

## BERICHTE AUS DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

### Hochwasserschutz im Wald





# Hochwasserschutz im Wald

# Impressum

Titelseite: Hochwasserschäden 1999 in der Nähe von Schloß  
Linderhof/Oberammergau (Wasserwirtschaftsamt Weilheim)

**ISSN 0945-8131**

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Broschüre in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Bezug: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising  
Tel.: +49 8161/71-4908  
Fax: +49 8161/71-4971  
Email 1: [redaktion@lwf.uni-muenchen.de](mailto:redaktion@lwf.uni-muenchen.de)  
Email 2: [poststelle@fo-lwf.bayern.de](mailto:poststelle@fo-lwf.bayern.de)  
URL: <http://www.lwf.bayern.de/>

Verantwortlich: Olaf Schmidt, Leiter der  
Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Fachliche Beratung: Dr. Reinhard Mößmer  
Redaktion, Schriftleitung: Dr. Alexander Wauer  
Lektorat: Dr. Joachim Hamberger  
Layout, Gestaltung: Michael Streckfuß  
Druck: lerchl Druck, Freising  
Auflage: 700

© Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Juli 2003

## Vorwort

Die Bedeutung des Wassers als Grundlage allen Lebens wird auch heute noch häufig unterschätzt. Dabei spielt Wasser für jeden von uns eine elementare Rolle, vor allem als lebenswichtiges Trinkwasser, aber auch als landschaftsprägendes Lebenselement in Seen, Bächen und Flüssen.

Das Pfingsthochwasser des Jahres 1999 und die Flutwellen vom August 2002 haben aber gezeigt, dass der Lebensspender Wasser auch zerstörerische Kräfte entfalten kann, die Menschenleben gefährden und Millionenschäden verursachen.



Den Schutz vor solchen Naturereignissen betrachtet die Bayerische Staatsregierung als zentrale Aufgabe staatlicher Daseinsvorsorge. Deshalb haben wir aus den Erfahrungen der Hochwasserereignisse Konsequenzen gezogen und im Mai 2001 ein Aktionsprogramm für den nachhaltigen Hochwasserschutz in Bayern beschlossen. Dieses Aktionsprogramm umfasst einen Zeitraum von 20 Jahren und Investitionen in Höhe von rd. 2,3 Mrd. EUR.

Unsere Strategie ruht dabei auf drei Säulen:

- ◆ Natürlicher Rückhalt - vorbeugender Hochwasserschutz,
- ◆ Technischer Hochwasserschutz und
- ◆ Weitergehende Hochwasservorsorge (Maßnahmen der Flächen-, Bau-, Verhaltens- und Risikovor-sorge).

Wald und Forstwirtschaft spielen für den vorbeugenden Hochwasserschutz eine bedeutende Rolle. 2,5 Mio. Hektar Wald bedecken als Grünes Drittel die Fläche des Freistaats. Diese Wälder sind nicht nur nachhaltig nutzbare Quelle für hochwertiges Trinkwasser – so werden allein aus dem Staatswald täglich (!) mehr als 500 000 Kubikmeter Trinkwasser bereit gestellt. Sie sind auch in der Lage große Mengen an Wasser zu speichern. Damit bremsen Wälder den Wasserabfluss und kappen Hochwasserspitzen. Dies macht sie zu einem unverzichtbaren Teil unseres Hochwasserschutzkonzeptes.

Damit wir das Potenzial der Wälder für den Wasserrückhalt erhalten und gezielt weiter entwickeln können, habe ich die Bayerische Staatsforstverwaltung beauftragt, ein Stufenprogramm zum vorbeugenden Hochwasserschutz auszuarbeiten.

In einem ersten Schritt hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) die aktuellen Erkenntnisse zum Thema Wald und Hochwasser gesammelt und mit dem vorliegenden Bericht als eigenen Band in der Reihe der LWF-Berichte veröffentlicht. Dafür danke ich allen Beteiligten. In der 2. Stufe des Projekts werden von der LWF für mehrere Beispielgebiete konkrete Maßnahmenvorschläge erarbeitet. Diese Studie werde ich im Sommer 2003 der Öffentlichkeit vorstellen.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Josef Miller', written in a cursive style.

Josef Miller, Staatsminister für Landwirtschaft und Forsten.

# Inhaltsübersicht

Impressum.....	II
Vorwort.....	III
Inhaltsübersicht.....	IV
Anforderungen an einen modernen Hochwasserschutz.....	1
WOLFGANG HABER	
Hochwasser als volkswirtschaftliches Schadenspotenzial .....	8
ALBERT GÖTTE	
Fähigkeiten des Waldes zur Verminderung von Hochwasser und Erosionsschäden .....	15
WOLFGANG WEINMEISTER	
Waldwirkung und Hochwasserschutz: Eine differenzierte Betrachtungsweise ist angebracht...30	
PETER LÜSCHER, KASPAR ZÜRCHER	
Intakter Bergwald - unverzichtbar für den Hochwasserschutz in Bayern.....	34
FRANZ BROSINGER, ANDREAS ROTHE	
Der Wasserhaushalt von Hochmooreinzugsgebieten in Abhängigkeit von ihrer Nutzung.....	39
ALOIS ZOLLNER, HANNES CRONAUER	
Waldbehandlung an Gewässern.....	48
JÜRGEN BODDENBERG	
Vorbeugender Hochwasserschutz im Wald – Umsetzung im praktischen Forstbetrieb.....	55
REINHARD MÖBMER	
Zusammenfassung.....	67
Summary.....	69
Anschriftenverzeichnis der Autoren.....	71
Frühere „Berichte aus der LWF“ .....	72

## Anforderungen an einen modernen Hochwasserschutz

WOLFGANG HABER

### Anlass

Hochwasser, wie sie im Sommer 2002 in besonderer und für die Betroffenen tragischer Weise Mitteleuropa, vor allem in den Flusssystemen der Donau und der Elbe, heimsuchten, sind als Teil des Wasserkreislaufs natürliche und periodisch wiederkehrende Ereignisse. Ursachen für das Ausmaß dieser Hochwasser von 2002 waren zum einen die auf Grund der vorausgegangenen vierwöchigen Regenfälle mit Wasser gesättigten, quasi versiegelten Böden, zum anderen die von einer Vb-Wetterlage hervorgerufenen extremen Niederschläge. Bei diesen Wetterlagen werden feuchtwarme Luftmassen aus dem Mittelmeerraum um die Alpen herum nordwärts geführt und treffen dort auf kühlere, vom Westen her kommende Luftmassen. Dann entstehen Tiefdruckrinnen. Die reliefbedingte Hebung der Luft an den Sudeten, dem Erzgebirge, dem Bayerischen Wald und auch am Alpenrand verstärken deren Niederschläge erheblich.

In solchen seltenen Extremsituationen - Bodensättigung und Steilrelieflage bei Starkregen - gibt es für die Hochwasserwellen kein Halten. In engen, schluchtartigen Tälern oder Durchbruchstrecken kommt ihre zerstörerische Kraft zur vollen Wirkung, unabhängig davon, ob die Flüsse naturnah belassen oder ausgebaut sind. Im Einzugsgebiet der oberen Elbe erreichten die Niederschläge im August 2002 das drei- bis vierfache der durchschnittlichen monatlichen Niederschlagsmengen bzw. rd. 40 % der gesamten Jahresmenge. An einigen Messstationen wurden die seit dem Jahr 1020 aufgezeichneten Höchstmarken überschritten (MUDELSEE ET AL. 2002).

Der Deutsche Rat für Landespflege (DLR) setzte sich mehrfach mit der Problematik des Ausbaus von Fließgewässern auseinander (DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE 1989, 1994). Im Folgenden sind seine Erkenntnisse und Auffassungen für einen künftigen Umgang mit Hochwasserschutz an Fließgewässern vor dem Hintergrund der Ereignis-

nisse und der aktuellen Diskussion auf den verschiedenen Ebenen zusammengefasst.

### Das natürliche System der Fließgewässer

Flüsse sind dynamische und instabile Systeme. Niedrig- und Hochwasserstände wechseln miteinander ab. Das Wasser ist je nach Menge und Gefälle von hoher erosiver Kraft, die Felsbarrieren durchtrennen (Weltenburger Enge, Eisernes Tor) oder tief in Gebirge einschneiden kann (z. B. Mittelrhein zwischen Koblenz und Bingen oder die Elbe in der Sächsischen Schweiz). Diese Durchbruchtäler sind landschaftlich reizvoll, lassen aber nur schmale Uferstreifen, an denen sich die Siedlungen, Eisenbahnen und Straßen entlang ziehen. Diese sind doppelt gefährdet, nicht nur durch Hochwasser, sondern auch durch Berg- und Hangrutschungen.

Wo die Flüsse mehr Raum haben, breiten sie sich bei hohen Wasserständen über ihr Bett hinaus aus und bilden eine Aue. Deren Grenze bildet der höchstmögliche Hochwasserstand. Sie hat an der Flussdynamik teil. Bei Hochwasser führen die Flüsse meist große Mengen Bodenpartikel, die im Einzugsgebiet abgeschwemmt wurden, sowie Geschiebe mit sich und verursachen bei starker Strömung Bodenabträge in der Aue. Gleichzeitig wirken Hochwasser reinigend, weil das Lückensystem in Gewässersohle und -ufer ausgespült wird. Bei nachlassender Strömung und sinkendem Wasserstand werden die mitgeführten Partikel als Sediment wieder abgelagert, dabei oft sortiert, zuerst Kies, dann gröberer und feinerer Sand, schließlich Lehm und Ton. Wegen dieser Dynamik trägt die Aue eine eigene, vom Umland abweichende Vegetation. Sie zeigt wegen der häufigen Auf- und Abtragsvorgänge, dem hierdurch induzierten Mikrorelief, dem Wechsel von nass zu trocken, den flussnahen waldfreien und den flussferneren bewaldeten Bereichen eine hohe Biotop- und Artenvielfalt. Zu dieser Bedeutung der Aue im Landschaftshaushalt und Naturschutz kommt ihr Wert als Retentionsraum. Darin können sich

Hochwasserwellen flächig ausbreiten, beruhigen und eine Weile aufhalten, ehe sie weiterfließen.

Diese Bedeutungen und Werte der Auen beruhen auf neuerer ökologischer Erkenntnis. Daher wurden sie bis in die letzten Jahrzehnte kaum berücksichtigt. Die fruchtbaren Auenlehmböden an langsam fließenden, größeren Flüssen hatten weithin zu landwirtschaftlicher Nutzung verlockt, der die Auwälder weithin weichen mussten. Je produktiver die Nutzung war, um so lästiger wurden die Hochwasser, denen die fruchtbaren Auenlehme eigentlich zu verdanken sind. Um sie fernzuhalten, wurden entlang der Flüsse Deiche gebaut. Das geschah verstärkt seit dem 18. Jahrhundert und fiel zusammen mit staatlichen Bemühungen zur Regulierung und „Bändigung“ großer Flüsse. Dafür standen die Erkenntnisse der aufblühenden Naturwissenschaften, Technik und Ingenieurkunst zur Verfügung, aus deren Vorstellungen sich der technisch-hydraulische Fluss- und Wasserbau mit personalstarken Verwaltungen und Ämtern entwickelte.

Infolge von Gewässerausbau und Landnutzungsänderungen ist die naturgegebene Multifunktionalität von Fließgewässern und Auen weitgehend verschwunden. Nur noch ein geringer Teil der Fließgewässer und ihrer Auen kann als naturnah bezeichnet werden. Die vielerorts auftauchenden Forderungen nach mehr Natur und Naturschutz sowie weniger Infrastruktur und Nutzung an Flüssen und in ihren Auen sind berechtigt. Damit lassen sich jedoch die Hochwasserprobleme als solche nicht lösen, sondern in erster Linie die Schadenspotenziale erheblich mindern.

### Neue Leitbilder sind gefragt

In frühgeschichtlicher Zeit waren die Flüsse, zumal wenn sie schiffbar waren, die einzigen Erschließungs- und Orientierungswege für die „Landnahme“ nördlich der Alpen. Aus verkehrsbedingten, wirtschaftlichen und auch strategischen Gründen wurden erste Siedlungsschwerpunkte an Flüssen angelegt, bevorzugt dort, wo diese in Verengungen oder Furten gut überquert werden konnten. Die Mündungen von

Nebenflüssen dienten ebenso als Ausgangspunkt weiterer Erschließungen des Landes. Städte wie Koblenz, Mainz, Mannheim, Regensburg, Passau an Zusammenflüssen oder wie Köln, München, Würzburg, Magdeburg, Frankfurt/Oder an Flussübergängen, gehen auf diese frühen Flusssiedlungen zurück. Die Bewohner lebten über viele Generationen mit Hochwasser. Sie überstanden diese nicht nur, sondern richteten sich vielfach auch darauf ein. Dies belegen die Hochwassermarken, die manchmal bis zum 2. Stock reichen und an frühere Katastrophen erinnern (HABER 2002).

Der dennoch vorhandene Sicherheitsanspruch der Flusstadtbewohner konnte nur mit Hilfe technischer Ufersicherungen, Deichbauten und anderer Flussverbauungen erfüllt werden. Dazu kamen Hafenanlagen an schiffbaren Flüssen, oft in hochwassergefährdeten Räumen. Als die Städte im 19. Jahrhundert zu wachsen begannen, neue Wohnviertel, Gewerbe- und Industriegebiete geschaffen wurden, mussten gerade für die letzteren weitere Ufer- und Auenbereiche überbaut und zum Teil „versiegelt“ werden. Die Planer und Techniker des Gewässerausbauens waren damals auf Grund ihrer Ingenieurleistungen hoch anerkannt und genossen großes Vertrauen. Ihre Maßnahmen, vor allem die Erreichung und der Ausbau von Deichen, ließen sogar ein trügerisches Gefühl absoluter Sicherheit entstehen.

Dieser historische Fluss- und Auenverbau hat also eine lange Tradition und entzieht sich eigentlich der Kritik aus heutiger Sicht. Er wäre heute nicht mehr genehmigungsfähig, ja müsste in letzter Konsequenz sogar rückgängig gemacht werden - in vielen Bereichen der dicht besiedelten Kulturlandschaft eine Utopie. Die Erkenntnis der Einseitigkeit und Fehlerhaftigkeit dieser Fluss- und Wasserbaumaßnahmen beruht auf *heutigen* und vergleichsweise *neuen* Kenntnissen und Einstellungen. Mit Gewässern gehen die Menschen in Europa schon seit ca. 3.000 Jahren um. Die dabei entwickelten Traditionen und Techniken zur Veränderung von Gewässern lassen sich nicht in kurzer Zeit umkehren oder gar rückgängig machen (HABER 2002). Selbst wenn Fehler eingesehen werden, lassen sie sich



oft aus Gewohnheit, Gedankenlosigkeit und nicht zuletzt auch wegen der Trägheit von Institutionen nur schwer, wenn überhaupt, korrigieren.

Es ist jedoch sehr zu beklagen, dass gerade nach dem 2. Weltkrieg viele Flüsse und ihre Hochwasserabflussbetten noch erheblich beeinträchtigt wurden. Die Erkenntnis jener Fehler war bereits bekannt, die Wasserreinigung schon eine allgemeine Forderung der Gesellschaft und Fachleute warnten vor gefährlichen technischen Maßnahmen.

Aus diesen Einsichten und gerade aus den Lehren wiederholter neuerer Hochwasserkatastrophen ergibt sich die Notwendigkeit der Entwicklung neuer mittel- und langfristiger, ökologisch tragfähiger Flussleitbilder sowie die Etablierung eines ökonomisch effizienten, vorsorgenden Hochwasserschutzes. Dabei sind kaum Generallösungen mit Gültigkeit für alle Flusslandschaften zu erwarten. Vielmehr müssen die individuellen Gegebenheiten in der strukturellen Ausstattung der Einzugsgebiete und die daran gekoppelten spezifischen Prozessabläufe in einem hierarchischen Ansatz, der von kleinen Teileinzugsgebieten bis zum großen Stromgebiet reicht, berücksichtigt werden. Die Umsetzung solcher *flussspezifischen nachhaltigen Leitbilder* erfordert die Integration unterschiedlicher Politikbereiche, von der Raumordnung über die Landnutzungs-, Siedlungs-, Wirtschafts-, Verkehrs-, Wasserwirtschafts- bis zur Naturschutzpolitik, und dies auf verschiedenen räumlichen Ebenen (Gemeinden, Regionen, Bundesländer und Staaten). Der Ansatz des Flusseinzugsgebietsmanagements, das der im Jahr 2000 verabschiedeten EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zugrunde liegt, bietet den geeigneten politisch-institutionellen Rahmen für eine den Hochwasserschutz berücksichtigende Entwicklung von Flusseinzugsgebieten, obwohl der Hochwasserschutz kein direkt genanntes Ziel der Richtlinie ist. Daraus ergeben sich jedoch neue Anforderungen an alle Maßnahmen im Einzugsgebiet von Flüssen im Zuge einer *nachhaltigen* Bewirtschaftungsplanung.

## Maßnahmen zur Minderung von Schadenspotenzialen

Fließgewässer als Ökosysteme hängen von den Eigenschaften, dem Zustand und den Veränderungen ihrer Einzugsgebiete sowie den dortigen unterschiedlichen Aktivitäten ab. Die Nutzungsverhältnisse bestimmen weitgehend den Wasserabfluss und die Wasserqualität. Sollen Hochwasserschäden vermindert werden, müssen die Einzugsgebiete insgesamt nach größeren und kleineren Räumen differenziert betrachtet und die Art ihrer Nutzung an periodisch auftretende Hochwasser angepasst werden. Landnutzungen sollten die Abflussverhältnisse auf jeden Fall möglichst wenig beeinflussen.

### Siedlungen und Schadenspotenzial

Seit Jahrzehnten wachsen die Siedlungen bei zunehmender Verstädterungstendenz in die Fläche. Der individuelle Wohn- und Abstellflächenbedarf steigt zusätzlich. Der Kraftfahrzeugverkehr nimmt fast exponentiell zu und verlangt mehr und breitere Straßen sowie Parkplätze. Staatliche Förderung für Eigenheimbau in der üblichen Form, vor allem auch für bestimmte Gewerbe- und Industrieansiedlungen, die ihrerseits noch mehr Flächen benötigen, trägt ebenso wie die Erstattung von Kilometerpauschalen zu einer weiteren Entflechtung von Aktivitäten und damit größerer Mobilität und höherem Flächenbedarf bei. Wo ein Gebäude steht, ein Hof, eine Straße, ein Platz gepflastert werden, ist der Boden „versiegelt“, das Einsickern weitestgehend unterbunden. Das Wasser kann nur oberflächlich abfließen und wird dabei noch beschleunigt. In bebauten Gebieten sind etwa 30 % aller Flächen versiegelt. In Deutschland nimmt die Siedlungsfläche insgesamt einen Anteil von 12,3 % ein, so dass fast 4 % der Landesfläche als versiegelt gelten können. Die tägliche Flächeninanspruchnahme liegt zur Zeit noch immer bei ca. 129 ha/Tag. Nach einer Auswertung von 1992 liegt der Anteil von Siedlungen mit mehr als 5.000 Einwohnern in Flusskorridoren mit 8 % doppelt so hoch wie deren Anteil an der Gesamtfläche Deutschlands (4 %) (BORCHERT 1992).

Wenn Hochwasserschäden an Gebäuden entstanden sind, wird in der Regel die vorhandene Bebauung in den gewachsenen Siedlungen wiederhergestellt und mit entsprechenden Hochwasserschutzmaßnahmen gesichert. Es ist - unter Würdigung der verständlichen Bedürfnisse und Erwartungen der persönlich Betroffenen - zu prüfen, inwieweit zerstörte Gebäude, die sich in potenziellen Hochwasserbereichen befinden, auch an anderer Stelle wieder errichtet werden können. Dies gebieten auch volkswirtschaftliche Erwägungen, da für wiederholt auftretende Schäden unter Umständen die Allgemeinheit mit in die Pflicht genommen wird. Zu prüfen ist ferner, inwieweit moderne und kulturlandschaftliche Lösungen für aktive Hochwasserschutzmaßnahmen genutzt werden können. Als Beispiele seien Deichrückverlegungen und Hochwasserrückhalteräume genannt sowie großzügig dimensionierte Umflurrinnen, die als grüne Becken ausgestaltet sind und gleichzeitig landwirtschaftlich oder für die Erholung genutzt werden können. Voraussetzung für jede Art von Hochwasserschutz sind funktionsfähige Frühwarnsysteme. Dies gilt auch für gefährdete, kleinmaßstäbliche Bereiche, etwa die Nebenflüsse im Mittelgebirge. Dort müssen andere Leitbilder entwickelt werden als an den großen Strömen. Keinesfalls darf sich in den Köpfen der Menschen ein zu starkes Sicherheitsdenken festsetzen, das suggeriert, man könne Hochwasser prinzipiell schadlos machen oder gar vermeiden.

Noch vorhandene, weitgehend intakte Auen müssen in jedem Fall frei von neuer Bebauung und sonstigen baulichen Nutzungen bleiben. Wo immer möglich, sind durch Deichbau verloren gegangene Retentionsräume neu zu schaffen und Deiche landeinwärts rückzuverlegen, um künftigem Hochwasser Ausbreitungs- und Beruhigungsflächen zu bieten. Die Instrumente der Landes-, Regional- und Bauleitplanung sind daher im Hinblick auf vorsorgenden Hochwasserschutz, Risikobereiche und daraus abgeleitete entsprechende Einschränkungen von Nutzungen stringenter umzusetzen als bisher. Zur Weiterentwicklung des Instrumentariums im Hinblick auf eine notwendige Risikoorientierung hat die Akademie für Raumforschung und Landespla-

nung wichtige Anregungen gegeben (ARL-ERKLÄRUNG ZUR HOCHWASSERKATASTROPHE 2002). Die Landschaftsplanung kann wichtige ökologische Grundlagendaten liefern und aus einer integralen Betrachtung des Wirkungsgefüges des Naturhaushaltes helfen, Risikobereiche zu identifizieren, die in künftigen räumlichen Planungen zu berücksichtigen sind.

Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie von 2002 fordert, das Ausmaß der Flächeninanspruchnahme bis 2020 auf 30 ha/Tag zu reduzieren. Das gilt besonders für Siedlungen an Flüssen und in Auen. Dieses wichtige Ziel lässt sich nicht ohne Opfer umsetzen. Dabei werden ökonomische Anreize eine wesentliche Rolle spielen, z. B. bezüglich der Ansprüche an die individuell zu nutzende Wohnfläche, die Reduzierung oder Modifizierung der Eigenheimförderung und der Kilometerpauschale, die Erhöhung der Grundsteuern oder die Einführung von Versiegelungsabgaben.

#### Land- und Forstwirtschaft

Die jahrtausendelange Landnutzung verschärft die Hochwasserbildung in den Einzugsgebieten. Sie vermindert oftmals die Einsickerung der Niederschläge und die Speicherkapazität der Böden, erhöht aber den Oberflächenabfluss. Doch sollte die daran geübte Kritik berücksichtigen, dass die Menschen auch im Bergland zur Nahrungserzeugung Wiesen, Weiden und Äcker brauchen. Von waldfreiem Land fließt nun einmal mehr Wasser ab. Ackerbau ist - zumindest in jüngerer Zeit - oft auch mit Bodenverdichtung verbunden. Sie setzt die zunächst durch Bodenlockerung oder Dränung begünstigte Einsickerung wieder herab und verstärkt dann erst recht die bei Beackerung immer eintretende Bodenerosion. Beachtet werden muss, inwieweit es sich um die Nutzung von Flach- oder Steillagen handelt. In Steillagen mit dünner Bodendecke kann auch Wald bei Extremwetterlagen nicht viel zur Wasserrückhaltung beitragen.

Soweit in den Auen naturnahe Wälder vorhanden sind, sind diese auf jeden Fall zu erhalten. Sind Waldbestände weniger naturnah,

sollen sie in einen solchen Zustand überführt werden. Letzteres wie auch eine standortangepasste Boden- sowie Grünlandnutzung an erosionsgefährdeten Hängen und in Überschwemmungsgebieten entspricht zudem den Anforderungen an eine gute fachliche Praxis der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung. Auch deren stringente Einhaltung bzw. die bei der notwendigen Umsetzung der Vorgaben des novellierten Bundesnaturschutzgesetzes in das Landesrecht nunmehr mögliche konkrete regionalspezifisch angepasste Ausformung kann einen Beitrag zur Schadensminimierung leisten. In Talauen und Wasserschutzgebieten müssen Anträge zur Umwandlung von Wald in andere Nutzungsarten abgelehnt werden.

Art und Intensität der Nutzung sind an die natürlichen Gegebenheiten und die Verletzlichkeit der Böden anzupassen. In Übereinstimmung mit der Jährlichkeit von Hochwasserereignissen ist an abgestufte Intensitäten der Landnutzung, Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsweisen nach den Grundsätzen guter fachlicher Praxis oder des ökologischen Landbaus zu denken. An vielen Stellen wird eine Rückführung zu weit gegangener Umwandlung von Grünland in Ackerland, insbesondere in den Talauen (vgl. hierzu § 5 (4) des Bundesnaturschutzgesetzes 2002), notwendig werden. Entscheidend für die Zulassung von Nutzungen ist, dass die Dynamik des jeweiligen Fließgewässers erhalten bleibt. Es kann auch erforderlich werden, Landwirten Entschädigungen für besondere Pflegemaßnahmen zur Erhaltung einer typischen Habitatvielfalt zu zahlen.

#### Schifffahrt und Flussausbau: Beispiel Elbe

Die Schiffbarmachung, insbesondere für große und europaweit gleichartige Schiffe, verstellt nach heutiger Auffassung den Blick für ökologische Funktionen. Ein Fluss ist zuerst ein landschaftsprägender Bestandteil der Natur und gemäß Wasserhaushaltsgesetz um seiner selbst willen zu schützen. Die Nutzung als Wasserstraße ist nur eine der konkurrierenden Nutzungen.

Die Elbe befindet sich im Ausbauzustand der 1930er Jahre, ohne Staustufen, mit streckenweise

noch weitgehend intakter Auendynamik. Dieser Zustand wird zerstört, wenn der Fluss für überdimensionierte Schiffe und Schubverbände ausgebaut wird. Bereits heute sind trotz der relativen Naturnähe des Elbstromes selbst erhebliche Geschiebedefizite vorhanden, weil zu viel Material im Einzugsgebiet zurückgehalten wird. Dadurch beträgt streckenweise die Sohlenerosion 1-2 cm im Jahr. Erst nach der Wende 1989 wurden wieder verstärkt bei Arbeiten im Rahmen der Instandsetzung denaturierende Wirkungen hervorgerufen.

Ziel der Ausbaumaßnahmen nach dem Bundesverkehrswegeplan von 1992 war eine Mindestfahrrentiefe von 1,60 m auf einer Breite von 50 m, die mittels einer Vertiefung der Elbe bis zum Jahr 2008 um 20 cm erreicht werden sollte (DÖRFLER 2002). Der momentanen Transportmenge von 4,4 Mio. Tonnen stehen aktuelle Prognosen von 4,6 Mio. Tonnen für das Jahr 2015 gegenüber. Das Argument, diese Baumaßnahmen schaffen die Voraussetzungen für die Verlagerung von mehr Güterverkehr auf die Wasserstraße, ist vor diesem Hintergrund fragwürdig (DÖRFLER 2002).

Im Zuge der Koalitionsvereinbarungen vom Oktober 2002 wurde der 1992 beschlossene Elbausbau erfreulicherweise gestoppt. Die neuesten Untersuchungen und Prognosen beeinflussten diese Entscheidung sicherlich positiv.

Dennoch bleiben an der Elbe flussbauliche Unterhaltsmaßnahmen erforderlich, deren Abgrenzung zu einem „Ausbau“ nicht leicht zu treffen ist. Die weitere Sohlenerosion kann wegen des sinkenden Wasserspiegels nicht hingenommen werden und erfordert eine Stabilisierung der Flusssohle z. B. mittels Geschiebezufuhr. Dabei müssen aber weitere Schädigungen des Gewässers vermieden werden. Diese Maßnahmen erfordern erhebliches Feingefühl, um keine ökologischen Schäden zu verursachen. Am besten wäre es, diejenigen Buhnen zu schleifen, die den Mittel- und Niedrigwasserabfluss zusammenfassen. Dem steht jedoch die Eigenschaft der Elbe als Bundeswasserstraße nach wie vor entgegen.

## Empfehlungen

Um Schäden, wie sie das Hochwasser im August 2002 anrichtete, in Zukunft geringer zu halten, hält der Deutsche Rat für Landespflege (DRL) folgende Maßnahmen für nötig:

- ◆ *Daten und Erkenntnisse* über die Ursachen und Zusammenhänge der Entstehung von Hochwasser liegen nicht ausreichend flächendeckend und abschließend vor. Es ist dringend nötig, diese wichtigen Grundlagen nach einheitlichen Kriterien und Maßstäben für die Einzugsgebiete von Flüssen zu aktualisieren und zu vervollständigen, um auf dieser Basis die Zusammenarbeit auf allen Ebenen der Planung und mit allen Beteiligten und Betroffenen zu verbessern.
- ◆ Für den Umgang mit Flüssen sind *neue Leitbilder* erforderlich, die der Nachhaltigkeit verpflichtet sind. Dies dürfen keine Generallösungen sein. Notwendig sind teilträumlich differenzierte Ansätze, die die jeweiligen naturräumlichen Voraussetzungen sowie die Lebens- und Wirtschaftsbedingungen der Menschen berücksichtigen. Generell ist zu beachten, den Fließgewässern mehr Raum zuzubilligen und die Fließstrecken zu verlängern.
- ◆ Die Leitbilder sind mit Hilfe *verbindlicher Planungen und Festsetzungen* zum vorsorgenden Hochwasserschutz auf allen Ebenen der räumlichen Planung und der Fachplanung umzusetzen. Auf Dauer sind besonders gefährdete Gebiete für mögliche Hochwasser in Übereinstimmung mit dem Natur- und Landschaftsschutz sowie Wasserschutz zu sichern.
- ◆ Überschwemmungsgebiete, in die nicht eingegriffen werden darf, müssen rechtskräftig ausgewiesen werden. In vielen Bereichen ist die *Renaturierung* von Auen und die Schaffung von neuen *Retentionsflächen* notwendig. Diese Flächen bedürfen schonender Bewirtschaftung. Hierzu gehören auch Maßnahmen wie Rückverlegung von Deichen und Schaffung von Poldern, die gegebenenfalls unter ökologischen Gesichtspunkten regelmäßig geflutet werden.
- ◆ Im Bereich der *land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung* ist auf konsequente Einhaltung der Bestimmungen zur guten fachlichen Praxis hinzuwirken. Art und Intensität von Nutzungen müssen an die Dynamik des Oberflächenabflusses unter Beachtung der Speicherkapazität für Niederschläge angepasst sein. Bodenverdichtungen sind zu vermeiden. In Auen müssen Ackerflächen wieder in Grünland umgewandelt werden.
- ◆ In flussnahen *Siedlungsbereichen* ist eine weitere Flächenversiegelung zu vermeiden. Gleichzeitig sind Entsiegelungsmaßnahmen notwendig. Im Rahmen der Bauleitplanung sind alle Flächennutzungen im Hinblick auf ihre Bedeutung für den Hochwasserschutz zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Das Bauen in hochwassergefährdeten Gebieten führt zu einer Erhöhung des Schadensrisikos. In prinzipiell noch funktionsfähigen Auen dürfen keine Siedlungs- und Gewerbeflächen mehr ausgewiesen werden.
- ◆ Mit Hilfe einer *Hochwasserversicherung*, in die Flusssanrainer, Gemeinden, Länder und der Bund einzahlen, könnte ein Hochwasserschutzfonds eingerichtet werden, aus dem einerseits Schäden reguliert und andererseits Vorsorgemaßnahmen finanziert werden. Eine Abstufung der Beitragszahlungen nach Versiegelungs- und Retentionsflächenanteil, geleisteten Schutzmaßnahmen und dem Anteil begradigter Flussabschnitte würde auf den vier angesprochenen Ebenen zum einen die Anstrengungen zur Erhöhung der Retentionsfähigkeit belohnen und zum anderen Anreize geben, das Schadenspotenzial in gefährdeten Gebieten zu vermindern. Ein solcher Hochwasserschutzfonds wäre vorsorgefördernd, volkswirtschaftlich effizienter und hinsichtlich der Lastenverteilung gerechter als jeweils nach Schadereignissen ad hoc eingerichtete Katastrophenfonds, die nicht nach dem Verursacherprinzip finanziert werden.
- ◆ Der Einsatz *ökonomischer Instrumente* eignet sich, um die bestehenden Risikopotenziale zu verdeutlichen und monetär anzulasten. Neben einer Versiegelungsabgabe sollte eine Pflichtversicherung für Elementarschäden

eingeführt werden. Die Versicherungsprämie würde mit der Höhe des Risikos steigen. Je mehr ein Baugrundstück hochwassergefährdet ist, desto teurer wäre die Versicherung für ein dort errichtetes Gebäude. Damit lässt sich einerseits vermeiden, dass die Allgemeinheit auch in Zukunft die Verluste trägt. Andererseits entsteht ein Steuerungseffekt, der die Zahl von Bauten in stark hochwassergefährdeten Gebieten verringert.

- ◆ Das Instrumentarium zum Umgang mit Extremereignissen, d. h. *Frühwarnsysteme, Katastrophenpläne* sowie *Koordinierung des Hilfeinsatzes* für Fachleute und die Bevölkerung, muss verbessert und später ständig geprobt werden.

Niemand sollte sich der Illusion hingeben, mit Hilfe von Entsiegelung, Flussrückbau und Auenrenaturierung oder gar Einschränkung der Landwirtschaft wären künftige, dem Hochwasser von 2002 ähnliche Katastrophen absolut zu vermeiden. Trotzdem muss auf internationaler, nationaler und kommunaler Ebene alles unternommen werden. Die Fehler, die während der vergangenen Jahrzehnte scheinbarer Sicherheit in Mitteleuropa gemacht wurden, sind nun unter der Prämisse einer nachhaltigen Entwicklung sukzessive auszugleichen. Das Fünf-Punkte-Programm der Bundesregierung bietet eine gute Ausgangsbasis hierfür (UMWELT 2002).

Die heftigeren und häufigeren Unwetter des letzten Jahrzehnts mit entsprechenden Folgen deuten möglicherweise einen Klimawandel an. Maßnahmen zum Klimaschutz, für deren Umsetzung die Bundesregierung sich einsetzt, um extreme Wetterlagen als mögliche Folgen eines Klimawandels zu reduzieren, sind generell sinnvoll, greifen aber nur langfristig.

## Literatur

ARL-ERKLÄRUNG ZUR HOCHWASSERKATASTROPHE (2002):

Wachsende Hochwassergefahren: kein „Weiter so“. ARL- Mitteilungen 3, S. 1-2

BORCHERT, J. (1992):

Flusskorridore als überregionale Verbundstrukturen. Auen-, Niederungs- und Talbereiche der Bundeswasserstraßen (ohne Kanäle) und Zuflüsse 1. Ordnung nach der naturräumlichen Gliederung. Natur und Landschaft 67, S. 413-418

DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE (1989):

Wege zu naturnahen Fließgewässern – Stellungnahme. Schriftenreihe des DRL 58, S. 727-747

DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE (1994):

Konflikte beim Ausbau von Elbe, Saale und Havel - Stellungnahme. Schriftenreihe des DRL 64, S. 5-26

DÖRFLER, E. P. (2002):

Streiten für die Elbe. Robin Wood Magazin1, S. 18

HABER, W. (2002):

Die Hochwasserkatastrophen im Sommer 2002. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 14 (4), S. 206-210

MUDELSEE, M.; BÖRNGEN, M.; TETZLAFF, G. (2002):

Elbehochwasser August 2002. <http://www.uni-leipzig.de/meteo/Aktuelles/Elbe2002/elbe2002.htm>

UMWELT (2002):

Fünf-Punkte-Programm der Bundesregierung vom 15. September 2002. Umwelt11, S. 724-729

## Hochwasser als volkswirtschaftliches Schadenspotenzial

ALBERT GÖTTLE

### Problemstellung

Die Hochwasserereignisse der zurückliegenden Jahre an Oder, Rhein, Donau und zuletzt an der Elbe entfachten die Diskussion um Ursachen und Abhilfemaßnahmen neu. Im politischen Bereich werden Hilfsprogramme beschlossen und

strumentarium des Hochwasserschutzes und der Hochwasserwarnung zu erweitern, zu modernisieren und konsequent einzusetzen ist als auch ein grundsätzliches Umdenken bei allen in der Fläche stattfindenden Maßnahmen mit abflussverschärfendem Charakter erreicht werden muss.



