen Flüssen entwickelt. Fast wie beim Pingpong hat man nach extremen Hochwassern die Deiche erhöht und verstärkt, bis sie von noch höheren Hochwasserwellen wiederum überflutet wurden. Auch heute noch sind Deiche und Mauern die klassische

Sicherheitsvorsorge gegen Fluten und Überschwemmungen.

Mit dem systematischen Bau von Hochwasserdeichen wurde Ende des 19. Jahrhunderts begonnen. In großem Umfang wurden Deiche und Auspendungen (→ *Polder*) an der unteren Donau im Regensburger, Straubinger und Deggen-dorfer Becken errichtet. Nach den Überschwemmungen zwischen 1920 und 1926 kamen Deichbauten in Kelheim und Deggen-dorf hinzu. Eine Überprüfung dieser alten Deichsysteme ergab, dass diese teilweise nicht mehr den heutigen Anforderungen entsprechen. Mit dem im Aktionsprogramm 2020 aufgelegten Deich-nachrüstungsprogramm Bayern werden diese Deiche nun systematisch saniert.

Ab 1950 stand der Schutz der großen Städte im Vordergrund. Zuerst wurden in Nürnberg und Landshut – in beispielhaf-ter Weise – umfassende Hochwasser-

schutzmaßnahmen realisiert. Mittlerweile wurden für zahlreiche bayerische Städte Hochwasserschutzmaßnahmen durchge-führt. Eindeichungen und → *Flutmulden* entlasten z. B. die Stadt Donauwörth bei extremen Hochwassern. Schutzmaß-nahmen mit zusätzlichen, beweglichen Schutzwänden werden u. a. in Mittenberg

Hochwasserschutz in München

Die Stadt München war vor allem in den ersten Jahrhunderten nach ihrer Gründung im Jahr 1158 immer wieder verheerenden Hochwassern ausge-setzt. Die Stadtchronik berichtet von fünf großen Hochwasserfluten der Isar allein zwischen 1462 und 1491. Im Jahr 1624 drang das Hochwasser so weit vor, dass der städtische Salzstadel weggerissen wurde. 1729 und 1739 kam es im Stadtteil Lehel sogar zum Einsturz von Häusern. Auch Brücken stürzten mehrfach ein: 1813 wurde die Steinerne Brücke (heute Ludwigs-brücke) weggerissen und über 100 Schaulustige fanden in den Fluten den Tod. 1899 stürzte die Prinzregenten-brücke ein. Die systematische Korrektur der Isar sollte diese Hochwasser-gefahren verhindern. Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts dauerten die Baumaßnahmen. Damit war ein erster Hochwasserschutz erreicht, die Tiefen-erosion des schneller fließenden Was-sers senkte die Hochwasserstände. Bei Unterföhring unterhalb von München hatte diese Eintiefung bereits 1905 ein Ausmaß von 5 m erreicht. Eine we-sentliche Steigerung der Hochwasser-sicherheit wurde aber erst ab 1959 mit der Fertigstellung des Sylvenstein-speichers erreicht. Die Sicherheit, die der Speicher seither für die Bewohner des Isartals bietet, wurde mit der Ver-größerung des Hochwasser-Rückhalte-raums durch eine Dammerhöhung noch wesentlich verbessert. Selbst beim Pfingsthochwasser 1999, das ohne den Speicher mit rund 1550 m³/s zum größten je gemessenen Abfluss in München geführt hätte, konnte die Stadt vor Überschwemmungsschäden bewahrt werden. Im Rahmen des Isar-Plans wird der Hochwasserschutz für München derzeit weiter optimiert.

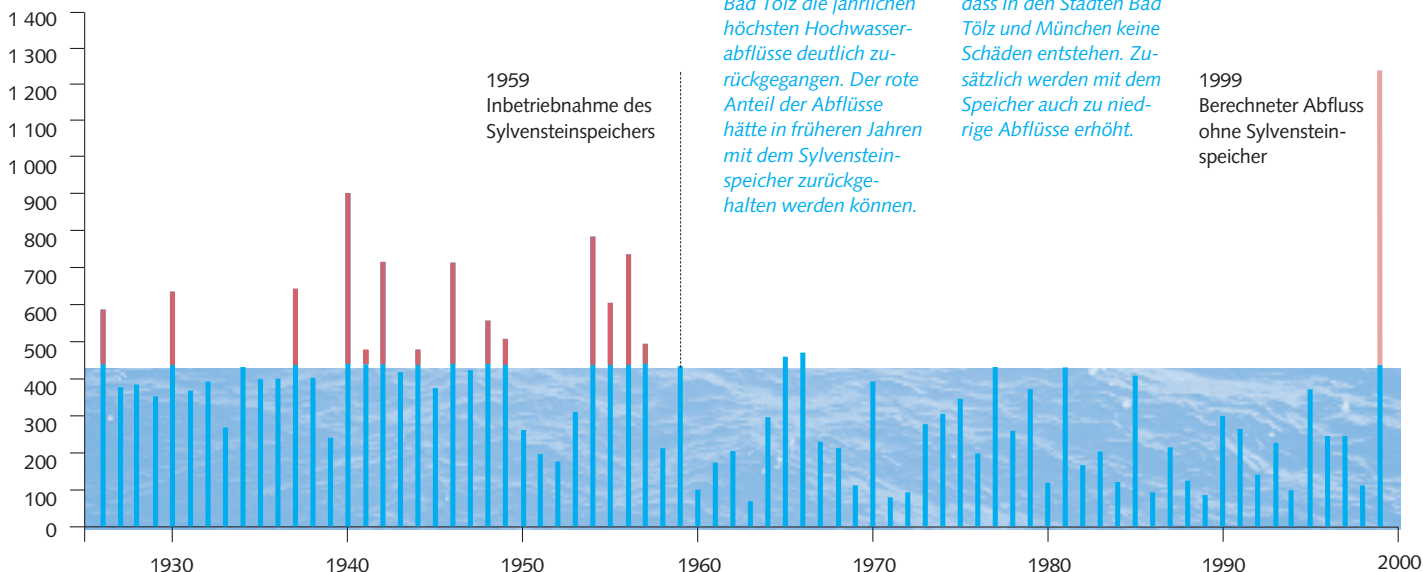


Im Januar 2003 verhin-dert das neue Schutz-system der Stadt Wörth am Main Überschwem-mungen in der Altstadt.

Das renaturierte Hoch-wasserbett der Isar ist ein bevorzugtes Erholungsgebiet der Anwohner – Isar im Stadtgebiet von München.



Höchster jährlicher
Abfluss in m³/s



Nach der Fertigstellung
des Sylvensteinspei-
chers 1959 sind in
Bad Tölz die jährlichen
höchsten Hochwasser-
abflüsse deutlich zu-
rückgegangen. Der rote
Anteil der Abflüsse
hätte in früheren Jahren
mit dem Sylvenstein-
speicher zurückge-
halten werden können.

In der Regel wird bei
Hochwasser gerade so
viel Wasser abgegeben,
dass in den Städten Bad
Tölz und München keine
Schäden entstehen. Zu-
sätzlich werden mit dem
Speicher auch zu nied-
rige Abflüsse erhöht.

1999
Berechneter Abfluss
ohne Sylvenstein-
speicher

und in Würzburg eingesetzt. Weitere Maßnahmen wie z. B. der Hochwasserschutz von Regensburg sind geplant. Aber: Trotz dieses Schutzes werden die Städte nicht für alle Zeiten von Wasserschäden verschont bleiben. Nur ein fest definierter Pegelstand – der eines → 100-jährlichen Hochwassers – kann von ihnen bewältigt werden. Überschreitet der Fluss diese Marke, so versagt der Schutz. Wann das eintritt, kann allerdings niemand vorhersagen.

Rückhaltebecken, Talsperren und Flutpolder

Eine andere Möglichkeit des technischen Hochwasserschutzes bieten künstliche Rückhaltebecken. Sie können als Alternative oder Ergänzung zu Flussausbau und natürlichem Rückhalt eingesetzt werden. Von den 23 großen Wasserspeichern in Bayern dienen 14 Anlagen vorrangig als Hochwasserrückhaltebecken, weitere 9 sind Talsperren mit ständigem hohem Dauerstau. Wasserspeicher erfüllen regelmäßig neben dem Hochwasserschutz noch weitere Funktionen. Speziell Talsperren stellen Wasser zur Abflusserhöhung in Trockenzeiten oder für die Trinkwasserversorgung bereit, sie erzeugen Energie und werden für Freizeit und Erholung genutzt. Gleichzeitig sind sie Lebensraum für Tiere und Pflanzen.

Dienen Hochwasserrückhaltebecken dem Schutz von Siedlungen, dann ist ihr Stauraum so bemessen, dass ein → 100-jährliches Hochwasser gespeichert werden kann.

Die staatlichen Hochwasserrückhaltebecken haben in der Vergangenheit ihre Funktion voll erfüllt und wirksam zum Schutz der unterliegenden Talräume und Siedlungen beigetragen. Eindrucksvolle Beispiele sind der Sylvensteinspeicher, der die Hochwassergefahr für Bad Tölz und München deutlich reduziert hat, sowie der Grüntensee an der Wertach. Zwei weitere Hochwasserrückhaltebecken, der Goldbergsee bei Coburg und der Drachensee bei Furth im Wald, sind derzeit in Bau.

Relativ neu ist der Bau und Einsatz von so genannten → Flutpoldern in Bayern. Flutpolder entstehen, wenn natürlich vorhandene Überschwemmungsgebiete durch einen Damm vom Flusslauf getrennt werden. Die Flutung dieser abgetrennten Flächen erfolgt dann über steuerbare Einlaufbauwerke. Dadurch lassen sich Hochwasserspitzen gezielt und effektiv dämpfen. Bei sinkendem Pegel wird dann die zurückgehaltene Wassermenge wieder in den Fluss abgegeben. Zug um Zug sollen so bis zum Jahr 2020 mindestens 30 Millionen Kubikmeter gesteuerter Rückhalteraum in Bayern entstehen. 7 Standorte für den Bau von Flutpoldern werden derzeit geprüft. Beim Flutpolder Weidachwiesen an der Iller mit ca. 6,3 Millionen Kubikmeter Rückhalteraum wurde bereits mit den Baumaßnahmen begonnen.

Hochwasservorsorge

Der technische Hochwasserschutz hat bei allen segensreichen Wirkungen für Siedlungen und Wirtschaftsflächen einen Nachteil: Es kann und wird immer ein Hochwasser geben, das höher ist als die Schutzbauten. Bleiben die regelmäßigen Überschwemmungen aus, fühlen sich die Menschen leicht zu sicher. Gebäude rücken immer näher an die → Deiche heran und immer größere Werte werden angehäuft. Ein Hochwasser, das dann die geschützte Höhe übertrifft, richtet große Schäden an.

Viele Schäden lassen sich jedoch durch Vorsorgemaßnahmen verringern oder ausgleichen. Vor allem Anlieger von Bächen und Flüssen sowie Bürger in Überschwemmungsgebieten sind zu eigenverantwortlichem Handeln aufgerufen. Im Zusammenwirken von staatlicher Vorsorge und dem Handeln des Einzelnen können die Hochwasserschäden erfolgreich begrenzt werden. Am Rhein waren nach 1993 beim zweiten Hochwasser 1995 die Schäden nur noch halb so hoch.

Antwort Die wirksamste Vorsorge gegen Hochwasserschäden ist der Verzicht auf die Bebauung in Überschwemmungsgebieten. In Fachkreisen wird das als Flächenvorsorge bezeichnet. Wo eine Bebauung bereits vorhanden ist, sollte die Bauvorsorge Priorität besitzen. Zum

Beispiel empfiehlt sich die Verwendung wasserunempfindlicher Baumaterialien. Keller und Erdgeschosse sollten geringwertig genutzt werden bzw. schnell zu räumen sein.

Der Hochwassernachrichtendienst warnt frühzeitig vor anlaufenden Hochwassern, sodass oft ausreichend Zeit bleibt, geeignete Abwehrmaßnahmen zu treffen. Die Begrenzung, Verringerung oder gänzliche Vermeidung von Schäden nennt man Verhaltensvorsorge. Wenn all diese Vorsorgemaßnahmen umsonst waren, muss Risikovorsorge betrieben werden. Sie kann aus eigenen finanziellen Rücklagen oder einer Versicherungspolice bestehen, die Schäden durch Zahlungen ausgleicht.  weitere Infos siehe S. 82

Flächenvorsorge

Würden Überschwemmungsgebiete nicht bebaut oder hochwertig genutzt, könnte das Wasser ungehindert dorthin ausufern. Es gäbe gar keine Schäden. Wo kein Schadenspotenzial, da ist auch kein aufwändiger Hochwasserschutz durch Bauten oder andere Eingriffe in die Natur notwendig. Die Gesetzgebung verpflichtet die Gemeinden im Rahmen ihrer kommunalen Selbstverwaltung, das Bauen in Überschwemmungsgebieten zu verhindern. In den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen sind solche Flächen grundsätzlich freizuhalten. Auch in den Regionalplänen ist dieses Ziel heute eine planungsleitende Größe.

Will man Überschwemmungsgebiete Freihalten, so müssen sie vorher exakt bestimmt werden. Die Wasserwirtschaftsverwaltung ermittelt die Flächen mittels hydrotechnischer Berechnungen und der Auswertung abgelaufener Hochwasser. Um die in Bayern noch anstehenden Festsetzungen zügig zu realisieren, wurde das Projekt „Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten in Bayern“ initiiert. Notwendige Planungsdaten über die Talräume der Flüsse werden durch Befliegen erhoben, mit Computern ausgewertet und mit den Abflussdaten zusammengeführt.