Abb. 1:  
Pfingsthochwasser 1999,  
Neustadt an der Donau

die Verbesserung der rechtlichen Grundlagen zur Beschränkung der Bautätigkeit in den Gefahrenbereichen angekündigt. Von fachlicher Seite wurden zukunftsweisende Strategien für integrale Schutzkonzepte erarbeitet. Sie eignen sich dazu, weiteren Verschärfungen der Hochwassergefährdung entgegenzuwirken, das Bewusstsein für die Schadenspotenziale in den gefährdeten Bereichen zu wecken und zu vermitteln, dass es Hochwasserrisiken auch bei umfassender Hochwasservorsorge geben wird. Wahrscheinlich ist das enorme Ausmaß der Hochwasserschäden der jüngeren Zeit die Ursache, dass die fachliche und politische Diskussion weit über die notwendigen Hilfsprogramme hinaus zu tatsächlichen Konsequenzen im Umgang mit dem Hochwasser geführt hat. So ist man sich heute bewusst, dass sowohl das vorhandene In-

Von den zahlreichen Aktivitäten, die nach dem Rheinhochwasser 1993 bei jedem der nachfolgenden Hochwässer neu auflebten, sind besonders hervorzuheben:

- ◆ die Bemühungen um die Verbesserung der rechtlichen Grundlagen zum Schutz der überschwemmungsgefährdeten Bereiche und Hochwasserrückhalteräume;
- ◆ die Erarbeitung von Hochwasseraktionsplänen an den großen Flüssen und Strömen einschließlich konkreter Programme zur nachhaltigen Entwicklung in den Einzugsgebieten;
- ◆ der verstärkte Einsatz der Raumplanung und Bauleitplanung zur Sicherung der Wasserabfluss- und Überschwemmungsbereiche;

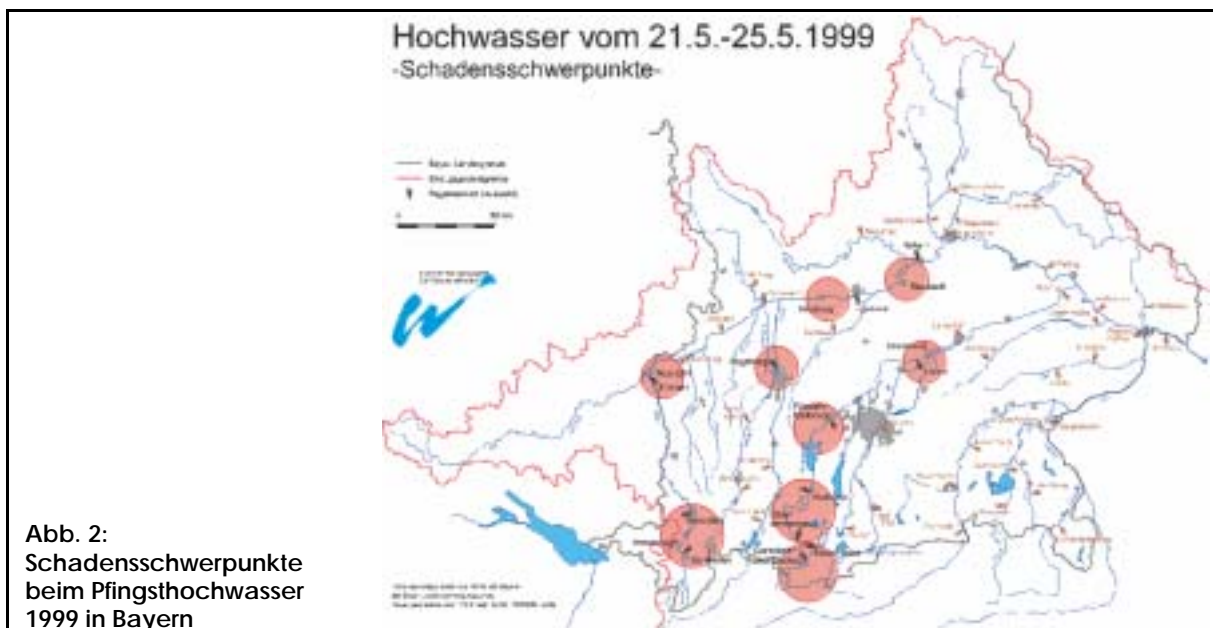
- ◆ die landesweite Ermittlung der Überschwemmungsgebiete;
- ◆ die Verbesserung der Hochwasservorhersage und -warnung;
- ◆ die Erfassung der Schadensrisiken bei Hochwasser in den vermeintlich geschützten bzw. teilgeschützten Gebieten;
- ◆ die Herstellung der notwendigen Transparenz für die gefährdete Bevölkerung.

### Hochwasserschäden und Schadenspotenziale

Das Hochwasser an Pfingsten 1999 in Bayern verursachte erhebliche Schäden an Gebäuden und Anlagen sowie an der Umwelt. Insgesamt wurden ca. 40.000 ha Siedlung und Kulturlandschaft überschwemmt. Es gab 5 Tote, 16.000 Wohngebäude wurden beschädigt, 2.000 davon schwer. Die offiziellen Schadenszahlen mit rund 700 Millionen DM basieren auf den im Rahmen der Hilfsprogramme gemeldeten Schadensangaben. Der tatsächliche Schaden unter Berücksichtigung der Beeinträchtigung der Umwelt sowie der Folgeschäden für Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe dürfte ein Vielfaches betragen. Die Schäden des Pfingsthochwassers in Bayern übersteigen damit den Gesamtschaden an der Maas 1993 und 1995 in Frankreich und in den Niederlanden zusammengerechnet. Sie sind

auch größer als der Schaden auf deutschem Gebiet beim großen Oderhochwasser 1997 oder beim Rheinhochwasser 1993 und 1995, wobei sowohl das Ausmaß des Hochwassers als auch die davon betroffenen Gebiete mit hohen Schadenspotenzialen maßgeblich zur Schadenshöhe beitrugen.

Die Schäden entfallen zu mehr als der Hälfte auf den privaten Bereich. Sie sind Grund genug, kritisch über die bisherige Siedlungs- und Genehmigungspolitik in den Gefahrenbereichen sowie die fachlichen Konzeptionen zum Hochwasserschutz und zur Hochwasserwarnung nachzudenken. Ungeachtet des großen Leides, das für die Bevölkerung mit jedem Hochwasser verbunden ist, gilt die Feststellung, dass grundsätzlich der Menschen selbst Hochwasserschäden verursacht, indem er auf Grund seiner Aktivitäten in den Überschwemmungsgebieten Schadenspotenziale entstehen lässt. Die Natur selbst kennt keine Hochwasserschäden, sie kennt nur Hochwässer. Diese Hochwässer führten im Lauf der Erdgeschichte zweifellos zu erheblichen Veränderungen in der Morphologie, an der Vegetation und im gesamten Ökosystem. Sie sind jedoch nicht unter unseren heutigen Gesichtspunkten, auch nicht unter naturschutzfachlicher Sicht zu bewerten, denn die Natur kennt keinen Naturschutz, vielmehr ist jeder natürliche Zustand gleichwertig.





### Hochwasserentwicklung im geschichtlichen Rückblick

Der Vorwurf, unsere Hochwässer seien hausgemacht, wird nach jedem Schadensereignis laut. Unbestritten ist dabei, dass Versiegelung, Umwandlung von Grünland in Ackerland, Waldschäden, eine nicht standortgerechte Landwirtschaft, eine großzügige Flurbereinigung sowie historische Gewässerausbauten die Abflussbereitschaft unserer Flusseinzugsgebiete zum Teil erheblich verändert. Hinzu kommt die Ausweitung der Siedlungsgebiete in die Gefahrenbereiche unserer Flussläufe hinein. Da-

mit verbunden entstehen hohe Schadenspotenziale in den gefährdeten Flächen.

Ohne die abflussverschärfenden Aktivitäten der letzten Jahrzehnte in Frage stellen zu wollen, sind hohe und höchste Wasserstände an den Flüssen in Bayern, Deutschland und Europa weit bis ins letzte Jahrhundert hinein und zum Teil mit wesentlich größerer Intensität nachgewiesen. Die in der Regel zu den Hochwasserereignissen fehlenden Daten über die Niederschläge lassen jedoch eine Wertung nicht zu, inwieweit die abflussverschärfenden Effekte zum jeweiligen Hochwasser beitragen. Fest steht jedoch, dass

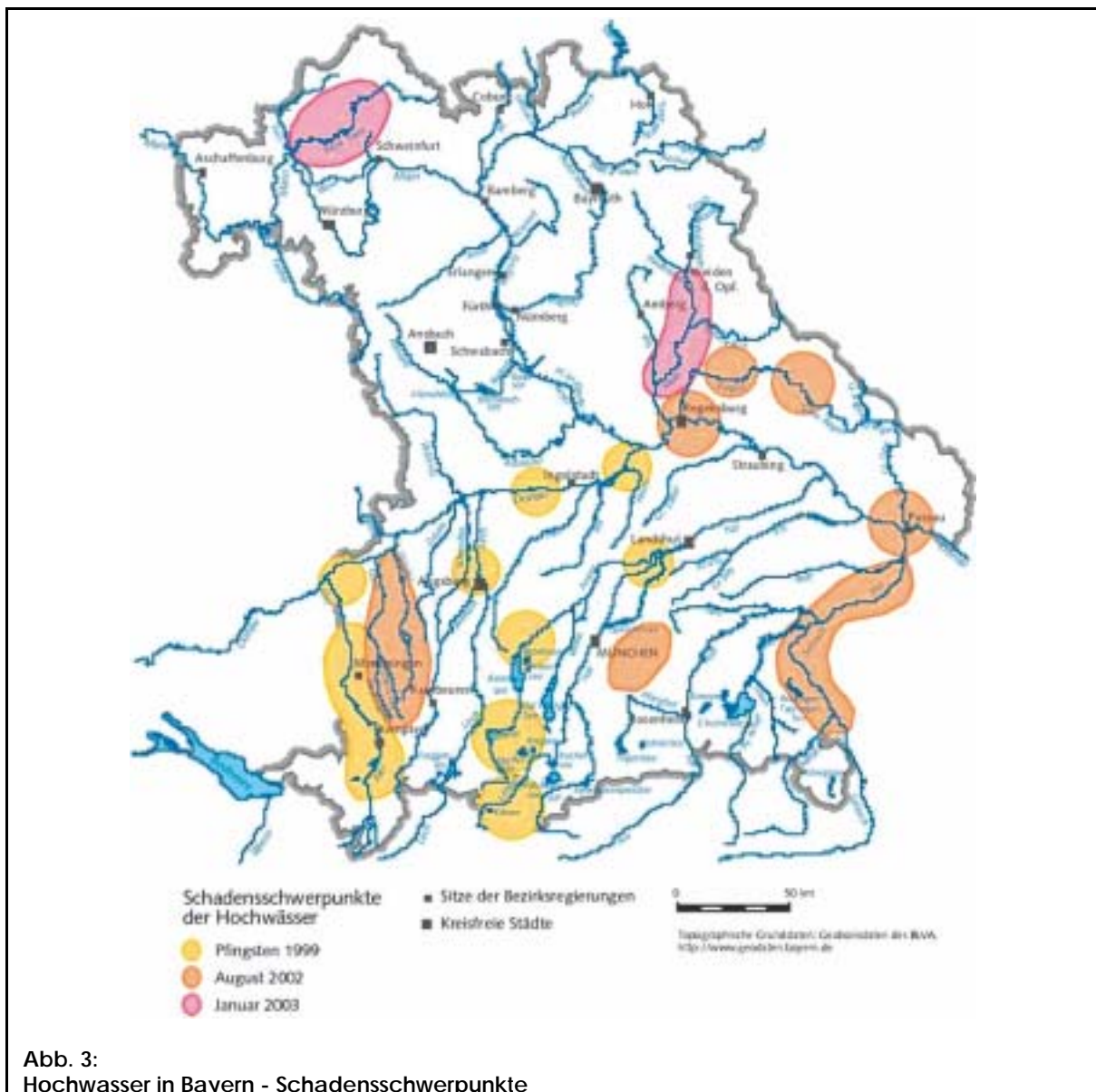


Abb. 3: Hochwasser in Bayern - Schadensschwerpunkte



viele Millionen Kubikmeter an Retentions- und Überschwemmungsraum an den großen Flüssen, Bächen und Quellgewässern noch vor der Jahrhundertwende vorhanden waren. Sie wirkten sich stark abflussschwächend bei großen Hochwässern aus. So wurden im Zuge der Regulierung des Rheins und seiner Seitengewässer rund 1,5 Milliarden m<sup>3</sup> natürlicher Rückhalteraum beseitigt. Unter erheblichen Anstrengungen bemühen sich heute die Anrainerstaaten, im Einklang mit den überwiegend stark besiedelten Flußauen noch verbliebene Rückhalteräume wieder für die Überschwemmung bei Hochwasser zu aktivieren.

### Hochwasserentwicklung und Klimaänderung

Weltweit ist ein Anstieg naturbedingter Katastrophen zu beobachten, den viele Wissenschaftler als Anzeichen eines Klimawandels interpretieren. Ein solcher Klimawandel hätte erhebliche Konsequenzen für den Wasserhaushalt und insbesondere für die Hochwassersituation. So müsste nach den Ergebnissen von BAYFORKLIM mit einer deutlichen Veränderung der Hochwasserabflüsse und Wasserstände einschließlich der Taufluten, der Niedrigwasserabflüsse, der Trockenperioden und ihrer räumlichen Ausdehnung, der Grundwasserneubildung sowie insbesondere der Starkregentätigkeit und der Unwetterentwicklung einschließlich der Muren-, Lawinen-, Rutschungs- und Steinschlagsituation gerechnet werden.

Die bisherigen Berechnungen sind in vielen Punkten zwar noch unsicher, doch eine Vermeidungsstrategie im Sinne einer nachhaltigen Klimaschutzpolitik dürfte bereits heute nicht mehr in der Lage sein, die zu erwartenden negativen Effekte zu kompensieren. Damit ergibt sich ein erheblicher Handlungsbedarf im Hinblick auf die Sicherung der Siedlungsgebiete vor künftig größeren Hochwasserabflüssen. Hierzu zählen insbesondere die Errichtung der technischen Infrastruktur, die Verbesserung der Hochwasservorhersage und -warnung, die Erweiterung des Objektschutzes, die Flächen- und Verhaltensvorsorge sowie die wirtschaftliche Absicherung verbleibender Restrisiken. Es ist bereits heute zu er-

kennen, dass es hierzu einer intensiven Kommunikation und Koordination aller Betroffenen und Beteiligten bedarf, um die staatliche Daseinsvorsorgepolitik wirtschaftlich und nachhaltig umsetzen zu können.

Es bedarf einer weitergehenden Hochwasservorhersagestrategie, da die Grenzen des Hochwasserschutzes zu erkennen und in vielen Bereichen bereits erreicht sind. Dies betrifft sowohl die natürliche Hochwasserrückhaltung als auch

<p><b>Abflussbeschleunigende Maßnahmen in Fluss und Aue</b></p> <p>Korrektion</p> <p>weitgehend geometrische Linienführung festgelegtes, strukturarmes Gewässerprofil</p> <p>Ergebnis:</p> <p>Laufverkürzung, Erhöhung des Gefälles und der Fließgeschwindigkeit, Sohlintiefung, weniger Überschwemmungen</p> <p>Deiche</p> <p>Abkopplung von Fluss und Aue, #eingegengter Hochwasserabfluss</p> <p>Ergebnis:</p> <p>Aufgesattelter Hochwasserabfluss, schnellerer Abfluss, geringere Retention, damit geringere Grundwasserneubildung und Niedrigwasseraufbesserung</p> <p>Unterhaltung</p> <p>Geringe Fließwiderstände im Abflussprofil sind ganzjährig aufrecht zu erhalten</p> <p>Auennutzung</p> <p>Entwässerung, Land- und Forstwirtschaft, Siedlung, Industrie, Verkehr u.a.m.</p>
---

Tab. 1: Abflussbeschleunigende Eingriffe

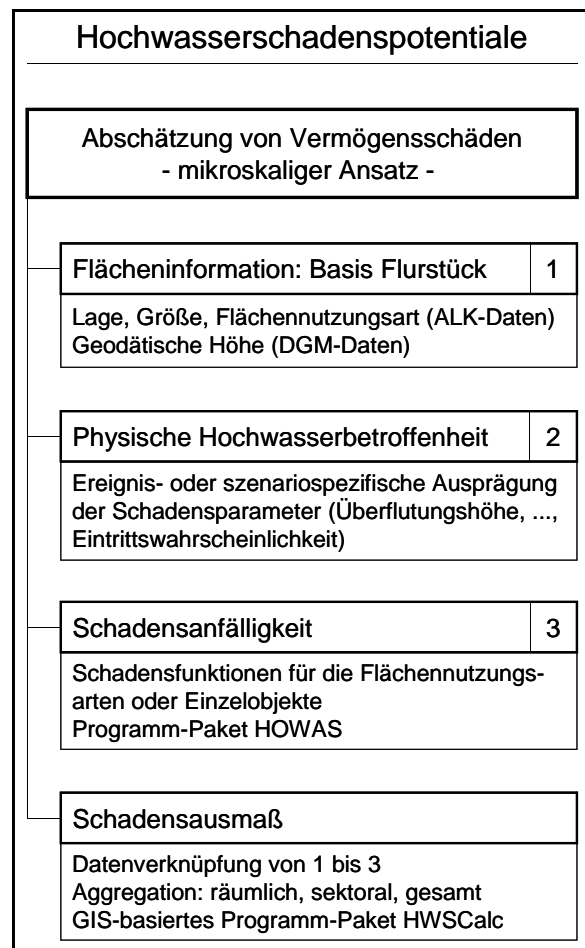
den technischen Hochwasserschutz. Gefordert sind umfassende und vorausschauende Flächenvorsorge, Bauvorsorge, Verhaltens- und Risikoversorge.

### Verringerung der Hochwasserschadenspotenziale

Wichtige Voraussetzung für die Auswahl optimaler Kombinationen von Vorsorgemaßnahmen zur Verhinderung bzw. Reduzierung der Hochwassergefahren und -folgen ist die Kenntnis über die Höhe vorhandener und / oder zu erwartender Schadenspotenziale in den hochwassergefährdeten Gebieten. Hochwasserschadenspotenziale werden unterschieden nach Personenschäden (Schäden an Leib und Leben sowie aus Stresssituationen), Vermögensschäden bei Wirtschaftsunternehmen, öffentlicher Infrastruktur und öffentlichen Einrichtungen, Landwirtschaft sowie privaten Wohngebäuden, Schäden wegen Produktionsausfall bzw. auf Grund der Hochwasserereignisse verursachte Produktionsverlagerungen, Schäden an Kulturgütern sowie an Natur und Landschaft. Vermögensschäden und Schäden aus Produktionsausfall bzw. Verlagerung können monetär bewertet werden. Die übrigen vorgenannten Schadensgruppen entziehen sich weitgehend einer Abschätzung in Geldgrößen. Die Vermögensschäden stellen in der Regel den wesentlichen Hauptteil der monetär bewertbaren Schäden des jeweiligen Schadenspotenziales eines hochwassergefährdeten Gebietes dar.

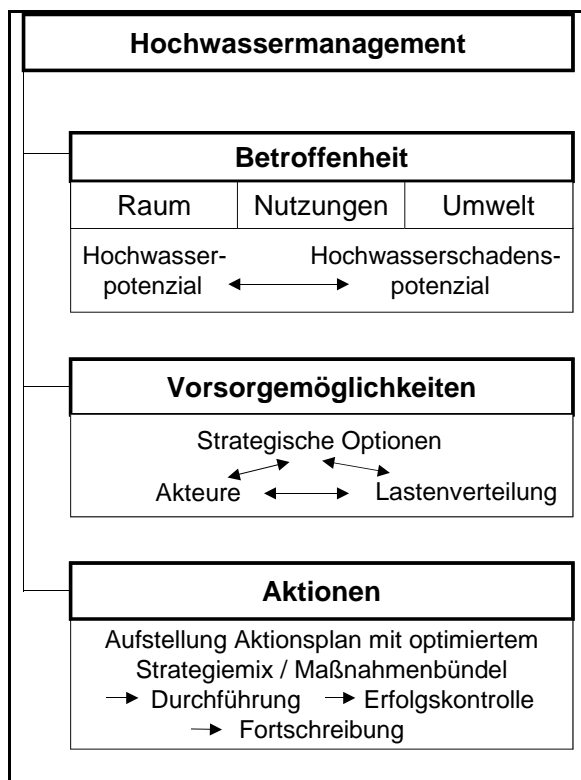
Die Ermittlung der jeweiligen Schadenspotenziale ist aufwendig und komplex. Sie benötigt insbesondere hydrologisch-hydraulische Daten über Hochwasserereignisse in den überflutungsgefährdeten Gebieten sowie deren Veränderung durch Hochwasserschutzmaßnahmen, Daten zur Landnutzung und den geodätischen Geländeverhältnissen sowie Hochwasserschadensdaten im Sinne der Schadensangaben für die betroffenen Landnutzungsarten in Abhängigkeit von der Größe der Hochwasserereignisse, Überflutungshöhe und Dauer usw. (Schadensfunktionen).

Als Ergebnis erhält man Schadensgrößen, die ein bestimmtes Hochwasserereignis verursacht. In Verbindung mit der unterstellten Eintrittswahrscheinlichkeit lassen sich dann Schadens erwartungswerte herleiten, die wiederum Grundlage für eine Kosten-Nutzen-Rechnung für die Entscheidung über Hochwasserschutzmaßnahmen sein können. Die Ergebnisse bilden insgesamt eine wichtige Grundlage zur Aufstellung von Hochwasseraktionsplänen. Sie helfen bei der Dimensionierung neuer Schutzeinrichtungen und deren Betrieb, bei der Überprüfung und Nachrüstung vorhandener Anlagen sowie der Prioritätensetzung bei der Hochwasserverteidigung.



Tab. 2: Hochwasser-Schadenspotenziale, mikroskaliger Ansatz zur Abschätzung von Vermögensschäden

Die Analyse der Hochwässer der jüngeren Zeit zeigen deutlich die Empfindlichkeit der verdichteten Siedlungsräume für den Fall einer Überschwemmung sowie die Abhängigkeit der Schadensentwicklung vom Maß der Überschwemmungsdauer und -höhe. Kritisch betrachtet dürften Schutzmaßnahmen künftig nur noch dann ergriffen werden, wenn diese finanziell günstiger sind als die Spar- oder Versicherungsmaßnahmen zur Schadensdeckung. Am



Tab. 3: Hochwasserschadenspotenziale (Hochwassermanagement)

Beispiel des Pfingsthochwassers 1999 zeigte sich der große Einfluss beschädigter Heizöllagerungseinrichtungen auf das Schadensausmaß im Sinne einer Vervielfachung der ansonsten bei ähnlicher Überschwemmung zu erwartenden Schäden.

In allen Schadensbilanzen blieben bisher die Schäden und Auswirkungen eines Hochwassers auf die Umwelt nahezu völlig unberücksichtigt. Dazu zählen z. B. auch die Verschlechterung der Wasserqualität von Flüssen und Seen, die Beeinträchtigungen des Grundwassers durch Versi-

ckerung und Infiltration verschmutzter Oberflächenabflüsse, die Störungen bei den Trinkwasserversorgungsanlagen einschließlich der notwendigen Überbrückungsmaßnahmen, die Probleme bei Abwasserentsorgungseinrichtungen sowie die Verunreinigungen von Luft und Böden auf Grund fortgeschwemmter Pflanzenschutzmittel und wassergefährdender Stoffe, Öle und Abfälle. Unberücksichtigt und im Wesentlichen nicht bewertbar sind auch die umfassenden Auswirkungen auf Flora, Fauna und die Lebensräume gefährdeter Arten. Sie sind dann besonders gravierend, wenn im Verlauf des Hochwasserereignisses Schmutzstoffe in den überschwemmten Bereichen abgelagert werden.

### Nachhaltiger Hochwasserschutz in Bayern Aktionsprogramm 2020

Als Konsequenz auf das Pfingsthochwasser beschloss die Bayerische Staatsregierung ein integriertes Programm zum nachhaltigen Hochwasserschutz in Bayern. Daraus resultierend sollen sowohl der natürliche Rückhalt und vorbeugende Hochwasserschutz, der Technische Hochwasserschutz sowie die weitergehende Hochwasservorsorge gleichrangig verfolgt werden. Dabei kommt es insbesondere darauf an,

- ◆ den natürlichen Wasserrückhalt in der Fläche und in Talräumen zu stärken;
- ◆ bauliche Schutzanlagen überörtlich und örtlich zu ergänzen;
- ◆ die Hochwasservorhersage und den Informationsdienst effektiver zu gestalten;
- ◆ die Rechtsinstrumente zur Verhinderung baulicher Fehlentwicklungen und zur Sicherung der Überschwemmungsbereiche zu festigen und im Sinne der individuellen Hochwasservorsorge Nutzungseinschränkungen in den Gefährdungsbereichen zu verfügen;
- ◆ den lokalen Objektschutz voranzubringen;
- ◆ eine Anpassung der Verhaltensweise in den Überschwemmungsgebieten zu forcieren;
- ◆ die Grundlagen für eine wirtschaftliche Absicherung von Hochwasserschäden zu entwickeln.

Im Sinne des vorbeugenden Hochwasserschutzes werden die bisherigen Bemühungen zur Fließgewässerentwicklung, zur Erfassung und Reaktivierung natürlicher Rückhalteräume, zur Gewässerpflege und Renaturierung sowie zur Sanierung der Flußauen und Schutzwälder konsequent fortgeführt. Im Sinne der weitergehenden Hochwasservorsorge sollen die Ermittlung und Festsetzung der Überschwemmungsgebiete zügig vorgebracht und solche Gebiete als Vorranggebiete für den Hochwasserabfluss und -rückhalt in der Regionalplanung ausgewiesen werden. Mit dem Innovationsprogramm Hochwassernachrichtendienst und einem modellgestützten Hochwassermanagement sollen Hochwasserwarnung und -vorhersage weiter verbessert werden. Das Informationssystem Alpine Naturgefahren stellt erstmals im Alpenraum eine nahezu ganzheitliche Basis für die Planung in gefährdeten Räumen dar und steht allgemein zur Verfügung. Ein weiterer Schwerpunkt wird die Verbesserung der Information und Bewusstseinsbildung sein. Der Gesamtumfang der Maßnahmen beläuft sich bis zum Jahr 2020 auf rd. 4,5 Milliarden Mark und liegt damit deutlich über den bisherigen durchschnittlichen Aufwendungen.

Aus den Erfahrungen des Pfingsthochwassers wurden auch Konsequenzen für die Lagerung von Heizöl in Überschwemmungsgebieten gezogen. Künftig erhöhte Anforderungen an die Genehmigung, Stabilität und wiederkehrende Überprüfung solcher Anlagen wurden gesetzlich verankert. Desweiteren ist ein Auenprogramm

zur umfassenden Sanierung der großen Fluss- und Bachauen in Vorbereitung.

#### **Ausblick**

Ein integriertes Konzept, wie es für Bayern mit dem Aktionsprogramm 2020 vorgestellt und begonnen wurde, existiert in ähnlicher Form für den Rhein, die Mosel, die Saar, die Oder und die Elbe. Dort wurden Hochwasseraktionspläne verfasst und mit deren Umsetzung begonnen. Auch an Werra, Fulda und Weser wurden nach den Hochwässern 1995 und 1997 solche Konzepte erstellt. Hervorzuheben sind bei allen Hochwasseraktionsplänen und integrierten Sanierungsprogrammen die generellen Forderungen nach einer hochwasserangepassten Nutzung in den Flussauen bei gleichzeitiger ökologischer Entwicklung, der Ausweisung von Vorranggebieten für den Hochwasserschutz und der Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserrückhaltes. Gefahren- und Risikokarten sollen dazu dienen, künftig eine fundiertere Gefahreinschätzung vorausschauend durchführen und so Fehlentwicklungen und volkswirtschaftlichen Schäden infolge Naturgefahren gezielt entgegenwirken zu können. Die Hochwasser des Jahres 2002 lehrten uns an Elbe und Donau, an Rhone und Theis und zahlreichen großen und kleinen Flüssen: „Man kann in überschwemmungsgefährdeten Gebieten leben, aber man muss es richtig machen. Das Haus ist dem Standort anzupassen und nicht der Standort dem Haus“.

## Fähigkeiten des Waldes zur Verminderung von Hochwasser und Erosionsschäden

WOLFGANG WEINMEISTER

Das Konzept eines nachhaltigen Schutzes vor Naturgefahren muss auch die Schutzfunktionen des Waldes vor Hochwasser, Erosion, Murgang, Hangbrüchen und Rutschungen sowie vor Steinschlag und Lawinen enthalten. Im Folgenden wird besonders auf die Schutzfunktion des Waldes vor Hochwasser eingegangen.

### Entstehung von Hochwasser

Für die Entstehung von Hochwässern ist überwiegend der Niederschlag in Form von Regen verantwortlich. Schneeschmelze, Zusammenreffen von Schneeschmelze mit Regenfällen oder Seeausbrüche können natürlich auch Überflutungen verursachen. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die Hochwasserentstehung sehr stark mit der Einzugsgebietsgröße in Verbindung steht. Daher verlaufen die Prozesse in kleinen Einzugsgebieten etwas anders als in großen.

Die räumliche und zeitliche Niederschlagsverteilung wirkt sich vor allem in kleinen Einzugsgebieten aus. Starke, intensive Niederschläge kom-

men nur in begrenzten Gebieten von Schauerzellen vor. Je intensiver der Niederschlag, um so kürzer wird seine Dauer sein. Solche Niederschläge führen in den steilen kleinen Wildbacheinzugsgebieten zu murartigen Ereignissen mit hoher Erosionsleistung und starken Vermurungen und Überschotterungen.

In großen Einzugsgebieten hingegen sind es die über weite Gebiete verteilten Niederschläge („Landregen“) mit größerer Dauer, die zu Überflutungen führen.

### Umwandlung von Niederschlag zu Abfluss

Die Umwandlung von Niederschlag zu Abfluss kann am besten über den Weg eines Regentropfens von der Wolke zum Gerinne dargestellt werden. Dieser Vorgang gliedert sich in mehrere Teilprozesse, die unterschiedliche Bedeutung für die Entstehung von Hochwässern besitzen.

Die **Interzeption**, das Hängenbleiben von Schnee oder Regentropfen an den Nadeln und Blättern der Bäume und der Bodenvegetation,

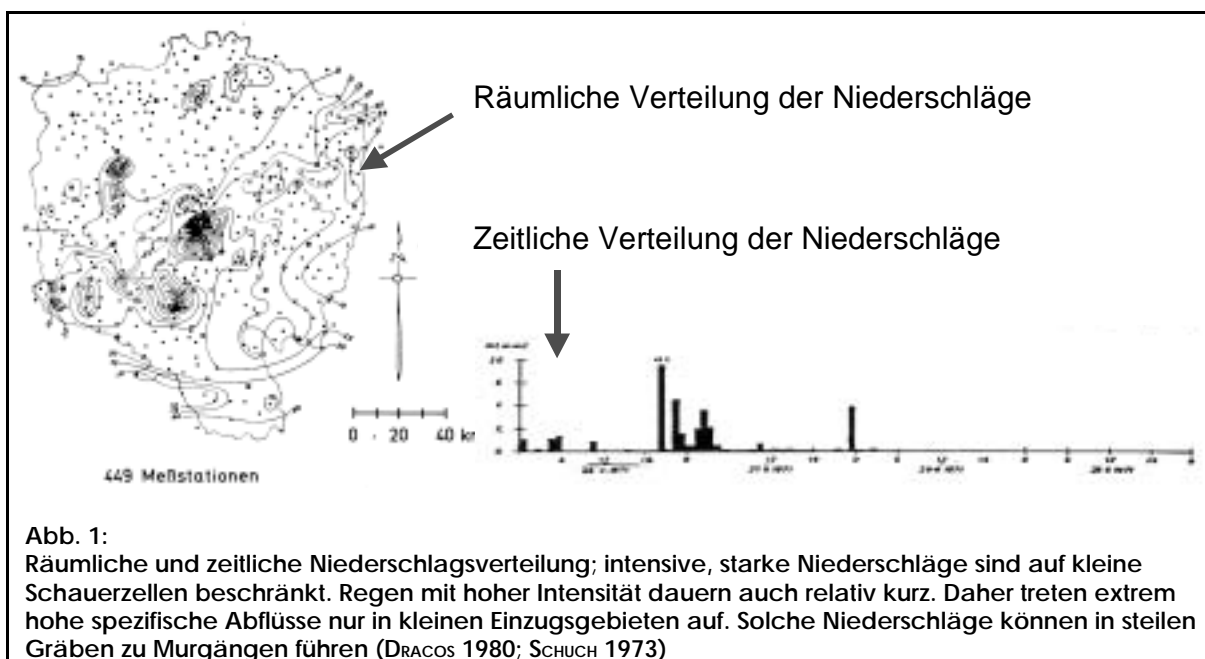


Abb. 1: Räumliche und zeitliche Niederschlagsverteilung; intensive, starke Niederschläge sind auf kleine Schauerzellen beschränkt. Regen mit hoher Intensität dauern auch relativ kurz. Daher treten extrem hohe spezifische Abflüsse nur in kleinen Einzugsgebieten auf. Solche Niederschläge können in steilen Gräben zu Murgängen führen (DRACOS 1980; SCHUCH 1973)

nimmt mit steigender Intensität und Dauer des Regens ab. Der Wind schüttelt ebenso den interzeptierten Regen ab. Das Wasser gelangt überwiegend als Tropfen auf den Waldboden (Ausnahme Stammabfluss). Es wird dort entwe-

der abfließen, wenn die Bodenoberfläche sehr dicht ist (*Oberflächenabfluss*) oder teilweise bzw. gänzlich einsickern, wenn die Bodenoberfläche eine Sickerrate besitzt, die kleiner bzw. größer als die Niederschlagsrate ist (*Infiltration*). Das in

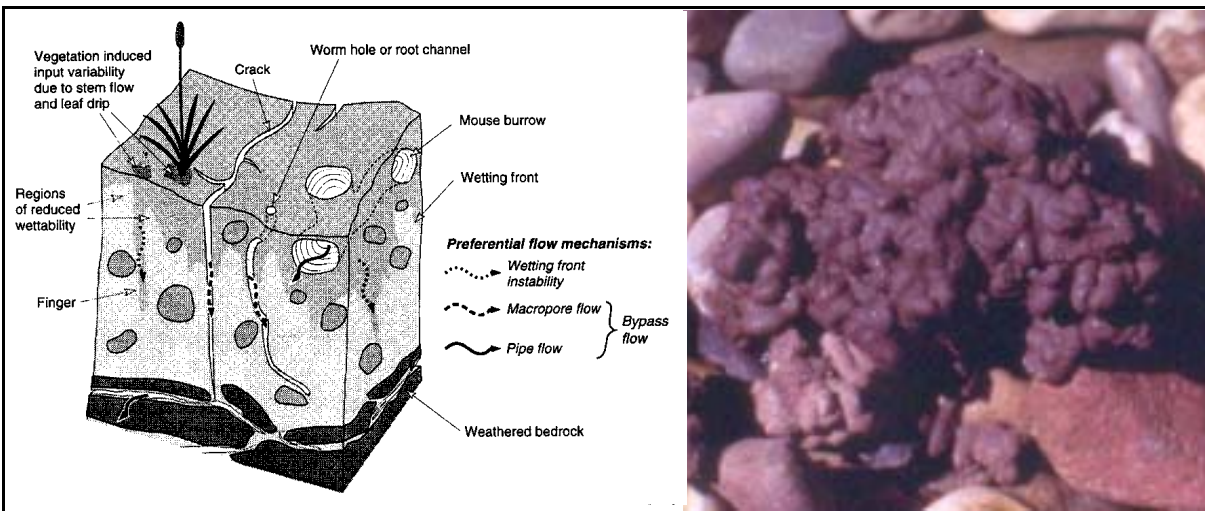
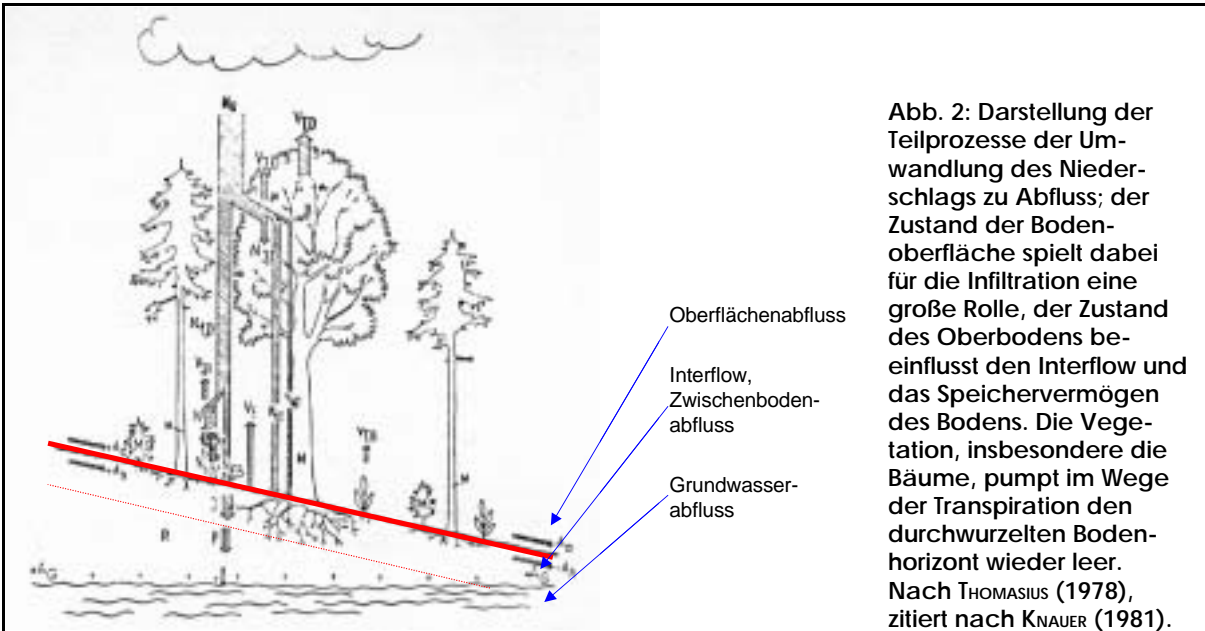


Abb. 3:

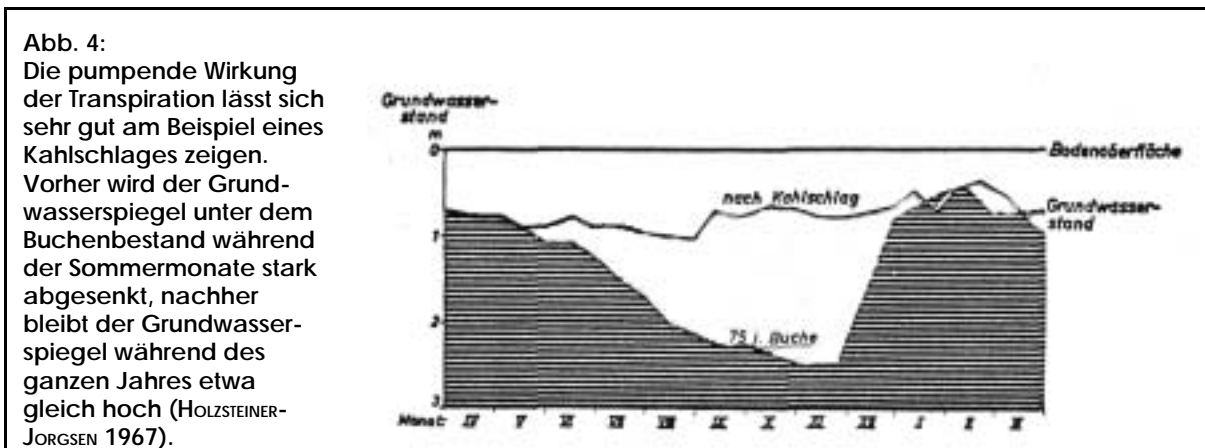
*links:* Blockdiagramm eines Bodens mit verschiedenen Arten von Makroporen, die die Infiltration und das Durchströmen des Bodens beeinflussen (SCHERRER 1997);  $q = f(d^4)$ ; das bedeutet, dass bei Verzehnfachung des Porendurchmessers der Durchfluss das Zehntausendfache beträgt.