Informationen zu überschwemmungsgefährdeten Gebieten in Bayern können im Internet unter www.lfw.bayern.de abgerufen werden.

Bauvorsorge

Viele Überschwemmungsschäden an baulichen Anlagen lassen sich vermeiden. Besteht Hochwassergefahr, so sollte die gesamte Bauweise darauf eingestellt sein. Das fängt bei der Wahl wasserunempfindlicher Baumaterialien und Konstruktionen an, gilt für Rohbau und Innenausbau und umfasst auch die Nutzungskonzepte für Keller und Erdgeschossräume. Mit einer gelungenen Planung werden die meisten Hochwassergefahren beherrschbar. Allerdings ist die Kreativität aller Beteiligten gefragt – der Kommunen, Architekten, Ingenieure, der Versorgungsunternehmen und Bauträger. Empfehlungen zur Bauvorsorge geben die örtlichen Wasserwirtschaftsämter. Dort können Sie auch erfahren, ob ihr Anwesen oder Gebäude in einem Gebiet mit Hochwassergefahr liegt.

Risikovorsorge

Selbst wenn natürlicher Rückhalt, technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge optimal sind, bleibt immer noch ein Restrisiko. Zwar ist das statistisch gering, aber was hilft die geringe Wahrscheinlichkeit, wenn im Schadensfall der finanzielle Ruin droht. Staatliche Finanzhilfsaktionen können nur unverschuldete Härtefälle mildern. Für Bauten in Überschwemmungsgebieten sollte man sich im Hochwasserfall nicht auf staatliche Finanzhilfen verlassen. Auch die entsprechende Versicherbarkeit ist nicht grundsätzlich gegeben. In gefährdeten Gebieten zu bauen, kann teuer werden.

Versicherungen

Die Versicherungswirtschaft bietet im Rahmen von Elementarschadensversicherungen grundsätzlich die Möglichkeit an, sich gegen das Überschwemmungsrisiko zu versichern. Überschwemmungsschäden sind jedoch in Bereichen mit hohen Gefährdungsrisiken nicht uneingeschränkt versicherbar. Die deutsche Versicherungs-

wirtschaft hat ein Risikoanalyseinstrument entwickelt, mit dem eine Zonierung aller bebauten Flächen in Gefährdungsklassen durchgeführt wurde (System „ZÜRS“).

Seit der Flutkatastrophe im Sommer 2002 an der Elbe wird auch wieder die Einführung einer bundesweiten Pflichtversicherung gegen Hochwasser diskutiert.

Nach den Erfahrungen der letzten Jahre empfiehlt es sich generell, eine Elementarschadensversicherung gegen Hochwasserschäden abzuschließen, da es kaum Flächen gibt, auf denen jegliches Überschwemmungsrisiko ausgeschlossen werden kann. Zudem können staatliche Finanzhilfen grundsätzlich nur für Schäden gewährt werden, die nicht versicherbar sind.

Staatliche Finanzhilfen

Zur Milderung der größten Not kann den Bürgern Bayerns staatliche Finanzhilfe nach den Richtlinien für Elementarschadensfälle gewährt werden. Die Hilfe tritt ein bei unmittelbaren Schäden an landwirtschaftlichem, gärtnerischem, gewerblichem oder freiberuflichem Betriebsvermögen, an privaten Gebäuden und Hausrat. Die Behebung der Schäden muss notwendig und unaufschiebbar sein. Nur wenn der Geschädigte unverschuldet in diese außergewöhnliche Notlage geraten ist, sie aus eigener Kraft in absehbarer Zeit nicht bewältigen kann und kein Versicherungsschutz möglich ist, wird die Finanzhilfe als Kredit oder Nothilfe gewährt. Über die Höhe der Ausgleichszahlungen entscheiden die Kreisverwaltungsbehörden. Dort müssen auch die entsprechenden Anträge gestellt werden.

Verhaltensvorsorge

Eine erkannte Gefahr ist nur die halbe Gefahr. Hochwasser können – in bestimmten Grenzen – vorhergesagt werden. Bis zum Beginn einer Überschwemmung bleibt in größeren Einzugsgebieten meist genügend Zeit, um Vorkehrungen zur Abwehr oder Verhinderung von Schäden zu treffen. Güter können aus der Gefahrenzone entfernt werden, Verkehrswege gesperrt, Keller, Wohnräume, Arbeitsstätten und Lager geräumt, Evakuierungen vorgenommen oder Versorgungsanlagen (Gas, Wasser, Strom, Öl) gesichert werden. Alarm- und Einsatzpläne mit genauen Anweisungen für den Ernstfall erleichtern Hilfskräften und Profis das Eingreifen. Diese können bereits lange vor dem Notstand ausgearbeitet sein.

Hochwassernachrichtendienst

Antwort ► Am besten kennen sich die Fachleute in der Wasserwirtschaft mit dem Aufbau und Verlauf von Hochwasser aus und sind folglich zuständig für den Hochwassernachrichtendienst (HND). Alle relevanten Informationen aus ganz

Bayern laufen im Netz des Hochwassernachrichtendienstes zusammen. Laufend werden die Pegelstände aller wichtigen Flüsse und Bäche sowie die Regenfälle und Schneehöhen aufgezeichnet und überwacht. ¹ *weitere Infos siehe S. 69* Der bayerische Hochwassernachrichtendienst reicht in seinen Anfängen bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts zurück. Erste Richtlinien zur Organisation eines Hochwassernachrichtendienstes wurden bereits 1883 von der Königlichen Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern erlassen.

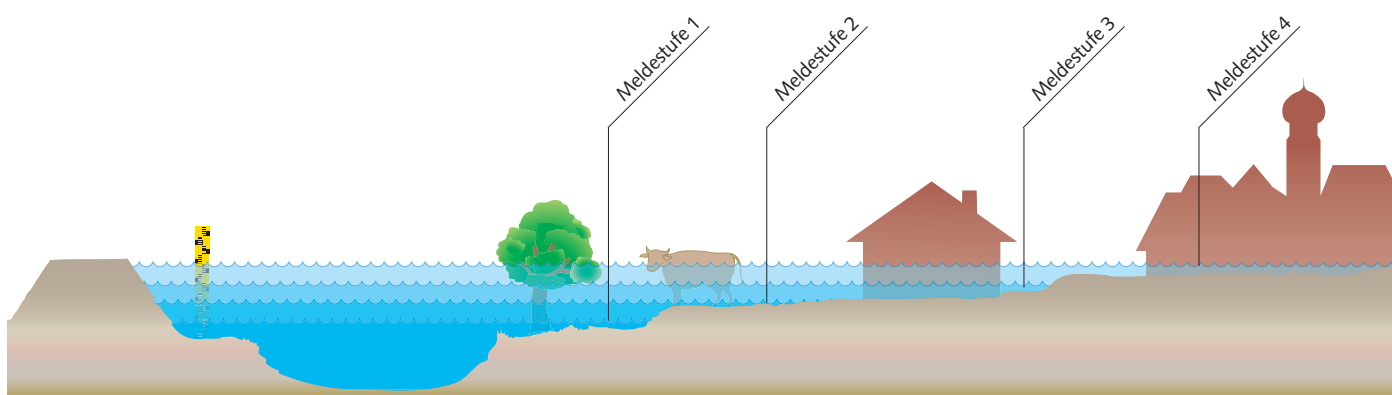
Der Deutsche Wetterdienst, ein Partner des Hochwassernachrichtendienstes, liefert neben den Wettervorhersagen Informationen über aktuelle Niederschlags- und Schneehöhen. Wetterradarbilder eignen sich zur Lokalisierung von Niederschlagsfeldern, Schauern und Gewitterzellen. Außerdem werden Warnungen vor Starkregen übermittelt und detaillierte → *Niederschlagsvorhersagen* geliefert. Die Auswertung langjähriger Beobachtungen gibt Aufschluss über die Zusammenhänge zwischen Wetter- und Abflussgeschehen. Damit ist eine Einschätzung von Hochwassergefahren über einen Zeitraum von 2–3 Tagen im Voraus möglich. Der Hochwassernachrichtendienst kann deshalb als kompetenter

Partner die Bürger frühzeitig und zuverlässig vor drohenden Hochwassergefahren warnen.

Hochwassernachrichten

Die Wasserwirtschaftsämter und die Dienststellen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung erstellen Hochwassernachrichten für insgesamt 40 Flüsse mit rund 5000 Flusskilometern. 320 Pegel liefern die Wasserstands- und Abflussinformationen, die für exakte und zuverlässige Warnungen erforderlich sind. Wenn der Wasserstand an einem dieser Pegel einen festgelegten Wasserstand überschreitet, dann bedeutet das den Meldebeginn. Mit den folgenden Meldestufen 1 bis 4 wird das Ausmaß der Überschwemmungen angegeben. Die Hochwassernachrichten enthalten zusätzlich Tendenzangaben wie „Wasserstand steigend“ oder „Wasserstand fallend“. Wo möglich, machen sie auch Angaben über die Scheiteleintrittszeit und zu erwartende Scheitelhöhen (→ *Hochwasserwelle*).

Im Katastrophenfall fallen häufig auch Kommunikationseinrichtungen aus oder sind überlastet. Trotzdem müssen Gemein-



Das jeweilige Ausmaß der Überflutung wird im Hochwassernachrichtendienst durch vier Meldestufen beschrieben.

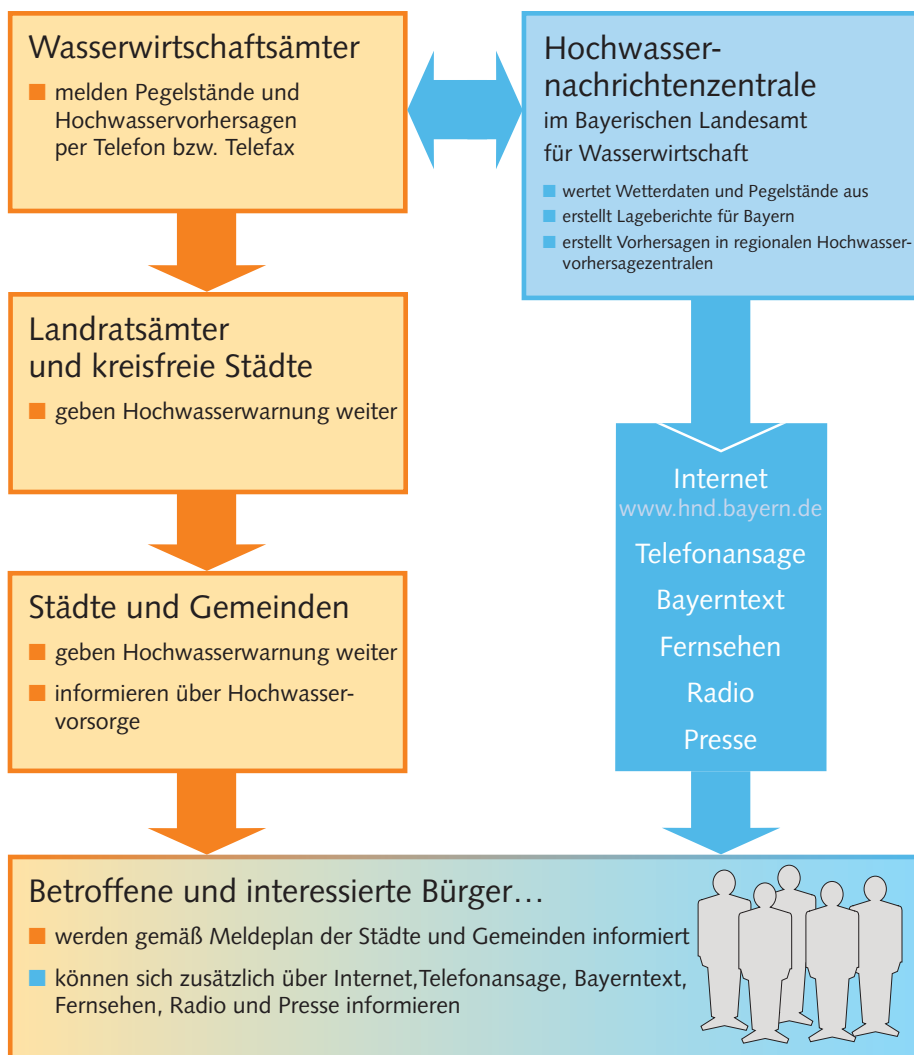
Meldestufe 1:
Stellenweise kleinere Ausuferungen.

Meldestufe 2:
Land- und forstwirtschaftliche Flächen überflutet oder leichte Verkehrsbehinderungen auf Hauptverkehrs- und Gemeindestraßen.

Meldestufe 3:
einzelne bebaute Grundstücke oder Keller überflutet oder Sperrung überörtlicher Verkehrsverbindungen oder einzelner Einsatz der Wasser- oder Dammwehr erforderlich.

Meldestufe 4:
bebaute Gebiete in größerem Umfang überflutet oder Einsatz der Wasser- oder Dammwehr in großem Umfang erforderlich.

Information der Bürger bei Hochwasser



den und die Betreiber von hochwassergefährdeten Anlagen zuverlässig informiert werden können. Deshalb wurde eine ausgeklügelte Organisation geschaffen, die in Meldeplänen die Meldewege und Meldezeiten im Detail festlegt. So hat jedes Wasserwirtschaftsamt einen eigenen örtlichen Meldeplan, nach welchem Hochwassernachrichten an die Landratsämter und den Katastrophenschutz und von diesen an die Gemeinden weitergegeben werden. Darüber hinaus erarbeiten Landratsämter und Gemeinden ihren individuellen Alarm- und Einsatzplan. Da sie für den Katastrophenschutz in ihrer Region zuständig sind, stellen sie auch die Deichwehren (→ *Deich*) – in der Regel die örtliche Feuerwehr – zur Überwachung und Sicherung der Hochwasserdeiche. Erst im Katastrophenfall werden weitere Organisationen und unter besonderen Voraussetzungen auch Einheiten des Bundes (Technisches Hilfswerk, Bundesgrenzschutz, Bundeswehr) herangezogen.

Meldepläne der Städte und Gemeinden

Den gemeindlichen Meldeplänen kommt als letztem Glied in der Meldekette eine besondere Bedeutung zu. Die Gemeinden legen fest, wer wann und wie zu warnen ist und welche Maßnahmen bei welchen Wasserständen an den Pegeln zu veranlassen sind. Hierzu führen die Gemeinden Lagepläne gefährdeter Bereiche oder Objekte, Verzeichnisse von Betroffenen, die gewarnt werden müssen, sowie Verzeichnisse weiterer zuständiger Behörden und Organisationspläne für die Hochwasserabwehr.

Hochwassernachrichtenzentrale

Antwort Die Leitung des Hochwassernachrichtendienstes liegt beim Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) in München. Die Hochwassernachrichtenzentrale im LfW bildet eine zentrale Informationsdrehscheibe. Dort werden eingehende Informationen und Daten der Wasserwirtschaftsämter, des Deutschen Wetterdienstes (DWD), der benachbarten Länder und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung gesammelt, ausgewertet, weitergegeben und online bereitgestellt. Hierzu zählen neben den Pegelständen insbesondere

aktuelle Niederschlagsdaten und -vorhersagen, Schneehöhen, Wetterberichte, Radar- und Satellitenbilder. Ein detaillierter Hochwasserlagebericht wird über die Medien sowie über Internet und Telefonansage veröffentlicht (siehe letzte Seite – die bayerische Umweltverwaltung...).  weitere Infos siehe S. 84

Vorhersage

Eine zuverlässige Hochwasservorhersage ist die Voraussetzung für ein zeitgemäßes Hochwasserschutzmanagement. Mit dem Einsatz von modernsten Systemen zur Datenerfassung und -verarbeitung wird in Bayern das technisch Mögliche umgesetzt.

- Gefährdete Gebiete können frühzeitig vor einer Hochwasserwelle oder dem Überströmen von Deichen gewarnt werden.
- Schutzmaßnahmen oder Evakuierungen können rechtzeitig erfolgen.
- Hochwasserrückhaltebecken und Flutpolder können optimal gesteuert werden.

Mit dem Innovationsprogramm Hochwassernachrichtendienst hat die Wasserwirtschaft in Bayern bis 2004 die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, um für alle größeren bayerischen Flüsse Abflussvorhersagen zu erstellen und die Vorhersagezeiträume zu verlängern. So kann der Hochwassernachrichtendienst früher und gezielter vor Hochwasserwellen warnen.

Grundlage für die Berechnung von Hochwasserwellen sind Messdaten an



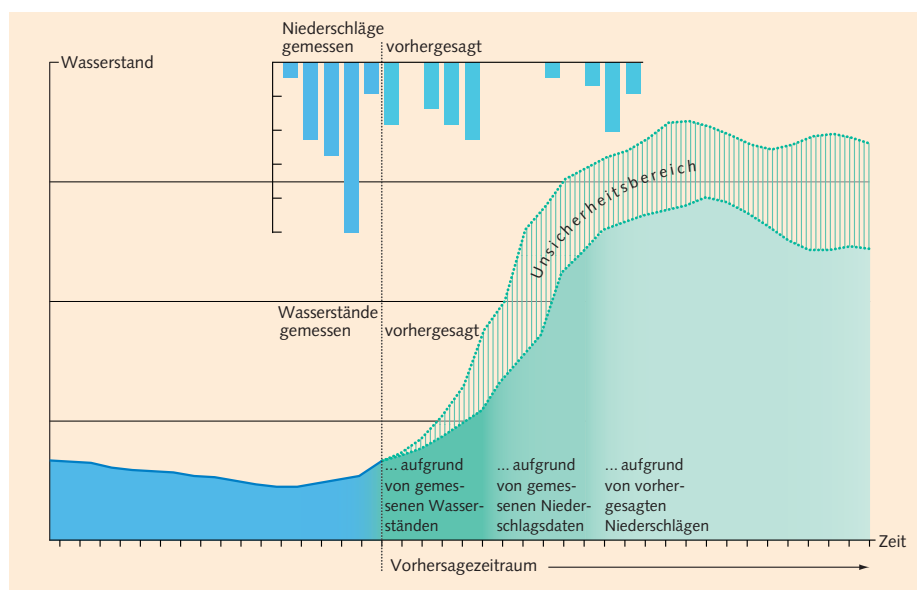
möglichst vielen Niederschlagsmessstationen und Abflusspegeln, die online in die Computernetze eingespeist werden. Dazu wird ein automatisches Niederschlagsmessnetz von ca. 320 Stationen zusammen mit dem Deutschen Wetterdienst aufgebaut – die bisherigen Regenmessungen waren in der Regel erst nach Tagen und Wochen zentral verfügbar. Die Pegelmessstationen an den Flüssen werden mit einer Datenfernübertragung ausgerüstet.

Die Messdaten werden automatisch aufbereitet, durch Wettervorhersagen ergänzt und in Datenbanken abgelegt. In die Berechnung gehen sowohl Wasserstände an flussaufwärts liegenden Pegeln

als auch gemessene und vorhergesagte Niederschläge ein. Mit Computermodellen, die für die einzelnen Flussgebiete maßgeschneidert sind, berechnen Hydrologen die Wasserstände für die nächsten 6, 12, 24 oder auch 48 Stunden. Je größer der Fluss, desto länger ist der Vorhersagezeitraum.

Der HND im Internet – www.hnd.bayern.de

Der Hochwassernachrichtendienst ist seit 1998 mit aktuellen Wasserstands- und Abflussdaten im Internet präsent. Mittlerweile wurde das Angebot um Niederschlags- und Schneedaten ergänzt. Zu Hochwasserzeiten erfolgt eine stündliche Bereitstellung der Daten von Pegeln, die von Hochwasser betroffen sind. Im Winter können Schneehöhen und Wassergehalte der Schneedecke abgerufen werden. Die Angabe von Mittel- und Höchstwerten der Wasserstände und Abflüsse für jeden Pegel ermöglicht den Vergleich mit den langjährigen Messungen. Für ausgewählte Pegel gibt es auch Wasserstands- und Abflussvorhersagen.



Schema der Wasserstandsvorhersage:
Durch Einbinden von Niederschlagsdaten und Niederschlagsvorhersagen wird der Vorhersagezeitraum verlängert.

Handlungsempfehlungen

Die Bundesländer haben gemeinsam in der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Handlungsempfehlungen für einen integrierten Hochwasserschutz herausgegeben, die hier zusammengefasst wiedergegeben werden.

An die Politik

- den Naturhaushalt als einen Baustein zum Hochwasserschutz bewahren, ohne davon die Lösung aller Hochwasserprobleme zu erwarten,
- sich darüber hinaus zu der Notwendigkeit von Nutzungsbeschränkungen in hochwassergefährdeten Gebieten bekennen,
- gesetzliche Voraussetzungen verbessern, um die notwendigen Beschränkungen in den Nutzungen auch durchzusetzen,
- vor Ort nicht die Erwartung wecken, die Hochwasserprobleme könnten allein durch Handeln anderswo gelöst werden,
- gegenüber den vom Hochwasser Betroffenen keine Versprechungen machen, für die nicht auch die Finanzmittel bereitstehen.

An die Behörden

- die vorhandenen Gesetze zur Durchsetzung von Nutzungsbeschränkungen in hochwassergefährdeten Gebieten konsequent anwenden,
- Aktionspläne für den natürlichen Wasserrückhalt, den technischen Hochwasserschutz und die weitergehende Hochwasservorsorge schaffen,
- Überschwemmungsgebiete ausweisen und auf die Freihaltung dieser Gebiete hinwirken (Länder),
- Hochwassermelde- und Warndienst an neue Informationstechnik anpassen (Bund und Länder),
- Niederschlagsvorhersage des Deutschen Wetterdienstes weiter verbessern (Bund),

- Hochwasserschutzinteressen an grenzüberschreitenden Gewässern international koordinieren (Bund und Länder),
- Rahmenbedingungen zur Elementarschadensversicherung im Dialog mit der Versicherungswirtschaft überprüfen (Bund und Länder),
- die natürliche Entwicklung der Gewässer fördern, dabei in Ortslagen auf die Erhaltung der Abflussleistung bei Hochwasser achten (Gewässerunterhaltungspflichtige).

An die Städte und Gemeinden

- Flächennutzungs- und Bebauungspläne im Hinblick auf Hochwassergefahren überdenken,
- in Baugebieten Regenwasser versickern lassen und dafür finanzielle Anreize schaffen,
- über die Hochwassergefahren, insbesondere auch in den geschützten Gebieten, aufklären,
- Melde-, Alarm- und Einsatzpläne für Hochwasser- und Eisgefahren aufstellen und regelmäßig fortschreiben.

An die Wirtschaft

- Hochwassergefährdung als natürlichen Lastfall begreifen und Empfehlungen zum hochwasserverträglichen Bauen formulieren (Architekten und Ingenieure),
- Mehrabfluss vermeiden. Regenwasser, dort, wo es auftritt, versickern lassen (Ingenieure),
- bei der Installation von Anlagen auf Überflutungsgefährdung achten (Handwerk),
- Elementarschadensversicherung unter Einschluss des Hochwasserrisikos flächendeckend anbieten (Versicherungen).

An die Land- und Forstwirtschaft

- mit standortgerechter Land- und Forstbewirtschaftung den Rückhalt von Wasser fördern,
- Überschwemmungsgebiete als Grünland oder Auwald belassen bzw. rückführen
- gesunde Mischwälder aufbauen.

An die Medien

- bei der Information über Hochwasser mithelfen und im Interesse der Betroffenen auf Sensationsberichterstattung verzichten.

An die Bürgerinnen und Bürger

- Eigenverantwortung zur Schadensminderung bei Hochwasser akzeptieren,
- Bauweisen an der Hochwassergefährdung orientieren und Nutzungseinschränkungen beachten,
- Instrumente zur Steuerung von Hochwasserrückhaltesystemen verbessern und deren Grenzen aufzeigen,
- das verbleibende Restrisiko durch Versicherung abdecken – auch in den hinter Mauern und Deichen geschützten Gebieten.

An Forschung und Wissenschaft

- quantitative Niederschlags- und Tauwettervorhersage verbessern,
- die Bedeutung der neueren Formen der Land- und Forstbewirtschaftung auf den Hochwasserabfluss aufklären,
- operationelle Hochwasservorhersagemodelle unter besonderer Berücksichtigung von Aufwand und erzielbarer Verbesserung entwickeln,
- die Bedeutung des wachsenden Schadenpotenzials hinter Hochwasserschutzanlagen aufklären.

An alle gemeinsam

- die Verbesserung der Hochwassersituation erfordert eine Veränderung in den Zielen und Handlungen aller. Im Einzugsgebiet, an den Gewässern überall. Die Devise „Alles soll besser werden, aber nichts darf sich ändern“, führt auch beim Hochwasserschutz nicht zum Ziel.



Glossar

100-jährlicher Abfluss

Abfluss, der an einem Standort im Mittel alle hundert Jahre überschritten wird. Da es sich um einen Mittelwert handelt, kann dieser Abfluss innerhalb von hundert Jahren auch mehrfach auftreten. Wenn Messzeiträume an Flüssen weniger als 100 Jahre umfassen, wird dieser Abfluss statistisch berechnet.

100-jährliches Hochwasser

→ 100-jährlicher Abfluss

Abfluss

Der Teil des gefallenen Niederschlags, der in Bächen und Flüssen abfließt. Er wird gemessen als Wassermenge pro Zeiteinheit und wird in Kubikmeter pro Sekunde (m^3/s) angegeben. Der Abfluss wird indirekt über die Geschwindigkeit des Wassers gemessen. Die mittlere Fließgeschwindigkeit wird multipliziert mit der durchflossenen Querschnittsfläche ($\text{m}^2 \times \text{m}/\text{s} = \text{m}^3/\text{s}$). Diese Messungen werden in größeren zeitlichen Abständen bei unterschiedlichen Wasserständen durchgeführt. Daraus wird eine Abflusskurve erstellt. Jedem gemessenen Wasserstand kann über diese Abflusskurve ein zugehöriger Abfluss zugeordnet werden. → *Hydrometrie*, → *Gewässerkundliche Hauptzahlen*

Abflussbildung

Alle Vorgänge und Prozesse, die in einem Einzugsgebiet den Anteil des Niederschlags bestimmen, der nicht gespeichert wird und abfließt. Hierzu gehören die Speicherung in Gelände, Boden und Vegetation, die Infiltration und die Verdunstung.