*rechts:* Das Bild zeigt Regenwurmkrümmel als Symbol für einen lockeren, durch Humussubstanzen innerlich stabilisierten Boden mit dauerhaften Grobporen, die eine gute Infiltration und Durchsickerung des Bodens garantieren. Hydrophobe Substanzen im Auflagehumus. Rohhumus, ausgetrockneter Ton sowie wasserabweisende Blattscheiden der dichten Bürstlingshorste erschweren ebenfalls das Eindringen des Wassers.

den Boden eingedrungene Wasser wird dort je nach der Dichte des Bodens weiter in die Tiefe bis zum Grundwasser gelangen (*Grundwasserabfluss*) oder bei Verdichtungshorizonten, dem Weg des geringeren Widerstandes folgend, hangparallel abfließen (*Zwischenbodenabfluss*). Sind die oberen Bodenhorizonte bereits mit Wasser gesättigt, kann auch nicht mehr viel Wasser in den Boden eindringen. Ein Teil wird daher auch oberflächlich abfließen. Zwischen

Dabei spielt z. B. der *Regenwurm* eine besondere Rolle, weil er sehr tief in den Boden eindringt und so eine Verbindung zwischen oberen und tiefen Bodenschichten herstellt.

Die Wirkung der **Evapotranspiration** lässt sich am besten abschätzen, wenn Bestände vor und nach einem Kahlschlag verglichen werden. Die pumpende Wirkung der Bestände fällt weg. Deshalb bleibt mehr Wasser im Boden bzw. wird



Niederschlagsereignissen entleert die **Evapotranspiration** wieder den Boden, so dass dort neu infiltriertes Niederschlagswasser gespeichert werden kann. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit des Oberflächenabflusses infolge eines überlaufenden Bodenspeichers.

Der **Infiltration** kommt beim Umwandlungsprozess eine Schlüsselstellung zu. Der Zustand der Bodenoberfläche und des obersten Bodenhorizontes entscheidet über die Entstehung von Oberflächenabfluss. Besitzt die Bodenoberfläche ein lockeres Gefüge mit vielen Grobporen, kann das Wasser relativ leicht eindringen. Jede oberflächliche Verdichtung, z. B. durch Beweidung, Befahren mit schweren Geräten, oder völliges Verschließen der Poren infolge von Versiegelung (Asphalt, Beton, Dachflächen) erschwert oder behindert das Eindringen des Wassers in den Boden und entzieht es damit dem Bodenspeicher. Die Infiltrationsrate hängt von den Grobporen ab, die den schnellsten Weg des Wassers in den Boden ermöglichen. Sie entstehen in erster Linie entlang der Wurzelsysteme und der Hohlräume, die die Bodenlebewesen erzeugen.

der Grund- oder Hangwasserspiegel nicht mehr abgesenkt. Bei Niederschlägen füllt sich der Bodenspeicher viel schneller mit Regenwasser auf und es kann früher zu Ober- und/oder Zwischenbodenabfluss kommen.

Neben den verschiedenen Fließprozessen spielen die *Speicherprozesse* eine ebenso wichtige Rolle, weil sie den Abflussprozess verzögern und die Wasserabflussmengen reduzieren. Als wichtige Speicher in diesem Prozess gelten der:

- ◆ *Interzeptionsspeicher*, seine Bedeutung beim Hochwasserentstehungsprozess ist anteilmässig eher gering);
- ◆ *Oberflächenspeicher, Muldenspeicher*, er wird mit zunehmender Geländeneigung immer geringer, mit steigender Rauigkeit des Geländes jedoch höher, er beträgt im allgemeinen aber nur wenige Prozent;
- ◆ *Oberbodenspeicher*, er macht den Hauptanteil der bei Hochwasser wirksamen Speicher aus, vorausgesetzt, dass Wasser überhaupt in den Boden eindringen kann, der Bodenspeicher



hängt von der Bodenmächtigkeit und dem wasserfreien Porenvolumen ab - tiefe, porenreiche Böden können viel Wasser speichern.

◆ Grundwasser- und Hangwasserspeicher

Jedes gespeicherte und daher zurückgehaltene Wasser vermindert die Hochwasserabflussspitze.

Die Speicherfähigkeit des Oberbodens hängt ab von:

- ◆ Bodenmächtigkeit;
- ◆ Porenraum, dabei spielt die Porenverteilung der Makro-, Meso- und Mikroporen eine große Rolle;
- ◆ Vorverfüllungszustand, beeinflusst von Vorberegnung (Dauer, Intensität) und/oder Evapotranspiration.

**Abflusskonzentration**

Die Abflusskonzentration hängt im wesentlichen mit der Fließgeschwindigkeit des Wasser im Boden [mm/s], auf der Bodenoberfläche [cm/s], in Rillen und Kleingerinnen [dm/s] und Bächen

[m/s] zusammen. Je größer die Gerinnedichte, um so schneller konzentriert sich das Wasser in den Bachläufen, weil die Fließdistanzen mit den langsamen Fließgeschwindigkeiten kürzer werden. In Einzugsgebieten mit dichten Böden (z. B. Grundmoränen) oder sehr seichten Böden über steilen Felshängen bildet sich im allgemeinen ein dichtes Gewässernetz aus. Bei bei extremen Niederschlagsereignissen überwiegt der Oberflächenabfluss. In Gebieten mit tiefen, lockeren Böden, die hohe Speicherfähigkeiten aufweisen, entsteht praktisch kaum Oberflächenabfluss, der Zwischenbodenabfluss überwiegt. Im ersteren Fall entstehen kurze, steile Ganglinien mit großen Spitzenabflüssen, wie sie in kleinen Einzugsgebieten in der Regel auftreten, im zweiten Fall ausgeglichene Ganglinien. In großen Einzugsgebieten sind die letzteren Ganglinien stärker ausgeprägt (Abb. 5).

**Hochwasserwellenverformung beim Gerinnedurchfluss**

Sobald sich das Wasser in den größeren, flacheren Bächen und Flüssen gesammelt hat und ausreichend Überflutungsflächen vorliegen oder Seen durchflossen werden, dämpft die vorübergehende Speicherung des Wassers in den Über-

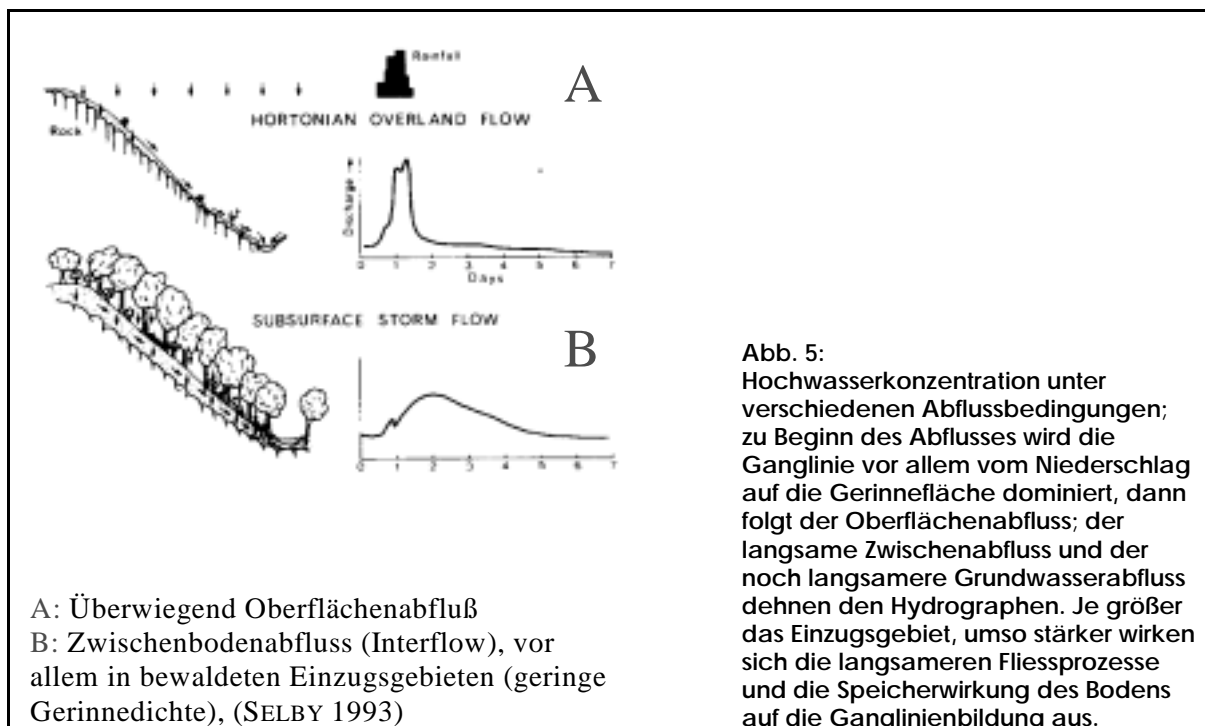
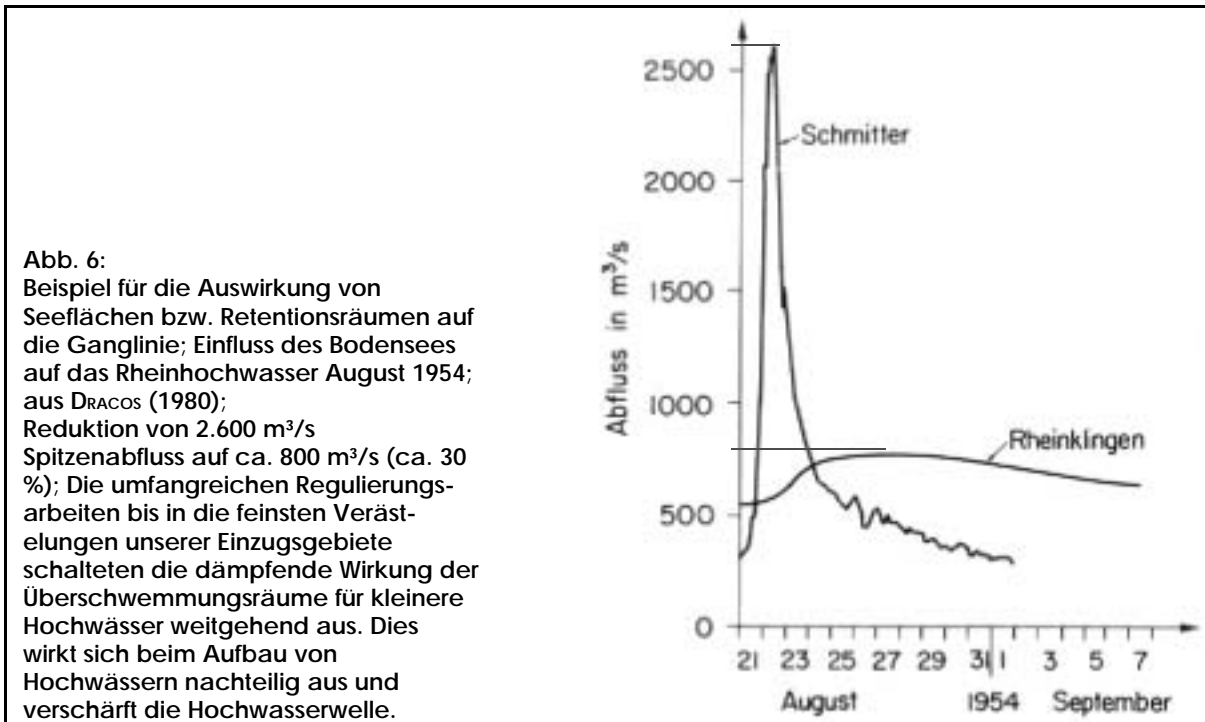


Abb. 5: Hochwasserkonzentration unter verschiedenen Abflussbedingungen; zu Beginn des Abflusses wird die Ganglinie vor allem vom Niederschlag auf die Gerinnefläche dominiert, dann folgt der Oberflächenabfluss; der langsame Zwischenabfluss und der noch langsamere Grundwasserabfluss dehnen den Hydrographen. Je größer das Einzugsgebiet, umso stärker wirken sich die langsameren Fließprozesse und die Speicherwirkung des Bodens auf die Ganglinienbildung aus.



flutungsgebieten oder in den Seen die Hochwasserspitze mehr oder weniger und verringert sie damit. Bei genügend großer See- oder Überschwemmungsfläche kann diese Dämpfung beträchtlich sein. Beim Bau von Hochwasserrückhaltebecken bedient man sich dieses Spei-

und Revegetation, wird der wertvolle Boden mit der Zeit abgespült, es steht kein Speicherraum mehr zur Verfügung. Der Erosionsprozess ist daher eine der gefährlichsten Erscheinungen, nicht nur im Hinblick auf die forstliche und landwirtschaftliche Nutzung, sondern auch im Hinblick



cherprozesses. Am Beispiel des Bodensees mit seiner großen Seefläche wird die Wirkung der Hochwasserdämpfung besonders anschaulich (Abb. 6).

### Bedeutung des Waldes im Hochwasserschutz

Die Bedeutung hängt vom Anteil des Waldes an der Gesamtnutzung des Einzugsgebietes ab, von der hydrologischen Qualität des Waldbodens. Diese ist mit der Gründigkeit und Porosität des Waldbodens verknüpft. **Der Wald wirkt über den Boden gegen Hochwasserkatastrophen.** Naturnaher, stark oberirdisch wie unterirdisch geschichteter Mischbestand garantiert weitgehend einen hydrologisch hochqualitativen, tiefgründigen Boden mit großer Porosität. Darüber hinaus bietet die Vegetation im allgemeinen und ein solcher Wald im speziellen einen guten Erosionsschutz. Ist die Vegetation einmal entfernt und unterliegt im Wettbewerb zwischen Erosion

auf einen nachhaltigen Schutz vor Hochwasserkatastrophen. Das feuchte Waldklima, der geschichtete Aufbau der Waldvegetation, die intensive Durchwurzelung in mehreren Horizonten, der hohe Humusgehalt und das intensive Bodenleben im Wald liefern beste Voraussetzungen für eine hohe hydrologische Bodenqualität.

**Der Wald kann aber nur begrenzt zum Hochwasserschutz beitragen.** Übersteigt die Intensität der Niederschläge die Infiltrationsrate des Waldbodens oder ist seine Speicherfähigkeit wegen ausgiebiger Vorberegnung oder Durchfeuchtung während der Schneeschmelze erschöpft, ist nur wenig Wald vorhanden oder seine hydrologische Qualität infolge geringer Standortstauglichkeit nicht gegeben, so tritt diese Begrenzung noch früher auf. Auf diese begrenzte Wirkung ist in der Öffentlichkeitsarbeit unbedingt hinzuweisen.

Beispiele für die Bedeutung des Waldes für den Hochwasserschutz auf der Fläche, Ergebnisse aus Messungen in Einzugsgebieten

Frankreich



Abb. 7: Erosionsflächen bei Digne in der oberen Provence auf Lias- oder Malm-Fleckenmergel; dieses Gestein ist besonders erosionsanfällig. Die Erosion entstand auf Grund von Überweidung (Ziegen) und anderen Übernutzungen der Landschaft. Dieses Gebiet wurde wegen der umfangreichen Aufforstungen der französischen Wildbachverbauungsbehörde (DEMONZEY) bekannt. Seit einigen Jahren werden dort umfangreiche Abfluss- und Erosionsmessungen durchgeführt.

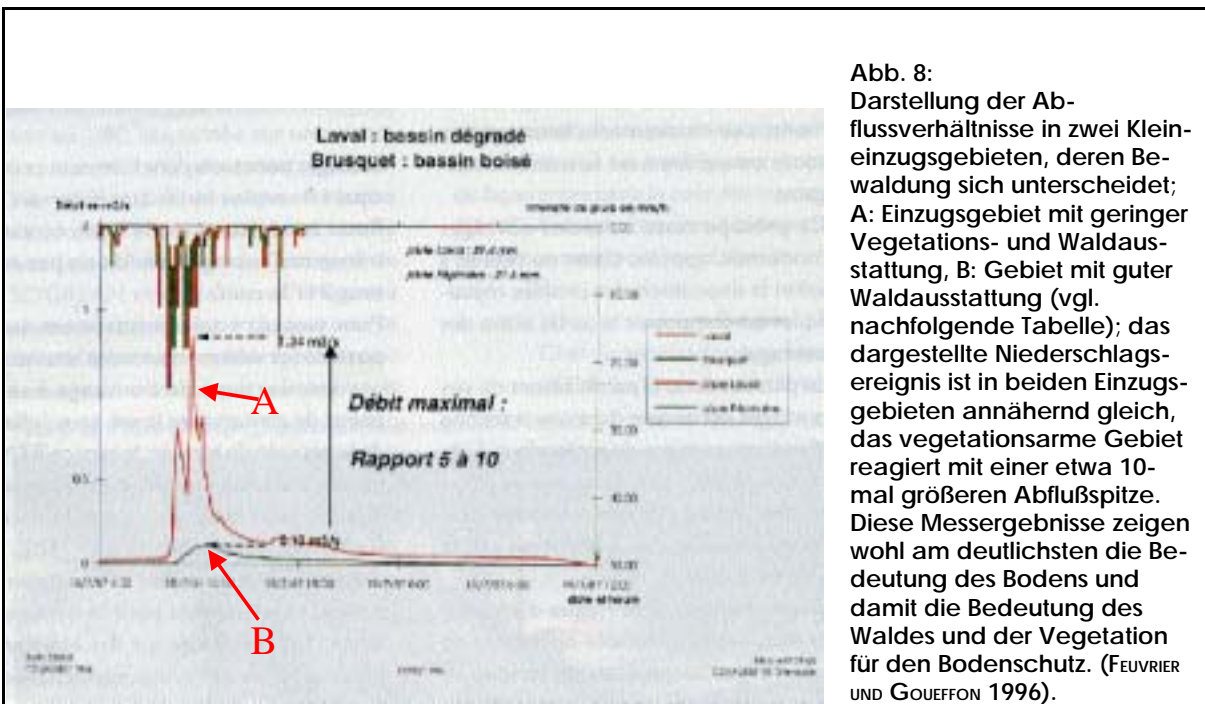


Abb. 8: Darstellung der Abflussverhältnisse in zwei Klein-einzugsgebieten, deren Bewaldung sich unterscheidet; A: Einzugsgebiet mit geringer Vegetations- und Waldausstattung, B: Gebiet mit guter Waldausstattung (vgl. nachfolgende Tabelle); das dargestellte Niederschlagsereignis ist in beiden Einzugsgebieten annähernd gleich, das vegetationsarme Gebiet reagiert mit einer etwa 10-mal größeren Abflußspitze. Diese Messergebnisse zeigen wohl am deutlichsten die Bedeutung des Bodens und damit die Bedeutung des Waldes und der Vegetation für den Bodenschutz. (FEUVRIER UND GOUFFON 1996).



Abb. 9:

Links: Einzugsgebiet im Bereich des Col de Lautaret / Frankreich Zustand 1883; in diesem Gebiet forstete DEMONZEY seinerzeit u.a. mit *Pinus nigra* großflächig auf (SECKENDORF 1884). Der heutige Zustand dieses Gebietes ist im unteren Bild ersichtlich (Teilausschnitt).

Rechts: Vergleichsaufnahme 1980 mit hohem Bewaldungsprozent; in unmittelbarer Nähe befinden sich die beiden Untersuchungsgebiete Brusquet und Laval. Die Aufforstungen der französischen Wildbachverbauungsbehörde stellen auch heute noch den großen Erfolg der Erosionsbekämpfung mittels Bewaldung dar.

Photo RTM Grenoble

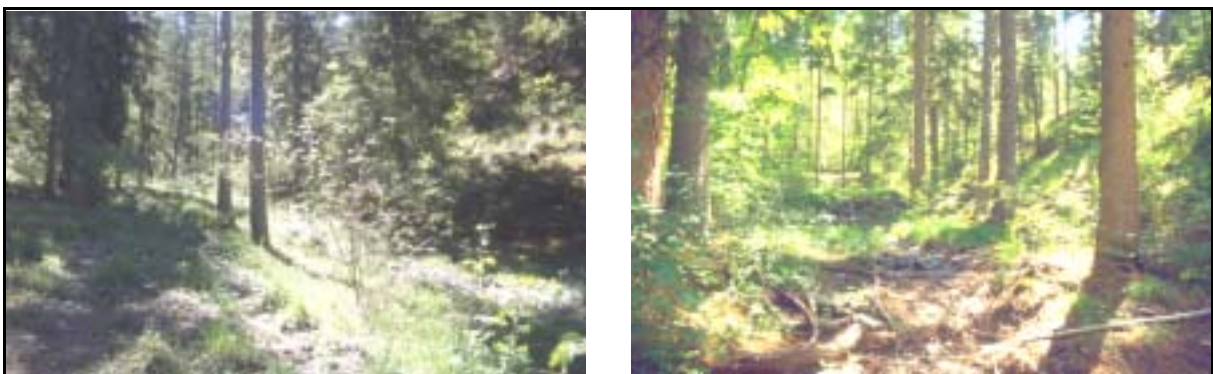
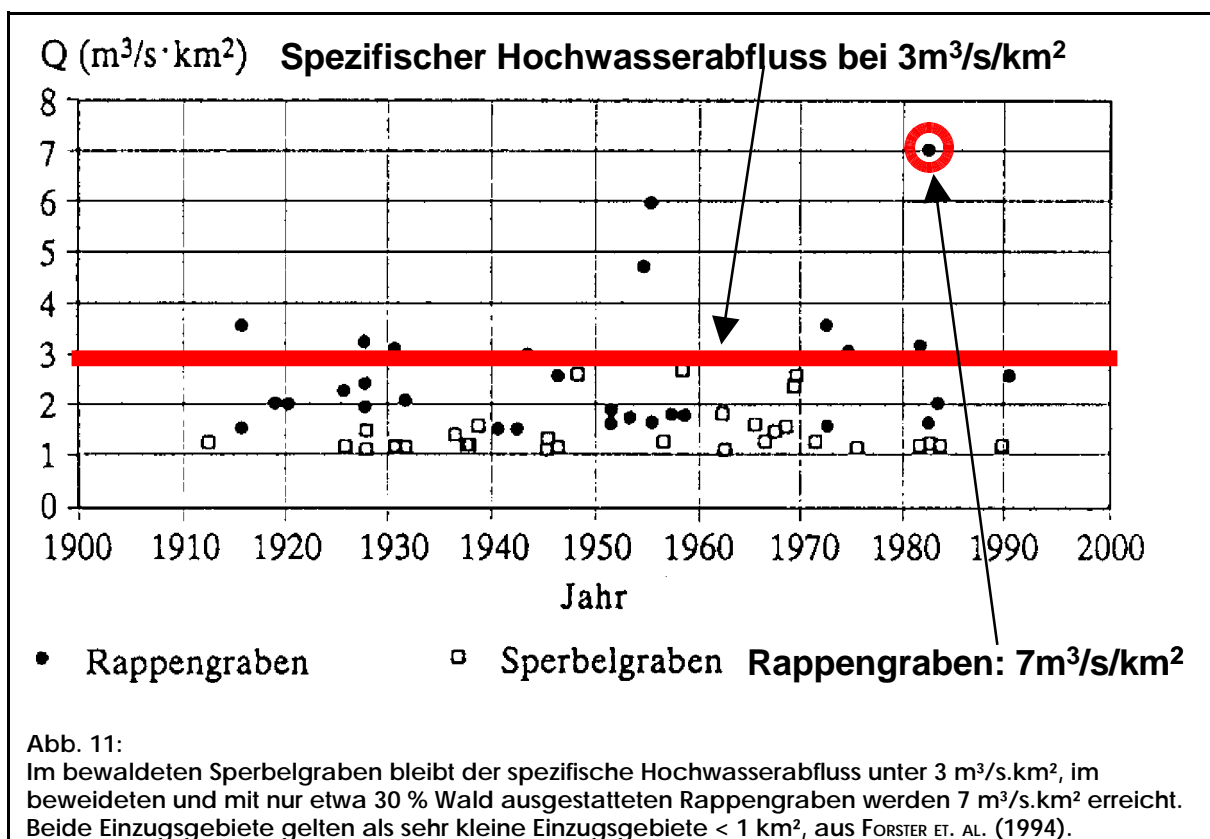


Abb. 10:

Waldbilder aus dem Gebiet des Einzugsgebietes des Col de Lauteret im Jahr 1997; dieses Gebiet wurde aufgeforstet (siehe Abb. 8). Dadurch wurden Abfluss und Erosion stark eingedämmt. Die günstige Wirkung des Waldes auf den Hochwasserabfluss und somit auf die Erosion bei diesen Pionieraufforstungen von DEMONZEY aus dem 19. Jahrhundert ist nicht zu übersehen. Die Aufforstung trug zur Bodenbildung bei.

	Le Brusquet	Laval	Bewaldet / unbewaldet
Einzugsgebietsgröße	108	86	
Vegetationsloses Terrain (%)	13	67,8	
Jahresniederschlag	850	850	1:1
Max. Tagesniederschlag	100	100	1:1
Max Abfluss 1985-94 [m <sup>3</sup> /s]	2,3	20	1:8,7
Max. spez. Abfluss [m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ]	2,2	23,5	1:10,7
Erosion 1986-93[t/ha]	56	9040	1:161,4
Spezif. Erosion [t/ha/a]	0,52	105	1:202,9
Denudation [mm]	0,3	11,9	1:40

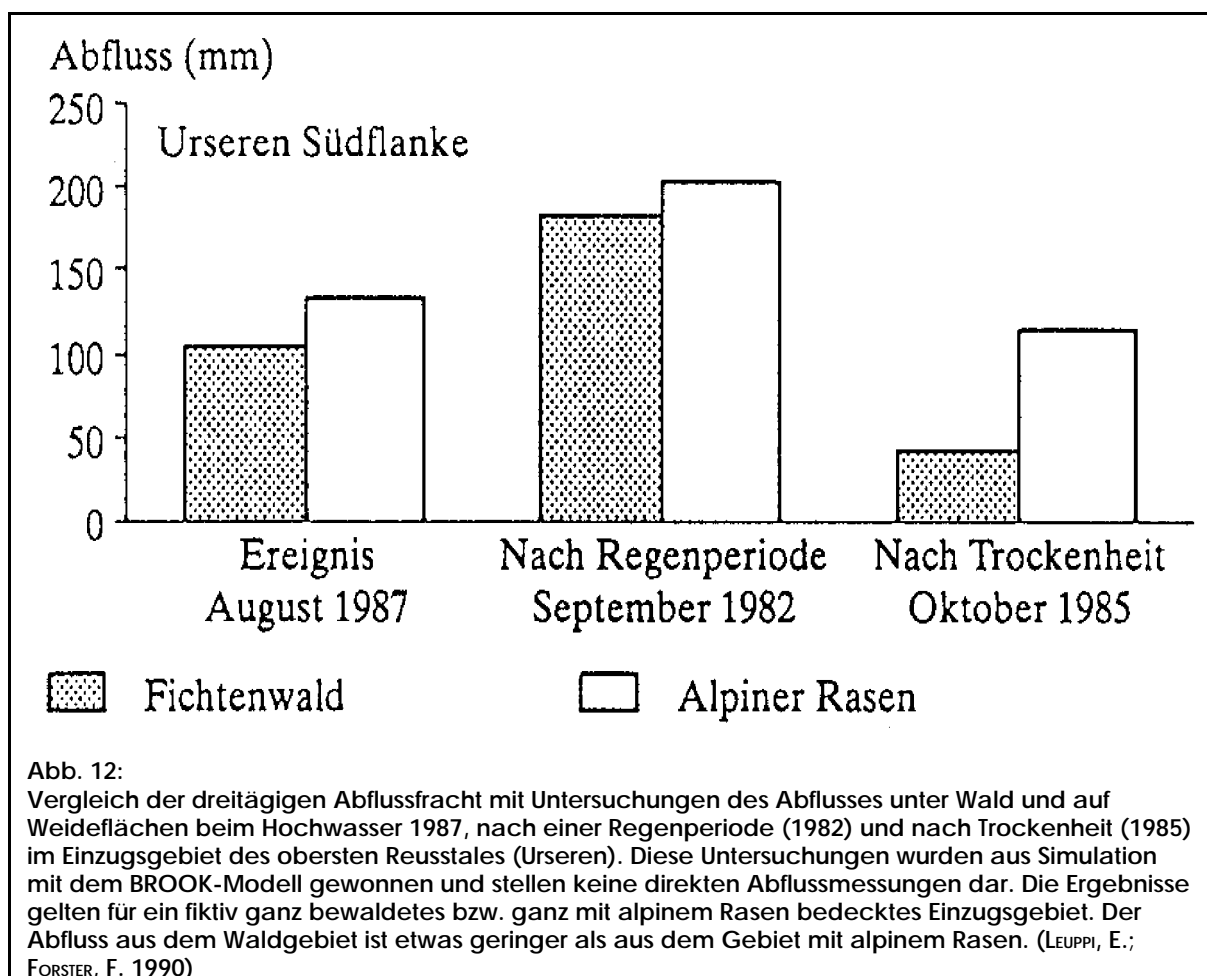
Tab. 1:  
Gegenüberstellung eines bewaldeten Einzugsgebietes (Le Brusquet) und eines nahezu vegetationslosen Einzugsgebietes (Laval) in der HauteProvence (aus: FEUVRIER und GOUÉFFON 1996); in der Gegenüberstellung der spezifischen Abflüsse (1 : 10) und der spezifischen Erosionsrate (1 : 200) zeigt sich die Bedeutung des Waldes und des Waldbodens sehr deutlich

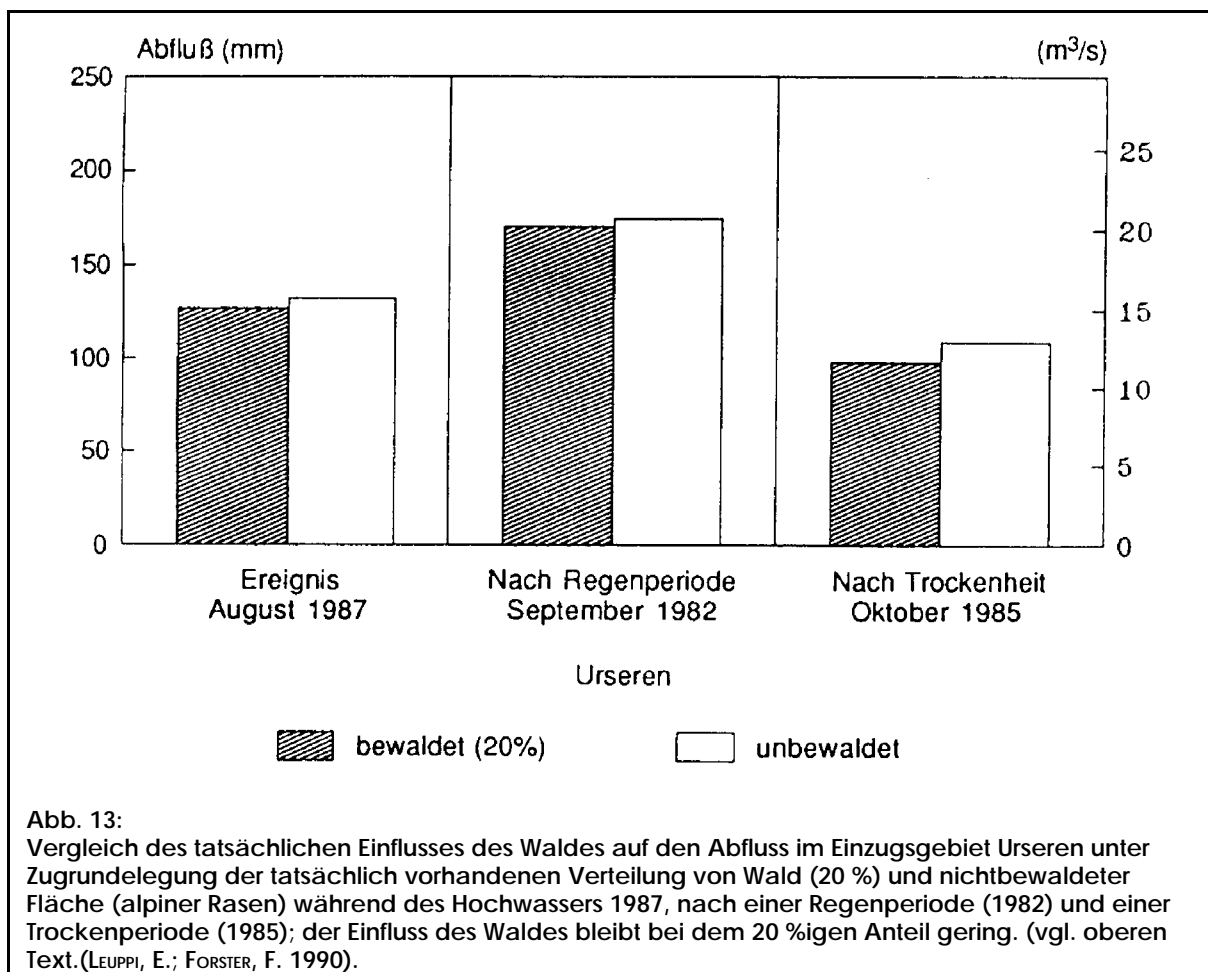


Schweiz

Ergebnisse aus den Versuchen im Alptal (Flysch), (BURCH ET AL. 1996):

- ◆ Die Evapotranspiration nimmt mit steigendem Waldanteil über alle Gebiete zu;
- ◆ Die Interzeptionswirkung des Waldes wirkt sich auf die Schneeschmelze aus.
- ◆ „... hydrologische Waldwirkung während Hochwasserereignissen weder im Bezug auf das Abflussvolumen noch in bezug auf die Abflussspitze statistisch nachweisbar“. (BURCH ET AL. 1996).
- ◆ Es wird auf die Bedeutung des Bodens als Wasserspeicher verwiesen und der starke Einfluss der Beweidung zur Bodenverdichtung und damit zum Oberflächenabfluss herausgestrichen.