Abflusskonzentration

Gesamtheit der Vorgänge, die den zeitlichen Verlauf des → *Abflusses* (Anstieg und Rückgang) in einem Bach festlegen.

Abflussspende

Um den Abfluss aus *Einzugsgebieten* unterschiedlicher Größe vergleichen zu können, wird der Abfluss durch die zugeordnete Einzugsgebietsfläche geteilt. Die Abflussspende wird angegeben in Litern pro Sekunde und Quadratkilometer (l/skm^2). Zum Vergleich mit dem Niederschlag kann die Abflussspende umgerechnet werden in Millimeter Wasserhöhe pro Stunde (mm/h). Ein mm/h entspricht einer Abflussspende von $277 \text{ l}/\text{skm}^2$. Die höchsten Abflussspenden bei kleinen Einzugsgebieten erreichen in Bayern über $2000 \text{ l}/\text{skm}^2$, also über $7,2 \text{ mm}/\text{h}$.

Advektive Niederschläge

Mit Advektion wird die horizontale Zufuhr von Luftmassen bezeichnet. Vertikale Bewegungen der Luft heißen → *Konvektion*. Feuchtwarme Luftmassen können durch Advektion über kältere Luftmassen gleiten. Dann entstehen Niederschläge, die meist über mehrere Stunden andauern und eine geringe, sich wenig ändernde → *Niederschlagsintensität* aufweisen. Das Niederschlagsfeld ist häufig größer als 1000 km^2 . Der Volksmund bezeichnet advektive Niederschläge auch als „Landregen“ oder „Dauerregen“. (→ *Fronten*).

Aue

Das von der Gewässerdynamik geprägte Gebiet eines Fließgewässers. Umfasst die Flächen, die natürlicherweise vom Hochwasser beeinflusst werden, direkt durch Überflutung oder indirekt durch steigende Grundwasserstände. Oft identisch mit dem Talboden.

Aufgleitniederschläge

Beim Auftreffen warmer Luftmassen auf ruhende Kaltluft entstehender Niederschlag. Beim Aufsteigen der warmen Luft kondensiert der Wasserdampf infolge Abkühlung.

Bodenfrost

Bei anhaltend tiefen Lufttemperaturen gefriert das Wasser im Boden zu Eis. Bei starken Regenfällen läßt gefrorener Boden kaum Wasser versickern. Es entsteht hoher Oberflächenabfluss, der zu Hochwasser führen kann. Bekanntestes Beispiel für ein Hochwasser, bei dem der Bodenfrost in Teilen der Einzugsgebiete einen wesentlichen Ausschlag gab, ist das Hochwasser im Jahre 1909. Eine hohe Schneedecke kann tiefen Bodenfrost verhindern.

Deich

Künstlich aufgeschütteter Damm an einem Flussufer zum Schutz des dahinter liegenden Landes (Hinterland) vor Überflutung. Die Deichkrone ist die ebene oder schwach gewölbte obere Fläche eines Deiches. Sie ist meist 3 bis 5 Meter breit und befahrbar. Bei Hochwasser sind die Deiche durch anhaltenden Wasserdruck gefährdet. Zum Schutz und zur Verteidigung der Deiche bei Hochwasser haben die Gemeinden Deichwehren zu stellen. In der Regel werden die Aufgaben der Deichwehr von den örtlichen freiwilligen Feuerwehren übernommen.

Einzugsgebiet

Für jede Stelle eines Gewässers lässt sich das Gebiet angeben, aus dem alles oberirdische Wasser dieser Stelle zufließt. Das Einzugsgebiet eines → *Pegels* ist z. B. die Summe aller Gebiete, die dem Gewässer bis zu dieser Stelle Wasser zuführen. Für Untersuchungen des Wasserhaushaltes wird zusätzlich zwischen oberirdischem Einzugsgebiet und unterirdischem Einzugsgebiet unterschieden. Oft stimmen beide nicht überein. Extreme Unterschiede treten im Karst auf. Die Grenze des Einzugsgebietes wird durch die → *Wasserscheide* markiert.

Eishochwasser

Eis entwickelt sich an Gewässern bereits dann, wenn die Temperaturen einige Tage unter null Grad liegen. Zuerst vereisen Bereiche mit geringer Fließgeschwindigkeit; bei fortschreitender Eisbildung engt sich der Fließquerschnitt immer mehr ein und die Wasserstände beginnen zu steigen. Große Gefahren kann der Abgang der Eisdecke erzeugen. Das Eis kann sich dabei an Engstellen zu Eisbarrieren aufstauen und damit den Abfluss des Wassers behindern. Wenn die Eisbarriere aufgrund des Wasserdruckes bricht, werden ähnlich einem Dammbruch plötzlich große Wassermassen freigesetzt. An den großen Flüssen ist die Hochwassergefahr durch Eis sehr zurückgegangen, seitdem es Stauhaltungen gibt. Wegen der Aufwärmung durch Kühlwasser bildet sich großteils gar kein Eis mehr.

Extensive Bewirtschaftung

Bei der extensiven Bewirtschaftung versucht der Landwirt mit möglichst wenig Kosten und Arbeitskraft die natürlichen Gegebenheiten zu nutzen. Ein klassisch extensives Nutzungsmodell ist die Viehweide. Da die Erträge bei extensiver Bewirtschaftung gering sind, müssen größere Flächen bewirtschaftet werden.

Feststofftransport

Fließendes Wasser führt feste Stoffe mit sich und transportiert sie flussabwärts. Bei starkem Gefälle und hoher Fließgeschwindigkeit können Gesteinsblöcke bis zu Durchmessern von mehreren Dezimetern bewegt werden. Das an der Flusssohle wandernde oder springende Geröll ist das Geschiebe. Im Wasser schwebende Feststoffe werden als Schwebstoff bezeichnet. Bei durchschnittlicher Fließgeschwindigkeit werden Feststoffe bis zur Größe feinen Sandes mitgeführt. Als Geschiebestoß wird der stoßweise Eintrag von Geschiebe aus Seitenbächen bei Hochwasser bezeichnet. Geschiebe- und Schwebstoffmengen sind stark von der Wasserführung, den Fließgeschwindigkeiten und der Feststoffzufuhr durch Verwitterung und Massenbewegung abhängig. Geschiebemengen um die 6000

Tonnen pro Jahr werden z. B. dem Sylvensteinsee durch die Isar zugeführt. 4000 Tonnen pro Jahr erreichen im Mittel jährlich den Chiemsee über die Tiroler Achen. Der Schwebstoffgehalt von Inn und Salzach kann im Mittel 100 bis 300 Gramm pro Kubikmeter Wasser betragen, während in Donau und Main deutlich weniger als 100 Gramm gemessen wurden.

Flurbereinigung

In den ländlichen Gebieten wird der Landschaftswandel durch die Flurbereinigung geprägt. Die wichtigsten Maßnahmen mit Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind:

- Neueinteilung der Grundstücke, d. h., kleine Parzellen werden zusammengelegt,
- Rodung bzw. Aufforstung von Wald,
- Umwandlung von Grünland in Acker,
- Gestaltung der Wege und Wegseitengräben,
- Ausbau und die Verlegung von Bachläufen,
- Räumung der Gräben und Bäche,
- Ent- und Bewässerung,
- Planierung und Terrassierung.

Heute werden außerdem Wasserrückhaltmaßnahmen geplant. Rückhaltebecken und Kleinspeicherräume sowie die Neuanpflanzungen von Hecken und Bäumen tragen zum Wasserrückhalt auf der Fläche bei. Mithilfe der → *Extensiven Bewirtschaftung* oder Neuanlage von ökologischen Flächen wird die → *Retention* wieder verbessert.

Flussregulierung

Korrektur eines Flusslaufes zugunsten Landwirtschaft, Schifffahrt, Siedlungsbau und Wasserkraftnutzung durch Flussbegradigungen, Uferbefestigungen und Sohlenverbau. Mithilfe von Querbauwerken, Sohlschwelen, Abstürzen, Wehren oder Staustufen wird eine zu starke Tiefenerosion verhindert.

Flutmulde

Künstlich angelegtes Flussbett, das nur bei Hochwasser durchflossen wird. Damit wird z. B. in Landshut ein Teil des Abflusses bei Hochwasser um den Ortskern herumgeführt. Überschwemmungen der Altstadt lassen sich durch diese Flutmulden vermeiden.

Flutpolder

Eingedeichte Flussniederung oder Senke, die bei Hochwasser gezielt geflutet wird (→ *Polder*).



Die Flutmulde der Isar bei Landshut leitet das Hochwasser um den Stadtkern.

Fronten

Fronten markieren Luftmassen unterschiedlicher Herkunft und Eigenschaften. Bei einer Warmfront rückt warme gegen kalte Luft vor. Gleitet Warmluft auf Kaltluft auf, entsteht Schichtbewölkung mit länger anhaltenden Niederschlägen. Ist dagegen bei einer Kaltfront kalte Luft auf dem Vormarsch, dann schiebt sich die kalte Luft unter die warme und hebt sie hoch. Die entstehenden Haufenwolken, so genannte Cumuluswolken, entladen sich mit heftigen Niederschlägen. Eine Kombination aus Warm- und Kaltfront ist die Okklusionsfront. Sie bildet sich, wenn die Kaltfront die vorausseilende Warmfront einholt und sie in die Höhe hebt.

Ganglinie

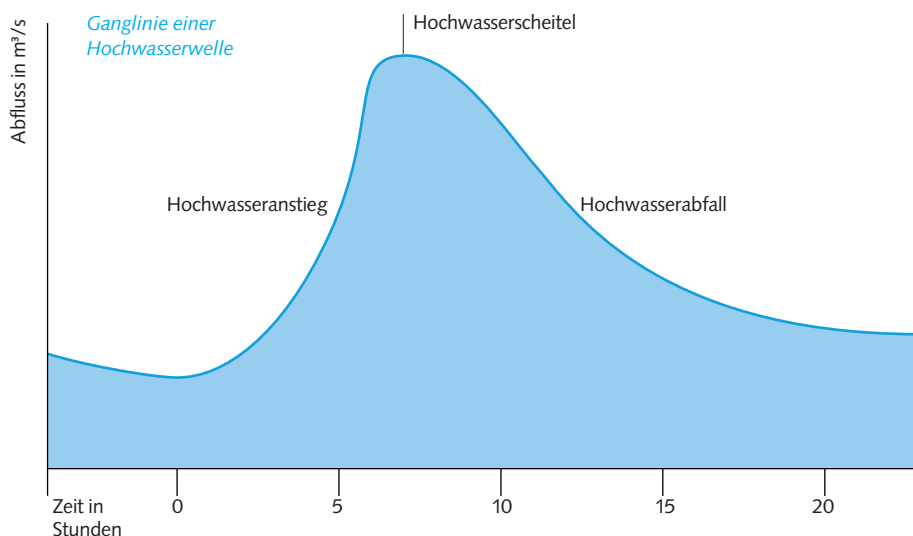
→ *Hochwasserwelle*

Gewässerkundliche Hauptzahlen

Aus den kontinuierlichen Messungen von Wasserstand (W) und Abfluss (Q) werden eine Reihe von Hauptwerten abgeleitet, die für die Wasserwirtschaft wichtig sind:

- *NNW*, *NNQ* niedrigstes Tagesmittel aller Jahre,

- NW, NQ niedrigstes Tagesmittel eines Jahres,
- MNW, MNQ Mittel der NW, NQ aller Jahre
- MW, MQ Mittel eines oder aller Jahre,
- MHW, MHQ Mittel der HW, HQ aller Jahre,
- HW, HQ höchster Wert eines Jahres,
- HHW, HHQ höchster Wert aller Jahre.



Geschiebe

Der Feststoffanteil beim $\rightarrow$ Feststofftransport, der sich an der Sohle rollend und hüpfend fortbewegt.

Hochwasserentlastung

Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken haben aus Sicherheitsgründen eine Hochwasserentlastung. Eine Bewirtschaftung der Talsperren und Rückhaltebecken, d. h. eine Steuerung der Abgabe, ist in der Regel bis zu einem 100-jährlichen Hochwasser gegeben. Bei selteneren Hochwassern, bei denen das Stauziel überschritten wird, wird der zusätzliche Zufluss über die Hochwasserentlastungsanlage so abgeführt, dass das „Bauwerk“ Talsperre keinen Schaden nimmt.

Hochwasserfreilegung

Frühere Bezeichnung für die Gesamtheit aller Maßnahmen zum Schutz einer Stadt vor Überschwemmungen. Da die Bezeichnung „Freilegung“ einen absoluten Schutz suggeriert, wird sie heute nicht mehr verwandt. Stattdessen spricht man vom Hochwasserschutzsystem.

Hochwasserwelle

Der Wasserstand während eines Hochwassers wird über Tage hinweg kontinuierlich aufgezeichnet. Es entsteht die so genannte Hochwasserganglinie mit ihrer spezifischen Wellenform. Den gesamten Prozess von Anstieg und Rückgang des Hochwassers nennt man Hochwasserwelle (siehe Grafik).

Hydrologisches Jahr

Das hydrologische Jahr dauert in Deutschland jeweils vom 1. November eines Jahres bis zum 31. Oktober des folgenden. Das Winterhalbjahr umfasst die Monate November bis April, das Sommerhalbjahr die Monate Mai bis Oktober. Diese Einteilung wählt man, um in der Jahresbilanz die Niederschläge erfassen zu können, die bereits im November und Dezember als Schnee oder Eis gespeichert wurden und erst im folgenden Jahr abfließen. Bei einer klassischen kalendarischen Einteilung blieben sie in der Bilanz unberücksichtigt.

Hydrometrie

Eine der klassischen Aufgaben der Gewässerkunde ist es, zuverlässige Daten über Niederschlag, Abfluss und Verdunstung zu erheben. Erst die ununterbrochene Beobachtung von Wasserstand und Abfluss lässt langfristige Änderungen erkennen und die Wahrscheinlichkeit großer Hochwasser ermitteln. Wasserstand und Abfluss werden an so genannten $\rightarrow$ Pegeln gemessen. Bereits im Jahr 1826 gab es in Bayern ein Pegelnetz, das 65 Messstellen umfasste. Bis heute ist das bayerische Netz auf über 700 Messstellen angewachsen; davon sind mehr als 300 in den Hochwassernachrichtendienst eingebunden.

Infiltration

Der Prozess bei dem Niederschlagswasser in den Boden einsickert und den Porenraum auffüllt. Ist die Bodenoberfläche wenig durchlässig, kann bei Regen nur wenig versickern, es entsteht Oberflächenabfluss. Die $\rightarrow$ Infiltrationsrate gibt die Wassermenge an, die pro Zeiteinheit im Boden versickern kann.

Infiltrationsrate

$\rightarrow$ Infiltration

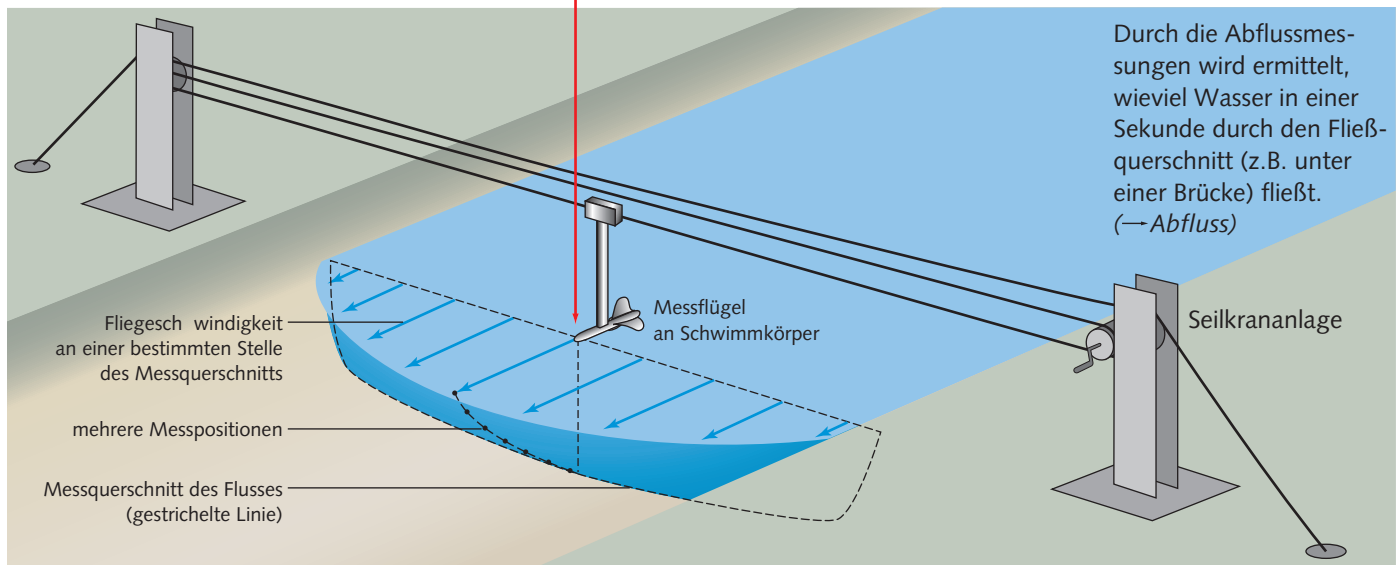
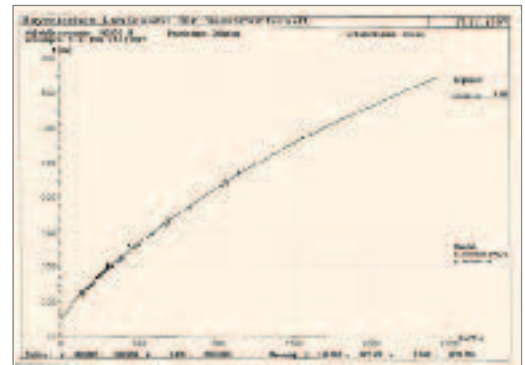
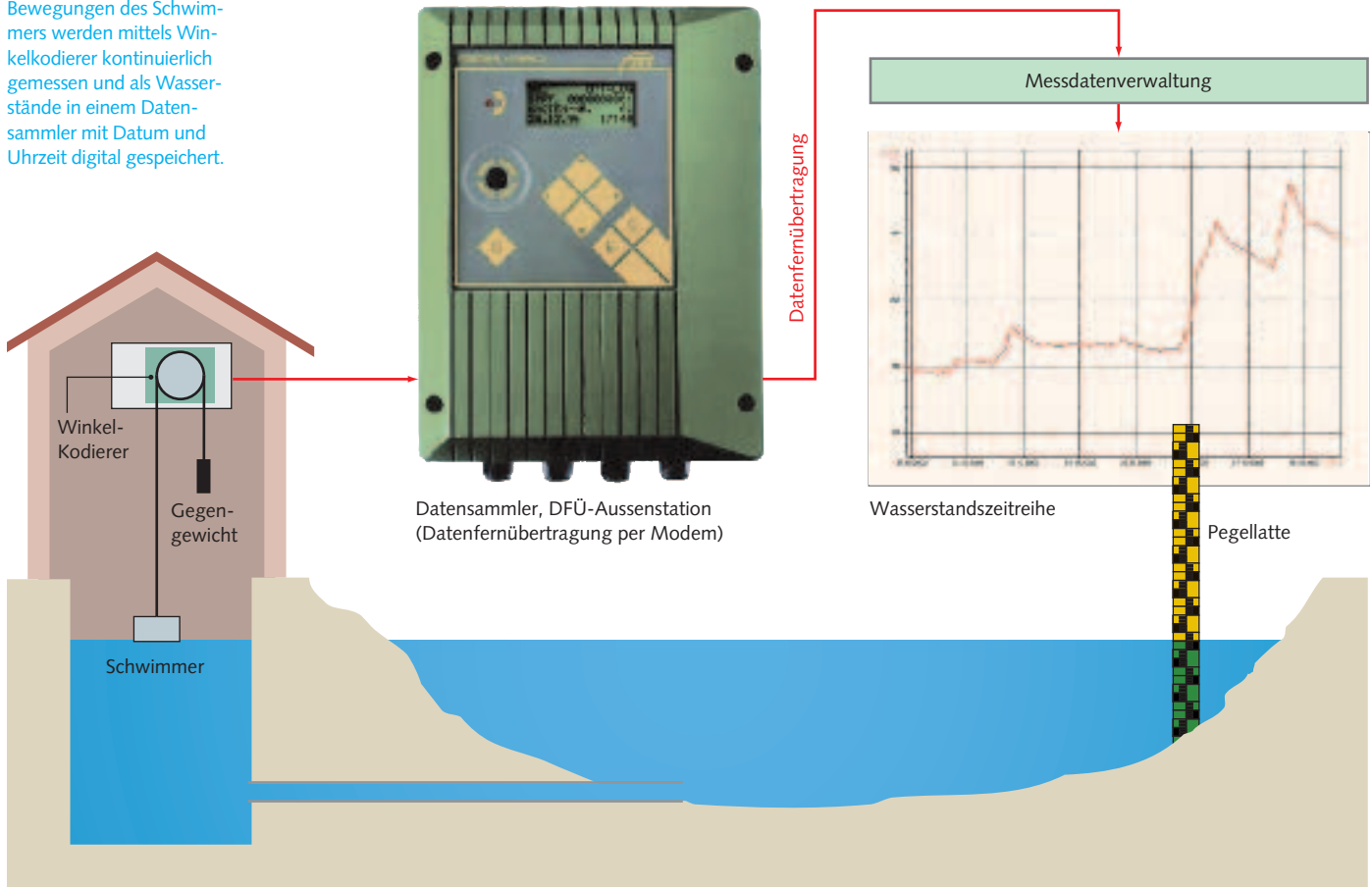
Interzeption

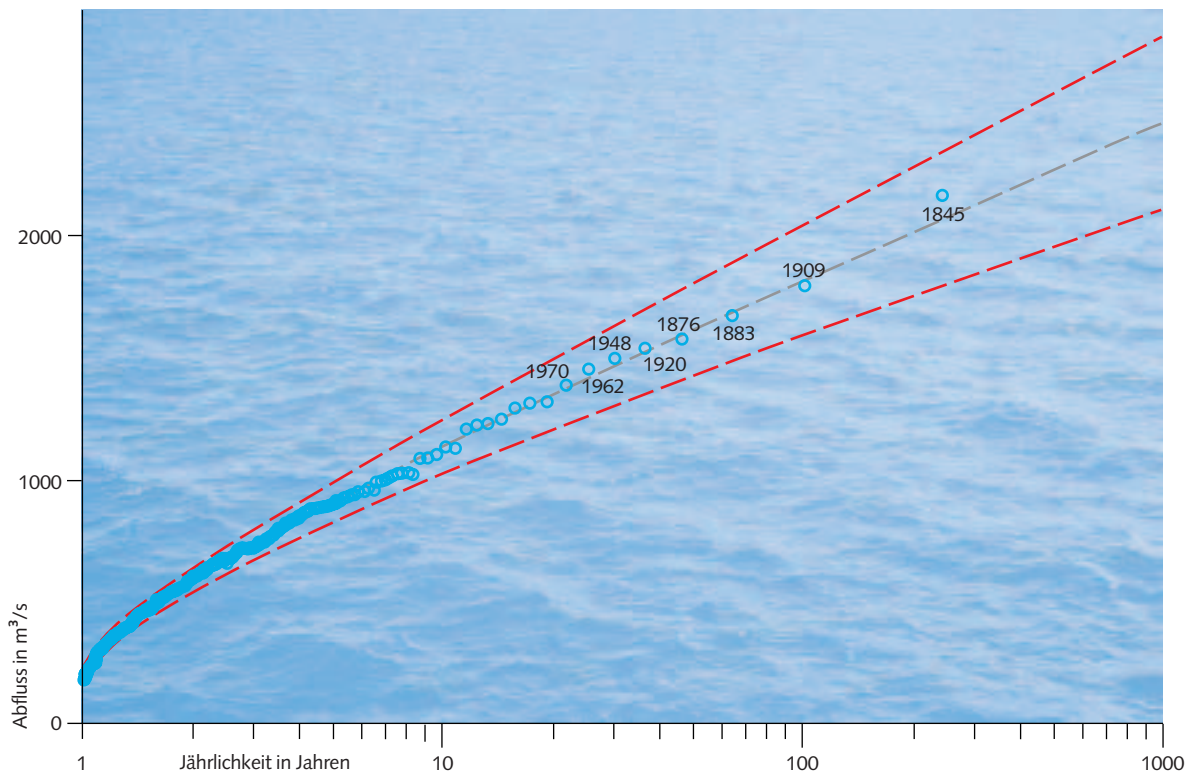
Der Anteil des Regens, der durch Benetzung zunächst an Pflanzen hängenbleibt und danach verdunstet. Im Wald kann die Interzeption zwischen 20 und 35 Prozent des Jahresniederschlags betragen. Bei einzelnen Niederschlägen können bis zu 5 Liter Wasser pro Quadratmeter durch Benetzung festgehalten werden; bei hohen Niederschlägen ist der Verlust durch Interzeption jedoch unbedeutend.

Jährlichkeit

Die Jährlichkeit einer Wasserstandshöhe oder Abflussmenge gibt an, in welchem Zeitraum dieser Wert im Mittel erreicht oder überschritten wird. Der 100-jährliche Abfluss wird im Mittel alle 100 Jahre erreicht oder überschritten. Durch Anpassung einer Verteilungsfunktion kann aus dem Diagramm die Höhe der bis zu

Wasserstandsmessung mittels Schwimmerschachtpegel in einem Pegelhaus. Die vertikalen Bewegungen des Schwimmers werden mittels Winkelkodierer kontinuierlich gemessen und als Wasserstände in einem Datensammler mit Datum und Uhrzeit digital gespeichert.





1 000-jährlichen Hochwasser bestimmt werden. Sie liegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent, also in 95 von 100 Fällen, zwischen der unteren und oberen Begrenzungslinie.

Kaltfront

→ Fronten

Klima

Der charakteristische Zustand der Erdatmosphäre über einer bestimmten Region wird als Klima bezeichnet, wobei die Witterung eines einzelnen Jahres sich erheblich vom Normalklima unterscheiden kann. Je länger die Sonne über dem Horizont steht und je höher im Zenit, desto mehr Strahlungsenergie ist zur Erwärmung der Erdoberfläche verfügbar. Deshalb lassen sich die Klimazonen mit der geografischen Breite einteilen. Zusätzlich wird das Klima durch die Beschaffenheit der Erdoberfläche beein-

flusst. Abhängig von Wasseroberflächen oder Festland, von Flachland oder Gebirge ändern sich Temperatur, Wind, Niederschlag und Feuchte.