## USA

ESCHNER (1965), zitiert nach VOJACEK (1993): Grossflächige Wiederbewaldung führt zu einer deutlichen Dämpfung der Hochwasserspitze auch in größeren Einzugsgebieten.

Messungen in drei kleinen (0.6 - 1.01 km<sup>2</sup>) und sechs großen (62-640 km<sup>2</sup>) Einzugsgebieten in Oregon (BESCHTA ET AL. 2000):

- ◆ Spitzenabfluss nach Kahlschlag nimmt zu; ca 13-16 % für das jährliche Hochwasser, 6-9 % für das fünfjährige Hochwasser;
- ◆ in den großen Einzugsgebieten sind die Ergebnisse nicht so deutlich.

## Tschechien

KRECEK und BALEK (1982): Vergleich zweier Einzugsgebiete Kychova (A) und Zdechov (B); Beobachtungsreihe seit 1928.

A: 4.09 km<sup>2</sup>, voll bewaldet, nur extensiv forstlich genutzt

B: 4.04 km<sup>2</sup>, 1928-1956 zu 92 % landwirtschaftlich genutzt, in 60er Jahren teilweise aufgeforstet (35 %)

### Ergebnisse:

- ◆ Verlagerung der Frühjahrsschneesmelze von Februar/März in den April;
- ◆ 100jähriges Hochwasser sank nach der Aufforstung in Periode 1963-1977 um 68 %.

JARABAC und CHLEBEK (1994): Einzugsgebiete Mala Rastoka (2.07 km<sup>2</sup>) und Cervik (1.85 km<sup>2</sup>), Beobachtungen seit 1953:

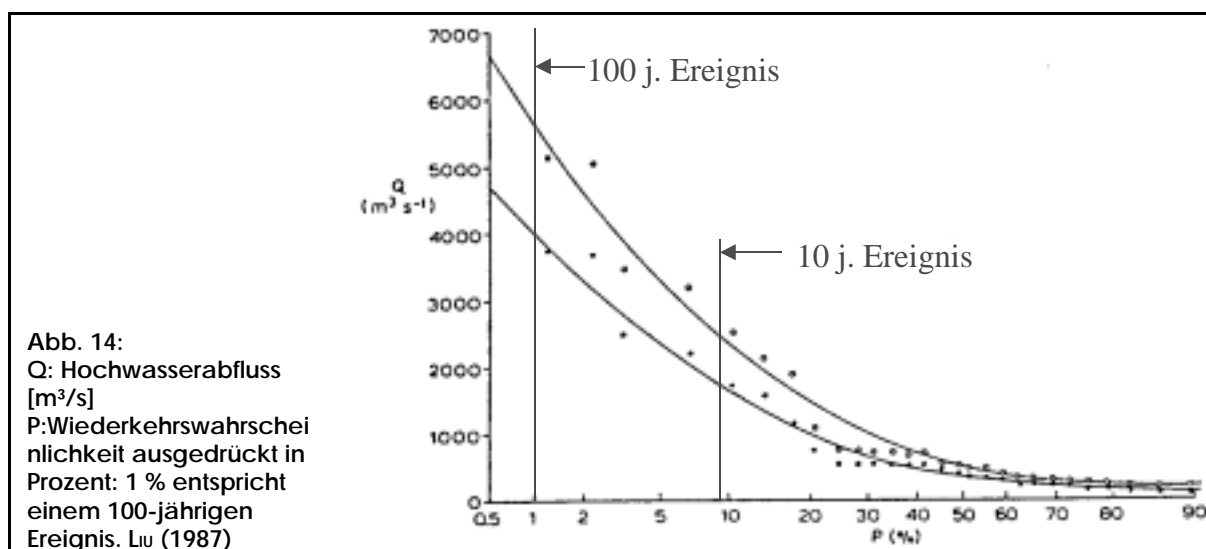
Verjüngung der Bestände über Kahlschlag und Aufforstung (Mala Rastoka: Buche--> Fichte) und Strassenbau:

- ◆ Es wurden keine Auswirkungen auf den Hochwasserabfluss festgestellt.

### Deutschland

Einzugsgebiet bei Krofdorf : „... Bei einzelnen, wirklich extremen Hochwasserereignissen erwies sich allerdings die Rückhaltewirkung der Krofdorfer Buchenbestände als begrenzt.“ (FÜHRER, 2001).

Beobachtungen bei Tegernsee: „... Oberflächenabfluss und flächenhafter Bodenabtrag bei intakten und geschlossenen Bergwaldbeständen, wenn überhaupt, lediglich in sehr geringem Maß...“ (BREITSAMETER und ZANDER 1994), Abflussspitze erhöht sich um 30 % in kleinem Einzugsgebiet nach Kahlschlag (MÖSSMER, 2000).



Diese Studien in China benützen Auswertungen von 23 Messstationen (Changbaisan) mit Einzugsgebietsgrößen zwischen 149-1.485 km<sup>2</sup>; für einen Beobachtungszeitraum von beinahe 30 Jahren. Das Bewaldungsprozent liegt zwischen 2 und 98 %. Bei gleichen Niederschlagsmengen ist ein unterschiedliches Abflussverhalten bewaldeter und unbewaldeter Gebiete festzustellen. Über statistische Verfahren wird der jährliche Spitzenabfluss für alle beobachteten Gebiete für fiktive Zustände der Gebiete (völlig be- bzw. entwaldet) ermittelt. Der Unterschied im Spitzenabfluss zwischen bewaldet und unbewaldet liegt bei 40 %. Diese Untersuchung weist methodisch gewisse Ähnlichkeiten mit den Studien von LEUPPI und FORSTER (1990) auf.



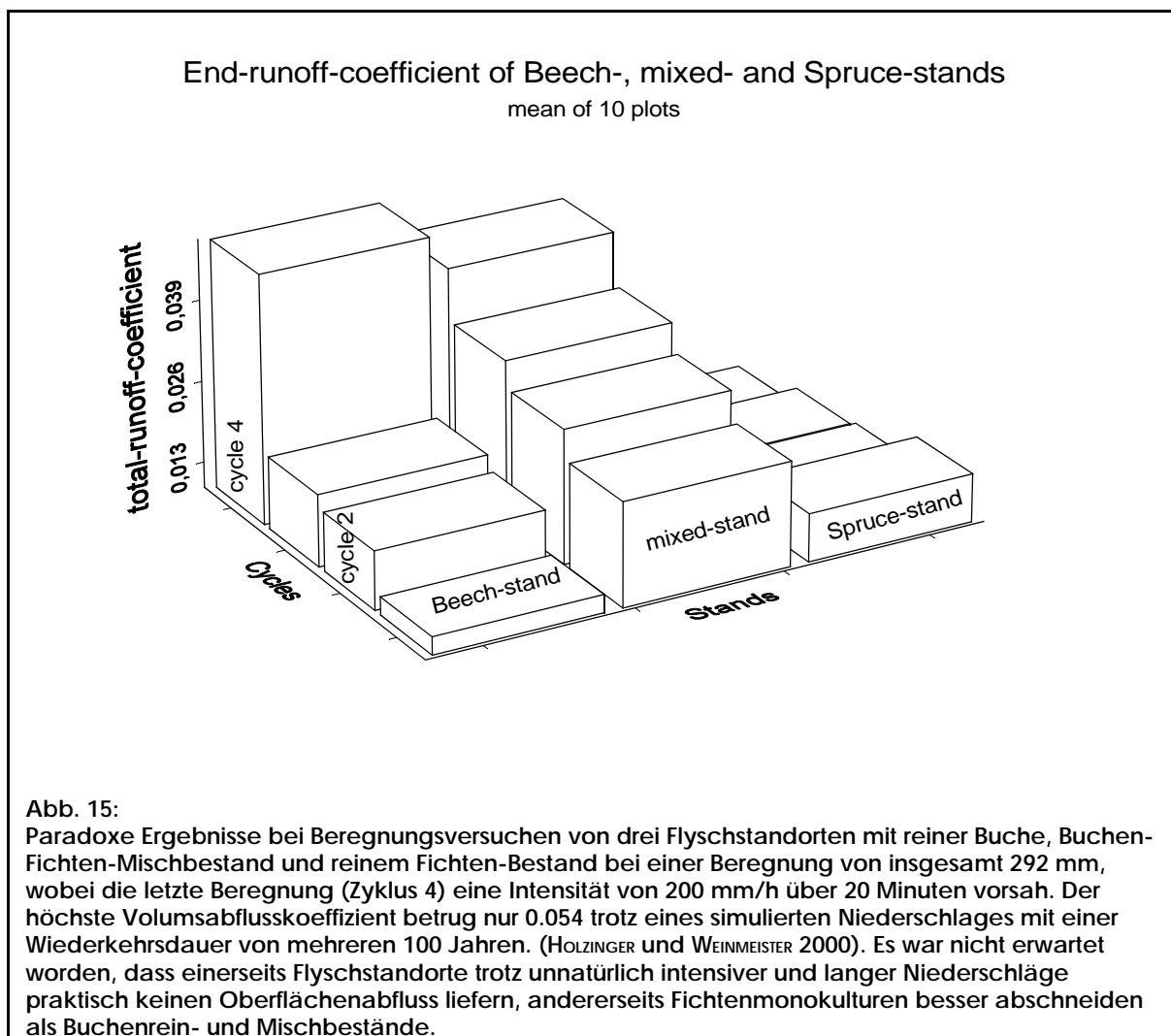
Beispiele für die Bedeutung des Waldes für den Hochwasserschutz auf der Fläche, Ergebnisse aus Untersuchungen mittels künstlicher Beregnungen

Deutschland

BUNZA ET AL. (1996): „... besitzen naturnahe Wälder (sowohl Nadel- wie Laubmischwälder) schwerpunktmässig geringe Abflusswerte, die zwischen 0 und 10 % liegen. Darüber hinaus treten aber auch eine Reihe von Werten auf, die zwischen 40 und 50 % und sogar darüber liegen“.

SCHWARZ (1985): Angaben über minimale Infiltrationsrate 52 mm/h - 79 mm/h für Waldböden. Erst bei Überschreitung dieser Zahl wegen Niederschlag tritt Oberflächenabfluss auf. Oberflächenabfluss ist im Walde daher äußerst selten. „ ... Oberflächenabfluss bei pfleglicher Waldbehandlung so gut wie ausgeschlossen ...“.

Österreich





## Diskussion

Der überwiegende Teil der Studien stellt eine positive Wirkung des Waldes auf das Abflusssgeschehen fest. Die *positive Wirkung* ist bei *kleinen Einzugsgebieten* über den günstigen Einfluss des Waldes auf die Bodenstruktur und damit auf den Hochwasserabfluss gesichert, während bei *größeren Einzugsgebieten* Widersprüche auftreten.

PFISTER und BRÄNDLI (1999) beziehen sich vor allem auf die Arbeiten der WSL-Birmensdorf und stellen die These auf: „Ein Zusammenhang zwischen den Rodungen im Berggebiet und dem vermehrten Auftreten schwerer Überschwemmungen im Vorland lässt sich im Alpengebiet ebensowenig nachweisen wie auf dem indischen Subkontinent“ (PFISTER, BRÄNDLI, 1999). Eine positive Wirkung in den großen Einzugsgebieten ist wegen der komplexen Überlagerungen verschiedener Faktoren wie Niederschlag, Niederschlagsverteilung, hydrologischer Bodenzustand, Vorbefeuchtung, Waldanteil im Einzugsgebiet etc. viel schwieriger nachzuweisen als die direkten Wirkungen in den kleinen Einzugsgebieten. Die Wirkung der Interzeption auf den Abfluss ist bei kurzen intensiven Starkregen unbedeutend.

Auswirkungen von *Kahl- und Grosskahlschlägen* über die verringerte Speicherleistung wegen verminderter Evapotranspiration sind sehr wahrscheinlich. Die Auswirkungen von Kahlschlägen in steileren Lagen tritt zum Teil erst mit Verzögerung über Hangprozesse auf (SELBY 1993; SANKT-JOHANSEN 1964, nach BEINSTEINER 1971) auf. Die Wurzeln verrotten und der wegen geringer Evapotranspiration höhere Hangwasserspiegel führt zu Hanginstabilitäten, Rutschungen, erhöhter Materialablagerung im Randbereich von Gerinnen und damit zu mehr Sedimenttransport (Murgang). Die von Vegetation freigelegte Hangoberfläche hat kaum mehr Speicherwirkung und neigt sehr stark zu Erosion infolge Oberflächenabflusses. Nur wenn genügend Zeit ohne extreme Niederschläge zur Verfügung steht und das Hanggefälle nicht zu gross ist, kann die Vegetation solche Flächen wieder besiedeln („Revegetation“).

Die Schutzwirkung des Waldes ist begrenzt und nimmt mit zunehmender Jährlichkeit des Ereignisses ab. Die Schutzwirkung des Waldes gegen Erosion ist wegen der Durchwurzelung des Bodens in Beständen mit tiefwurzelnden Baumarten größer als in flachwurzelnden Rasengesellschaften.

## Schutzmaßnahmen vor Hochwasser

- ◆ Gefährdete Bereiche meiden (Gefahrenzonenplanung) ist eine kostengünstige Maßnahme.
- ◆ Verbesserung der Waldwirtschaft (dauert ziemlich lange); aber es darf nicht vergessen werden, dass der hohe Anteil der Landwirtschaft (48 %) im Einzugsgebiet der Donau dort schneller zu wirksameren Ergebnissen führen kann, wenn es gelingt, die Bodenverdichtung, die Pflugsohle etc. zu vermeiden bzw. rückgängig zu machen. Der ökologische (biologische) Landbau könnte eine mögliche Umstellung in dieser Richtung bewirken.
- ◆ Versickerungsmaßnahmen der Dachabwässer in Siedlungen und Vermeidung der Einleitung dieser in ein Mischkanalsystem.
- ◆ Rückbau von Gewässern und Wiedergewinnung von Überschwemmungsflächen mittels Zurückversetzen der Hochwasserschutzdeiche. In diesen Gebieten wäre Auwaldnutzung eine günstige Alternative.

Möglichkeiten der Durchsetzung solcher Maßnahmen bestehen direkt über Verordnungen und Förderungen sowie indirekt über Steuern. Als Beispiele werden genannt:

- ◆ Schutzwald nach dem Waldentwicklungsplan von der Grundsteuer befreien;
- ◆ zeitlich gestaffelte Erhöhung der Grundsteuer in Gefahrengebieten für hochwertige Nutzungen (Verursacherprinzip --> hohe Kosten für wasserbaulichen Schutz); Ziel ist ein allmähliches Hinausdrängen von hochwertigen Nutzungen aus Gefahrenbereichen.

## Literatur

- BESCHTA, R.L.; PYLES, M.R.; SKAUGSET, A.; SURFLEET, C.G. (2000):  
Peak-flow response to forest practices in the western Cascades of Oregon, USA. *Journal of hydrology* 233, Elsevier, S. 102-120
- BREITSAMETER, J.; ZANDER, J. (1994):  
Schutzfähigkeit des Bergwaldes gegen Oberflächenabfluß und Bodenabtrag. *Allgemeine Forstzeitschrift* 4, S. 170-174
- BUNZA, G.; JÜRGING, P.; LÖHMANNSRÖBEN, R.; SCHAUER, T.; ZIEGLER, R. (1996):  
Abfluß- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten - Grundlagen zum integralen Wildbachschutz. *Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft* 27, München, S. 90
- BUNZA, G.; SCHAUER, TH. (1989):  
Der Einfluß von Vegetation, Geologie und Nutzung auf den Oberflächenabfluß bei künstlichen Starkregen in Wildbachgebieten. *Informationsbericht 2/89 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München, S. 127-150*
- BURCH, H.; FORSTER, F.; SCHLEPPI, P. (1996):  
Zum Einfluss des Waldes auf die Hydrologie der Flysch-Einzugsgebiete des Alptals. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 12, S. 925-938
- DRACOS, T. (1980):  
*Hydrologie*. Springer Verlag, Wien, New York, S. 194
- ESCHNER, A.R. (1965):  
Zit. nach VOJACEK (1993): Das Abflussgeschehen im Wald. *Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien, S. 155*
- FEUVRIER, J-P.; GOUEFFON, M. (1996):  
Des Torrents et des Roubines Sous Haute Surveillance. *Arborescences* 63, Juillet-Aout, Paris, S. 26-27
- FORSTER, F.; KELLER, H.M.; RICKENMANN, D.; RÖTHLISBERGER, G. (1994):  
Hochwasser. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 145, S. 27-45
- FÜHRER, H.W. (2001):  
Einflüsse des Waldes auf Hoch- und Niederwasserabflüsse im Forsthydrologischen Forschungsgebiet Krofdorf. *Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie, Jahresberichte 1998, 1999, 2000, S. 89-92*
- FÜHRER, H-W (1990):  
Einflüsse des Waldes und waldbaulicher Maßnahmen auf Höhe, zeitliche Verteilung und Qualität des Abflusses aus kleinen Einzugsgebieten. *Projektstudie im Krofdorfer Buchenforst, Schriftenreihe der forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt* 106, München, S. 251
- HOLZSTEINER-JORGENSEN (1967):  
Zit. nach MITSCHERLICH (1971): *Wald und Wasserwirtschaft*. Frankfurt
- HOLZINGER, G.; WEINMEISTER, H.W. (2000):  
Sprinkling experiment – surface runoff. *Report, Special Research Program - Forest Ecosystem Restoration, unveröffentlichter Bericht für den Fortsetzungsantrag des Projektes SFB-Wald-Ökosystemsanierung*
- JARABAC, M.; CHLEBEK, A. (1994):  
Long-term hydrological research in mid-European forested basins *Proceedings Intern. Symp. Forest Hydrology, Tokyo*
- KNAUER, N. (1981):  
*Vegetationskunde und Landschaftsökologie*. UTB 941, Quelle & Meyer, Heidelberg, S. 315
- LEUPPI, E.; FORSTER, F. (1990):  
Zur Frage der Wirksamkeit des Waldes für den Hochwasserschutz - ein Beispiel aus dem oberen Reusstal. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 141/11, S. 943-954

LEUPPI, E.; FORSTER, F.; TARIAN, D. (1991):  
Waldwirkungen: Abflußbildung. Mitteilungen  
des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Nr. 4,  
Bern, S. 41-48

LIU, Y. (1987):  
The influence of variation in forest cover on  
design floods. *Journal of Hydrology* 96, Elsevier,  
Amsterdam, S. 367-374

MÖSSMER, E.M. (2000):  
Wald-Wasser-Leben. Stiftung Wald in Not, Bonn

PFISTER, CH.; BRÄNDLI, D. (1999):  
Rodungen im Gebirge - Überschwemmungen im  
Vorland: Ein Deutungsmuster macht Karriere.  
In: *Natur-Bilder, Wahrnehmungen von Natur  
und Umwelt in der Geschichte*. Campus Verlag,  
Frankfurt, New York, S. 297-323

SANKTJOHANSER, L. (1964):  
Wegbauprobleme im Flyschgebiet. *Forstwissen-  
schaftliche Forschung* 19; zit. nach BEINSTEINER, H.  
(1971): *Waldbauliche Beurteilung der Waldab-  
brüche im Osttiroler Katastrophengebiet*. Dis-  
sertation Universität für Bodenkultur Wien

SCHERRER, S. (1997):  
Abflussbildung bei Starkniederschlägen, Ident-  
ifikation von Abflussprozessen mittels künst-  
licher Niederschläge. *VAW Mitteilungen* 147,  
Zürich, S. 189

SCHUCH, (1973):  
it. nach RINGLER, A. (1981): Zur Erfassung der  
landschaftsökologischen Funktion der Moore.  
*Schriftreihe für Naturschutz und Landschafts-  
schutz* 8, ANL Laufen

SCHWARZ, O. (1985):  
Direktabfluß, Versickerung und Bodenabtrag in  
Waldbeständen - Messungen mit einer transport-  
ablen Beregnungsanlage in Baden-Württemberg.  
*Schriftenreihe DVWK* 71, S. 185-230

SECKENDORFF, A., (1884):  
Verbauung der Wildbäche - Aufforstung und  
Berasung der Gebirgsgründe. Verlag W. Frick,  
Wien, S. 320

SELBY, M.J. (1993):  
*Hillslope Materials and Processes*. Oxford Uni-  
versity Press, New York, S. 451

THOMASIU, H (1978):  
Wald, Landeskultur und Gesellschaft. Zit. nach  
KNAUER, N. (1981)

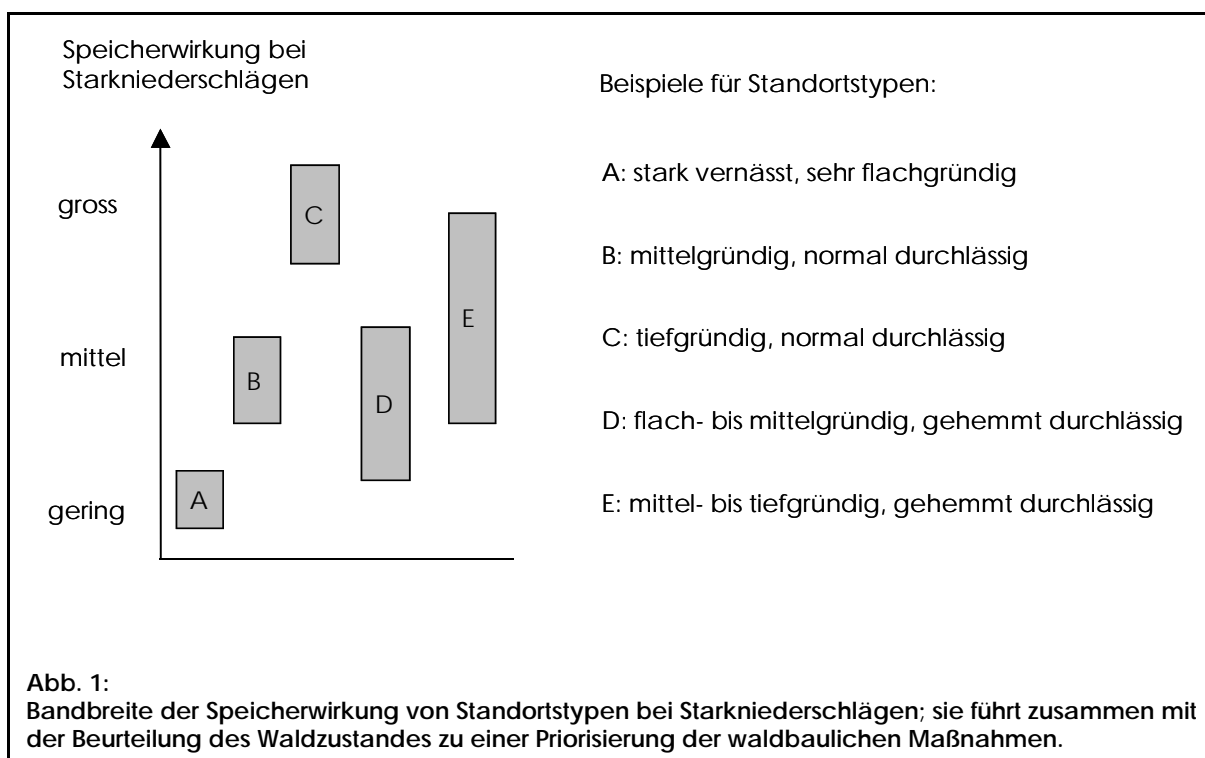
## Waldwirkung und Hochwasserschutz: Eine differenzierte Betrachtungsweise ist angebracht

PETER LÜSCHER, KASPAR ZÜRCHER

Die Schutzwirkung des Waldes gegen Wassergefahren war Anlass zur ersten schweizerischen Waldgesetzgebung von 1874. Mehrere katastrophale Überschwemmungen im 19. Jahrhundert gaben damals den Anstoss zu zahlreichen Aufforstungsprojekten im Voralpengebiet. Die berühmt gewordenen Studien im Sperbel- und Rappengraben (Emmental) bestätigten, dass

Der Wald schützt offensichtlich nicht generell vor Hochwasser. deshalb ist eine differenzierte Betrachtungsweise angebracht.

Bei der Beurteilung der Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt kommt dem Boden eine Schlüsselrolle zu. Die Variation und Verteilung von Bodeneigenschaften über eine größere Flä-



der Wald einen ausgleichenden Einfluss auf den Wasserhaushalt hat und den Hochwasserabfluss reduziert. Neuere Arbeiten der WSL auf stark vernässten Standorten im Alptal zeigten demgegenüber bei Starkregen kaum eine hydrologische Wirkung des Waldes.

Die wesentliche Erkenntnis des (bereits abgeschlossenen) Forschungsprojektes „Grenzen des Waldeinflusses auf Hochwasser und Rutschungen im Flyschgebiet“ lautet: Die Wirkung des Waldes auf das Abflussgeschehen hängt wesentlich von den Bodeneigenschaften ab.

che sind in der Praxis jedoch schwer einzuschätzen, weil die meisten Messgrößen nur punktuell an Bodenprofilen oder Bohrungen erfasst werden können. Mit Hilfe von forstlichen Standortskarten lassen sich die Wasserhaushaltseigenschaften von Waldböden flächenhaft beurteilen.

Ein Waldstandortstyp repräsentiert eine idealisierte Standortbeschreibung. Er umfasst ein bestimmtes Spektrum von Bodeneigenschaften (OTT ET AL. 1997). Nicht jedem Waldstandort kommt eine gleich große Bedeutung für

den Wasserabfluss und damit für den Hochwasserschutz zu. Es gibt Standorte, die unabhängig von der Waldstruktur immer viel Wasser speichern können, andere hingegen nur wenig (Abb. 1). Eine weitere Gruppe von Standorten speichert bei günstigen Waldstrukturen (Idealbestockung, vielfältige Struktur) viel, bei ungünstigen (z. B. flächiger Windwurf) hingegen wenig Wasser. Je größer der Unterschied zwischen der Speicherfähigkeit des Bodens im schlechtesten bzw. besten Fall ist, desto mehr wirken sich dort waldbauliche Maßnahmen aus.

### Abschätzung der Waldwirkung

Im Rahmen des Projektes „Grenzen des Waldeinflusses auf Hochwasser und Rutschungen im Flyschgebiet“ wurden für die sechs häufigsten Waldstandortstypen im voralpinen Flyschgebiet die wichtigsten bodenkundlichen Messgrößen für den Wasserhaushalt anhand von Leitprofilen erarbeitet (LÜSCHER ET AL. 2000). Statische Größen wie das Infiltrationsverhalten, die Wasserdurchlässigkeit und die Wasserspeicherfähigkeit wurden bestimmt, aber auch dynamische Prozesse wie der über Beregnungsexperimenten ermittelte Wasserabfluss in Makroporen (GERMANN 1999).

Anhand von einzelnen Merkmalen werden die maßgebenden Prozesse, die bei einem Starkregenereignis standortsspezifisch in Bestand und Boden ablaufen, beurteilt (Abb. 2 und Tab. 1). Es ist wichtig zu erkennen, wie diese Prozesse miteinander zusammenhängen und unter welchen Umständen sie zu einer Verzögerung oder Beschleunigung des Abflussverhaltens auf einem bestimmten Standort führen.

In Anlehnung an die bestehende Wegleitung „Minimale Pflegemaßnahmen für Wälder mit Schutzfunktion (BUWAL 1996) wurde ein Vorgehen entwickelt, mit dem die Wirkung des Waldes an einem bestimmten Ort geschätzt werden kann. Dabei wird der *Istzustand* eines Bestandes mit dem vom jeweiligen Standorttyp abhängigen *Sollzustand* (Optimalzustand) verglichen. Auf diese Weise lässt sich beurteilen, wie stark die Waldpflege das Hochwassergeschehen an einem bestimmten Ort beeinflussen kann und ob überhaupt waldbaulicher Handlungsbedarf besteht. Es stellte sich heraus, dass sich Maßnahmen der Waldpflege am größten auf periodisch vernässten Standorten auswirken, z. B. auf staunassen, gehemmt durchlässigen Böden (Abb. 1).

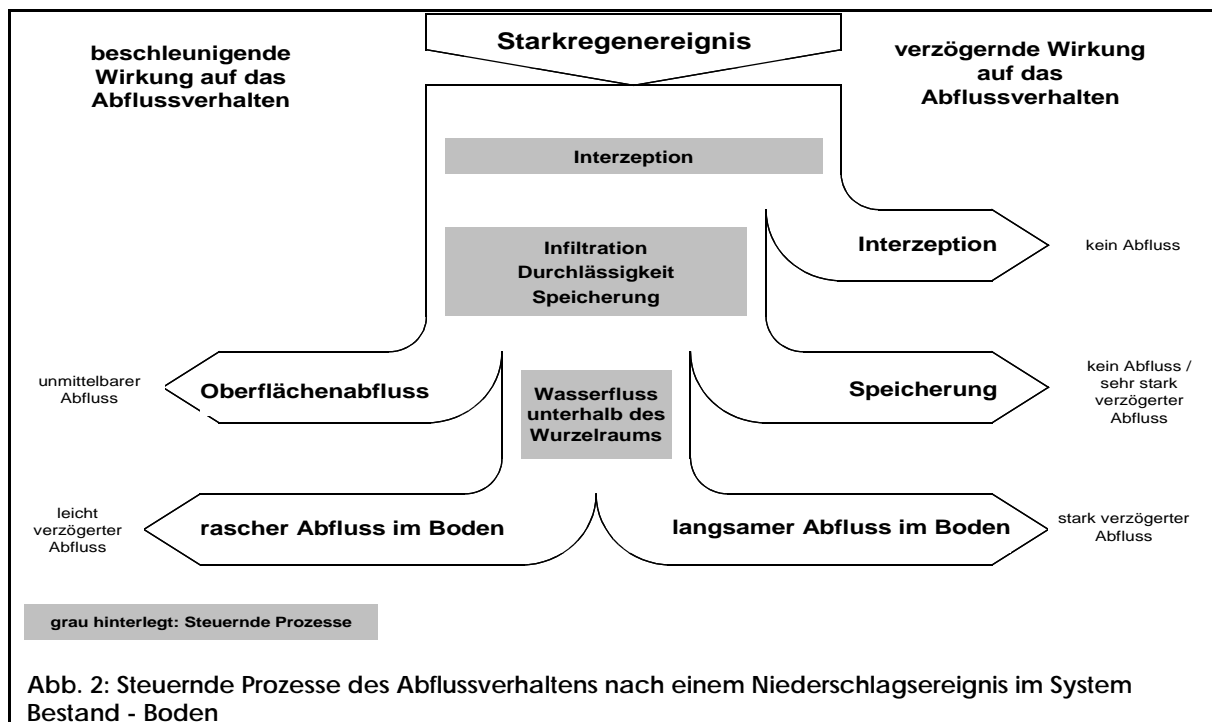


Abb. 2: Steuernde Prozesse des Abflussverhaltens nach einem Niederschlagsereignis im System Bestand - Boden

Prozess	Bestimmende Merkmale
Interzeption	Deckungsgrad der Baum- sowie der Kraut- und Moosschicht, Kronenlänge, Baumartenmischung
Infiltration	Deckungsgrad der Kraut- und Moosschicht, Ausbildung der Auflagehorizonte, Humusform, Dichte der Bodenoberfläche, Vernässungsmerkmale im Oberboden
Durchlässigkeit	<b>Makroporen:</b> Deckungsgrad und Struktur der Baumschicht (Hinweis auf Durchwurzelung), am Profil feststellbare Durchwurzelung und Hohlräume <b>Matrix:</b> Vernässungsmerkmale, Bodenentwicklung, Skelettgehalt
Speicherung	Mächtigkeit des Wurzelraums, Korngrößenzusammensetzung, Lagerungsdichte, Humusgehalt

Tab. 1: Merkmale, die das Verhalten des Niederschlagswassers im Falle eines Starkregens steuern

Der Wald beeinflusst aber nicht alle Merkmale kurzfristig. Den größten Einfluss üben die Wurzeln aus, die langfristig im Wurzelraum ein intensives Hohlraumsystem schaffen bzw. erhalten. Dieses bestimmt im Wesentlichen die Durchlässigkeit und die Speicherfunktion des Waldbodens. Die Wurzelmasse an einem gegebenen Standort lässt sich waldbaulich in horizontaler wie vertikaler Richtung mit einer naturnahen Baumartenzusammensetzung und einem stufigen, nachhaltig stabilen Bestandesaufbau erhöhen. Die Interzeption hingegen beeinflusst den Wasserabfluss nur gering. Bei einem Starkregen spielt die im Kronenraum aufgefangene Wassermenge nur eine untergeordnete Rolle. Die Durchwurzelung und die damit zusammenhängende Porenstruktur ist immer noch schwer zu quantifizieren. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

#### Praxisreife überprüfen

Die differenzierte Methode ermöglicht es, Prioritäten beim Einsatz der begrenzten öffentlichen Mittel zur Schutzwaldpflege zu setzen. Das beschriebene Vorgehen wurde erstmals anlässlich einer Tagung der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe im Gurnigelgebiet (Kanton Bern) erprobt und auf die Bedürfnisse der Praxis abgestimmt.

Auch im benachbarten Ausland stieß unsere Betrachtungsweise auf reges Interesse weil mit der

Verbindung zum Konzept der Minimalen Pflegemaßnahmen die Umsetzung der Erkenntnisse in der Praxis einfach zu realisieren ist.

Gegenwärtig wird die Vorgehensweise im Rahmen des weiteren Projektes „LOTHAR und Wildbach“ gemeinsam mit der Hydrologie WSL im Sperbelgraben ausserhalb des Flyschgebietes getestet. Hier kann auch ein Zusammenhang mit Abflussmessungen hergestellt werden. Benachbarte Einzugsgebiete mit Windwurfflächen lassen sich mit noch intakten Versuchsflächen vergleichen.

#### Zusammenfassung

Mit Hilfe des hier beschriebenen Vorgehens lässt sich die Wirkung des Waldes in puncto Hochwasser auf unterschiedlichen Waldstandorten und bei unterschiedlichem Bestandeszustand miteinander vergleichen und bewerten. Dies ermöglicht, beim Einsatz der Mittel zur Schutzwaldpflege Prioritäten zu setzen.

Die Bedeutung der Waldpflege ist am größten auf periodisch vernässten, gehemmt durchlässigen Standorten (z. B. stauwasserbeeinflusste Böden). Dort können standortgerechte Baumartenwahl und geeigneter Bestandesaufbau die Speicherleistung am meisten beeinflussen. Entscheidend ist dabei die optimale Durchwurzelung des vorhandenen Wurzelraumes.

**Literatur**

**BUWAL (1996):**

Minimale Pflegemaßnahmen für Wälder mit Schutzfunktion. Wegleitung, Bern, EDMZ

**GERMANN, P. (1999):**

Makroporen und präferenzielle Sickerung. In: Handbuch der Bodenkunde, ecomed, 6. Ergänzungslieferung, S. 1-14

**LÜSCHER, P.; WASSER, B.; ZÜRCHER, K. (2000):**

Standortscharakteristiken (Teilprojekt 1). Schlussbericht zum Projekt „Einfluss des Waldes und minimaler Pflegemaßnahmen auf das Abflußverhalten der Gewässer und die Rutschaktivität im Flyschgebiet“, BUWAL, Bern

**OTT, E.; FREHNER, M.; FREY, H.-U.; LÜSCHER, P. (1997):**

Gebirgsnadelwälder - ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortsgerechte Waldbehandlung. Haupt Verlag, Bern

## Intakter Bergwald - unverzichtbar für den Hochwasserschutz in Bayern

FRANZ BROSINGER, ANDREAS ROTHE

Der bayerische Alpenraum ist das wichtigste Wassereinzugsgebiet für die südbayerischen Flüsse. Auf Grund der großen Flächenausdehnung und hohen Niederschläge dieser Region kommt allen Faktoren, die auf das Abflussverhalten einwirken, große Bedeutung zu. Hierbei spielt der Wald eine herausragende Rolle. Rund die Hälfte des bayerischen Alpenraumes ist mit Wald bedeckt (ca. 250.000 ha). Dem Wald kommt dort eine besondere Bedeutung für den Schutz vor Naturgefahren zu. Ca. 60 % (fast 150.000 ha) davon sind als Schutzwald nach dem Bayerischen Waldgesetz ausgewiesen. Nach einer kurzen Analyse, welchen Beitrag der Wald in diesem Zusammenhang leisten kann, werden Ziele und Maßnahmen der Staatsforstverwaltung bei der Bewirtschaftung des Bergwaldes auch im Hinblick auf den vorbeugenden Hochwasserschutz dargestellt.

### Der Wald - kein Allheilmittel aber dennoch unverzichtbar für den Hochwasserschutz

Die Frage, ob und in welchem Umfang Wälder Hochwasserereignisse abschwächen bzw. verhindern können, wird in der wissenschaftlichen Literatur kontrovers diskutiert. Zahlreiche Studien belegen, dass der Oberflächenabfluss im Wald deutlich geringer ist als im Freiland und damit Abflussspitzen abgeschwächt werden. Nach anderen Forschungsarbeiten lässt sich eine positive Wirkung des Waldes auf das Abflussgeschehen nicht signifikant nachweisen. Unbestritten ist, dass die Wirkung des Waldes von zahlreichen Parametern wie Größe des Einzugsgebietes, Dauer und Intensität der Niederschläge, Jahreszeit sowie standörtlichen Eigenschaften abhängt.

Nach Ansicht aller Experten nimmt der **Waldboden eine Schlüsselrolle** bei der Beurteilung des Abflussverhaltens von Wäldern ein. Während der Interzeption im Kronenraum bei Starkregenereignissen nur eine nachgeordnete Bedeutung zukommt, nehmen ungesättigte Wald-

böden zum Teil große Mengen an Wasser auf. Flachgründige Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität können naturgemäß weniger Wasser zurückhalten als tiefgründige, locker gelagerte Böden. Dementsprechend sind auch die Wirkungen des Waldes auf sehr flachgründigen Böden mit oberflächennahem Abfluss oder bei wassergesättigten Böden zwangsläufig vergleichsweise gering. Insgesamt gesehen stellt der Wald in vielen Fällen einen wesentlichen Faktor beim vorbeugenden Hochwasserschutz dar. Vielleicht der wichtigste, oftmals wenig beachtete Beitrag des Waldes ist der Schutz der Bodenkrume. Ohne Waldbedeckung würde die Bodenerosion im Gebirgsraum rasch zunehmen und damit der Oberflächenabfluss und die Hochwassergefährdung deutlich ansteigen.

### Waldzusammensetzung und -aufbau sind wichtige Einflussgrößen

Eine auf Hochwasserschutz ausgerichtete Waldbewirtschaftung muss daher in erster Linie den Boden vor Abtrag schützen und ihn in einer Struktur erhalten, die eine hohe Infiltrationsrate ermöglicht. Obwohl hier wissenschaftlich noch eine Reihe von Fragen ungeklärt sind, kann man davon ausgehen, dass stufig aufgebaute Mischwälder günstiger zu bewerten sind als nicht standortgerechte Fichtenreinbestände. Mischwälder weisen in der Regel einen guten **Humuszustand** auf. Auf Grund der hohen biologischen Aktivität sind Humus und Oberboden locker aufgebaut und erlauben damit eine höhere Infiltration als ein mächtiger, eher plattig aufgebauter Auflagehumus in Nadelholzbeständen. Tief- und intensivwurzelnde Baumarten tragen besonders zu einer günstigen Bodenstruktur bei, da sie einerseits den Boden festhalten und andererseits die Porosität des Bodens fördern.

Bei der **Baumartenwahl** ist die unter mitteleuropäischen Verhältnissen in Laubwäldern höhere Wasserspende zu beachten. Hauptgrund dafür sind die größere Blattoberfläche sowie die ganz-



jährige Belaubung von Nadelwäldern. Beide Faktoren führen zu einer höheren Verdunstung des im Kronenraum festgehaltenen Niederschlags. Bei Starkregenereignissen ist jedoch weniger die kurzfristige, vergleichsweise geringe Interzeption in der Krone entscheidend als vielmehr die indirekte Wirkung auf die Bodenfeuchte (d.h. die aufsummierte Wirkung über mehrere Niederschlagsereignisse). Insbesondere im Winterhalbjahr gelangt in immergrünen Nadelwäldern weniger Wasser auf den Boden als in den zu dieser Jahreszeit kahlen Laubwäldern. Die Bodenfeuchte ist somit in Nadelwäldern oftmals geringer. Die weniger stark gesättigten Böden können dann bei Niederschlagsereignissen mehr Wasser aufnehmen, sofern eine ausreichende Infiltrationskapazität gegeben ist. Auch unter diesem Gesichtspunkt sind Mischwälder mit einem nennenswerten Nadelholzanteil im Bezug auf den Hochwasserschutz günstig zu bewerten.

#### Kleinflächige Verjüngungsverfahren dienen auch dem Hochwasserschutz

Bei Kahlschlägen steigen der Oberflächenabfluss und damit der Sedimentabtrag deutlich an. Messungen in Bergmischwäldern in den Bayerischen Alpen und in Buchenwäldern im hessischen Krofdorf zeigen, dass die Auswirkungen der Hiebsmaßnahmen entscheidend von Art des Eingriffs, von der Entnahmeintensität und der Bodenbedeckung abhängen. Bei

kleinflächigen Erntemaßnahmen und rechtzeitigem Ankommen der Vorausverjüngung wirken sich die Hiebsmaßnahmen auf Oberflächenabfluss und Sedimentaustrag vergleichsweise nur gering aus. Deutliche Effekte zeigen sich oft erst, wenn mehr als 50 % des aufstockenden Bestandes entnommen werden. In der Praxis treten Probleme weniger bei der regulären Verjüngung auf als vielmehr bei flächigen, in ihrer Wirkung Kahlschlägen gleichkommenden Sturmwürfen. Auch aus Sicht des vorbeugenden Hochwasserschutzes sind somit stabile Wälder von zentraler Bedeutung. Nachdem das Risiko in ungepflegten, nicht standortgemäßen Fichtenreinbeständen am höchsten ist, besteht für deren rechtzeitigen Pflege und den Umbau in Mischbestände höchste Priorität.

#### Bergwaldbewirtschaftung im Staatswald: Schutzfunktionen haben Priorität

Zentrale Aufgabe des Waldbaus im Hochgebirge ist die Sicherung der Schutzfähigkeit der Wälder. Auch wenn aus wissenschaftlicher Sicht noch zahlreiche Fragen offen sind, ist es für die Praxis ohne Zweifel, dass im bayerischen Hochgebirge ein standortgerechter, stufig aufgebauter und gut strukturierter Mischwald aus den Baumarten Fichte, Buche und Tanne die Aufgaben des Hochwasserschutzes am besten erfüllen kann. Die Verjüngung soll über langfristige und kleinflächige, eine dauerhafte Waldbestockung gewährleistende Verfahren erfolgen.

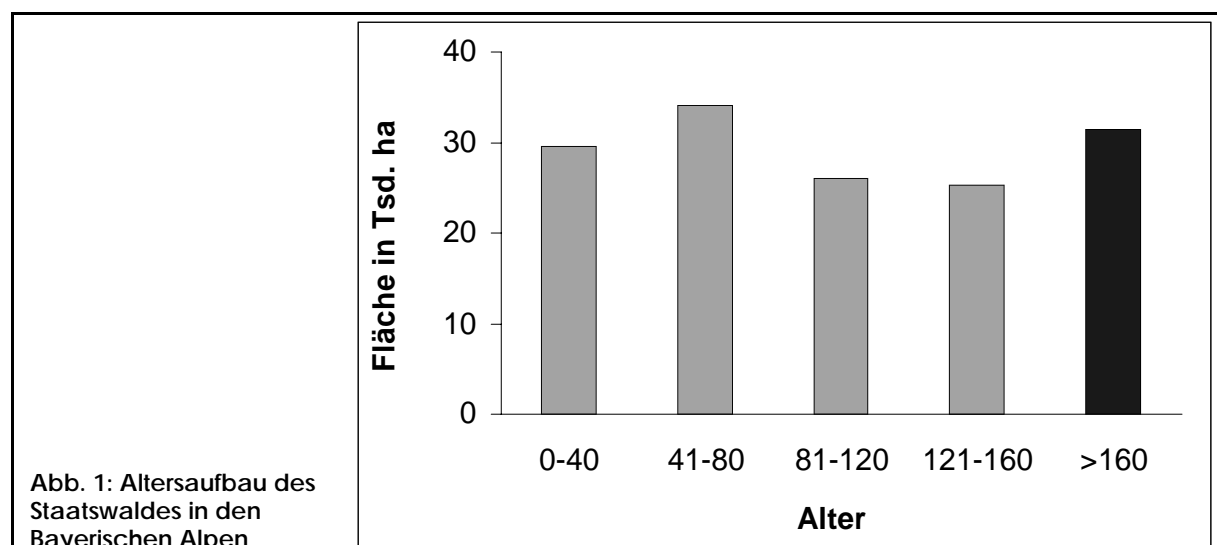


Abb. 1: Altersaufbau des Staatswaldes in den Bayerischen Alpen

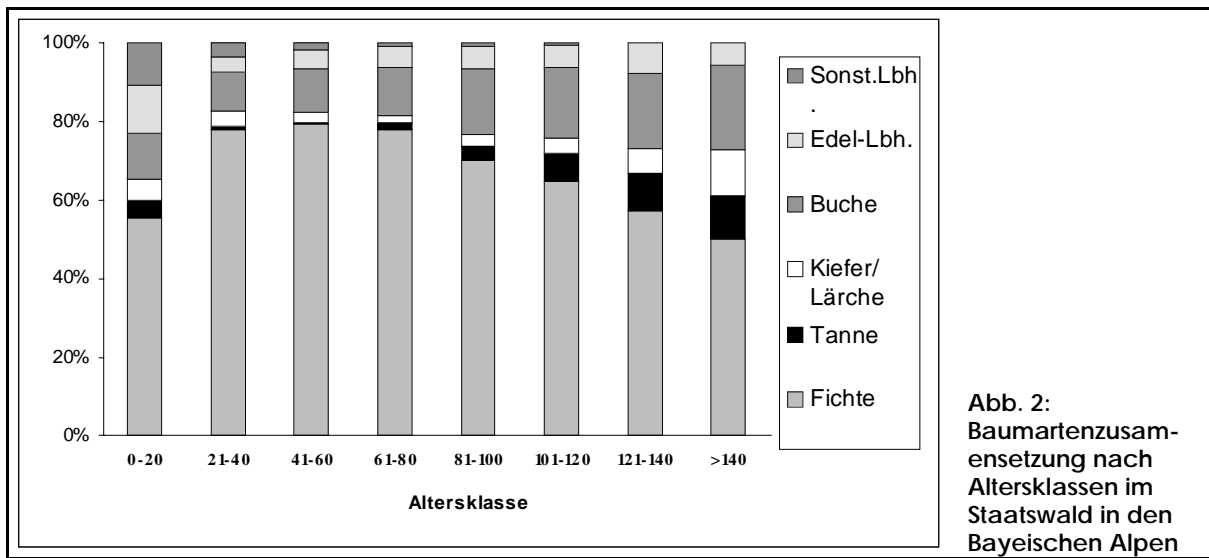


Abb. 2: Baumartenzusammensetzung nach Altersklassen im Staatswald in den Bayerischen Alpen

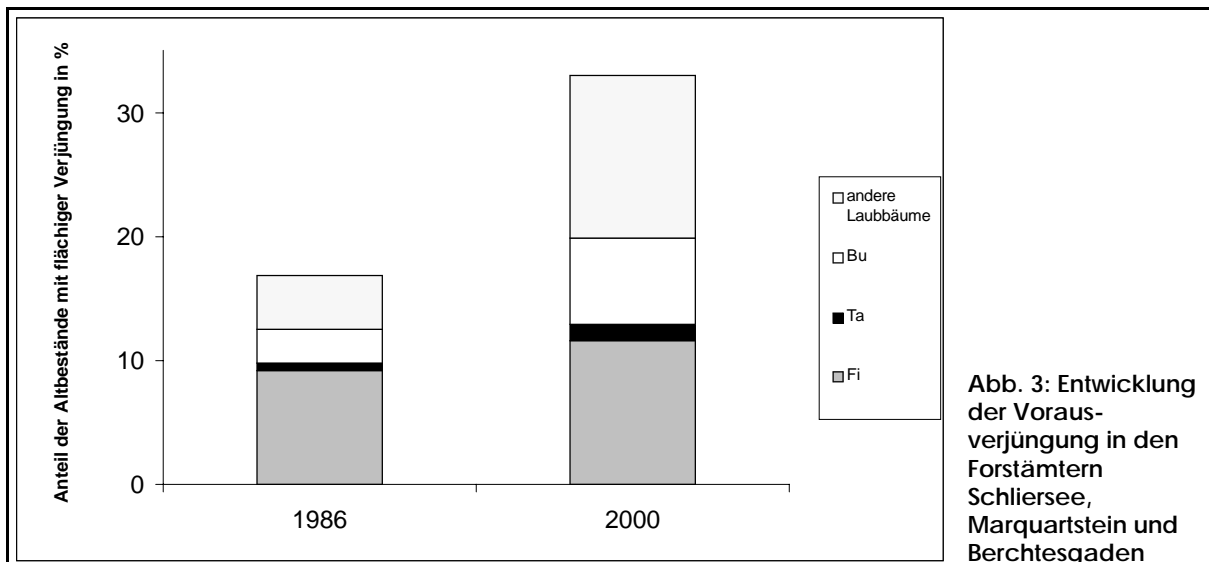


Abb. 3: Entwicklung der Vorausverjüngung in den Forstämtern Schliersee, Marquartstein und Berchtesgaden

Die Bergwälder weisen im Schnitt ein deutlich höheres Alter auf als die Bestände im Flachland. Dieses hohe Alter der Bergwälder ist für sich allein gesehen noch kein Grund zur Besorgnis. Kritisch wird die Situation allerdings, wenn man die Baumartenzusammensetzung betrachtet. Der typische Bergmischwald aus Fichte, Tanne und Buche ist vielfach nur noch in Beständen über 130 Jahren vorhanden. In den 20 bis 80 Jahre alten Wäldern ist der für die Erhaltung der Boden- und damit Hochwasserschutzfunktion so wichtige Tannenanteil stark zurückgegangen und beträgt nur noch rund 1%. Gleichzeitig nehmen gleichförmige und labile Fichtenreinbestände in

dieser Altersspanne einen besonders großen Anteil ein.

Bei dieser Ausgangslage kommt einer **rechtzeitigen und ausreichenden Verjüngung** der Bergwälder eine besondere Bedeutung zu. Eine stufige Dauerbestockung aus den Hauptbaumarten des Bergmischwaldes lässt sich nur über eine funktionierende Verjüngung auf großer Fläche erreichen. Verjüngung bedeutet dabei soweit als möglich Naturverjüngung, da Pflanzmaßnahmen im Bergwald aus technischen und finanziellen Gründen auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben müssen.

	Anzahl		Fläche in ha	
	Gesamt	Vordringlich	Gesamt	Vordringlich
Gefährdungsgebiete	48	-	29.738	-
Sanierungsgebiete	200	54	130.457	28.395
Sanierungsflächen	1.171	420	12.611	4.613

Tab. 1: Übersicht über Sanierungsgebiete und Sanierungsflächen im Rahmen der Schutzwaldsanierung (Stand 1.3.2001)

Aktuelle Inventurergebnisse aus den Forstämtern Schliersee, Marquartstein und Berchtesgaden belegen, dass sich die Verjüngungssituation in den letzten 15 Jahren deutlich verbessert hat. In diesem Zeitraum verdoppelte sich die Fläche der Verjüngung unter Schirm. Die Anteile der Baumarten Bergahorn und Esche nahmen im Gegensatz zur Fichte besonders stark zu. Die Zahlen belegen, dass der Bergwald ein enormes Verjüngungspotenzial aufweist und sich bei angepassten Schalenwildbeständen und geeigneten Verjüngungsverfahren üppig erneuert. Trotz der erzielten Verbesserungen liegt der Tannenanteil in der Verjüngung jedoch nach wie vor unter dem Ausgangsniveau der Altbestände, der in etwa auch der waldbaulichen Zielvorstellung entspricht. Es gibt also keinen Grund, sich sorgenfrei zurückzulehnen. Noch umfangreiche Anstrengungen werden notwendig sein, bis das Ziel eines naturnahen, stufig aufgebauten Bergmischwaldes erreicht ist.

#### Schutzwaldsanierung: Notfallhilfe für besonders gefährdete Bereiche

Ausgehend vom Bergwaldbeschluss des Bayerischen Landtages von 1985 wurden die Schutzwälder gründlich analysiert. Dabei zeigte sich, dass insgesamt rd. 10 % der Schutzwälder im bayerischen Hochgebirge ihre Schutzfunktion nur noch bedingt erfüllen (siehe Tab. 1). Zur Wiederherstellung der Schutzwirkung wurde daher ein Schutzwaldsanierungsprogramm eingeleitet. Dieses zielt auf die Sicherung und Wiederherstellung der Schutzfunktion der Bergwälder in Bereichen, in denen der Zustand des Schutzwaldes gefährdet ist und die Sicherung der Schutzfunktion im Rahmen der regulären Waldpflege nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. Der Schwerpunkt liegt bei biolo-

gischen Maßnahmen. So wurden bisher fast 10 Mio. herkunftsgerechte Pflanzen bevorzugt auf Sanierungsflächen mit Objektschutz ausgebracht. Um die Waldverjüngung vor Schäden durch Gleitschnee und Lawinen zu schützen, werden soweit notwendig, temporäre Verbauungen aus Holz errichtet. Wichtiger Bestandteil dieses Programms ist es, die Rahmenbedingungen dafür zu schaffen, dass sich Wälder natürlich regenerieren können. Dazu gehören insbesondere die Trennung von Wald und Weide sowie die Anpassung der Schalenwildbestände. Für die Sanierung der Schutzwälder wurden seit 1986 rund 45 Mio. € ausgegeben.

Die routinemäßigen Erfolgskontrollen aller Flächen zeigen, dass das Programm insgesamt erfolgreich ist. Auf rund 60 % der Flächen wächst wieder Schutzwald nach, teilweise mit Einschränkungen bei der Baumartenzusammensetzung. Lediglich auf 10 % der Flächen misslang die Sanierung bisher, insbesondere in den Anfangsjahren des Programms. Hauptgründe für Rückschläge waren anfängliche Fehleinschätzungen der zum Teil sehr schwierigen und extremen Standortbedingungen auf den Sanierungsflächen sowie starke Verbisschäden durch Schalenwild. Auf Grund der mittlerweile vorhandenen fundierten Erfahrungen konnten Arbeitsverfahren optimiert und damit die Erfolgsaussichten deutlich erhöht werden. Insgesamt werden noch umfangreiche Anstrengungen erforderlich sein, um die angestrebten Ziele vollständig zu erreichen.

Die Schutzwaldsanierungsmaßnahmen dienen langfristig auch dem vorbeugenden Hochwasserschutz. Entscheidend hierbei ist die Rolle des Waldes zum Schutz vor Erosion. Die Bestockung besonders kritischer Bereiche kann den

Bodenabtrag und damit den Massentransport bei Starkregen verringern. In dem Beschluss des Bayerischen Landtages vom 09.05.2001 zur Fortführung der Schutzwaldsanierung wurde der Hochwasserschutz als eine der Schwerpunktaufgaben besonders hervorgehoben.

#### **Ausblick**

Wald ist unbestritten die beste Vegetationsform im Bezug auf den Hochwasserschutz, wenngleich die Möglichkeiten des Waldes nicht überschätzt werden dürfen. Hochwasserereignisse sind Naturkatastrophen, die auch in Zukunft

auftreten werden. Waldbesitzer und Forstleute können aber dazu beitragen, die Hochwasserspitzen zu dämpfen und damit ihre schädlichen Auswirkungen zu vermindern. Walderhaltung und eine zielgerechte Waldbewirtschaftung in den Wassereinzugsgebieten sind daher wesentliche Elemente des vorbeugenden, flächigen Hochwasserschutzes.

## Der Wasserhaushalt von Hochmooreinzugsgebieten in Abhängigkeit von ihrer Nutzung

ALOIS ZOLLNER, HANNES CRONAUER

### Einleitung

Bayern ist mit seinen knapp 165.000 ha Mooren das viertgrößte Moorland der Bundesrepublik. Ungefähr jedes zehnte Moor liegt in Bayern. Kein anderes Bundesland ist so reich an unterschiedlichen Moortypen und besitzt noch so viele naturnahe Moore. Trotzdem sind auch in Bayern natürliche Moorflächen selten geworden. Insbesondere Entwässerung, Torfabbau und land- oder forstwirtschaftliche Nutzung veränderten viele Moore in den letzten 150 Jahren sehr stark.

Moore waren bis zum Inkrafttreten der Naturschutzgesetze Ödländer, die es kraft Gesetz (Bayerisches Gesetz zur Torfwirtschaft von 1920 und Bayerisches Ödlandgesetz von 1923) zu kultivieren galt. Erst seit 1982 stehen Moore generell unter Naturschutz. Sie werden, soweit sie in ihrer natürlichen Entwicklung gestört wurden, in vielen Fällen wieder in einen möglichst naturnahen Zustand zurückgeführt (renaturiert). Von den 165.000 ha entfallen

den großen Flüssen und Strömen (Isar, Loisach, Donau u.a.).

Moore entstehen überall dort, wo Wasser im Überschuss vorhanden ist. Aus diesem Grund stehen sie auch fast immer in enger Verbindung mit Quellen, Seen, Bach- oder Flusslandschaften. Während sich die Hoch- und Übergangsmoore (Regenmoore) mehr in den niederschlagsreichen Ursprungsgebieten bzw. Oberläufen der Flüsse befinden, liegen die Niedermoores (Grundwassermoores) eher an den Unterläufen und Mündungsgebieten.

Im Zuständigkeitsbereich der Staatsforstverwaltung befinden sich knapp 14.300 ha Moore. Das entspricht rund 9 % der Gesamtmoorfläche in Bayern (siehe Tab. 1). Viele dieser Moore wurden auf Grund früherer Kultivierungsmaßnahmen in ihrer natürlichen Entwicklung stark verändert. Sie büßten deshalb einen großen Teil ihrer ursprünglichen hydrologischen Eigenschaften ein. Um diese gestörten Moore wieder in einen möglichst naturnahen Zustand zurück-

Direktion	Niedermoor	%	Übergangsmoor	%	Hochmoor	%	Summe	%
Oberbayern/ Schwaben	1.380	18	1.570	20	4.780	62	7.730	54
Niederbayern/ Oberpfalz	4.100	85	501	3	203	2	4.804	34
Mittelfranken/ Oberfranken	1.080	68	285	18	220	14	1.585	11
Unterfranken	71	50	1	1	70	49	142	1
Gesamt	6.631	46	2.357	17	5.273	37	14.261	100

Tab.1: Verteilung der Moorfläche nach Moortypen innerhalb der Staatsforstverwaltung

knapp zwei Drittel auf Niedermoores und rund 45.000 ha auf Hoch- und Übergangsmoores. Die meisten Moore befinden sich in den niederschlagsreichen Gebieten des Voralpenlandes und der nordostbayerischen Mittelgebirge sowie an

zuföhren, entwickelte die Staatsforstverwaltung 1990 ein Renaturierungskonzept in Abstimmung mit der Naturschutzverwaltung. Es wurde in die mittel- bis langfristige Forstbetriebsplanung (Forsteinrichtung) integriert. Damit ist eine

wirkungsvolle Erfolgskontrolle aller durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen garantiert. Bis heute wurden auf ca. 4.900 ha der Staatswaldmoore eine Renaturierung geplant. Aktive Renaturierungsmaßnahmen finden bereits auf rund 20 % der Moorfläche statt.

Wasserbilanz unterschiedlich intensiv genutzter Hochmooreinzugsgebiete

Die Wasserbilanz einer Landschaft lässt sich vereinfacht mit Hilfe der hydrologischen Größen Niederschlag, Verdunstung und Abfluss

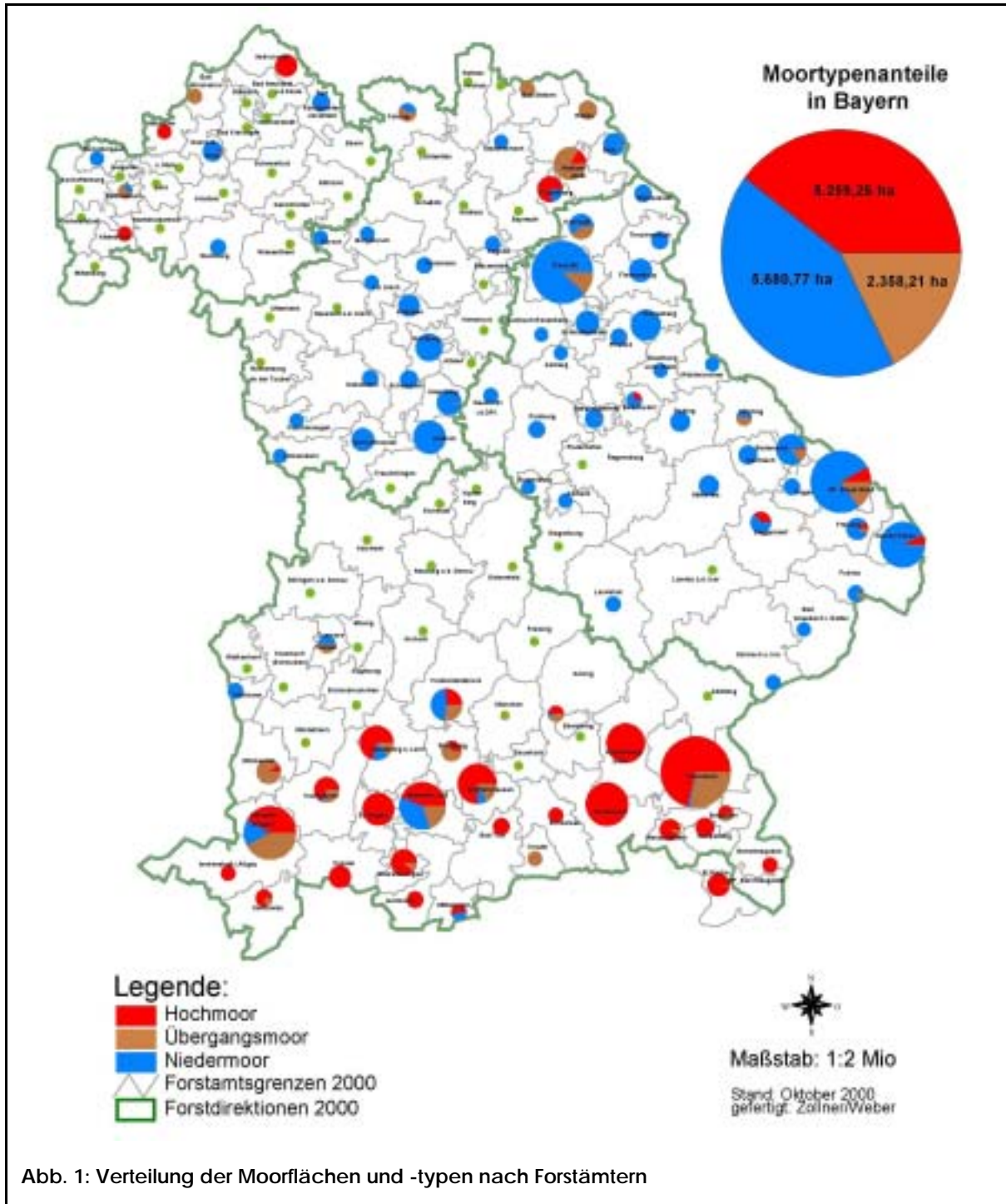
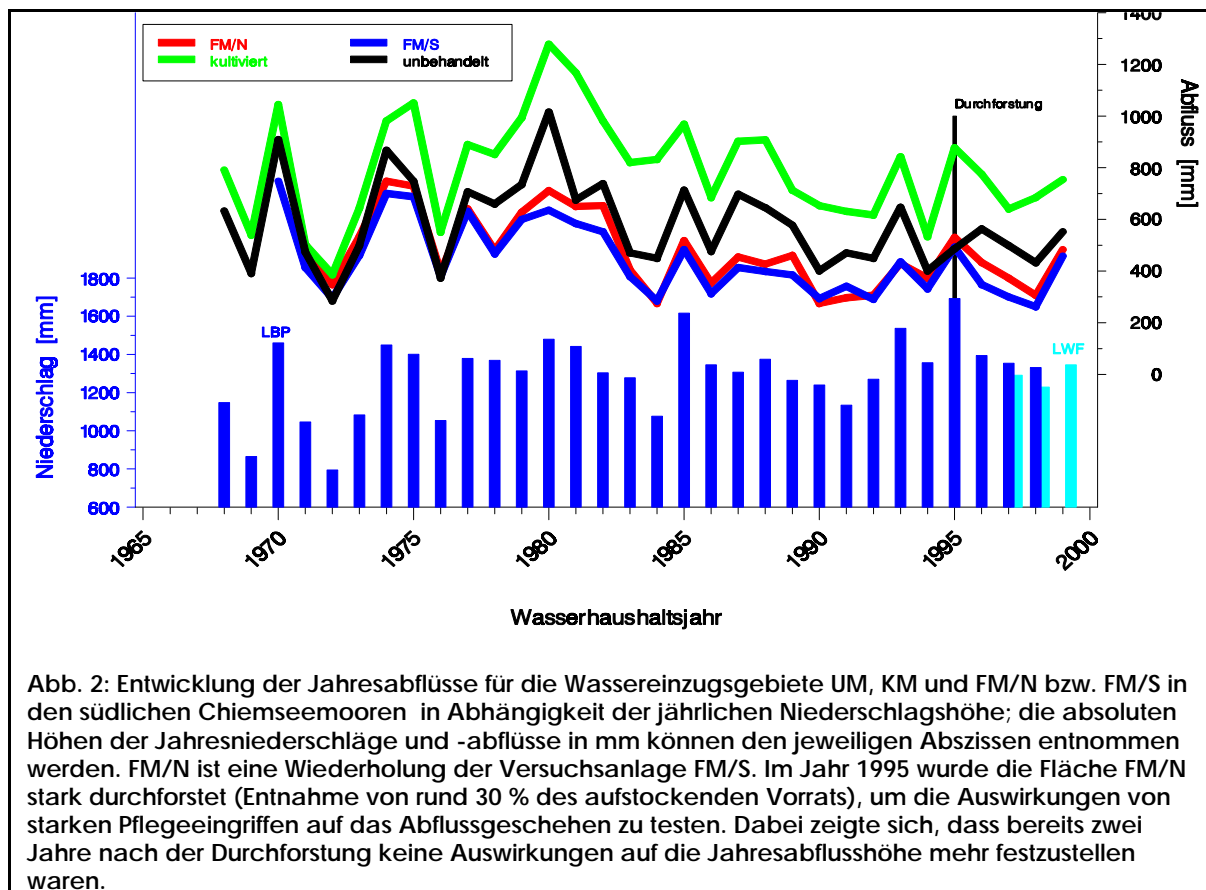


Abb. 1: Verteilung der Moorflächen und -typen nach Forstämtern

beschreiben. Dabei ergibt sich der Abfluss aus der Differenz von Niederschlag und Verdunstung. In niederschlagsarmen Gebieten mit hoher Verdunstung bleibt in der Regel auch nur wenig Wasser übrig, das in die Oberflächengewässer abfließen kann. Überall dort, wo der Niederschlag sehr hoch und der Wasserverbrauch durch Verdunstung gering ist, fließt viel Wasser ab und kann unter extremen Bedingungen (Perioden mit starken und langandauernden

keine Hinweise auf eine positive Wirkung von intakten Mooren auf das Abflussgeschehen (EGGELSMANN 1990).

Im Gegenteil herrscht hier die Meinung vor, dass entwässerte Hochmoore einen deutlich günstigeren Einfluss auf eventuelle Hochwasserereignisse ausüben als intakte (EGGELSMANN 1969, 1990; EDOM 2001). Im Rahmen eines Forschungsvorhabens der Bayerischen Landesanstalt für Wald



Niederschlägen) zu Hochwasserereignissen führen. Aus diesem Grund widmet man dem Abflussgeschehen unterschiedlicher Wassereinzugsgebiete (z. B. bewaldet, nicht bewaldet etc.) von jeher ganz besondere Aufmerksamkeit (MITSCHERLICH 1981; BAUMGARTNER UND LIEBSCHER 1990; WOHLRAB ET AL. 1992 ).

und Forstwirtschaft (LWF) zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen von waldbaulichen Pflegemaßnahmen bei der Renaturierung von bewaldeten Mooren“ wurde unter anderem auch die hydrologische Wirkung von Entwässerung und Aufforstung von Hochmooren näher beschrieben.

MITSCHERLICH (1981) fasst die Ergebnisse verschiedener forsthydrologischen Untersuchungen zusammen und schreibt dem Wald eine abflussverlangsamende und -dämpfende Wirkung zu. Im Gegensatz dazu findet man in der Literatur

Um den Einfluss von Entwässerung und land- bzw. forstwirtschaftlicher Nutzung auf das Abflussgeschehen eines Hochmooreinzugsgebietes zu klären, begleitete die LWF einen langjährigen moorhydrologischen Versuch der Baye-

	Dekade 1971/79			Dekade 1980/89			Dekade 1990/99		
	ND	AF	ND-AF	ND	AF	ND-AF	ND	AF	ND-AF
	(mm)								
UM	1064	512	552	1349	645	704	1375	490	885
KM	1064	650	414	1349	925	424	1375	700	675
FM/N	1064	485	579	1349	489	860	1375	379	996
FM/S	1064	447	617	1349	441	908	1375	353	1022

Tab. 2: Übersicht zu den Abflusshauptzahlen - Niederschlag (ND), Oberflächen- und Dränabfluss (AF), Gebietsverdunstung (ND-AF) für die Versuchsfelder unberührtes (UM), landwirtschaftlich kultiviertes Moor (KM) und forstlich genutztes Moor (FM/N u. FM/S)

rischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) in den südlichen Chiemseemooren (JORDAN ET AL. 1999) forsthydrologisch und wertete ihn 2002 gezielt aus. Dabei zeigten sich überraschende Ergebnisse, die zum Teil den in der Fachliteratur beschriebenen Vorstellungen der Wirkung von Entwässerungsmaßnahmen auf die hydrologischen Eigenschaften von Mooren widersprechen.

Im Folgenden werden deshalb einige Ergebnisse des von 1968 bis 1999 an der LBP laufenden moor-hydrologischen Experimentes näher dargestellt. Der Versuch besteht aus vier unterschiedlich intensiv genutzten Wassereinzugsgebieten innerhalb eines ca. 300 ha großen Hochmoorkomplexes. Ein Einzugsgebiet (UM) umfasst einen nahezu unberührten Hochmoorteil von etwas über 20 ha Größe, die drei anderen Einzugsgebiete liegen innerhalb eines intensiv entwässerten Hochmoorgrünlandteiles. Zwei dieser drei Einzugsgebiete (FM/N und FM/S) wurden in der zweiten Hälfte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts mit Fichte aufgeforstet. Die landwirtschaftlich kultivierte Fläche KM (knapp 30 ha groß) wird dagegen bis heute landwirtschaftlich genutzt. Eine detaillierte Versuchsbeschreibung findet sich bei JORDAN ET AL. (1999).

Abb. 2 gibt einen Überblick zur Höhe der jährlichen Abflüsse aus den untersuchten Einzugsgebieten in Abhängigkeit von der jährlichen Niederschlagsmenge für den Beobachtungszeitraum zwischen 1968 und 1999. Dabei zeigt sich, dass der Abfluss aus dem kultivierten Moor KM über

die gesamte Beobachtungsperiode deutlich über dem des unberührten Hochmoores liegt. Die beiden aufgeforsteten Einzugsgebiete FM/N und FM/S geben dagegen fast immer deutlich weniger Wasser im Laufe eines Jahres an die umliegenden Oberflächengewässer (z.B. Bäche und Flüsse) ab als das unberührte Moor.

Aus Tab. 2 lassen sich die mittleren Abflusshauptzahlen für drei zehnjährige Perioden entnehmen. Dabei zeigt sich, dass die Abflüsse während der letzten 30 Jahre langsam abnahmen. Auf den forstlich genutzten Flächen könnten heranwachsende Fichtenbestände (ältere Bestände verbrauchen mehr Wasser als junge) Ursache hierfür sein. Einen ähnlichen Effekt dürfte die zunehmend intensivere Nutzung des Hochmoorgrünlandes sein. Auf dem naturnahen Moor deuten sich vermutlich erste Auswirkungen (zunehmende Bewaldung) der aus Versuchsgründen notwendigen Ringentwässerung an. Eine detaillierte Diskussion zu diesen Effekten findet sich bei FRANKL (1997) und JORDAN ET AL. (1999).