Klimaänderung

→ Klima

Klimaschwankungen

Die Temperatur der bodennahen Luftschichten beträgt über die gesamte Erdoberfläche und übers Jahr gemittelt derzeit etwa +15 Grad. Durch natürliche Klimaschwankungen im Laufe eines Jahrhunderts kann dieser Wert um 0,5 Grad variieren. Über längere Zeiträume gesehen, z. B. während der Eiszeiten, haben sich die Mitteltemperaturen sogar um mehrere Grad geändert.

Kondensation

Der Übergang vom gasförmigen Zustand zum flüssigen Zustand wird als Kondensation bezeichnet. Durch Abkühlung wird Wasserdampf zu flüssigem Wasser – in der Atmosphäre bilden sich Wolkentropfen. Durch die Kondensation wird

die so genannte „latente Wärme“ frei. Diese führt z. B. dazu, dass feuchte Luft sich bei einer Hebung langsamer abkühlt als trockene Luft.

Konvektive Niederschläge

Bei konvektiven Niederschlägen handelt es sich um kurze Niederschlagsereignisse, die meist weniger als 45 Minuten dauern. Sie entstehen durch starke vertikale Luftbewegung (Konvektion). Konvektive Niederschläge bringen eine hohe, manchmal schnell wechselnde → *Niederschlagsintensität*. Das Niederschlagsfeld ist mit weniger als 10 km² meist eng begrenzt.

Konzentrationszeit

Die Zeit, die das Wasser vom entferntesten Punkt eines → *Einzugsgebietes* bis zum → *Pegel* benötigt. Sie hängt von der Länge und dem Gefälle des Fließweges ab. Je kürzer und je steiler die Fließwege, desto kürzer ist die Konzentrationszeit des Einzugsgebietes.

Laufzeit der Hochwasserwelle

Zeit, die eine Hochwasserwelle von einem Pegel bis zum nächsten flussabwärts gelegenen Pegel benötigt. Vereinfacht wird meist der zeitliche Abstand der → *Hochwasserscheitel* herangezogen. Dieser kann aber stark von der Laufzeit abweichen, wenn es an Einmündungen größerer Nebenflüsse zur → *Wellenüberlagerung* kommt und sich dadurch ein neuer Hochwasserscheitel bildet.

Luv- und Lee-Effekt

Durch konstante Strömungen in der Atmosphäre wird feuchte Luft im Stau vor Bergen (Luv-Seite) gehoben und kühlt dabei ab. Wasser kondensiert und es regnet. Im Windschatten der Berge (Lee-Seite) sinkt die Luft wieder, erwärmt sich und ist damit trockener als auf der Luv-Seite. Die Regenmengen sind deshalb im Lee geringer.

Meldestufen

Im Hochwassernachrichtendienst in Bayern wird das Ausmaß der Überflutung durch vier Meldestufen beschrieben. Für jeden Pegel im Hochwassernachrichtendienst werden entsprechende Wasserstände angegeben.

- *Meldestufe 1*: Stellenweise kleinere Ausuferungen.
- *Meldestufe 2*: Land- und forstwirtschaftliche Flächen überflutet oder leichte Verkehrsbehinderungen auf Hauptverkehrs- und Gemeindestraßen.
- *Meldestufe 3*: Einzelne bebaute Grundstücke überflutet oder Sperrung überörtlicher Verkehrsverbindungen oder vereinzelter Einsatz der Wasser- oder Dammwehr.
- *Meldestufe 4*: Bebaute Gebiete in größerem Umfang überflutet oder Einsatz der Wasser- oder Dammwehr in großem Umfang erforderlich.

Muldenrückhalt

Der Muldenrückhalt ist der Anteil des Niederschlags, der in den kleinen, natürlichen Unebenheiten der Geländeoberfläche zurückgehalten wird. Er ver-

dunstet später oder kommt durch Versickerung stark verzögert zum Abfluss. Der Muldenrückhalt wird erst wirksam, wenn die → *Niederschlagsintensität* die → *Infiltrationsrate* überschreitet.

Mure

Im Gebirge kann Gesteinsmaterial aus Hangrutschen, Schutthalde, Geschiebe und Geröllmassen bei Hochwasser in Bewegung geraten. In Wildbächen fließt es mit großer Geschwindigkeit zu Tal. Durch die Hangrutsche oder nach Felsstürzen kann der Fluss aufgestaut werden, weil sein ursprünglicher Fließweg versperrt wurde. Muren können unvorstellbare Verheerungen anrichten. Ganze Ortschaften versanken schon in Schlamm und Geröll.

Niederschlag

Kann als Regen, Schnee, Graupel oder Hagel den Boden erreichen. Nach Art der Entstehung unterscheidet man:

- zyklonalen Niederschlag, der mit → *Fronten* einhergeht,
 - konvektiven Niederschlag, der sich durch Thermik bildet, z. B. sommerliche Wärmegewitter,
 - orographischen Niederschlag, der durch geländebedingte Hebung von Luftmassen erfolgt.
- Zur Messung wird der Regen in Gefäßen aufgefangen. Ein Trichter mit einer Fläche von 200 cm² ist in 1,5 Meter Höhe über dem Boden angebracht und leitet den Niederschlag in ein Meßröhrchen. Die Niederschlagsmenge wird meist in Milli-

metern angegeben. Das bedeutet: So hoch wäre der Boden an der Messstelle mit Wasser bedeckt, wenn nichts abflösse oder verdunstete. Eine Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht der Wassermenge von 1 Liter pro Quadratmeter (l/m²). Will man aus der Niederschlagshöhe den Abfluss bestimmen, so braucht man den so genannten Gebietsniederschlag. Dieser kann durch Mittelung der Niederschlagshöhen mehrerer Messstellen im → *Einzugsgebiet* ermittelt werden.

Niederschlag-Abfluss-Modell

Mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell wird das Abflussverhalten eines Gebietes für bestimmte Wettersituationen modelliert. Im Modell werden auf mathematischem Wege die Abflussganglinien aus einem Einzugsgebiet berechnet. Niederschlagshöhen und das spezielle Abflussverhalten des Gebietes werden dabei berücksichtigt. Ein Niederschlag-Abfluss-Modell besteht im wesentlichen aus Teilmodellen für Abflussbildung und Abflusskonzentration.

Niederschlagsintensitäten

Die Niederschlagsintensität ist die Höhe des Niederschlags pro Zeiteinheit. Sie wird meist in Millimeter pro Stunde (mm/h) oder auch in Liter pro Quadratmeter pro Stunde angegeben. Als Starkregen werden z. B. Niederschläge bezeichnet, bei denen es in 5 Minuten wenigstens 5 mm, in 30 Minuten 12 mm oder in 2 Stunden 24 mm regnet.

Niederschlagsmessung mit Bandschreiber (Vordergrund), Regensammler (links) und Wippe mit Impulsgeber (rechts). Die Auffangfläche ist bei allen Geräten 200 cm².



Niederschlagsvorhersage

Mithilfe von Großrechneranlagen werden Wettervorhersagen erstellt. Neben dem Luftdruck, Temperatur und Wind werden auch Niederschlagshöhen berechnet. Dabei wird zwischen festen und flüssigen Niederschlägen unterschieden. Für Deutschland erstellt z. B. der Deutsche Wetterdienst eine Vorhersage der Niederschlagshöhen für zwei Tage.

Niedrigwasserregulierung

→ Flussregulierung

Pegel

Ein Pegel ist eine Messstelle für den Wasserstand. Der einfachste Pegel besteht aus einer Pegellatte mit Zentimetereinteilung am Ufer. An ihr lässt sich die Höhe des Wasserspiegels ablesen. Bis auf wenige Ausnahmen besitzen alle Pegel eine Schreibregistrierung. Bei der Schreibregistrierung wird die senkrechte Bewegung eines Schwimmkörpers automatisch auf ein Diagramm übertragen (Schwimmerschachtpegel). Bei einem anderen Messprinzip wird der Wasserdruck, der von der Wassertiefe abhängig ist, an der Gewässersohle gemessen und kontinuierlich registriert (Druckpegel). Zusätzlich können die registrierten Wasserstände über entsprechende Geräte digital erfasst werden und über ein Modem per Datenfernübertragung direkt in den Computer eingelesen werden. Ein Messwertansagegerät kann Wasserstände in Sprache umwandeln. Sie können dann über das öffentliche Telefonnetz direkt abgehört werden. → Hydrometrie

Polder

Flussniederung oder Senke, die durch Deiche künstlich vor (Hoch-)Wasser geschützt wird und deren Wasserstand reguliert werden kann. (→ Flutpolder)

Rauheit

Fließendes Wasser wird durch Reibung z. B. an der Flusssohle oder den Uferböschungen gebremst. Die Rauheit der Berührungsfläche ist ein Maß für die Stärke

der Reibung. Grobe Steinblöcke oder Sohlswellen erhöhen die Rauheit der Flusssohle. Im Vorland wird das fließende Wasser durch Vegetation gebremst. Als Folge hoher Rauheit reduziert sich die mittlere Fließgeschwindigkeit. Bei gleichem Abfluss erhöht sich der Wasserstand.

Regenintensität

→ Niederschlagsintensität

Renaturierung

Rückbau von Flussbegradigungen oder Neuverlegung des Flussbettes mit dem Ziel, natürliche Fließverhältnisse wieder herzustellen und die Eigenentwicklung zu fördern.



Bei Hochwasser wird die Talaue überschwemmt. Die Bäume ragen noch aus dem Wasser und markieren das Flussufer. Der Talraum dient als Retentionsfläche – Roter Main, Januar 2002.

Retention

Im Seitenbereich des Flussbettes und in der Flussaue wird bei Überflutungen ein Teil des Wassers zwischengespeichert. Dies führt dazu, dass das Wasser flussabwärts langsamer steigt. Die Hochwasserwelle wird verzögert und verläuft flacher. Die Retention ist umso größer, je geringer das Gefälle ist.

Retentionsfläche

→ Rückhalteraum

Rückhalteraum

Rückhalteräume dienen der Zwischenspeicherung von Hochwasser. Sie werden durch Aufstauen bzw. Überfluten aktiviert.

Schmelzrate

Wassermenge, die pro Zeiteinheit schmilzt. Sie wird meist in Millimeter pro Tag angegeben. Um Schnee zu schmelzen, muß Wärme zugeführt werden. Diese erhält die Schneedecke durch Sonneneinstrahlung, durch warme Luft und Regen. Zur Berechnung der Schmelzrate müssen deshalb Lufttemperatur, Sonnenscheindauer, Globalstrahlung, Luftfeuchte und Niederschlag gemessen werden. Außerdem ist natürlich die Höhe der Schneedecke und ihr Wassergehalt von Interesse.

Starkregen

→ Niederschlagsintensität

Sturzflut

Eine Sturzflut ist ein spezielles Hochwasser von kurzer Dauer und steilem Anstieg mit einer relativ hohen Hochwasserspitze. Sie wird von einem Regen hoher Intensität erzeugt, der über einem kleinen Einzugsgebiet niedergeht.

Tauflut

Bezeichnung für ein extremes Hochwasser, das durch Schneeschmelze und Regenfälle ausgelöst wird. → Bodenfrost verstärkt oft zusätzlich den Abfluss.

Tiefdruckgebiet oder Tief

Ein Gebiet niedrigen Luftdrucks, das auch Zyklone oder Depression genannt wird. Auf der Nordhalbkugel drehen sich Tiefdruckgebiete in Richtung gegen den Uhrzeigersinn, auf der Südhalbkugel umgekehrt. Oft bilden sich Tiefdruckgebiete immer wieder an denselben Stellen des Globus. Sie werden deshalb z. B. Island-Tief oder Nordsee-Tief genannt. Das Adria-Tief – ein ganz typischer Tiefdruckwirbel – führt an seiner Ostflanke warme und feuchte Mittelmeerluft in unsere Breiten. → Vb-Wetterlage

Tiefenerosion

Durch die Kraft des Wassers werden am Grund der Flüsse Bodenteilchen, Steine und Geröll bewegt, → *Feststofftransport*. Je höher ein Hochwasser steigt, desto mehr Feststoffe kann es bewegen. Fällt der Wasserstand, dann lagert sich das Material wieder ab. Wird mehr abgetragen, als sich anlagert, so vertieft sich auf Dauer das Flussbett. Diesen Vorgang nennt man Tiefenerosion.

Trendgerade

Ein Trend beschreibt eine langfristige Änderung des Mittelwertes. Aus der Steigung der Trendgerade ergibt sich das Maß der Veränderung in einem bestimmten Zeitraum.

Überschwemmungsgebiet

Flächen, die bei Hochwasser überschwemmt werden. Rechtlich festgesetzte Überschwemmungsgebiete müssen von den Gemeinden in der Bauleitplanung berücksichtigt werden.