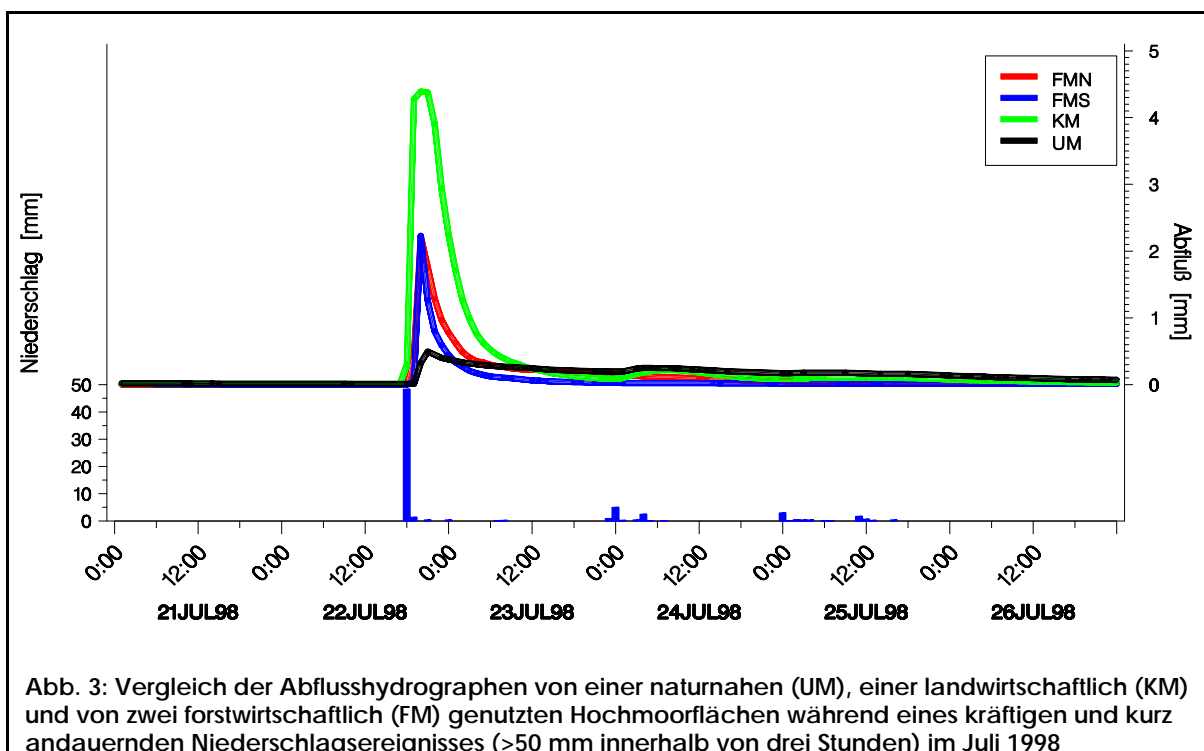
Die Messung der jährlichen Abflusshöhen eignet sich aber nicht dazu, die Eigenschaften von unterschiedlich genutzten Hochmoorstandorten hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Hochwassergeschehen zu beurteilen. Dabei kommt es nicht auf die im Jahresverlauf abfließende, sondern auf die bei einem konkreten Niederschlagsereignis unmittelbar aus einem Moorgebiet abfließende Wassermenge an.

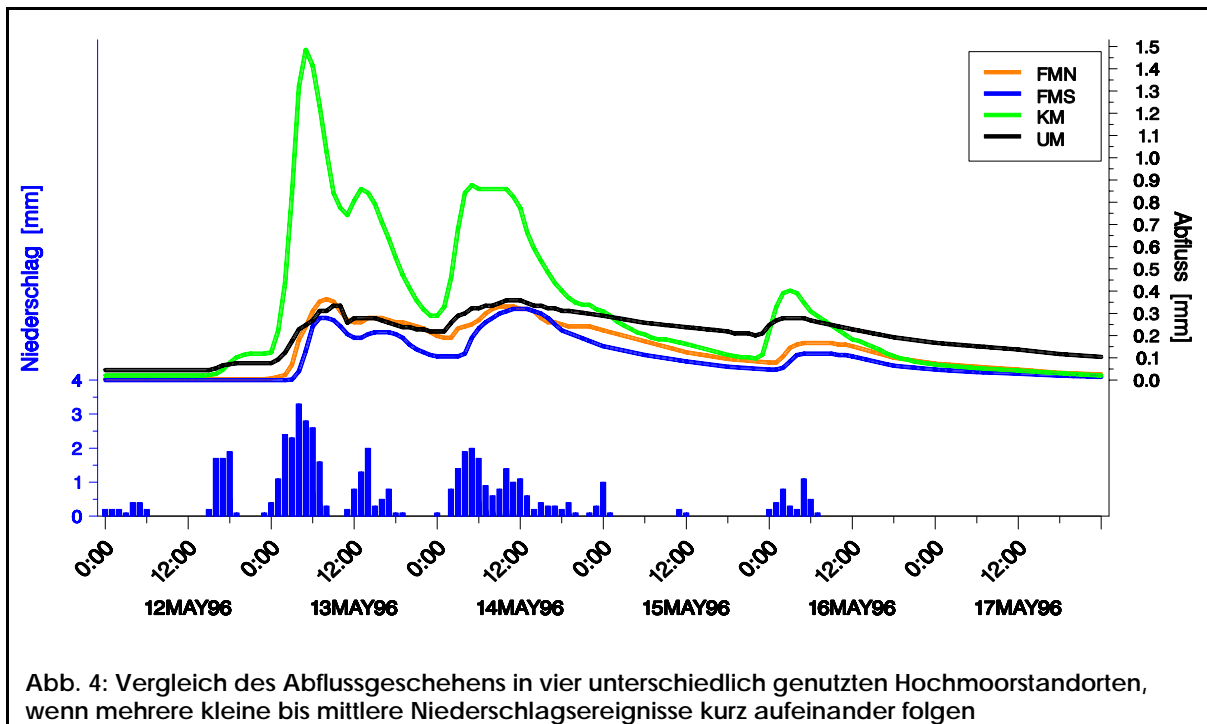


Um beurteilen zu können, wieviel Wasser unterschiedlich genutzte Moorökosysteme bei einem extremen Niederschlagsereignis zurückhalten, werden in Abb. 3 die Abflusshöhen der vier Einzugsgebiete für ein Starkniederschlagsereignis im Juli 1998 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass das unberührte Hochmoor UM deutlich weniger überschüssiges Wasser an die Umgebung abgibt als das kultivierte Moor KM sowie die beiden aufgeforsteten Einzugsgebiete FM/N und FMS. Abb. 3 veranschaulicht darüber hinaus, dass auf den genutzten Moorstandorten neben der Höhe auch die Geschwindigkeit des Abflusses deutlich gegenüber dem naturnahen Moor zunimmt.

Der Vergleich der vier Einzugsgebiete nach Einzelniederschlagsereignissen lässt demnach eindeutig auf einen negativen hydrologischen Einfluss von Entwässerungsmaßnahmen im Zusammenhang mit land- und forstwirtschaftlicher Nutzung von Hochmoorökosystemen schließen. Interessant in diesem Zusammenhang ist ferner, dass auch ein geschlossener Fichtenbestand nur in sehr begrenztem Umfang die negativen hydrologischen Auswirkungen der Entwässerung abmildern kann.

Betrachtet man die Zeit, die vergeht, bis die Abflusswehre auf das hohe Niederschlagsereignis reagieren, werden die zwischen den einzelnen Einzugsgebieten bestehenden geringen Unterschiede deutlich. Allerdings lassen sich auf den entwässerten Hochmoorflächen rasch sehr hohe Abflussmaxima messen, während auf UM kein deutlicher Hochwasserscheitel ausgebildet ist. Auch Anstieg und Abfall des Hochwasserabflusses verlaufen auf den entwässerten Moorflächen wesentlich rasanter als auf der unberührten Parzelle. Dafür dauert es auf dem intakten Moor deutlich länger, bis das überschüssige Niederschlagswasser abfließt als auf den entwässerten Flächen. UM hält den überschüssigen Niederschlag deutlich länger auf der Fläche zurück und gibt das Wasser im Vergleichszeitraum deutlich langsamer an die Umgebung ab als KM bzw. FM/N oder FM/S. Auf den entwässerten Moorstandorten dauert das Hochwasserereignis knapp einen Tag, auf dem naturnahen Hochmoor dagegen mehr als vier Tage. Daraus folgt, dass Entwässerungsmaßnahmen den Hochwasserabfluss deutlich beschleunigen und kurzfristig stark erhöhen. Das gilt insbesondere für extreme Niederschlagsereignisse.





Etwas anders liegen die Verhältnisse bei geringen Niederschlagsereignissen und wenn das Hochmoor bereits vollständig wassergesättigt und aufgequollen ist. Unter diesen Voraussetzungen bewirken weitere Regenereignisse einen höheren Abfluss aus dem naturnahen Hochmoor im Vergleich zu den aufgeforsteten Moorflächen (Abb.4). Die Abflusshöhen des Hochmoorgrünlandes werden dagegen niemals erreicht.

Folgen dagegen einem mittleren Niederschlagsereignis stärkere Regenfälle, lässt sich wieder das gleiche Abflussmuster beobachten, das bereits in Abb. 3 dargestellt wurde. Das naturnahe Hochmoor dämpft die Hochwasserabflüsse am effektivsten und schützt damit immer am wirkungsvollsten vor den negativen Auswirkungen von Starkniederschlagsereignissen.

Die vielfach in der deutschen Fachliteratur herrschende Auffassung, entwässerte Hochmoore seien in Bezug auf das Abflussgeschehen grundsätzlich günstiger zu beurteilen als naturnahe (EGGELSMANN 1990; EDM 2001), kann für die südlichen Chiemseemoore demnach nicht bestätigt werden. Vielmehr wirkt nach den hier ge-

wonnen Ergebnissen eine Entwässerung sowohl deutlich abflussverstärkend als auch stark abflussverkürzend. Sie ist deshalb für den Wasserhaushalt eines Mooregebietes und dessen unmittelbare Umgebung eindeutig ungünstig zu beurteilen.

### Schlussfolgerungen

Aus verschiedenen Studien ist die abflussdämpfende Wirkung von Waldbeständen bekannt. Die Ursache hierfür liegt in der hohen Interzeption und Transpiration der Waldbestände. Im Sommer wird mehr Wasser verbraucht. Die Böden trocknen aus und können deshalb mehr Niederschlagswasser aufnehmen. Zu Beginn von Niederschlagsereignissen führt dies zu einer Verminderung des abflusswirksamen Niederschlages. Im Winter und Frühjahr schützt das Kronendach den Boden vor stärkerer Erwärmung. Die Schneeschmelze verzögert sich, das Wasser fließt langsamer ab. Naturbelassene Hochmoore sind dagegen von permanentem Wasserüberschuss geprägt. Nahezu das ganze Jahr bleiben ihre Böden wassergesättigt. Aus diesem Grund vermuteten EGGELSMANN (1969, 1990) und EDM (2001), dass eine zusätzliche Aufnahme von größeren Niederschlagsmengen

nur noch sehr begrenzt und vor allem nach längeren Trockenperioden erfolgen kann. Vergleichende Abflussuntersuchungen zwischen moorreichen und moorarmen Einzugsgebieten in Böhmen und Mähren (FERDA 1973) zeigten, dass der hydrographische Einfluss der Moore

zum einen vor allem in der höheren Verdunstung und damit einem entsprechend vermindertem Abfluss besteht. Zum anderen weisen Moorböden im gesättigten Zustand ein geringeres Retentionsvermögen auf, d.h. der Hochwasserabfluss ist höher, der Niedrig-

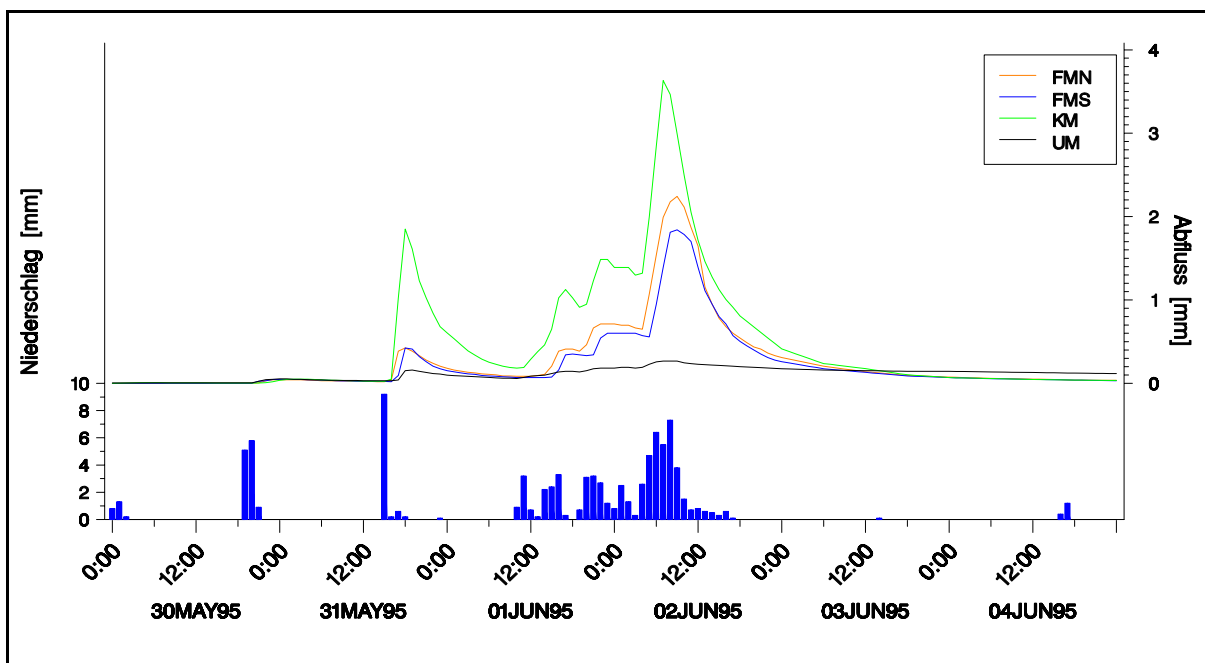


Abb. 5: Vergleich des Abflussgeschehens in vier unterschiedlich genutzten Hochmoorstandorten bei dicht aufeinander folgenden mittleren bis stärkeren Niederschlagsereignissen (31. 5.1995 10 mm, am 1.6.1995 13 mm und am Morgen des 1.6.1995 30 mm)

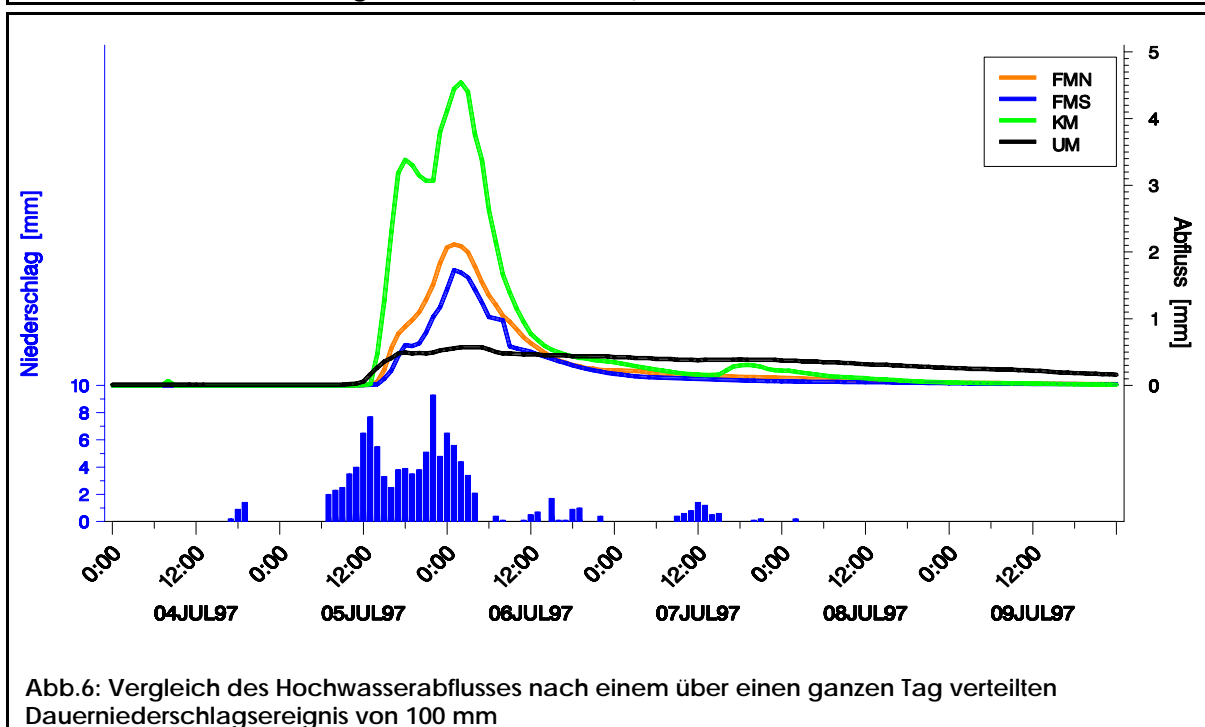


Abb.6: Vergleich des Hochwasserabflusses nach einem über einen ganzen Tag verteilten Dauerniederschlagsereignis von 100 mm

wasserabfluss niedriger als bei Mineralböden. Auch EGGELSMANN (1969) schreibt den Mooren keine ausgleichende Wirkung auf das Abflussregime der Bäche und Flüsse zu. EDM (2001) folgert aus hydromorphologischen Überlegungen, dass "nach mehrjähriger Entwässerungszeit Leitfähigkeiten und Porositäten über die Tiefe der entwässerten Bodensäule in weitem Maße gleichmäßiger verteilt sind". Deshalb seien entwässerte Moore in ihrem Abflussverhalten weniger extrem sind als naturnahe Moore und stünden Mineralböden näher als intakten Moorböden. Studien, die unterschiedlich genutzte Hochmoorböden miteinander vergleichen, sind dagegen selten. In der skandinavischen Literatur finden sich allerdings Hinweise auf hydrologisch günstige Eigenschaften intakter Moorböden auf das Abflussgeschehen. So fand ATHI (1980) eine deutliche Erhöhung der Hochwasserabflüsse nach Entwässerung. MUSTONEN und SEUNA (1972) erklären dies damit, dass das intensive Entwässerungsnetz dem Regenwasser einen sehr raschen Abfluss ermöglicht und daher das Wasser daran hindert, im Boden gespeichert zu werden. Das bestätigen auch PAAVILAINEN und PÄIVÄNEN (1995) in ihrer Arbeit über Forstwirtschaft auf Moorböden (Peatland Forestry).

Entwässerte Moorfichtenbestände verbrauchen zwar wegen ihrer hohen Interzeption und Transpiration viel Wasser und dämpfen damit die Abflussextrême im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Hochmoorflächen deutlich. Sie können aber die abflussteigernde Wirkung der Entwässerung nicht wirklich kompensieren. Insbesondere bei mittleren bis starken Niederschlagsereignissen zeigt sich das am Verlauf der Abflusskurven. Die positive Wirkung intakter Hochmoore auf das Abflussgeschehen liegt in deren typischem Aufbau begründet. Wachsende Hochmoore sind baum- bzw. nahezu baumfrei, lediglich an ihren Rändern (Randgehänge) existieren geschlossene Waldbestände. Die gesamte Bodenoberfläche der Hochmoore ist mit hydrologisch hoch aktiver Vegetation (vor allem Torfmoose und Wollgras) bedeckt. Kaum ein Quadratmeter ist ohne Bewuchs. In der Regel sind offene Torf- bzw. Wasserflächen nur sehr vereinzelt vorhanden. Die gesamte lebende Bodenoberfläche (Akrotelm) ist sehr wasser- auf-

nahmefähig. Sie kann zum Teil sehr stark aufquellen und dabei sehr große Wassermengen kurzfristig speichern.

Diese hydrologisch aktive Vegetationsdecke mit Bult- und Schlenkenstruktur weist darüber hinaus auch eine hohe Oberflächenrauigkeit auf. Überschüssiges Niederschlagswasser kann nicht einfach abfließen, sondern trifft auf einen erheblichen Widerstand der dichten, stark aufgequollenen Bodenvegetation. Der Abfluss erfolgt deshalb nicht schnell (EDM 2001), sondern sehr gedämpft und auf ganzer Fläche. Mehrjährige Wasserstandsmessungen in den südlichen Chiemseemooren und in anderen Mooren Oberbayerns im Rahmen dieser Studie zeigen, dass die Entwässerung naturnaher Hochmoore nach Niederschlagsereignissen tatsächlich nur sehr langsam erfolgt. Die Wasserstände fielen in den Grundwassermessstandsrohren im Durchschnitt nur um ca. einen Zentimeter pro Tag. Neben den beträchtlichen Abflusswiderständen der aufquellenden und kleinstrukturierten Vegetationsdecke spielt auch der Wasserverbrauch der Moorvegetation selbst eine wichtige Rolle für das Abflussgeschehen eines Hochmoores. Transpiration und Interzeption liegen zwar niedriger als in Wäldern, übertreffen aber deutlich die Werte für Hochmoorgrünland (VIDAL, SCHMEIDL und FRANKL). Während längerer Trockenperioden kann der Wasserstand durchaus bis zu 15 cm unter Flur absinken. Der Torfkörper schrumpft dabei vorübergehend zusammen, quillt aber sofort wieder auf, sobald neuer Regen fällt. Dadurch bildet sich ein beträchtlicher kurzfristiger Zwischenspeicher für überschüssiges Wasser, das nicht frei, sondern nur deutlich verlangsamt aus dem Hochmoor abfließen kann. Die dargestellte Versuchsauswertung zeigt, dass ein naturnahes Hochmoor wesentlich ausgeglichener auf Starkniederschlagsereignisse reagiert als eine entwässerte Moorfläche. Selbst eine Aufforstung mit Waldbäumen kann die abflusserhöhende und -verkürzende Wirkung von Entwässerungsmaßnahmen nicht ausgleichen. Bis auf wenige Situationen im Wasserhaushaltsjahr kommt ein intaktes Hochmoor mit starken Regenfällen am besten zurecht und schützt seine Umgebung deshalb auch am effektivsten vor den Folgen von Hochwasserereignissen. Jeder Eingriff in die Hy-

drologie eines Hochmoores wirkt dagegen negativ auf den Gebietswasserhaushalt und sollte deshalb unterbleiben bzw. mittels Renaturierungsmaßnahmen so weit wie möglich wieder ausgeglichen werden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen aber auch, dass flächige Räumungsmaßnahmen auf entwässerten Hochmoorstandorten erheblich Einfluss auf die Höhe des Abflussgeschehens nehmen können. Kahlhiebe in entwässerten Moorwaldbeständen sind deshalb besonders sorgfältig abzuwägen. Sie sind und nur dann förderlich für eine Renaturierung, wenn gleichzeitig Wiedervernässungsmaßnahmen (Einstau) stattfinden, die das ehemalige Entwässerungsregime unwirksam machen und es gelingt, den degradierten Moorkörper flächig wiederzubeleben. Dazu muss das überschüssige Niederschlagswasser auf möglichst breiter Fläche über den gewachsenen Torfkörper abgeführt werden. Nur unter diesen Voraussetzungen können Renaturierungsmaßnahmen in Verbindung mit forstlichen Hiebsmaßnahmen einen positiven Beitrag zum örtlichen bzw. regionalen Hochwasserschutz leisten. Maßnahmen zur Moorrenaturierung erfüllen demnach nicht nur Aufgaben des Biotop- und Artenschutzes, sondern greifen wesentlich weiter und leisten einen wirksamen Beitrag zum aktiven Hochwasserschutz. Aus diesem Grund

widmet sich die Staatsforstverwaltung seit 1990 auch ganz besonders der Verbesserung der hydrologischen Eigenschaften ihrer Moore.

### Zusammenfassung

Anhand einer gesonderten Auswertung eines wissenschaftlichen Forschungsprojektes der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft[1] wird der Wasserhaushalt von unterschiedlich genutzten Hochmoorstandorten vorgestellt. Die Ergebnisse dieser Studie werden in den Kontext der international bekannten Fachliteratur gestellt und bewertet. Dabei zeigt sich die herausragende Bedeutung intakter Hochmoore für das Abflussgeschehen von Mooreinzugsgebieten. Die Arbeit würdigt dabei besonders die hydrologische Bedeutung der Moorrenaturierung unter dem Gesichtspunkt eines aktiven Hochwasserschutzes.

[1] Die Bayerische Staatsforstverwaltung förderte dieses Forschungsprojekt finanziell.

### Literatur

Literaturnachweise auf Anfrage beim Verfasser

## Waldbehandlung an Gewässern

JÜRGEN BODDENBERG

Fließgewässer gehören zu den biologisch reichhaltigsten und vielfältigsten Landschaftselementen überhaupt; sie sind entscheidend für den Naturhaushalt, den Charakter und das Bild der Landschaft. In den letzten Jahrzehnten veränderten menschliche Eingriffe die Gewässer vielerorts sehr stark.

Die Änderungen ergaben sich aus der Gewohnheit des Menschen, die Landschaft an seine Nutzungsansprüche anzupassen. Dieses Vorgehen galt in der Vergangenheit bis hinein in unsere Gegenwart als legitim. Doch diese Sichtweise wandelt sich. Viele Änderungen werden zunehmend kritisch betrachtet.

Angesichts der zunehmenden Katastrophen, die auch als direkte Folge der enormen Veränderungen unserer Landschaft angesehen werden, wird immer öfter die Frage gestellt, in welchem Maße es sinnvoll und möglich ist, Landschaftsveränderungen der Vergangenheit wenigstens teilweise wieder rückgängig zu ma-

chen. Es überrascht heute kaum noch, dass man in Bemühung um Fließgewässerrenaturierung vielerorts auf offene Ohren trifft.

Als Förster bemüht man zunächst oft die ökologische Argumentationskette, um solche Renaturierungsschritte zu begründen.

Eine naturnahe Fließgewässergestaltung kann handfeste Vorteile bieten, z. B. das zumindest eingeschränkte Vermögen naturnaher Gewässerabschnitte mit ihren im Idealfall vorhandenen Retentionsbereichen, drohende Hochwasserspitzen zu brechen und damit Schäden in der Flusslandschaft des Unterlaufes zu verhindern oder wenigstens abzumildern.

Die immer häufiger wiederkehrenden Hochwasserereignisse nicht nur in Bayern bestätigen dieses Argument. Andererseits kann es aber auch Erwartungen wecken, denen die Forstwirtschaft nicht oder nicht allein gerecht zu werden vermag.

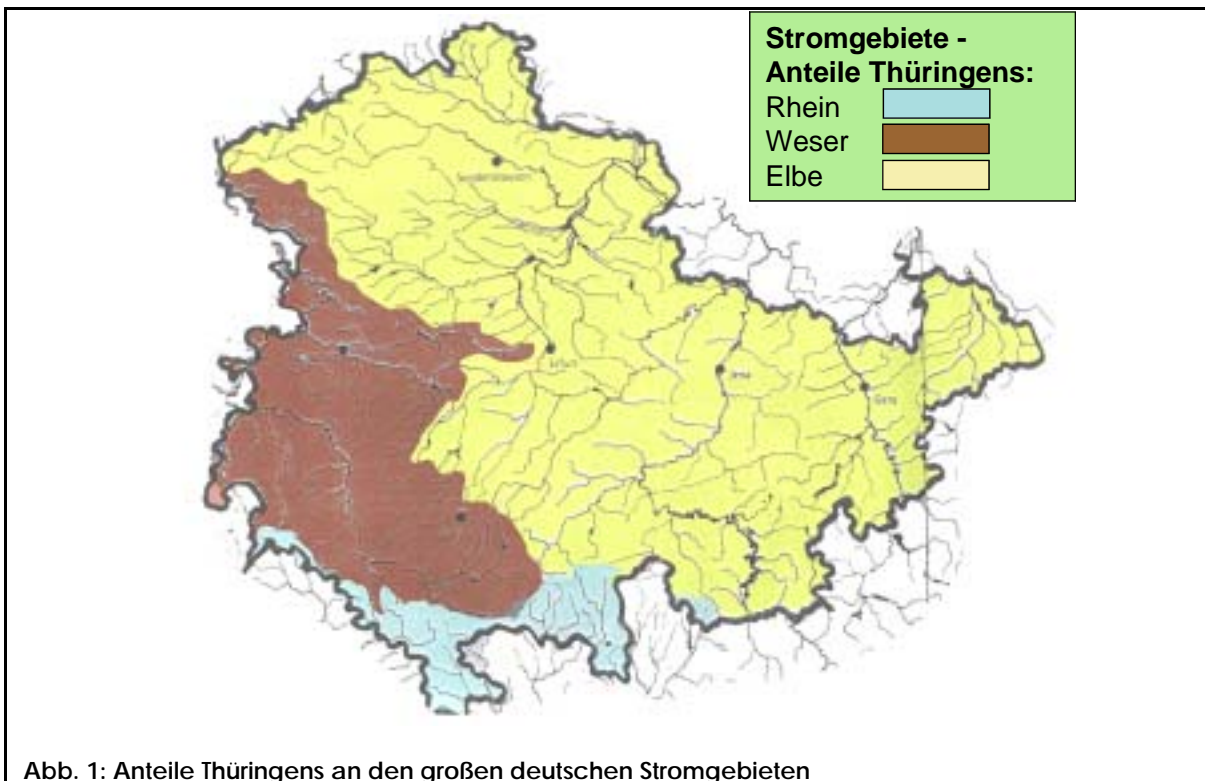


Abb. 1: Anteile Thüringens an den großen deutschen Stromgebieten

	Länge des Flusslaufes bis zur Landesgrenze Thüringens (km)	Gebietsanteil Thüringens	
		km	%
Werra	201,7	4117	~ 25
Saale (ohne Unstrut und Weiße Elster)	248,9	4112	~ 25
Unstrut	146,6	5114	~ 32
Weiße Elster mit Pleiße	141	1335	~ 8
Leine	38,9	457	~ 3

Tab. 1: Abgeschlossene Flussgebiete eigenen Charakters auf Grund naturräumlicher Gegebenheiten

Im Folgenden wird dargestellt, warum das Argument des vorbeugenden Hochwasserschutzes im Zusammenhang mit der Fließgewässerrenaturierung in Thüringen von Bedeutung ist.

Thüringer Wald, Schiefergebirge, Teile des Frankenwaldes, des Harzes, der Rhön sowie zahlreiche andere Höhenzüge prägen das Landschaftsbild. Im Wechsel dazu sind die vorwiegend ackerbaulich genutzten Ebenen des Thüringer Beckens, des Grabfeldes und der Leipziger Bucht zu nennen. Zusammengenommen ergeben diese Landschaften ein bemerkenswert vielfältiges Relief. Als Folge entstand eine sehr differenzierte, vergleichsweise dichte Gewässerstruktur. So hat der Freistaat Thüringen Anteile an den drei großen Stromgebieten in Deutschland. Ungefähr ein Drittel der Landesfläche wird über die Weser entwässert. Mehr als 60 % des über Thüringen fallenden Regens fließen nach Osten in die Elbe. Das Entwässerungsgebiet des Rheines umfasst nur einen geringen Flächenanteil des Freistaates.

Diese großen Flüsse entspringen in den Mittelgebirgen Thüringens oder der näheren Umgebung in Höhenlagen bis 1.000 m. An den Grenzen zu den benachbarten Bundesländern erreichen sie ein Niveau von 190 bis 110 m ü.NN. Die größeren Nebenflüsse kommen häufig bezüglich Laufänge und Abflussanteile den großen Flüssen sehr nahe (siehe Tab. 1).

Die Flussgebiete des Landes sind fast ausnahmslos als unmittelbare Hochwasserentstehungsgebiete

mit schnellen Fließzeiten zu betrachten. In einigen Teilen des Thüringer Beckens, einem vergleichsweise flachen Landschaftsbestandteil, sind zudem sekundäre Wirkungen durch Rückstauereffekte von größerer Bedeutung.

Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme Thüringens liegt mit 693 mm bei etwa 90 % des Bundesdurchschnitts. In Trockenjahren wie z. B. 1991 wurden lediglich 64 % erreicht. In Gebieten des Sommerniederschlagstyps (z. B. Thüringer Becken) übersteigt des öfteren die Verdunstung den Niederschlag. Beim Mittelgebirgstyp dagegen verursacht die Schneeschmelze im Frühjahr häufig Hochwasser.

Der langjährige durchschnittliche Gebietsabfluss Thüringens wird mit 213 mm angegeben, ist jedoch regional sehr stark differenziert. So stehen mittlere Abflussspenden zwischen 20 und 25 l/s/km<sup>2</sup>, vereinzelt auch 30 l/s/km<sup>2</sup> in Gebirgslagen, denen von 1-2 l/s/km<sup>2</sup> in den zentralen Lagen des Thüringer Beckens gegenüber. Hier trocknen über den Sommer die kleinen Bäche des Gebietes aus. Die größeren Nebenflüsse der Unstrut führen bei Niedrigwasser nur noch zwischen 0,4 und 0,7 l/s/km<sup>2</sup>. Andererseits wurden Spitzenabflussspenden im Hochwasserfall von über 1.000 l/s/km<sup>2</sup> beobachtet.

Auf Grund der geographischen und meteorologischen Ausgangssituation können größere Hochwasser in Thüringen jederzeit erwartet werden bzw. von dort die benachbarten Bundesländer erreichen.

Forstlicher Bereich	Beispiel	Mögliche Beeinträchtigung	Notwendige Maßnahmen
<b>Waldbau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Anbau nicht standortgemäßer Baumarten (z. B. Fichte) im Uferbereich</li> <li>◆ großflächige Fichten reinbestände</li> <li>◆ Neuaufforstung einer Waldwiese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Instabilität wegen mangelnder Durchwurzelung, Windwurfgefahr</li> <li>◆ Böschungsabrisse, Erosionen</li> <li>◆ Versauerung</li> <li>◆ Ausdunkeln</li> <li>◆ Barriereeffekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Naturnaher Waldbau mit standortgerechten Baumarten</li> <li>◆ Rücknahme der Fichte</li> <li>◆ Förderung der Erle</li> <li>◆ Erhalt von Waldwiesen</li> </ul>
<b>Waldschutz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Wasserschutzgebiete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Vergiftung des Wassers</li> <li>◆ Absterben der Wasserlebewesen</li> <li>◆ Gesundheitsgefährdung für den Menschen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Integrierten Waldschutz betreiben</li> <li>◆ Pflanzenschutzmittelverbot in Wasserschutzgebieten</li> </ul>
<b>Wegebau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Bau von Dämmen und Verrohrung von Bachläufen</li> <li>◆ Wegeneubau</li> <li>◆ Holzlagerplatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kaltluftstau</li> <li>◆ Barriereeffekt</li> <li>◆ Stoffeinträge</li> <li>◆ Änderung der Strömungsgeschwindigkeit</li> <li>◆ Insektizideintrag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Zurückhaltender Wegebau ohne Fließgewässerschneidung</li> <li>◆ Fallstufen unterhalb von Durchlässen beseitigen</li> <li>◆ Auswahl eines genügend großen Durchlasses</li> </ul>
<b>Holzernte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Holzeinschlag</li> <li>◆ Rückung</li> <li>◆ Holztransport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Reisanfall in Gewässern</li> <li>◆ Erd- und Humuseintrag</li> <li>◆ Treib- und Schmierstoffeintrag bei Unfällen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Pflégliche Holzernte</li> <li>◆ Richtige Terminierung von Holzerntearbeiten entsprechend der Witterung</li> <li>◆ Eventuell Pferdeinsatz oder Seilen des Holzes</li> </ul>
<b>Kalkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kalkung in dafür nicht zugelassenen Gebieten (staunasse feuchte, sicker- und wechselfeuchte Standorte, Moore sowie besonders geschützte Biotope)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Mobilisierung von Stickstoff</li> <li>◆ Eutrophierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Aussparen solcher Waldgebiete bei Kalkungsmaßnahmen (100 bis 200 m vom Uferbereich)</li> </ul>

Tab. 2: Auflistung möglicher Störeinflüsse



Die letzten „Jahrhunderthochwasser“ in Thüringen ereigneten sich 1890, 1909, 1946, 1947, 1954, 1981 und zuletzt 1994. In etwas mehr als 100 Jahren fanden sieben Ereignisse statt.

### Fließgewässer im Verbund mit Wald

Forstleute können Fließgewässer nur dann direkt beeinflussen, wenn sie Waldgebiete durchqueren. Diese Situation findet sich in Thüringen allerdings im wesentlichen nur noch an den Oberläufen der Fließgewässer, von der Quelle bis durch die zum Teil sehr engen Kerbtäler. Spätestens im Mittellauf, wenn die Täler sich verbreitern, weicht der Wald der landwirtschaftlichen Nutzung. Dies sind oft bachbegleitende Wiesen von hoher naturschutzfachlicher Bedeutung. Sie ermöglichen meistens noch das natürliche mäandrieren. Sie dienen zudem auch als natürliche Überflutungsräume. In den meisten Fällen säumen Gehölzstreifen die Fließgewässer galerieartig. Flächig von Überschwemmungsereignissen gekennzeichnete Wälder finden sich dagegen in Thüringen nur noch sehr selten. So sind nach den Ergebnissen einer landesweiten Waldbiotopkartierung Erlen-Eschenwälder sowie Pappel-Weiden-Weichholzauwälder lediglich auf rd. 700 ha vorzufinden. Die Weichholzaue ist somit vielerorts nur noch in Resten erhalten.

Noch bedrückender ist die Bilanz bei den Hartholz-Auwäldern. In Thüringen sind sie mit einer Fläche von rd. 140 ha nur noch als Fragmente vorhanden. Direkt von der Gewässerdynamik abhängige Waldgesellschaften finden sich in Thüringen nur noch mit einem Anteil von 0,2 % an der Gesamtwaldfläche

### Waldbehandlung als Teil des vorbeugenden Hochwasserschutzes

Die geschilderte Situation verdeutlicht, dass ein vorbeugender Hochwasserschutz in der heutigen Landschaft nur über das Zusammenwirken aller zu erreichen ist. Was aber kann die Forstwirtschaft in diese Richtung leisten?

Blendet man andere wichtige Argumente und Ansatzpunkte aus und fokussiert auf Hoch-

wasserschutz, dann ist als erstes wohl die Verbesserung der Retentionsfähigkeit zu nennen. Hierzu ist es zunächst notwendig, die Naturnähe der vorhandenen Fließgewässer im Wald möglichst zu erhalten sowie forstwirtschaftlich bedingte Störeinflüsse gering zu halten.

Hieraus ist zu erkennen, dass über normale Rücksichtnahme in der Bewirtschaftung einiges erreicht werden kann. Die meisten, eher abstrakten Gefährdungen werden im Zuge der Umstellung auf naturnahe Forstwirtschaft weitgehend vermieden.

Investive Maßnahmen müssen zunächst noch nicht im Vordergrund stehen. Die meisten erforderlichen Maßnahmen können im alltäglichen Forstbetrieb ohne große Zusatzkosten verwirklicht werden und sind teilweise in den einschlägigen gesetzlichen Regelungen der Bundesländer verankert.

Vereinfacht lässt sich sagen, dass eine naturnahe Waldbewirtschaftung schon viel für den Hochwasserschutz erreicht, gerade wenn man den Betrachtungsrahmen über den der eigentlichen Uferbestockung auf das Wassereinzugsgebiet und den damit verbundenen Gewässerabfluss erweitert. Dennoch kann eine naturnahe Waldwirtschaft nicht als Zauberwort im Zusammenhang mit dem vorbeugenden Hochwasserschutz genannt werden. Die Einflussmöglichkeiten der Forstwirtschaft dürfen vor diesem Hintergrund nicht überschätzt werden.

Als Naturereignis lässt sich Hochwasser nicht abschaffen. Lediglich die menschlichen Einflussfaktoren auf den Wasserabfluss, die aus einem Hochwasser eine Katastrophe werden lassen, können möglicherweise zum Teil wieder rückgängig gemacht werden.

Vorsorgender Hochwasserschutz zielt nach dem heutigen Verständnis auf eine ökologisch ganzheitliche Betrachtungsweise ab. Kernstück bildet die Erhaltung und Wiederherstellung des natürlichen Wasserrückhaltes in der Fläche und in den Gewässersystemen, um damit den Wasserhaushalt auf natürliche Weise auszugleichen und Abflussspitzen zu senken.

Obwohl der Zustand von Fließgewässern im Wald häufig noch als sehr naturnah zu bezeichnen ist, kann gerade bei Betrachtung größerer Einzugsgebiete eine Vielzahl von Störungen festgestellt werden, die ein aktives Handeln rechtfertigen.



Abb. 2: Typisches, kleines Fließgewässer in naturnaher Ausprägung; Forstamt Eisenach

Mit Fichte aufgeforstete Talgründe, Wege am Gewässerrand einschließlich ihrer Befestigung, ungeeignete Wegedurchlässe vielerorts - die Liste könnte verlängert werden.

Aus diesem Grund existieren seit längerer Zeit wohl in allen Bundesländern Aktivitäten der Landesforstverwaltungen, um Fließgewässersysteme in ihren Wäldern qualitativ zu verbessern.

Im folgenden wird über die von der Thüringer Landesforstverwaltung ergriffenen Schritte sowie bereits vorhandene Erfahrungen berichtet.

Im Jahre 1993 regte die Thüringer Landesforstverwaltung ein Fließgewässerprogramm für den Bereich des Waldes an. In diesem Rahmen entstanden vier Pilotprojekte in den unterschiedlichen Regionen, die eine Renaturierung von Fließgewässerabschnitten vorsahen.

Hierbei zeigte sich recht bald, dass es kein Patentrezept zur Erreichung dieses Ziels gab und wohl auch nicht erwartet werden konnte. Schon allein die an sich einleuchtende Forderung, Fichtenbestockungen zurückzunehmen und mit standortgerechten Baumarten einen neuen Gewässersaum zu begründen, musste den örtlichen Verhältnissen angepasst werden.

Hierbei erforderten nicht so sehr die Kosten eine Modifizierung. Vielmehr war es die Sorge von Erosionsschäden am Ufer (gerade in Buntsandsteingebieten) sowie die Gefahr von Windangriffspunkten im Wald, die eine ortsangepasste Vorgehensweise als ratsam erscheinen ließen. Hinzu kam, dass der Punkt der Eigendynamik der Gewässer für viele Beteiligte zunächst gewöhnungsbedürftig war. Dies ist insbesondere erwähnenswert, weil die Unterhaltspflicht der Fließgewässer im Wald in Thüringen nicht bei der Forstverwaltung, sondern bei den Gemeinden liegt.

Gleichgültig, ob Hochwasser, Uferabbruch oder umgestürzter Baum, solche Befreiungsversuche eingezwängter, vielleicht sogar begradigter Gewässer begrüßt nicht unbedingt jeder als dynamische Prozesse, sondern bezeichnet sie in ihren Folgen ausschließlich als Schäden, die es zu verhindern gilt.

Eine gewisse Toleranz gegenüber dem Gestaltungswunsch des Gewässers müsste daher zunächst bei allen Beteiligten entstehen. Dabei sind die Voraussetzungen, natürliche Dynamik von Fließgewässern zu fördern, im Forst recht gut. In den meisten Fällen sind Menschen durch das Zulassen oder das Initiieren eigendynamischer Prozesse bei Fließgewässern im Wald nicht direkt betroffen, da die Siedlungsgebiete scheinbar nicht direkt berührt werden.

## Erfahrungen aus den Thüringer Fließgewässerprogramm

Als konkrete Maßnahmen wird in vielen Fällen der Umbau der oftmals bis an den Gewässerrand reichenden Fichtenbestockung vorgeschlagen. Dieser Umbau kann in den wenigsten Fällen nach vorgeschriebenen Mustern erfolgen. Dies ist zur Erreichung des Ziels, eine standortangepasste Laubholzbestockung zumindest im unmittelbaren Gewässerbereich zu etablieren, auch nicht erforderlich.

Der Umbau der Fichtenbestockung sollte möglichst behutsam erfolgen, ein flächiges Räumen sollte die Ausnahme bleiben. Meistens wird eine starke Auflichtung des Fichtenbestandes als Initialmaßnahme reichen, insbesondere in Gebieten, in denen der Wildverbiss nur noch eine mehr oder weniger untergeordnete Rolle spielt. Hier findet sich nach einer Auflichtung oft spontan auftretende Naturverjüngung aus Schwarzerlen, manchmal auch Eschen, ein. Dies gilt selbst für den Fall, dass in der unmittelbaren Umgebung keine geeigneten Samenbäume wachsen, da der Wind offenbar genügend keimfähige Samen weit genug verbreitet.

Sind die Ausgangsbedingungen nicht so günstig, insbesondere bei lokal überhöhten Wildbeständen, wie sie für Thüringen vielfach zu bescheinigen sind, wird man notgedrungen auf Initialpflanzungen zurückgreifen müssen, die allerdings wegen entsprechende Schutz aufwendungen kostenintensiv ausfallen.

Wenn sich Zaunbaumaßnahmen nicht vermeiden lassen, stellt sich die Frage, ob sich größere Gewässerabschnitte mit Hilfe stärkerer Auflichtungen und anschließender Bepflanzung in einem Zuge bearbeiten lassen. Die dafür erforderlichen Kosten sind zwar erheblich, können aber möglicherweise im Zuge naturschutzrechtlicher Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen auf solche Flächen mit Projektcharakter geleitet werden. Dieses in Thüringen bereits zum wiederholten Male praktizierte Vorgehen setzt jedoch voraus, dass die entsprechenden gesetzlichen Regelungen eine räumliche Entkopplung

von Ort des Eingriffs und Ort des Ausgleichs ermöglichen.

Ziel sollte, wo immer möglich, die Förderung vorhandener Laubholzanteile am Fließgewässer sein. Dies ergibt sich aus der vorteilhafteren Lichtökologie der sommergrünen Laubgehölze, die die erforderliche Beschattung im Sommer garantieren und so eine zu schnelle Verkrautung des Gewässers verhindern. In der laublosen Zeit im Winter und Frühjahr können sich dagegen Gewässer und Uferbereich rascher erwärmen und so schneller die volle biologische Aktivität wieder erreichen. Dies ist insbesondere wichtig für ein schnelleres Auftauen der Uferbereiche. Es kann helfen, die Abflussgeschwindigkeit des Wassers im zeitigen Frühjahr zu verlangsamen. Aber auch hier gilt, dass die Belichtungsverhältnisse, die ein ausreichend strukturierter Fichtenbestand gewährleistet, denen der Freifläche vorzuziehen sind.

Von Interesse ist die Behandlung des Schlagab- raumes. Hier zeichnet sich bei den beteiligten Fachinstitutionen langsam ein gewisser „Bewusstseinswandel“ ab. Früher wurde seitens der Forstwirtschaft, vor allem aber seitens der Gewässerunterhaltungspflichtigen peinlichst auf die Entfernung von Totholz und Reisigmaterial aus dem Gewässerbereich geachtet. Heute ist die Sichtweise wesentlich differenzierter. So zeigte sich der gezielte Einbau von Reisiglagen in durch Erosion künstlich vertiefte Sohlbereiche kleiner Waldbäche als geeignete Methode, eine Höherlegung des Bachbettes sowie eine erneute Mäandrierung zu provozieren.

Auch das Belassen stärkeren Totholzes (z. B. im Zuge der Holzernte) kann positive Effekte bewirken. Als Hindernisse im Wasser können sie Ausgangspunkt für eine intensivere Mäandrierung sein, sofern die Geländeausformung dies zulässt. Beachtet werden muss jedoch, dass auch kleinere saisonale Starkschüttungen zur Verdriftung von Totholz führen können. Dies kann im Wald Schäden am forstlichen Wegesystem verursachen (sollten sich z. B. Durchlässe zusetzen), wenn nicht geeignete Abwehrmaßnahmen wie der Bau von stark dimensionierten Reisigrechen vorgesehen wird. All diese Maß-

nahmen können als kleine Schritte in Richtung des vorbeugenden Hochwasserschutzes interpretiert werden.



Abb.3: Kleineres Fließgewässer nach einer ersten Auflichtung des Fichtenbestandes; durch fehlende Wurzelaktivität der Fichten entwickelte sich im Zuge der Auswaschung eine kanalförmige Eintiefung, die eine Mäandrierung nicht mehr zulässt. Das Wasser fließt im Frühjahr schnell und ungehindert ab. Mittels aktiver Einbringung von Reisigschichten und einer dadurch initiierten Sedimentierung soll das Bachbett wieder angehoben werden.

Größere Schritte sind nach den Erfahrungen im Rahmen des Fließgewässerprogramms in Thüringen dann möglich, wenn das Projektziel so formuliert werden kann, dass (im Idealfall) gleich ganze zusammenhängende Teilbereiche des Gewässernetzes bearbeitet werden. In einem solchen Fall wächst die Bandbreite möglicher Maßnahmen über waldbauliche Ansatzpunkte hinaus.

Die Verbesserung der Gewässerdurchlässigkeit (nach Beseitigung anthropogener Störfaktoren) bietet mehr Chancen, erfordert aber auch deutlich mehr Aufwand. Der Rahmen dessen, was ein einfacher Forstbetrieb bewältigen kann, wird leicht überschritten. Aussicht auf Erfolg hat ein Projekt dieser Größenordnung vermutlich nur dann, wenn alle beteiligten Verwaltungszweige (also vor allem Forstwirtschaft, Naturschutz und Wasserwirtschaft) an einem Strang ziehen. Auf eine entsprechende Erfahrung kann in Thüringen erfreulicherweise verwiesen werden. Ohne auf Details einzugehen, sei das „Kohlbachprojekt“ namentlich genannt. Hier wurde in einem typischen Landschaftsausschnitt des Mittelgebirges (forstlich genutzt; Wegedichte ca. 15 lfm/ha) ein Einzugsgebiet von 16 km<sup>2</sup> im Zuge einer Ersatz- und Ausgleichsmaßnahme bearbeitet.

Mit ingenieurtechnischer Unterstützung wurden verschiedene Maßnahmen zur Renaturierung und Verbesserung der Durchlässigkeit projektiert. Durchlässe mit unzureichendem Durchmesser wurden gewechselt, Furtübergänge eingerichtet, Fichtenbestockungen sowie ehemals aufgeforstete Waldwiesen aufgelichtet, verrohrte Bachabschnitte wieder geöffnet. Mit einer Projektsomme von ca. 250.000 € und einem entsprechenden Abstimmungs- und Koordinationsaufwand liegt das Projekt deutlich über einem „normalen Naturschutzprojekt“. Da jedoch eine Modellwirkung zu erwarten ist sowie bestimmte Meinungsbildungsprozesse und Erfahrungen im Zuge des Projektes unter den Beteiligten auch für zukünftige Vorhaben genutzt werden können, sieht die Forstverwaltung den Aufwand durchaus als gerechtfertigt an.

Als wesentlichste Erfahrung der Bemühungen im Rahmen des Fließgewässerprogramms kann gelten, dass die Forstwirtschaft einerseits auf Unterstützung angewiesen ist, um der anspruchsvollen Aufgabe des vorbeugenden Hochwasserschutzes im Rahmen der Waldbewirtschaftung gerecht zu werden, andererseits aber auch als gefragter Partner eine nicht zu unterschätzende Verantwortung trägt.

## Vorbeugender Hochwasserschutz im Wald – Umsetzung im praktischen Forstbetrieb

REINHARD MÖßMER

Hochwasserereignisse sind natürliche Prozesse in unserer Landschaft. Seit Menschengedenken gehen von ihnen immer wieder Gefahren für Leib und Leben, für Hab und Gut aus. Die Katastrophen der Jahre 1999 und 2000 rückten uns wieder eindrücklich diese potenziell vorhandene Gefahr der Überschwemmungen vor Augen.

Der Hochwasserschutz in Bayern stützt sich auf folgende drei Säulen:

- ◆ Natürlicher Rückhalt auf der Fläche - vorbeugender Schutz
- ◆ Technischer Hochwasserschutz
- ◆ Weitergehende Hochwasservorsorge (Flächen-, Bau-, Verhaltens- und Risikoversorge)

Die Forstwirtschaft kann vorbeugend zum Hochwasserschutz beitragen. Bei starken Niederschlägen soll das Regenwasser möglichst lange auf der Fläche gehalten werden, um Hochwasserspitzen zu dämpfen.

Wie kann nun der vorbeugende Hochwasserschutz im Wald bzw. im Forstbetrieb praktisch umgesetzt werden? Hierzu erarbeiteten Forstpraktiker, Bürgermeister, Naturschützer, Waldbesitzer, Wasserwirtschaftler, Landwirte und Wissenschaftler aus Deutschland, Österreich und der Schweiz in einem Workshop der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Vorschläge.

Sie diskutierten insbesondere folgende Fragenkomplexe:

- ◆ Unter welchen Bedingungen hält der Wald Niederschläge auf der Fläche zurück und reduziert Hochwasserereignisse?
- ◆ Welche Möglichkeiten haben die Waldbesitzer, den vorbeugenden Hochwasserschutz wirksam zu unterstützen?

- ◆ Welche Rahmenbedingungen sind für die Umsetzung der Maßnahmen von Bedeutung?

Unter welchen Bedingungen hält der Wald Starkniederschläge auf der Fläche zurück und reduziert die Hochwasserschäden?

Reduziert Wald den Oberflächenabfluss?

Unter Wald ist der Oberflächenabfluss in der Regel deutlich geringer als bei anderen Landnutzungsformen. Berechnungsversuche und Beobachtungen in der Natur zeigten dies. Die entscheidende Schlüsselgröße stellt dabei der Waldboden dar. Der Wald hat hier folgende Aufgaben:

- ◆ er sichert die hydrologisch wirksamen Eigenschaften der Böden: Infiltrationsfähigkeit, Durchlässigkeit und Speicherkapazität;
- ◆ er entleert durch Evapotranspiration den Bodenspeicher innerhalb der niederschlagsfreien Zeit und stellt so erneut Speicherplatz für die Aufnahme von Starkregen zur Verfügung;
- ◆ er bremst den Oberflächenabfluss und hält den Boden mit Hilfe der Wurzeln zurück;
- ◆ er schützt im Auflandungsbereich der Geschiebe..

Im Einzelfall sind auch mögliche negative Wirkungen der Bäume zu bedenken:

- ◆ Verklausungsgefahr wegen Treibholz in gefährdeten Bächen und Gerinnen;
- ◆ erhöhte Gefahr flachgründiger Rutschungen durch das Gewicht des Baumbestandes.

Aber nicht in jedem Fall reduziert Wald bzw. der Waldboden den Oberflächenabfluss. Folgende komplex wirkende Faktoren beeinflussen den Wasserrückhalt:



- ◆ Standort (Geologie, Gründigkeit und Bodenstruktur);
- ◆ geringe Speicherkapazität (flachgründige, durchlässige oder staunasse Böden, abhängig von der Wassersättigung);
- ◆ gehemmte Leitfähigkeit (dicht gelagerte oder durch Befahrung verdichtete Böden, fehlende Durchwurzelung);
- ◆ geringe Infiltrationsfähigkeit (hoher Benetzungswiderstand z. B. bei ausgetrockneter Rohhumusdecke);
- ◆ Lage und Struktur der Wälder;
- ◆ Dauer und Intensität der Niederschläge.

Zu unterscheiden sind:

- ◆ kurzzeitige (Gewitter-) Starkregen: die Böden nehmen wie ein Schwamm das Wasser auf, bis die Speicherkapazität überschritten wird oder leiten es in den Untergrund;
- ◆ langandauernde Landregen: Nach länger andauernden ergiebigen Regenfällen sind die Böden mit Stauschichten im Untergrund bereits wassergesättigt.

Wald und Aufforstungen nahe am Gerinne wirken sich bei kurzen intensiven Regenfällen lokal stärker aus als in weiter entfernter Lage. Bestandesaufbau und Durchwurzelung beeinflussen die Fähigkeit der Böden zur Infiltration, Wasserleitfähigkeit und Speicherung.

Reduziert Wald die Gefahr von Schäden durch Hochwasser?

In wieweit Wälder nun die realen Hochwasserspitzen eines spezifischen Wildbaches oder Flusses beeinflussen und das Schadenspotenzial für ein Objekt reduzieren, hängt ab:

- ◆ von der Intensität der Niederschläge;
- ◆ vom Waldflächenanteil im Einzugsgebiet oberhalb des Objekts;
- ◆ von der Lage der Wälder im Flussverlauf (oberes Einzugsgebiet, Mittellauf etc.).

Unter Wald ist der Oberflächenabfluss...	
Reduziert	Nicht reduziert
bei kurzzeitigen Starkregen-Niederschlägen	bei Wassersättigung z.B. nach längeren Regenperioden
bei durchlässigen Böden	bei niedriger Speicherkapazität auf staunassen und flachgründigen Böden
bei ausreichender Bodentiefe	bei Überschreiten der Infiltrationsfähigkeit (bei intaktem Waldboden selten)
bei ausreichendem Wasserspeichervolumen z.B. nach längeren Trockenperioden	

Ob auch der beste Wald bzw. Waldboden dämpfend auf die Hochwasserspitze einwirken kann, hängt von der Intensität der Niederschläge, der bereits vorhandenen Wassersättigung der Böden zum Zeitpunkt des Starkregens und deren Leitfähigkeit ab. Auch unter Wald kann der Niederschlag an der Oberfläche unmittelbar abfließen.

Ansonsten kommt dem Wald bei Objekten im unmittelbaren Wirkungsbereich kleiner Einzugsgebiete mit häufig hoher Bewaldung, z. B. in den Gebirgen und deren Vorfeld, eine erhebliche Bedeutung für den vorbeugenden Hochwasserschutz zu.

Im Vergleich dazu müssen in großen Einzugsgebieten mit in der Regel geringen Waldanteilen die Maßnahmen zum vorbeugenden Wasserrückhalt auf der Fläche bei den anderen Landnutzungen angreifen. Von ihnen geht die größte Wirkung auf den Oberflächenabfluss aus, z. B. Landwirtschaft, Flächenversiegelung und Erweiterung von Retentionsräumen. Forstwirtschaft ist also nicht das Allheilmittel bei Hochwassergefahr in größeren Flussgebieten.

<b>Reduziert Wald die Gefahr von Hochwasserschäden für uns Menschen ?</b>	
<b>Geringe Auswirkung:</b>	<b>Hohe Auswirkung:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ In großen Einzugsgebieten mit in der Regel geringem Waldanteil (z.B. an der Donau)</li> <li>◆ Bei zu hoher Niederschlagsintensität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Im Wirkungsbereich bewaldeter kleiner Einzugsgebiete (insbesondere in Gebirgen und deren Vorfeld)</li> </ul>
<b>Entscheidend ist:</b>	
1. Intensität des Niederschlags - bestehende Wassersättigung 2. Flächenanteil des Waldes im Einzugsgebiet	

Welche Waldflächen erfüllen die Anforderungen des vorbeugenden Hochwasserschutzes am besten?

#### **Eigenschaften und Zustand des Waldbodens**

- ◆ **Hohe Infiltrationsfähigkeit/geringer Benetzungswiderstand**
  - ◆ guter Humuszustand mit reichem Bodenleben;
  - ◆ geringe Austrocknung des Oberbodens auf Grund dauernder Beschattung;
  - ◆ Dämpfung des Starkregenaufschlages zum Schutz vor Verschlämmung;
  - ◆ Schutz vor Humusschwund durch Waldbedeckung.
- ◆ **Gute Durchlässigkeit des Bodens**
  - ◆ intensiv und unterschiedlich tief durchwurzelter Boden;
  - ◆ hoher Anteil an abgestorbenen Wurzeln;
  - ◆ intensives Bodenleben (Bodenwühler);
  - ◆ lockeres Bodengefüge durch intensive Wurzelentwicklung;
  - ◆ tiefwurzelnde Baumarten zur Erschließung staunasser (insbesondere wechselfeuchter) Böden.
- ◆ **Hohe Speicherfähigkeit**
  - ◆ guter Humuszustand;

- ◆ lockeres Bodengefüge mit hohem Anteil an Makroporen;
- ◆ erhöhtes Porenvolumen durch abgestorbene Wurzeln;
- ◆ möglichst tiefe Verwitterungsschicht;
- ◆ geeignete Baumarten zur Erschließung staunasser Böden.
- ◆ **Hohe Stabilität des Bodens gegen Erosion**
  - ◆ intensive Durchwurzelung;
  - ◆ Dauerbestockung;
  - ◆ Stabilität gegenüber Sturmschäden;
  - ◆ Vermeiden der Erosion auf Grund von Bodenschäden.

#### **Waldstrukturen**

Wälder bieten den größtmöglichen Schutz gegen Oberflächenabfluss und Hochwassergefahr. Dies trifft in besonderem Maße bei folgenden Eigenschaften zu:

- ◆ standortgerecht
- ◆ baumarten- bzw. laubholzreich
- ◆ strukturreiche
- ◆ ausreichend geschlossen
- ◆ dauerhaft schutzfähig

Diese Waldstrukturen gewährleisten eine gute Durchwurzelung bzw. Durchlässigkeit der Waldböden, einen guten Zustand der Humusaufgabe bzw. eine gute Infiltrationsfähigkeit, Schutz vor Erosion und Stabilität gegen Naturkatastrophen. Besonders auf mittel- bis tiefgründigen Böden mit gehemmter Durchlässigkeit entfalten waldbauliche Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen zur Optimierung dieser Strukturen ihre größte Wirkung. Die Waldbewirtschaftung nach dem Prinzip der naturnahen Forstwirtschaft stellt eine wesentliche Basis dar, um diese Waldstrukturen zu erreichen und zu erhalten sowie die Anforderungen an einen Hochwasserschutzwald nachhaltig zu sichern.

**Welche Möglichkeiten haben die Waldbesitzer, den vorbeugenden Hochwasserschutz wirksam zu unterstützen?**

Forstliche Maßnahmen müssen in hochwassergefährdeten Einzugsgebieten an erster Stelle die Wirksamkeit des Bodens zur raschen Wasseraufnahme sichern und verbessern. Auch die dauerhafte stabile Waldbestockung zur Entleerung des Wasserspeichers Boden zwischen den Niederschlägen mittels Transpiration und Evaporation sowie zum Schutz vor Erosion ist hoch einzuschätzen.

Dabei erfordern alle forstlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Schutzwirkung eine langfristige Betrachtungsweise. Dies gilt in besonderem Maß für den Gebirgswald wegen der langsamen Entwicklung und der Belastung der Verjüngung auf Grund von Schneebewegungen.

Die Begriffe „Wald“ und „forstliche Maßnahmen“ sind aber weiter zu fassen und betreffen auch forstpolitische und andere Maßnahmen wie z. B. die Moorrenaturierung.

Die Forstwirtschaft kann den vorbeugenden Hochwasserschutz im Wald auf folgende Art und Weise unterstützen:

- ◆ Aktion 1: Wald erhalten und vermehren
- ◆ Aktion 2: Abflußverschärfende Maßnahmen unterlassen
- ◆ Aktion 3: Erhaltende und verbessernde Maßnahmen durchführen

Begleitende Aktionen:

- ◆ Aktion 4: Geeignete Rahmenbedingungen schaffen
- ◆ Aktion 5: Ergänzende Entwicklungs- und Forschungsarbeiten

Aktion 1 - Wald erhalten und vermehren

Höchste Priorität kommt der Walderhaltung zu, vor allem in Einzugsgebieten hochwassergefährdeter Flüsse, aber auch in Retentionsräumen:

- ◆ Schutzfunktion den Vorrang geben;
- ◆ Wald nicht anderen Interessen opfern;
- ◆ Rodungen unterlassen.

Folgende Vorschläge zur Umsetzung dieser Forderung wurden zusammengetragen:

1. Schutz der Auwälder und der sensiblen Einzugsgebiete (potenziell stark oberflächenabflussgefährdete bzw. -abtraggefährdete Gebiete) durch Ausweitung des Schutzwaldbegriffs nach Art. 10 BayWaldG verbessern.
2. Flächen tauschen zur Aufforstung in Hochwassergebieten gegen Rodungsmöglichkeiten in Gebieten mit geringer Hochwasserentstehung.
2. Eigentümerinteressen am Wald erhalten und fördern
  - geringstmögliche Reglementierung (bzw. Reglementierungen, die die Interessen des Eigentümers möglichst weitgehend berücksichtigen);
  - Würdigung der Leistungen für das Allgemeinwohl in der Öffentlichkeit;
  - Finanzielle Anreize (z. B. erhöhte Schutzwaldprämie).
1. Bestehende Schutzbestimmungen konsequent anwenden.
2. Sanierungsprogramm zum Erhalt der Schutzwälder nachhaltig fortführen (Daueraufgabe), rechtzeitige Eingriffe zu Beginn der Entstehung negativer Strukturen im Schutzwald.
3. Rodungen in Einzugsgebieten unterlassen (z. B. Skipisten).

Die Waldmehrung spielt vor allem in den Einzugsgebieten eine große Rolle. Eine größere Waldfläche ist besonders in waldarmen Gebieten und in großflächig ungünstigen Situationen wie z. B. im Allgäu anzustreben. Auch im Auenbereich wird Wald vor allem auf Grund seiner Widerstandskraft gegenüber kurzzeitigen Über-



schwemmungen als Optimalbestockung gesehen. Seine Fläche sollte ausgeweitet werden. Die Vergrößerung der Retentionsräume ist im Hochwassergebiet allerdings entscheidender als die vorhandene Bestockung. Folgende Maßnahmen wurden als zielführend erachtet:

- ◆ Kartierung von potenziellen Aufforstungsflächen, die für Retention, Oberflächenabfluss und Erosion in Hochwassereinzugsgebieten von besonderer Bedeutung sind unter Einbeziehung der vorhandenen Fachplanungen;
- ◆ "Unternehmensflurbereinigungen" zur Ausformung von Aufforstungsflächeneinheiten;
- ◆ Neubegründung von Auwald;
- ◆ Neubegründung von Wald in nach Satz 1 und 2 ausgewiesenen Gebieten;
- ◆ Ankauf von Flächen in Privatbesitz zur Auwaldmehring;
- ◆ deutlich höhere finanzielle Anreize (Erhöhung des Investitionskostenzuschusses und vor allem der Erstaufforstungsprämie) in den Auen, um die Aufforstung auch auf Hochleistungsstandorten für Landwirte finanziell interessant zu gestalten.

Bayernweit gesehen schätzten die Teilnehmer des Workshops eine nennenswerte Ausweitung des Waldanteils als unrealistisch und im Einzelfall auch als nicht wünschenswert oder erreichbar ein (Konkurrenz der Landnutzungsformen, landschaftliche und ökologische Anforderungen).

Aktion 2 - Abflussverschärfende Maßnahmen unterlassen

Aus Sicht der Fachleute sind Maßnahmen im Wald, die wegen negativer Auswirkungen auf die Schutzfunktion gegen Oberflächenabfluss zu unterlassen sind, bedeutender als fördernde (z.B. waldbaulicher Art) Maßnahmen.

Dies betrifft insbesondere Eingriffe, die den Boden negativ verändern und die Stabilität der Wälder beeinträchtigen, insbesondere wenn sie

- ◆ die Böden verdichten;
- ◆ die Hydrophobie der Bodenoberfläche erhöhen;
- ◆ Ansatzstellen für Erosion schaffen;
- ◆ die Bodentiefe verringern;
- ◆ zum Humusschwund beitragen;
- ◆ längere Zeit den Waldboden von einer Waldbestockung freigegen;
- ◆ die Stabilität der Waldbestände verringern (Stammschäden, Sturm).

Folgende Maßnahmen sollten daher unterlassen oder zur Abwendung negativer Entwicklungen ergriffen werden:

### **Rodungen in potenziellen Gefahrenbereichen**

Wald stellt einen besonderen Schutz gegen den Oberbodenabfluss dar. Entscheidungen über Rodungen im Einzugsgebiet hochwassergefährdeter Flüsse sollten sich daher vorrangig am Hochwasserschutz orientieren. Auch das Entstehen neuer Lawinenbahnen im Wald ist in der Wirkung einer Rodung gleichzusetzen.

### **Boden- und bestandsschonende Forsttechnik**

Unpflegliche Holzerntetechnik kann die Bodeneigenschaften massiv negativ verändern (Verdichtung, Strukturschäden, Erosionsansätze, Wegebau). Schonende Methoden

- ◆ vermeiden eine hohe flächige Befahrungintensität und damit Bodenverdichtung bzw. nachteilige Veränderungen der Bodenstruktur,
- ◆ halten Nähstoffverluste möglichst gering;
- ◆ minimieren Ansätze für Erosionen;
- ◆ beachten bodenschädigende Witterung.

### **Wegebau**

Der Wegebau im Gebirge kann den Oberflächenabfluss bzw. die Zuleitung von Oberflächenwasser in die Wildbäche erheblich beeinflussen.

Auch Erosionen, die sich auf das Hochwasserge-schehen auswirken, spielen dabei eine Rolle. Folgende Maßnahmen sollen vermieden bzw. zur Abwendung negativer Auswirkungen ergrif-fen werden:

- ◆ Abflusskonzentration durch den Bau hydro-logisch riskanter Forststraßen vermeiden
  - ◆ gegebenenfalls Verlegung oder Rückbau der für den Wasserabfluss ungünstigen bzw. stark gefährdeten Forststraßen;
  - ◆ Bachbett nicht einengen und wo notwen-dig erweitern; Bäche benötigen Raum bzw. ihre natürlichen Umlagerungsflä-chen;
  - ◆ negative Drainagewirkungen vermeiden, das von oben kommende Hangwasser soll sich möglichst flächig und boden-schonend am Unterhang verteilen;
  - ◆ wo nötig und möglich alternative Wald-erschließungsmaßnahmen wählen, z. B. ergänzende Erschließung mit Seilkran.
- ◆ Intensität der Erschließung an die Erforder-nisse des Waldbaus anpassen, im hydrologisch kritischen Einzelfall Waldbewirtschaftung extensivieren und mittelmäßigen Wald-zustand akzeptieren.

Aber beachten: Wegebau ist für Waldbesitzer wichtig, um das Eigentum erschließen und damit oft erst nutzen zu können.

### **Waldbau**

Fehler in der waldbaulichen Behandlung können die positive Hochwasserfunktion des Waldes insbesondere auf mittel- bis tiefgründigen Stand-orten mit gehemmter Durchlässigkeit mindern.

- ◆ Kulturvorbereitung: keine mechanische Zer-störung der Bodenstruktur, keine bodenver-dichtende flächige Befahrung, keine Entwäs-serung;
  - ◆ keine Maßnahmen, die größerflächig Boden freilegen: Kahlschlag, Begünstigen von Lawinenbahnen, Destabilisierung des Bestandesgefüges;
- ◆ Phasen in der Waldentwicklung mit Blößen und Verjüngung ohne Altholzschirm kurz halten (Waldweide, Wild): möglichst dauern-de Bestockung, in der Verjüngungsphase be-reits unter Altholz vorausverjüngen;
  - ◆ Windwurfgefährdete Strukturen vermeiden (Baumarten, Eingriffe, Kronenform): neben dem Fehlen der verdunstenden Bäume wird durch Windwurfteiler die Bodenstruktur bzw. das Speichervermögen gestört.

### **Wildregulierung**

Zu hohe Schalenwildbestände verzögern die Waldverjüngung und selektieren negativ die besonders verbissgefährdeten, aber stabilisier-enden Baumarten. Wildstände sind daher an den Lebensraum anzupassen. Wo erforderlich, ist im Gebirge die Trennung von Wald und Weide voranzutreiben.

### **Schadstoffeinträge**

Die Stabilität der Waldbestände gefährdende Schadstoffeinträge aus der Luft sind unbedingt zu vermeiden bzw. zu verringern.

Aktion 3 - Erhaltende und verbessernde Maßnahmen durchführen

Maßnahmen zum Erhalt und zur Verbesserung der Schutzwirkung gegen Oberflächenabfluss sollen

- ◆ die Stabilität der Wälder und Böden erhöhen;
- ◆ die Infiltrationsfähigkeit erhalten oder ver-bessern;
- ◆ die tiefe und intensive Durchwurzelung der Böden fördern;
- ◆ eine Verdichtung der Böden zurückbilden;
- ◆ das Abpumpen des Wassers insbesondere aus staunassen Böden in niederschlagsarmen Zeiten fördern;
- ◆ eine frühzeitige Verjüngung der Wälder schon unter den Altbäumen und damit eine dauernde Beschirmung gewährleisten.

Forstliche Maßnahmen zur Sicherung und Verbesserung der Schutzfähigkeit der Wälder und Waldböden in Hinsicht auf Hochwasser erfordern in der Regel eine langfristige Betrachtungsweise:

- ◆ Kontinuität in der Bewirtschaftung und Betreuung im Schutzwald, dazu auch Dokumentation der Ausgangssituation und der waldbaulichen Eingriffe;
- ◆ intensive Beratung im Privat- und Kommunalwald;
- ◆ Präventivstrategie ergänzend zu Sanierungsmaßnahmen insbesondere für die Gebirgsschutzwälder, um mit rechtzeitigen Eingriffen zum Erhalt geeigneter Waldstrukturen die Entwicklung neuer Sanierungsflächen zu verhindern.

#### **Standortqualität erhalten und verbessern**

Maßnahmen zum Erhalt und zur Verbesserung der Bodenstruktur:

- ◆ Tiefwurzelnde Baumarten fördern bzw. neu einbringen;
- ◆ Humuspflge;
- ◆ Vermeiden von Erosion;

Wiederherstellen naturnaher hydrologischer Bedingungen auf den Waldflächen:

- ◆ Herstellung natürlicher Abflussbedingungen im Einzugsgebiet;
- ◆ Abflusserhalt auf der ganzen Waldfläche;
- ◆ Beseitigung von künstlichen Hindernissen auf Retentionsflächen.;
- ◆ Hydrologische Sanierung der Moore und ihrer Randbereiche, Wiedervernässung mittels Aufstau bzw. Schließung der Entwässerungsgräben.

Vermeiden von Erosion

- ◆ Spezielle Bewirtschaftung von unterwassungs- und rutschgefährdeten Bach-

einhängen; rechtzeitiges Abstocken, Strauchbestockung, Erhalten der Jungwuchsphasen;

- ◆ Lenkung der touristischen Nutzung zur Vermeidung von Erosion;
- ◆ Wildwassergefährdete Ufer; Bäume am Rand entnehmen, um Schäden an Brücken etc. im Unterlauf zu vermeiden, im Einzelfall ist dies sorgfältig zu prüfen;
- ◆ Räumung bei Gefahr der Verklausung und bei vorhandenem Gefährdungspotenzial (Erosion, Geschiebe, Muren), (insgesamt von geringer Bedeutung, im Einzelfall hohe Auswirkung, wenn Fehlentwicklung zu erwarten).