Vb-Wetterlage

Im Jahre 1891 hat der Meteorologe Van Bebbers die Tiefdruckzugbahnen bezeichnet. „Vb“ (sprich: fünf B) ist der Name einer Tiefdruckbahn dieser Klassifikation. Eine „Vb“-Wetterlage kann im Sommer zu gefährdetem Hochwasser führen. Bei Nord- oder Nordwestlagen kommt kalte und feuchte Luft von Norden her. Werden gleichzeitig mit dem Adria-Tief über die „Zugstraße Vb“ sehr warme und feuchte Luftmassen aus dem Mittelmeerraum herangeführt, dann entstehen tagelang anhaltende ergiebige Niederschläge. Die warm-feuchte Adria-luft gleitet auf die kalte Polarluft. So entstehen mächtige Wolken mit bis zu 7 km Höhe. Vom bayerischen Alpenrand bis hin nach Thüringen und Ostpreußen kann sich diese Wetterlage erstrecken. Häufig bezieht sie sogar das Warthe- und Weichselgebiet ein.

Verklauung

Meist durch Schwemmholz verursachte Verstopfung im Wasserlauf an natürlichen oder künstlichen Engstellen.

Vorabsenkung

Wird ein Hochwasser angekündigt, so können mittels Vorabsenkung die Speicherräume von Staustufen vergrößert werden. Wasser wird abgelassen, und man gewinnt zusätzlichen Retentionsraum. Wegen der relativ kleinen Retentionsräume der Staustufen muss die Absenkung zeitlich exakt abgestimmt werden. Nur dann lässt sich der Hochwasserscheitel senken.

Vorland

Fläche zwischen Gewässer und Deich

Warmfront

→ *Fronten*

Wasseräquivalent

Für die Schneeschmelze ist der Wassergehalt der Schneedecke wesentlich. Er wird als Wasseräquivalent bezeichnet und zum Vergleich mit dem Niederschlag in Millimeter Wasserhöhe angegeben.

Wasserdampf

Wasser, das in Form von Gas und damit unsichtbar in der Luft enthalten ist. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasserdampf kann sie aufnehmen. Bei Abkühlung kondensiert der Wasserdampf zu Tröpfchen, die als Nebel oder Wolken sichtbar werden → *Kondensation*.

Wasserscheide

Grenze zwischen den → *Einzugsgebieten*

Wasserstand

Die Höhe des Wasserspiegels eines stehenden oder fließenden Gewässers über oder unter einem angenommenen Nullpunkt, dem Pegelnullpunkt. Der Wasserstand wird in Zentimetern angegeben. → *Hydrometrie*; → *Gewässerkundliche Hauptzahlen*

Wellenablauf

Mit Wellenablauf wird die Änderung der Höhe des Scheitelabflusses und der Form einer → *Hochwasserwelle* in ihrem Lauf

flussabwärts bezeichnet. Maßgebend für den Wellenablauf sind die Abflussbedingungen. Einzelne hydraulische Faktoren, z. B. Querschnitt, Gefälle und Rauheit des Flussbettes, bestimmen die → *Retention* (Verformung durch Rückhalt) und Translation (Bewegung der Welle aufgrund der Fließgeschwindigkeit) der Hochwasserwelle.

Wellenscheitel

→ *Hochwasserwelle*

Wellenüberlagerung

Zur Wellenüberlagerung kommt es, wenn die → *Hochwasserwelle* eines Nebenflusses mit der Hochwasserwelle im Hauptfluss annähernd zeitgleich zusammen trifft. Durch Wellenüberlagerung addieren sich die Abflüsse beider Flüsse und der Wasserstand kann erheblich höher ausfallen.

Wildbäche

Wildbäche sind die charakteristischen Fließgewässer kleiner → *Einzugsgebiete* im Hochgebirge. Sie weisen meist ein sehr starkes Gefälle auf und sind durch einen rasch und stark wechselnden Abfluss und zeitweise hohe Feststoffführung gekennzeichnet.

Winterhalbjahr

→ *Hydrologisches Jahr*

Zyklonale West- oder Nordwestwetterlage

Bei der zyklonalen West- oder Nordwestwetterlage handelt es sich um eine Großwetterlage, die sich in Mitteleuropa ungefähr einmal im Monat einstellt und mehrere Tage bis ca. zwei Wochen anhält. Von Westen bzw. Nordwesten kommen Tiefdruckwirbel mit kühler und feuchter Meeresluft heran → *Tiefdruckgebiet*. Dabei kommt es zu einem wiederholten Wechsel von Dauerregen, Zwischenhoch und Schauern → *Fronten*. Anhaltende zyklonale Westwetterlagen führen zu hohen Niederschlagssummen.

Gewässerkundliche Hauptzahlen einiger wichtiger bayerischer Pegel

Fluss	Pegel	Entfernung von Mündung [km]	Fläche Einzugsgebiet [km ²]	Mittlerer Abfluss [m ³ /s]	Mittlerer Hochwas- serabfluss [m ³ /s]	beobachtet seit	Höchster Abfluss [m ³ /s]	Datum
Donau	Neu-Ulm	2 586,7	7 578	124	579	1954	1 250*	29. 12. 1882
Donau	Ingolstadt	2 458,3	20 001	310	1 100	1924	2 270	22. 05. 1999
Donau	Schwabelweis	2 376,5	35 399	443	1 510	1924	3 880	30. 03. 1845
Donau	Pfelling	2 305,5	37 687	456	1 480	1926	3 950	31. 03. 1845
Donau	Hofkirchen	2 256,9	47 496	637	1 870	1901	4 470	31. 03. 1845
Donau	Achleiten	2 223,1	76 653	1 420	4 150	1901	9 100	10. 07. 1954
Iller	Kempten	102,7	953	47,0	373	1901	850	22. 05. 1999
Wörnitz	Harburg	19,3	1 578	11,1	142	1940	444	21. 12. 1993
Altmühl	Eichstätt	84,0	1 400	9,64	68,2	1941	168	25. 02. 1970
Naab	Heitzenhofen	17,0	5 426	49,2	308	1921	950*	06. 02. 1909
Regen	Regenstauf	15,7	2 658	37,5	300	1901	720	29. 12. 1993
Isar	München	145,9	2 814	90,0	418	1959	855	22. 05. 1999
Inn	Wasserburg	158,7	11 983	357	1 460	1965	2 660	07. 08. 1985
Inn	Passau Ingling	3,1	26 084	735	2 960	1921	6 700	10. 07. 1954
Main	Mainleus	461,1	1 169	14,4	163	1983	357	26. 01. 1995
Main	Kemmern	399,7	4 251	43,6	356	1931	1 000	25. 12. 1967
Main	Schweinfurt	330,8	12 715	104	651	1911	2 000*	29. 03. 1845
Main	Würzburg	252,0	14 031	110	610	1911	2 170	30. 03. 1845
Main	Steinbach	200,5	17 914	145	791	1965	1 640	26. 02. 1970
Main	Faulbach	146,6	20 730	155	816	1911	1 800	26. 02. 1970
Main	Kleinheubach	121,7	21 505	158	818	1959	1 800	26. 02. 1970
Rodach	Unterlangenstadt	6,8	713	10,4	131	1931	344	09. 02. 1946
Itz	Schenkenau	20,9	956	9,16	89,7	1968	230	24. 12. 1967
Regnitz	Pettstadt	12,9	7 005	51,8	330	1923	840	05. 02. 1909
Fr. Saale	Wolfsmünster	6,9	2 131	16,2	139	1931	440	03. 01. 2003

* Abfluss geschätzt

Jährlichkeit der Donauhochwasser von Neu-Ulm nach Achleiten

Pegel	Alle n Jahre werden im Mittel folgende Abflüsse überschritten			
	n=10 Jahre [m ³ /s]	50 Jahre [m ³ /s]	100 Jahre [m ³ /s]	Zeitraum
Neu-Ulm	880	1 110	1 250	1845 – 1999
Ingolstadt	1 520	1 930	2 100	1876 – 1999
Schwabelweis	2 250	3 050	3 400	1845 – 1999
Pfelling	2 250	3 050	3 400	1826 – 1999
Hofkirchen	2 700	3 700	4 100	1826 – 1999
Achleiten	5 600	7 800	8 800	1861 – 1999

Große Hochwasser am Main			
Datum	Schweinfurt [m ³ /s]	Würzburg [m ³ /s]	Wertheim [m ³ /s]
März 1845	2 000	2 170	2 300
Feb. 1876	1 650	1 580	1 900
Nov./Dez. 1882	1 550	1 670	2 120
Feb. 1909	1 700	1 800	1 800
Jan. 1920	1 380	1 540	1 800
März 1942	1 150	1 090	1 640
Dez. 1947/Jan. 1948	1 370	1 500	1 550
Feb. 1970	1 350	1 390	1 725
Jan. 1982	1 230	1 230	1 500*
März/Apr. 1988	1 190	1 235	1 500*
Jan. 2003	1 350	1 350	1 640**
* Faulbach, ** Kleinheubach			

Große Hochwasser der Donau			
Datum	Ingolstadt [m ³ /s]	Regensburg [m ³ /s]	Achleiten [m ³ /s]
März/April 1845	2 030	3 880	5 900
Feb. 1862	1 780	3 230	8 840
Dez. 1882/Jan. 1883	1 840	3 100	6 600
Jan./Feb. 1850	1 800	3 120	5 380
Sept. 1890	1 590	2 250	5 820
Sept. 1899	1 170	1 290	7 970
Jan. 1920	1 460	2 470	4 030
Juni 1940	1 700	1 800	5 970
Juli 1954	1 140	2 200	9 100
Juni 1965	1 860	2 170	6 010
Juli 1981	1 270	1 710	6 247
Mai 1999	2 270	2 270	5 400
Aug. 2002	1 600	2 400	7 700

Meldestufen					
Fluss	Pegel	1 Stellenweise kleinere Ausuferungen [cm]	2 Land- u. forstwirtschaftliche Flächen überflutet [cm]	3 Einzelne bebaute Grundstücke oder Keller überflutet [cm]	4 Bebaute Gebiete in größerem Umfang überflutet [cm]
Donau	Neu-Ulm	330	350	430	480
Donau	Ingolstadt	450	–	570	630
Donau	Regensburg/Schwabelweis	440	470	530	570
Donau	Straubing	450	470	550	600
Donau	Pfelling	580	600	680	730
Donau	Deggendorf	510	530	600	650
Donau	Hofkirchen	450	480	550	600
Donau	Vilshofen	440	470	540	590
Donau	Passau	700	740	800	850
Donau	Passau Ilzstadt	700	740	760	850
Iller	Kempten	300	350	400	500
Isar	München	240	300	380	520
Inn	Wasserburg	450	470	525	550
Wörnitz	Harburg	–	300	400	480
Altmühl	Beilngries	180	210	250	290
Naab	Heitzenhofen	270	320	420	520
Regen	Regenstauf	230	260	350	400
Main	Mainleus	250	320	360	400
Main	Kemmern	420	480	560	680
Main	Trunstadt	400	450	620	700
Main	Schweinfurt	400	450	560	660
Main	Würzburg	340	400	510	600
Main	Steinbach	400	430	530	620
Main	Faulbach	400	450	560	620
Main	Kleinheubach	380	430	530	580
Main	Obernau	400	430	530	600
Rodach	Unterlangenstadt	270	350	380	450
Itz	Schenkenau	350	370	390	450
Regnitz	Pettstadt	380	450	560	640
Fr. Saale	Wolfsmünster	330	370	410	500

Wie kann ich Hochwasserschäden vermeiden – ein Ratgeber

Antwort  Hochwasser kann uns jederzeit überraschen. Vorsorge- und Schutzmaßnahmen sind daher besonders wichtig, um persönliche und materielle Schäden möglichst gering zu halten. Neben der staatlichen und kommunalen Hochwasservorsorge muss jeder einzelne Bürger seinen Beitrag hierzu leisten.

- **Betreiben Sie bereits jetzt Bauvorsorge zur Schadensvermeidung.**
- **Nutzen Sie bei Gefahr die Vorwarnzeit für Maßnahmen zur Verringerung von Schäden an Ihrem Anwesen**

Dieser kleine Ratgeber gibt Ihnen wertvolle Tipps.

Bauvorsorge – Planen und Bauen in weiser Voraussicht

Treffen Sie umgehend Vorkehrungen zur Sicherung Ihres Anwesens vor dem nächsten Hochwasser. Hierfür steht Ihnen der Ratgeber „Hochwasserschutzfibel“ vom Bundesbauministerium zur Verfügung (Download der Broschüre unter folgender Internetadresse: www.bmmbw.de). Vertrauen Sie auf den Rat von Fachbetrieben, Versorgungsunternehmen und Behörden. In den meisten Fällen können Sie mit einfachen Mitteln das Schadenspotenzial deutlich verringern:

- Keller als dichte Wanne bis über den höchsten Grundwasserstand ausbilden
- Kanalrückstau verhindern; Rückstauklappe einbauen
- Wasserbeständige Baustoffe verwenden.
- Heizöltanks sind prüfpflichtig und müssen hochwassersicher aufgestellt werden
- Heizung auf Gas, Strom oder Holz umstellen
- Feste Schienen mit Einlegebrettern (Tür- und Fensterschotts) zur Abdichtung von Türen und Fenstern beschaffen
- Überschwemmungsgefährdete Räume nicht hochwertig, bzw. nur mit leicht beweglichen Möbeln und Geräten ausstatten
- Getrennte elektrische Schaltkreise für gefährdete Räume anlegen und bei Gefahr außer Betrieb nehmen
- Organisation einer Nachbarschaftshilfe; bei Abwesenheit Zutritt zum Haus ermöglichen
- Lassen Sie sich von Fachleuten zur optimalen Sicherung ihres Gebäudes beraten

Verhaltensvorsorge – Was zu tun ist, wenn das Hochwasser kommt

Antwort ▶ Erstellen Sie eine persönliche Checkliste mit Schutzmaßnahmen für Ihr Anwesen. Beachten Sie die Durchsagen der Gemeinde bzw. der Rettungskräfte. Wichtige Informationen zum Hochwasser und Wetterwarnungen erhalten Sie auch im Internet unter www.hnd.bayern.de und www.dwd.de.  weitere Infos siehe S. 84
Nutzen Sie die Zeit bis zum Eintreffen des Hochwassers. Bedenken Sie, dass Feuerwehr und Rettungsdienste im Hochwasserfall stark belastet sind. Besonnenes und selbstständiges Handeln trägt wesentlich zur Entlastung der Rettungskräfte und zur Schadensminimierung bei:

- Bringen Sie Kinder, Kranke, alte Menschen und Haustiere bei Verwandten unter.
- Bitten Sie Verwandte und nicht betroffene Nachbarn rechtzeitig um Hilfestellung.
- Fahren Sie Kraftfahrzeuge aus dem Überschwemmungsgebiet heraus und stellen Sie sie so ab, dass keine Zufahrten blockiert werden.
- Schalten Sie die Stromzufuhr in gefährdeten Räumen ab.
- Räumen Sie Wert- und Einrichtungsgegenstände (Waschmaschine, Möbel etc.) aus hochwassergefährdeten Räumen.
- Sichern Sie Ihr Anwesen, insbesondere Türen und Fenster, gegen Wasserzutritt. Kontrollieren Sie die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen.
- Notieren Sie die Wasserstände an ihrem Haus. Die Daten sind wichtig zur Abschätzung der Gefahr für folgende Hochwasser. 

Persönliche Schutzausrüstung

Folgende Ausrüstungsgegenstände können hilfreich sein:

- Wathose, Gummistiefel und Handschuhe
- Schöpfgeräte und Wischer
- Dichtungsschotts und Halterungen für Türen und Fenster
- Sandsäcke, Tauchpumpe, Notstromaggregat
- Notbeleuchtung (Taschenlampen, Kerzen)
- Netzunabhängige Kochstelle und Heizung (z. B. Campingkocher mit Gasflasche)
- Handy-Telefon; wichtige Telefonnummern
- Batteriebetriebenes Radio
- Lebensmittel- und Getränkervorrat
- Erste-Hilfe-Set, Medikamente

Die bayerische Umweltverwaltung im Überblick

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Rosenkavalierplatz 2, 81925 München
Tel. (0 89) 92 14-00, Fax (0 89) 92 14-22 66
E-Mail: poststelle@stmugv.bayern.de
Internet: www.stmugv.bayern.de

Über die Internetseite des Umweltministeriums erreichen Sie auch das Internetangebot der Wasserwirtschaftsämter und Regierungen.

Referat Bürgeranliegen
Tel. (0 89) 92 14-31 66, Fax (0 89) 92 14-24 25

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel. (08 21) 90 71-0, Fax (08 21) 90 71-50 09
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.bayern.de/lfu

Agenda 21-Zentrale: „Komma 21 Bayern“
Tel. (08 21) 90 71-50 21 oder 51 21
Fax (08 21) 90 71-52 21
E-Mail: komma21@lfu.bayern.de
Internet: www.bayern.de/lfu/komma21

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67, 80636 München
Tel. (0 89) 92 14-01
Fax (0 89) 92 14-14 35
E-Mail: poststelle@lfw.bayern.de
Internet: www.lfw.bayern.de

Hochwassernachrichtendienst:
Tel. (0 89) 92 14-11 66
Telefonansage: (0 89) 92 14-15 88
Videotext: Tafel Nr. 647
E-Mail: hnd@lfw.bayern.de
Internet: www.hnd.bayern.de

Lawinenlagebericht:
Tel. (0 89) 12 10-12 10, Fax (0 89) 12 10-12 30
Videotext: Tafel Nr. 646
E-Mail: lwz@lwd.bayern.de
Internet: www.lawinenwarndienst.bayern.de

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
Seethaler Straße 6, 83410 Laufen
Tel. (0 86 82) 89 63-0, Fax (0 86 82) 89 63-17
E-Mail: Naturschutzakademie@t-online.de
Internet: www.anl.de/

Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstraße 128, 80797 München
Tel. (0 89) 92 14-26 00,
Fax (0 89) 92 14-26 47
E-Mail: poststelle@gla.bayern.de
Internet: www.bayern.de/gla

In den Regierungen sind die Umweltabteilungen zuständig:

Regierung von Oberbayern
Maximilianstraße 39, 80538 München
Tel. (0 89) 21 76-0, Fax (0 89) 21 76-29 14

Regierung von Niederbayern
Regierungsplatz 540, 84028 Landshut
Tel. (08 71) 8 08-01, Fax (08 71) 8 08-10 02

Regierung der Oberpfalz
Emmeramsplatz 8, 93047 Regensburg
Tel. (09 41) 56 80-0, Fax (09 41) 56 80-1 88

Regierung von Oberfranken
Ludwigstraße 20, 95444 Bayreuth
Tel. (09 21) 6 04-0, Fax (09 21) 6 04-2 58

Regierung von Mittelfranken
Promenade 27, 91522 Ansbach
Tel. (09 81) 53-0, Fax (09 81) 53-2 06

Regierung von Unterfranken
Peterplatz 9, 97070 Würzburg
Tel. (09 31) 3 80-0
Fax (09 31) 3 80-22 22

Regierung von Schwaben
Fronhof 10, 86152 Augsburg
Tel. (08 21) 3 27-01
Fax (08 21) 3 27-22 89

Wasserwirtschaftsämter (WWA):

■ **WWA Amberg**
Archivstraße 1, 92224 Amberg
Tel. (0 96 21) 3 07-01, Fax (0 96 21) 3 07-1 99

■ **WWA Ansbach**
Dürnerstraße 2, 91522 Ansbach
Tel. (09 81) 95 03-0, Fax (09 81) 95 03-28

■ **WWA Aschaffenburg**
FH-Gebäude 4, Würzburger Str. 45,
63743 Aschaffenburg
Tel. (0 60 21) 3 93-4 00, Fax (0 60 21) 3 93-4 30

■ **WWA Bamberg**
Kasernstraße 4, 96049 Bamberg
Tel. (09 51) 95 30-0, Fax (09 51) 95 30-1 52

■ **WWA Bayreuth**
Wilhelminenstraße 2, 95444 Bayreuth
Tel. (09 21) 6 06-06, Fax (09 21) 6 06-25 55

■ **WWA Deggendorf**
Detterstraße 20, 94469 Deggendorf
Tel. (09 91) 25 04-0, Fax (09 91) 25 04-2 00

■ **WWA Donauwörth**
Förgstraße 23, 86609 Donauwörth
Tel. (09 06) 70 09-0, Fax (09 06) 70 09-36

■ **WWA Freising**
Amtsgerichtsgasse 6, 85354 Freising
Tel. (0 81 61) 1 88-0, Fax (0 81 61) 1 88-2 10

■ **WWA Hof**
Jahnstraße 4, 95030 Hof
Tel. (0 92 81) 8 91-0, Fax (0 92 81) 8 91-1 00

■ **WWA Ingolstadt**
Auf der Schanz 26, 85049 Ingolstadt
Tel. (08 41) 37 05-0, Fax (08 41) 37 05-2 98

■ **WWA Kempten**
Rottachstraße 15, 87439 Kempten
Tel. (08 31) 52 43-01, Fax (08 31) 52 43-2 16

■ **WWA Krumbach**
Nattenhauser Str. 16, 86381 Krumbach
Tel. (0 82 82) 8 98-0, Fax (0 82 82) 8 98-2 00

■ **WWA Landshut**
Seligenthalerstraße 12, 84034 Landshut
Tel. (08 71) 85 28-01, Fax (08 71) 85 28-1 19

■ **WWA München**
Praterinsel 2, 80538 München
Tel. (0 89) 2 12 33-0, Fax (0 89) 2 12 33-1 01

■ **WWA Nürnberg**
Blumenstraße 3, 90402 Nürnberg
Tel. (09 11) 2 36 09-0, Fax (09 11) 2 36 09-1 01

■ **WWA Passau**
Dr.-Geiger-Weg 6, 94032 Passau
Tel. (08 51) 59 06-0, Fax (08 51) 59 06-10

■ **WWA Regensburg**
Landshuter Str. 59, 93053 Regensburg
Tel. (09 41) 7 80 09-0, Fax (09 41) 7 80 09-2 22

■ **WWA Rosenheim**
Königstraße 19, 83022 Rosenheim
Tel. (0 80 31) 3 05-01, Fax (0 80 31) 3 05-1 79

■ **WWA Schweinfurt**
Alte Bahnhofstraße 29, 97422 Schweinfurt
Tel. (0 97 21) 2 03-0, Fax (0 97 21) 2 03-2 10

■ **WWA Traunstein**
Rosenheimer Str. 7, 83278 Traunstein
Tel. (08 61) 57-0, Fax (08 61) 1 36 05

■ **WWA Weiden**
Gabelsbergerstraße 2, 92637 Weiden
Tel. (09 61) 3 04-0, Fax (09 61) 3 04-4 00

■ **WWA Weilheim**
Pütrichstraße 15, 82362 Weilheim
Tel. (08 81) 1 82-0, Fax (08 81) 1 82-1 62

■ **WWA Würzburg**
Tiepolostraße 6, 97070 Würzburg
Tel. (09 31) 3 03-01, Fax (09 31) 3 03-2 70

■ **Straßen- und Wasserbauamt Pfarrkirchen**
Arnstorfer Str. 11, 84347 Pfarrkirchen,
Tel. (0 85 61) 3 05-0, Fax (0 85 61) 3 05-11



- Amtsbezirksgrenzen der Wasserwirtschaftsämter
- Staatsgrenzen
- Landesgrenzen
- Landkreisgrenzen, Grenzen kreisfreier Städte
- Sitze der Bezirksregierungen
- Kreisfreie Städte bzw. Sitze der Landratsämter
- DEG Kfz-Kennzeichen des Landkreises
- Passau Sitze der Wasserwirtschaftsämter

Topographische Grunddaten: ATKIS 500 Bayern
des Bayer. Landesvermessungsamtes

0 50 km



- Amtsbezirkgrenzen der Wasserwirtschaftsämter
- Staatsgrenzen
- Landesgrenzen
- Landkreisgrenzen, Grenzen kreisfreier Städte
- Sitze der Bezirksregierungen
- Kreisfreie Städte bzw. Sitze der Landratsämter
- DEG Kfz-Kennzeichen des Landkreises
- Passau Sitze der Wasserwirtschaftsämter

Topographische Grunddaten: ATKIS 500 Bayern
des Bayer. Landesvermessungsamtes

0 50 km

Zur weiteren Information:

Hochwassernachrichtendienst in Bayern

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, September 2003, Faltblatt

Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsanierung

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, August 2003, Broschüre
DIN A4, 28 Seiten

Schutz vor Hochwasser in Bayern – Strategie und Beispiele

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
Juni 2003, Broschüre DIN A4, 32 Seiten

Daten + Fakten + Ziele: Hochwasserschutz in Bayern – Flutpolder

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
April 2003, Heft DIN A4, 16 Seiten

Journalistenhandbuch zum Katastrophenmanagement

Deutsches IDNDR-Komitee für Katastrophenvorbeugung e. V., Bonn 2002

Weitere Informationen erhalten Sie auch im Internet:

www.hnd.bayern.de – Homepage des Hochwassernachrichtendienstes
u. a. mit Hochwasserlagebericht, Wasserstands- und Niederschlagsdaten,
Ratgeber, Rufnummern, Links

www.lawa.de – Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasser-
schutz, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 1995, PDF ca. 2,2 MB

www.bmmbw.de – Planen und Bauen in hochwassergefährdeten
Gebieten – Hochwasserschutzfibel des Bundesbauministeriums 2002,
PDF ca. 1,8 MB

www.lfw.bayern.de – Homepage des Bayerischen Landesamtes für
Wasserwirtschaft u. a. mit Informationen zu den Themen Hochwasser-
schutz, Überschwemmungsgebiete, Wasserrahmenrichtlinie

Bildnachweis

Wolfgang Bauer, Agroluftbild, Obertraubling: Titelfoto (Regen), 9; Bayerisches
Landesamt für Wasserwirtschaft: Umschlagklappe vorne, 3, 5, 19, 20, 22, 28, 30,
32, 36, 37, 55, 56, 59, 60, 61, 73, 70, 75; Bayerisches Vermessungsamt: 54 (Stich
von J. G. Pictor); Deutsche Presseagentur (dpa): 50., 61o.; Werner Burghausen: 57;
Institut Meteorologie: 15, 17, 18; Landratsamt Cham: 25, 26; Herbert Stolz, Regens-
burg: 8, 31, 39, 50; LOOK Bildagentur: 11, 12, 13; MAGAZIN Bildagentur: 4, 22;
Waldemar Müller, Landratsamt Cham: 27; Stadtbauamt Miltenberg: 5, 10, 40;
Dr. Vogelbacher: 34, 77; WWA Aschaffenburg: 65o.; WWA Bayreuth: 78; WWA
Coburg: 52; WWA Deggendorf: 64; WWA Donauwörth: 34; WWA Landshut: 53;
WWA München: 70; WWA Weiden: 14, 21, 20; WWA Würzburg: 57

Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67
80636 München

ISBN 3-930253-93-3