#### **Bestandesqualität erhalten und verbessern**

Wichtigstes Ziel ist der Erhalt einer dauernden Baumbestockung mit ausreichend dichter Überschildung. Damit erlangt die Bestandesstabilität höchste Priorität. Ein standortgerechter, strukturreicher Mischwald wird als optimal auch für diese Schutzfunktion angesehen.

##### ◆ Baumartenwahl

- ◆ an den Standort angepasste Mischbestände mit unterschiedlich tief wurzelnden Baumarten erhalten, natürliche Waldgesellschaft berücksichtigen;
- ◆ wegen des ganzjährig hohen Wasserverbrauchs kann ein hoher Nadelholzanteil im Einzugsgebiet sinnvoll sein (Stabilität und Gefahr mächtiger Auflagehumusdecken beachten);
- ◆ im Überflutungsbereich Umbau der Wälder auf hochwassertolerante Baumartenkombinationen.

##### ◆ Waldpflege

- ◆ strukturreiche Mischbestände nachhaltig fördern, im Hochgebirge Rotten im subalpinen Fichtenwald und ausreichende Kammerung im Bergmischwaldbereich anstreben;

- ◆ rechtzeitige eingreifen, bevor sich negative Waldstrukturen entwickeln und neue Sanierungsflächen entstehen.
- ◆ Waldverjüngung
  - ◆ standortgerechte (Natur-) Verjüngung auf ganzer Fläche;
  - ◆ bestockungsfreie Flächen mittels einer langfristigen waldbaulichen Zielsetzung vermeiden, lange Verjüngungszeiträume mit Vorausverjüngung unter Altholzschirm;
  - ◆ möglichst natürliche Verjüngung (Stabilität).
- ◆ Umbau nicht funktions- und standortgerechter Bestände (Schneebruch, Schältschäden, nicht funktions- und standortgerechte Baumarten, falsche Herkünfte)
- ◆ Anpassung der Wildbestände, um die Baumartenwahl und das angestrebte Bestockungsziel unter Gesichtspunkten des Hochwasserschutzes zu erreichen
  - ◆ konsequente Anwendung eines bußgeldbewehrten Abschusskontrollprogramms;
  - ◆ revierweises Verbissgutachten;
  - ◆ Ersatz verbissener Forstpflanzen;
  - ◆ flexiblere Pachtzeiten (Mehrheitsvotum, das nicht alle Gruppenmitglieder unterstützen);
  - ◆ Abschaffung der Pflichthegeschau;
  - ◆ optimale Bejagungsstrategien;
  - ◆ angepasste Pachtpreise;
  - ◆ bayernweite (staatliche) Informationskampagne für den Grundsatz: "Wald vor Wild".
- ◆ Weideoptimierung (Freistellung, Trennung von Wald und Weide, Koppelung etc.)
- ◆ Gemeinsame Betrachtung des Hochwassergeschehens mit der Erosion oder anderen Schutzfunktionen (Lawinen usw.) in der endgültigen Festlegung der Maßnahmen

Aktion 4: Geeignete Rahmenbedingungen schaffen

#### **Fachübergreifende Entwicklungsziele**

Die Leitidee lautet Herstellung eines interdisziplinären Netzwerkes Hochwasserschutz von der Quelle bis zum Fluss.

- ◆ Integrale Betrachtung des gesamten Einzugsgebiets eines hochwassergefährdeten Baches/Flusses
  - ◆ verschiedene Nutzer bestimmen die Charakteristik eines Einzugsgebiets;
  - ◆ flächenhaft wirksame Maßnahmen zum natürlichen Rückhalt des Niederschlagswassers sind nur eine der drei Säulen des Hochwasserschutzes, ihre Bedeutung wechselt und ist für das jeweilige Einzugsgebiet zu überlegen, in der Regel führt eine Kombination zum besten Effekt;
  - ◆ nur im Zusammenwirken mit anderen Maßnahmen zum Hochwasserschutz kann der Wald seinen positiven Einfluss auf das Hochwassergeschehen zur vollen Geltung bringen;
  - ◆ im Auenbereich sollte an erster Stelle die Vergrößerung der Retentionsräume vorangetrieben werden. Wald wird dabei als optimale Landnutzung mit geringem Schadenspotenzial gesehen.
- ◆ Differenzieren zwischen
  - ◆ lokalen kleinen Einzugsgebieten
  - ◆ einer großräumigen Betrachtung der Hochwassersituation.
- ◆ Prüfen und Kartieren von Gefährdungspotenzial und Handlungsbedarf für das jeweilige Einzugsgebiet entlang des gesamten Flusslaufes, Szenarien mit unterschiedlichen Gewichtungen erstellen und Kosten-Nutzen-Überlegungen anstellen, darauf basiert die Entscheidung der richtigen Kombination der Maßnahmen.
- ◆ Intensive Kommunikation zwischen den Landnutzern und den verschiedenen Fach-

richtungen ist hierzu erforderlich, z. B. auch zur Interessenabwägung zwischen Naturschutz und Hochwasserschutz (Vorrangfunktion):

- ◆ Förderung der interdisziplinären Kooperation vor allem über konkrete Projekte unter Beteiligung der Fachbehörden von Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Forstwirtschaft, Geologie sowie der Grundstückseigentümer und Kommunen, z.B. Moorentwicklungskonzept Bayern, Aktionsprogramm Quellen, Sanierung Donauried;
- ◆ länderübergreifende Kooperationen mit dem Ziel der übernationalen und länderübergreifenden Zusammenarbeit an großen Flüssen wie z. B. Lech, Iller, Salzach, Donau, Rhein (Renaturierungsprogramme).

#### **Fachübergreifende integrale Projekte**

Besonderer Handlungsbedarf besteht in folgenden Bereichen:

- ◆ Ökologische Verbesserung und Sanierung der Quellbereiche und der Bäche; Rückbau von Fassungen, Verbauungen und Drainagen;
- ◆ Wiederherstellung von Bruch- und Sumpfwäldern, Rückbau der Entwässerung, Anpassung der Baumarten an die Bruch- und Sumpfwaldbedingungen, in der Regel Einbringung der typischen Baumarten und Aufbau naturnaher Wälder wie z. B. Erlenwälder, Erlen-Eschenwälder, Eichen-Eschenwälder, Birkenbrücher, Fichten-Kiefernbruchwälder, Weidengebüsche (Weidenbrüche);
- ◆ hydrologische Sanierung der Moore und ihrer Randbereiche, Wiedervernässung mittels Aufstau bzw. Schließung der Entwässerungsgräben;
- ◆ im Zielgebiet Hochwasserschutz, Wiederherstellung der Grundwasserdynamik etwa im staugeregelten Bereich von Bächen und Flüssen, Renaturierung von Altwässern, Erweiterung von Retentionsräumen;

- ◆ konsequenter Erhalt der Auen und Auwälder als Retentionsräume, Erweiterung, wo möglich, planmäßige Entwicklung (siehe auch EU-Wasserrahmenrichtlinie);
- ◆ Beispiele der Zusammenarbeit von Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz etc.:
  - ◆ Renaturierung von Auen
  - ◆ Renaturierung und Schutz der Moore
  - ◆ Schutz aller Feuchtgebiete
  - ◆ Schutz und Entwicklung von Wassereinzugsgebieten.

#### **Kontinuität der Maßnahmen durch Kartierung, Dokumentation und Monitoring**

- ◆ Die Effektivität von forstbetrieblichen Maßnahmen wird wesentlich gesteigert mit Hilfe der Kartierung und Priorisierung von
  - ◆ potenziellen Aufforstungsflächen, die für Retention, Oberflächenabfluss und Erosion in Hochwassereinzugsgebieten von besonderer Bedeutung sind, unter Einbeziehung vorhandener Fachplanungen;
  - ◆ Waldflächen im Einzugsbereich von hochwassergefährdeten Bächen und Flüssen, auf denen forstwirtschaftliche Maßnahmen effektiv den Hochwasserschutz verbessern können.
- ◆ Flächendeckendes Monitoring ist erforderlich
  - ◆ aus Gründen des Forstschatzes (Borkenkäfer);
  - ◆ um negative Entwicklungen in der Bestandesstruktur vor allem im Gebirgswald rechtzeitig zu erkennen (Präventivstrategie);
  - ◆ mit fächerübergreifender Abstimmung des Verfahrens und der Bewertung.
- ◆ Dokumentation und Erfolgskontrolle der waldbaulichen Maßnahmen sind dringend erforderlich für die Kontinuität der Betreuung und um Erfahrungen aus der weiteren Bestandesentwicklung nutzen zu können, besonders bei Eingriffen im Gebirge:

- ◆ Kombination von Stichprobeninventur bzw. Flächenkartierung;
- ◆ waldbauliche Dokumentationsflächen (siehe "Minimale Pflegemaßnahmen" in der Schweiz) zur Kontrolle des Erfolgs der Maßnahmen.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Aus- und Fortbildung**

- ◆ Maßnahmen gegen Hochwasser können nur greifen, wenn sowohl die Betroffenen als auch die Verantwortlichen für den Hochwasserschutz sensibilisiert werden. Maßnahmen:
  - ◆ Schulung und Fortbildung der betroffenen Forstleute über die gesamte Thematik Hochwasserschutz;
  - ◆ Erarbeitung von Informationsmaterialien;
  - ◆ Sensibilisierung der Öffentlichkeit und der Waldbesitzer (Beratung) für das Thema;
  - ◆ Verstärkung der Öffentlichkeitsarbeit im Themengebiet Wald und Hochwasserschutz in die Bevölkerung und in die benachbarten Fachdisziplinen hinein.

### **Finanzierung (Steuerung) und Förderung verbessern**

- ◆ Hochwasserschutzmaßnahmen scheitern vor allem wegen fehlender finanzieller Mittel (speziell im Auwald können die bisherigen finanziellen Anreize zur Ausweitung von Retentionsräumen und zur Aufforstung die Erträge der fruchtbaren Äcker bei weitem nicht kompensieren);
- ◆ außerdem ist jeweils die Frage zu stellen, wo sich Investitionen der Forstwirtschaft in den vorbeugenden Hochwasserschutz am effektivsten auswirken.

### **Finanzierung**

- ◆ Einrichtung eines Hochwasserfonds, gespeist aus

- ◆ einer Versiegelungsabgabe (Mittel reserviert für Erstaufforstungen);
- ◆ Privatisierungserlösen der Wasserkraftnutzer zum Ausgleich von Eingriffen in den Auwald.
- ◆ Auflegung eines Programms zum Vertragshochwasserschutz, spezielle Förderung zur Verbesserung des Hochwasserschutzes;
- ◆ Erschließung von EU-Mitteln über neues Hochwasserschutzprogramm;
- ◆ Naturschutzfonds, -> Ankauf von Aufforstungsflächen;
- ◆ Vertragsnaturschutz -> möglichst rasche Rückführung hin zu feuchten und nassen Waldstandorten;
- ◆ Einbeziehung der Unterlieger als Nutznießer in die Finanzierung der Kosten.

### **Förderung**

- ◆ mehr maßnahmenbezogene Förderung für Schutzwälder statt reiner Flächenförderung (z.B. Förderung im Gebirge);
- ◆ forstwirtschaftliche und landwirtschaftliche Förderung abstimmen;
- ◆ Nutzungspolitik -> Land- und Forstwirtschaft aufeinander abstimmen, Beispiele:
  - ◆ Schafhaltungsprämie - Hochlagenaufforstung
  - ◆ Flächenförderung - Trennung von Wald und Weide
  - ◆ Förderung Schwenden - Wiederbewaldung
- ◆ Förderung dort konzentrieren, wo die Effekte am größten sind, z. B. abhängig vom Standort.

### **Aktion 5 - Ergänzende Entwicklungs- und Forschungsarbeiten**

- ◆ Sammlung des Fachwissens in einer Wissensdatenbank;
- ◆ Zur Wirksamkeit der Wälder in Hinsicht auf den Hochwasserschutz existieren bereits

zahlreiche Versuche, ein umfangreiches Fachwissen ist vorhanden. Eine Zusammenfassung sowie eine leicht zugängliche Bereitstellung zum Beispiel über die Möglichkeiten des Internet (Fachinformationssystem) fehlen jedoch.

- ◆ Quantitative Aussagen zur Schutzwirkung des Waldes bei unterschiedlichen
  - ◆ Niederschlagsszenarien
  - ◆ Charakteristika der Einzugsgebiete.
- ◆ Wirkung des Waldes auf Hochwasser:
  - ◆ für großräumige Einzugsgebiete (für lokale Einzugsgebiete vorhanden);
  - ◆ für verschiedene Waldzustände und Maßnahmentypen (z. B. Mischbestand / Fichtenreinbestand).
  - ◆ Eignung von Bestandesstrukturen für den Hochwasserschutz; auch Buchenhallenbestände können geeignete Strukturen für Hochwasserschutzziele sein.
  - ◆ Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf die Intensität des Abflusses; erst ab einer drastischen Absenkung der Buchengrundfläche um 60 % ist ein nennenswerter Einfluss auf den Oberflächenabfluss zu erwarten. Sind bei solchen Ergebnissen waldbauliche Empfehlungen sinnvoll?
  - ◆ Die Schwierigkeit in der Forschung über den Einfluss des Waldes auf das Hochwassergeschehen liegt vor allem darin, dass der Einfluss bei kleinen Versuchsflächen gut zu messen und nachzuweisen ist. Bei großen Einzugsgebieten kann der direkte Einfluß des Waldes nicht gemessen bzw. festgestellt werden (Überlagerung durch andere Einflussgrößen). Zudem führten verschiedene Versuche (z. B. Berechnungsversuch von WEINMEISTER im Flysch) auch zu überraschenden Ergebnissen, die die bisherigen Anschauungen zumindest teilweise in Frage stellen.
- ◆ Länderübergreifend abgestimmtes Monitoringverfahren für den Gebirgs-Schutzwald mittels Flächenkartierung, Stichproben, Do-

kumentationsflächen (Schweiz "Weiserfläche"), Fernerkundung, GIS.

## Zusammenfassung

Der vorbeugende Hochwasserschutz als eine der drei Säulen des Hochwasserschutzes in Bayern gewinnt angesichts der zurückliegenden Hochwasserkatastrophen und der immensen Kosten für technische Maßnahmen an Bedeutung. Auch die Forstwirtschaft ist hier gefordert, Ihren Beitrag zu leisten.

In einem interdisziplinären Workshop der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft diskutierten Fachleute der Wissenschaft und Praxis sowie Verbandsvertreter aus Deutschland, Österreich und der Schweiz aus unterschiedlicher fachlicher Sicht (Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Jagd, Naturschutz, Privatwald, Forstpolitik, Versicherung, Kommunen, Waldbau, Bodenkunde, Forstbetrieb, Wissenschaft) die Wirksamkeit der Wälder, erarbeiteten praxisbezogenen Vorschläge für die Umsetzung des vorbeugenden Hochwasserschutzes und zeigten Lösungen für Konfliktbereiche zwischen den Forstbetrieben und der Staatsverwaltung auf.

Sie kamen zu folgenden Ergebnissen zur Wirksamkeit der Wälder:

Unter Wald ist der Oberflächenabfluss in der Regel deutlich geringer als bei anderen Landnutzungsformen.

Der Waldboden stellt dabei die entscheidende Schlüsselgröße dar, deren Wirksamkeit der Wald sichert:

- ◆ Die Wirkung auf den Oberflächenabfluss kann sehr unterschiedlich sein, abhängig von Standort, Infiltrationswiderstand, Dauer und Intensität der Niederschläge sowie Gerinnedichte;
- ◆ ob Waldflächen bei hoher Schutzwirksamkeit dann tatsächlich am jeweiligen beurteilten Ort auch zu einer spürbaren Reduktion der Hochwasserspitzen bzw. der Hochwasserschäden führen, hängt entscheidend

vom Waldanteil im Verhältnis zu anderen Landnutzungsformen ab.

Sie schlugen folgende Maßnahmen für die Forstwirtschaft vor:

- ◆ Aktion 1: Wald erhalten und vermehren (erste Priorität)
- ◆ Aktion 2: Abflussverschärfende Maßnahmen unterlassen (zweite Priorität)
- ◆ Aktion 3: Erhaltende und verbessernde Maßnahmen durchführen (dritte Priorität)

Zur effektiven Umsetzung sind begleitende Aktionen erforderlich:

- ◆ Aktion 4: Geeignete Rahmenbedingungen schaffen
- ◆ Aktion 5: Ergänzende Verfahrensentwicklung und Forschung

Nachdem die Gruppe aus Vertretern sehr unterschiedlicher Fachrichtungen zusammengesetzt war, entstanden zum Teil lebhafte Diskussionen. Bis auf zwei strittige Punkte zum Thema Jagd

wurden letztlich viele konsensfähige Vorschläge zusammengetragen. Es bestätigte sich, dass wir uns bisher vielfach auf dem richtigen Weg befinden und auch weitere Erkenntnisse nicht zu einer grundsätzlichen Änderung des Grundkonzepts der Maßnahmen und der Prioritäten führen werden.

Die interdisziplinäre Besetzung und die positiven Aussagen der Teilnehmer dokumentierten die Notwendigkeit der fachübergreifenden Behandlung des Hochwasserschutzes, sei es in der fachlichen Zusammenarbeit, sei es in der Abstimmung unterschiedlicher Ziele und Anforderungen. Dies entspricht auch den Zielen der neuen EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Das gemeinsame Nachdenken und Diskutieren trug wesentlich zur Verständigung der verschiedenen "Lager" bei.

## Literatur

Literaturnachweise auf Anfrage beim Verfasser

---

### Teilnehmer Interdisziplinärer Workshop der LWF „Wald und Hochwasserschutz“, Freising, 31.05-01.06.2001

#### Thema I: Gesellschaftsrelevante, forstpolit., raumordnerische u. ökol. Rahmenbedingungen

- Gerhard Zwirgmaier, Landesjagdberater, Forstamt Wasserburg,
- Klaus Wagner Lehrstuhl für Forstpolitik der Technischen Universität München,
- Christine Margraf, Fachabteilung des Bund Naturschutz,
- Michael Lechner, Vorsitzender der Waldbauernvereinigung Miesbach,
- Dr. Wolfgang Kron, Forschungsgruppe Geowissenschaften der Münchener Rückversicherung
- Hansjörg Reißner Bayerischer Bauernverband
- Dr. Rothmeier, Landesamt für Wasserwirtschaft, Ref. Gesamtwirtschaftliche Planung,
- Klement Fend, Bürgermeister der Gemeinde Oberammergau

#### Thema II: Wirksamkeit des Waldes auf Zahl/Höhe von Hochwässern - Stand der Wissenschaft

- Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hans Wolfgang Weinmeister, Institut für Wildbach und Lawinenschutz der Universität für Bodenkultur, Wien,
- Kasper Zürcher, Firma Impuls, Thun, Schweiz,
- Dr. Jürgen Zander, Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TU München,
- Dr. Andreas Rothe, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten
- Dr. Martin Kennel, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Sachgebiet II, Freising,

- Dr. Hegg, WSL, Zürcherstraße 111, CH-8903 Birmensdorf, Schweiz,

- Thomas Dick, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München,

#### Thema III: Forstliche Maßnahmen im Einzugsgebiet der Flüsse (Hochgebirge)

- Beat Annen, Kreisförster, Amt für Forst und Jagd, Kreisforstamt Alttorf, Kanton Uri
- Klaus Dinser, Funktionsstelle Schutzwaldsanierung, Bayer. Forstamt Sonthofen,
- Harald Loher, Bayer. Forstamt Kreuth,
- Anton Burkhart, Geschäftsführer, Privatwaldgemeinschaft Oberammergau,
- Dipl. Ing. Kurt Ziegner, Landesforstdirektion Tirol,
- Dipl. Ing. Heumader, Wildbach und Lawinenverbauung, Imst,

#### Thema IV: Forstliche Maßnahmen außerhalb des Hochgebirges einschließlich Auwald und Moornaturierung

- Dr. Textor, Forstverwaltung Wittelsbacher Ausgleichsfond Ingolstadt,
- Michael Strixner, Bayer. Forstamt Neuburg a.d. Donau,
- Dr. Volk, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg,
- Dr. Jürging, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Referat 41 Gewässerentwicklung, Ingenieurökologie
- H.Fetz, Landesamt für Umweltschutz, Abteilung Landschaftsökologie
- Alois Zollner, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft



## Zusammenfassung

Die Hochwasserereignisse der zurückliegenden Jahre an Oder, Rhein und zuletzt an der Elbe entfachten die Diskussion um Ursachen und Abhilfemaßnahmen neu. Der vorbeugende Hochwasserschutz auf der Fläche ist einer der wesentlichen Pfeiler des Hochwasserschutzkonzepts für Bayern. Für Wald und Forstwirtschaft stellt sich hier in besonderem Maße die Frage, was sie hierzu beitragen können. Die in diesem Bericht enthaltenen Referate beleuchten die Problematik aus verschiedenen Blickwinkeln (Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft, Bodenkunde, Moorkunde, Wissenschaft und Praxis). Sie liefern den forstlichen Praktikern und Waldbesitzern Einblicke in die Ursachen dieser periodisch wiederkehrenden Naturgefahr, aber auch eine Fülle von Anregungen, wie sie zum verbesserten Wasserrückhalt bei Starkregenereignissen beitragen können.

Der Deutsche Rat für Landespflege setzte sich mit dem künftigen Umgang mit dem Hochwasserschutz an Fließgewässern auseinander. **Wolfgang Haber** fasst dessen Erkenntnisse und Auffassungen zusammen. Er weist unter anderem darauf hin, dass neue mittel- und langfristige, ökologisch tragfähige, nachhaltige Flussleitbilder zu entwickeln sind. Darüber hinaus umreißt er grundlegend die Möglichkeiten der Landnutzung und der flussbaulichen Entwicklung zur Minderung des Schadenspotenzials und schlägt einen umfangreichen Maßnahmenkatalog vor.

**Albert Göttle** beschreibt aus der Sicht der Wasserwirtschaft das volkswirtschaftliche Schadenspotenzial der Hochwasserereignisse des letzten Jahrzehnts in Bayern. Im geschichtlichen Rückblick zeigt er, dass einerseits gravierende Änderungen in der Landschaft sicher zur Höhe der Schäden beitrugen, andererseits aber auch bis weit zurück ins letzte Jahrhundert über Hochwasserkatastrophen großen Ausmaßes berichtet wurde. Heute sorgt das Aktionsprogramm 2020 zum nachhaltigen Hochwasserschutz in Bayern dafür, dass die bisherigen Bemühungen zur Gewässerentwicklung, zur Re-

aktivierung natürlichen Rückhalteräume, zur Renaturierung der Flussauen und zur Sanierung der Schutzwälder als integriertes Konzept konsequent fortgeführt werden.

Einen tiefen Einblick in die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Fähigkeiten des Waldes zur Verminderung von Hochwasserereignissen gibt **Wolfgang Weinmeister**. Er spannt den Bogen von der Entstehung der Hochwasser über die Wirkung von Boden und Waldbestand bis zum daraus sich ergebenden Abflussgang. Er weist auf die besondere Bedeutung des Bodens hin, zeigt aber auch die Grenzen der Waldwirkung in der Vernetzung mit den Standortverhältnissen auf. Zahlreiche Messergebnisse aus europäischen Untersuchungsflächen und Hinweise auf abzuleitende Schutzmaßnahmen runden seinen Bericht ab.

**Peter Lüscher** und **Kaspar Zürcher** zeigen auf, dass die Beurteilung der Waldwirkung auf den Hochwasserschutz eine differenzierte Betrachtungsweise erfordert. Ihre Forschungen weisen darauf hin, dass der Einfluss des Waldes auf das Abflussgeschehen wesentlich von den Bodeneigenschaften im Zusammenspiel mit den Bestandeseigenschaften abhängt. Sie entwickelten eine differenzierte Methode, um aufbauend auf diesen Erkenntnissen Prioritäten beim Einsatz der begrenzten öffentlichen Mittel zur Schutzwaldpflege setzen zu können.

Nach einer kurzen Analyse, welchen Beitrag der Wald im Zusammenhang mit dem vorbeugenden Hochwasserschutz leisten kann, stellen **Franz Brosinger** und **Andreas Rothe** die Ziele und Maßnahmen der Bayerischen Staatsforstverwaltung dar, die sie bei der Bewirtschaftung des Bergwaldes und bei der Sanierung der Wälder mit unzureichender Schutzfunktion auch im Hinblick auf den vorbeugenden Hochwasserschutz verfolgt. Neben der Schlüsselgröße Waldboden sind Waldzusammensetzung, Waldaufbau und kleinflächige Verjüngungsmaßnahmen wichtige Faktoren. Bei der Bergwaldbewirtschaftung im Staatswald haben die Schutzfunktionen

Priorität. Ein standortgerechter, stufig aufgebauter und gut strukturierter Mischwald aus den Baumarten Fichte, Buche und Tanne erfüllt die Anforderungen am besten.

Auch intakten Hochmooren kommt eine herausragende Bedeutung für das Abflussgeschehen von Mooreinzugsgebieten zu. Diese wichtige neue Erkenntnis stellen **Alois Zollner** und **Hannes Cronauer** in den Mittelpunkt ihres Beitrags. An Hand einer differenzierten Auswertung wissenschaftlicher Untersuchungsflächen zeigen sie die Auswirkungen unterschiedlich genutzter Hochmoorflächen auf den Wasserhaushalt. Sie entwickeln daraus Schlussfolgerungen für eine Renaturierung von genutzten Moorflächen, um ihr Potenzial des Wasserrückhalts wieder für den vorbeugenden Hochwasserschutz zu erschließen.

**Jürgen Boddenberg** geht besonders auf die Waldbehandlung an Gewässern ein. Er zeigt an verschiedensten praktischen Beispielen aus dem Thüringer Fließgewässerprogramm auf, anhand welcher Mittel und Möglichkeiten man in Verantwortung für den Gesamtlebensraum Wald auch etwas zu Gunsten aquatischer Systeme erreichen kann, ohne dabei allzu große Ressourcen in Anspruch zu nehmen. Die Pflege

und Entwicklung ist dabei Teil des vorbeugenden Hochwasserschutzes, den die Forstwirtschaft leisten kann.

Was kann nun die Forstwirtschaft konkret tun, um bei Starkregen den Oberflächenabfluss aus dem Wald weiter zu verringern? Zum Abschluss strukturiert und fasst **Reinhard Mössmer** die Empfehlungen zusammen, die Wissenschaftler und Praktiker verschiedenster Fachgebiete und Verbände in einem Workshop erarbeiteten. Aufbauend auf den grundsätzlichen Erkenntnissen der Wissenschaft lässt sich folgende Handlungsweise für den forstlichen vorbeugenden Hochwasserschutz ableiten:

- ◆ Wald erhalten und vermehren;
- ◆ abflussverschärfende Maßnahmen unterlassen;
- ◆ erhaltende und verbessernde Maßnahmen durchführen;

als begleitende Aktionen

- ◆ geeignete Rahmenbedingungen schaffen;
- ◆ ergänzende Entwicklungs- und Forschungsarbeiten durchführen.

---

## Summary

The floods which have occurred in the past years at the Oder, Rhine and lastly at the Elbe have again arisen the discussion about causes and remedies. Preventive flood protection is one of the essential fundamentals of the flood protection concept for Bavaria. For forestry it is particularly important to consider what their contribution can be. The papers in this report illuminate the problem from different points of view (watershed management, forestry, edaphology, peat science, science and practise). Forest practitioners and forest owners may gain insight into the causes of this periodically recurring natural hazard. Furthermore, the present papers provide numerous suggestions in what way forest practitioners and forest owners may contribute to improve the retain of water in the case of heavy rainfalls.

The German council for land conservation dealt with the future handling of flood protection in the case of river basins. **Wolfgang Haber** summarises their findings and their opinions. Among others he points out that new ecologically sustainable medium term and long term approaches will have to be developed for the rivers. Furthermore, he basically outlines the possibilities of land use and the development of river training for reducing the damage potenzial. He suggests a substantial catalogue of measures.

**Albert Göttle** describes the economic damage potenzial of the past decade's floods in Bavaria from the watershed management's point of view. In a historical retrospect he shows that on the one hand fundamental changes in the landscape surely contributed to the large extent of the damages, but that on the other hand large-scale flood catastrophes have been reported since back in the last century. Today the action programme 2020 for a sustainable flood protection in Bavaria makes sure that the present efforts to develop water bodies, to reactivate the natural spaces for retention, to restore the river floodplains and the protection forests as integrated concept will be continued consequently.

**Wolfgang Weinmeister** delivers a deep insight into the scientific findings about the ability of the forest to reduce floods. He explains the formation of floods, the effect of the soil and the forest stand as well as the resulting discharge way. He points out the particular importance of the soil, but also shows the limits of the effect of the forest linked with the conditions of the site. Numerous measuring results of European investigation areas and references to resulting protection measures complete his paper.

**Peter Lüscher** and **Kaspar Zürcher** show that the evaluation of the effect of forests on flood protection requires a differentiated approach. Their studies point out that the impact of the forest on the discharge essentially depends on the soil characteristics in combination with the stand characteristics. Based on these results they developed a differentiated method in order to be able to set priorities in the use of the limited public funds for protection forest management.

After a short analysis which contribution the forest can make in connection with preventive flood protection, **Franz Brosinger** and **Andreas Rothe** explain the targets of the Bavarian state forest service and the measures carried out in managing the mountain forest as well as restoring the forests which have an insufficient function of protection also in view of preventive flood protection. The main factor is the forest soil. Further important factors are the mixture of tree species, the structure as well as small-scale regeneration measures. The protection functions have a priority in the mountain forest management in the state forest. A site-adapted, well structured and mixed forest of the species spruce, beech and fir fulfils the requirements best.

Intact peats are also outstandingly important for the discharge of moor catchment areas. These important and new findings are in the centre of **Alois Zollner's** and **Hannes Cronauer's** paper. They show the impact which differently used peat areas have on the water balance, using a differentiated evaluation of scientific investigation

areas. On the basis of this they develop conclusions for restoring used peat areas in order to open up their potential for preventive flood protection.

**Jürgen Boddenberg** focuses on forest management around water bodies. He uses various practical examples of Thuringia's river programme in order to show which means and possibilities can be used for achieving positive effects for aquatic systems, assuming responsibility for the complete habitat forest. This is possible without taking up a lot of resources. Tending and development is the part of preventive flood protection which can be contributed by forestry.

What can forestry concretely do in order to reduce the surface discharge from the forest in the ca-

se of heavy rains? In the end **Reinhard Mössmer** structures and summarises the recommendations worked out by scientists and practitioners in various fields in a workshop. Based on the fundamental findings of science the following course of action for preventive flood protection in forestry can be concluded:

- ◆ maintaining and augmenting forests;
- ◆ refraining from measures which increase discharge;
- ◆ carrying out maintaining and improving measures as accompanying actions;
- ◆ providing appropriate framework conditions;
- ◆ carrying out supplementing development works and studies.

## **Anschriftenverzeichnis der Autoren**

Jürgen Boddenberg	Thüringer Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Jägerstraße 1 99867 Gotha
Franz Brosinger	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten Ludwigstraße 2 80539 München
Hannes Cronauer	Marienburger Straße 16 10405 Berlin
Prof. Dr. Albert Göttle	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Lazarettstraße 67 80636 München
Prof. Dr.Dr.h.c. Wolfgang Haber	Deutscher Rat für Landespflege Konstantinstraße 110 53179 Bonn
Dr. Peter Lüscher	Eidgenössische Forschungsanstalt WSL CH-8903 Birmensdorf
Dr. Reinhard Mößmer	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Am Hochanger 11 85354 Freising
Dr. Andreas Rothe	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten Ludwigstraße 2 80539 München
Prof. Dr. Wolfgang Weinmeister	Universität für Bodenkultur Institut für alpine Naturgefahren und forstliches Ingenieurwesen A-1190 Wien
Alois Zollner	Bayerische Waldarbeitsschule Laubau Laubau 7 83324 Ruhpolding
Kaspar Zürcher	Büro IMPULS CH-3600 Thun

## Frühere „Berichte aus der LWF“

Nr. 1	1994	S. Krüger, R. Mössmer, A. Bäumler	Der Wald in Bayern: Ergebnisse der Bundeswaldinventur 1986-1990
Nr. 2	1995	A. König, R. Mössmer, A. Bäumler	Waldbauliche Dokumentation der flächigen Sturmschäden des Frühjahrs 1990 in Bayern und meteorologische Situation zur Schadenszeit
Nr. 3	1995	H. Reiter, R. Hüser, S. Wagner	Auswirkungen von Klärschlammapplikation auf vier verschiedene Waldstandorte
Nr. 4	1995	A. Schubert, R. Butz-Braun, K. Schöpke, K.H. Mellert	Waldbodendauerbeobachtungsflächen in Bayern
Nr. 5	1995	V. Zahner	Der Pflanzen- und Tierartenbestand von Waldweiherlebensräumen und Maßnahmen zu deren Sicherung (- vergriffen -)
Nr. 6	1996	A. Zollner	Düngeversuche in ostbayerischen Wäldern
Nr. 7	1996	S. Nüsslein	Einschätzung des potenziellen Rohholzaufkommens in Bayern auf der Grundlage der Ergebnisse der Bundeswaldinventur von 1987
Nr. 8	1996	F. Burger, N. Remler, R. Schirmer, H.-U. Sinner	Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung (- vergriffen -)
Nr. 9	1996	H.-J. Gulder	Auwälder in Südbayern Standörtliche Grundlagen und Bestockungsverhältnisse im Staatswald (- vergriffen -)
Nr. 10	1996	O. Schmidt, M. Kölbel (Red.)	Beiträge zur Eibe (- vergriffen -)
Nr. 11	1996	N. Remler, M. Fischer	Kosten und Leistung bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln (- vergriffen -)
Nr. 12	1996	O. Schmidt et al.	Beiträge zur Hainbuche (- vergriffen -)
Nr. 13	1997	V. Zahner	Der Biber in Bayern Eine Studie aus forstlicher Sicht (- vergriffen -)

---

Nr. 14	1997	N. Remler, A. Zollner, H.-P. Dietrich	Eigenschaften von Holzaschen und Möglichkeiten der Wiederverwertung im Wald (- vergriffen -)
Nr. 15	1997	J. Dahmer, S. Raab	Pflanzverfahren und Wurzelentwicklung (- vergriffen -)
Nr. 16	1998	N. Remler, H. Weixler, S. Feller	Vollmechanisierte Waldhackschnitzel-Bereitstellung Ergebnisse einer Studie am Hackschnitzel-Harvester (- vergriffen -)
Nr. 17	1998	O. Schmidt et al.	Beiträge zur Vogelbeere
Nr. 18	1998	H.J. Gulder et al.	Humuszustand und Bodenlebewelt ausgewählter bayerischer Waldböden
Nr. 19	1998	G. Lobinger	Zusammenhänge zwischen Insektenfraß, Witterungsfaktoren und Eichenschäden (- vergriffen -)
Nr. 20	1999	S. Raab	Arbeitsverfahren für die Pflege in der Fichte (- vergriffen -)
Nr. 21	1999	H. Weixler et al.	Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln
Nr. 22	1999	Ch. Kölling	Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in den Wäldern Bayerns Ergebnisse der Stoffhaushaltsuntersuchungen an den Bayerischen Waldklimastationen 1991 bis 1998 (- vergriffen -)
Nr. 23	1999	L. Albrecht et al.	Beiträge zur Wildbirne
Nr. 24	1999	O. Schmidt et al.	Beiträge zur Silberweide (- vergriffen-)
Nr. 25	2000	S. Nüsslein et al.	Zur Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald Buchdrucker-Massenvermehrung und Totholzflächen im Rachel-Lusen-Gebiet (- vergriffen -)
Nr. 26	2000	S. Wittkopf, K. Wagner	Der Energieholzmarkt Bayern (- vergriffen -)
Nr. 27	2000	Bayer. LWF	Großtiere als Landschaftsgestalter Wunsch oder Wirklichkeit? (- vergriffen -)
Nr. 28	2000	Bayer. LWF	Beiträge zur Sandbirke
Nr. 29	2000	A. Wauer	Verfahren zur Rundholzlagerung
Nr. 30	2001	Bayer. LWF	Symposium Energieholz

Nr. 31	2001	Bayer. LWF	Waldzustandsbericht 2001
Nr. 32	2001	H. Walentwoski, H.-J. Gulder, Ch. Kölling, J. Ewald, W. Türk	Die Regionale Natürliche Waldzusammensetzung
Nr. 33	2001	Bayer. LWF	Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung
Nr. 34	2002	Bayer. LWF	Beiträge zur Esche
Nr. 35	2002	Bayer. LWF	Auerhuhnschutz und Forstwirtschaft Lösungsansätze zum Erhalt von Reliktpopulationen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtelgebirges
Nr. 36	2002	S. Raab, S. Feller, E. Uhl, A. Schäfer, G. Ohrner	Aktuelle Holzernteverfahren am Hang
Nr. 37	2003	R. Nörr, M. Baumer	Pflanzung – ein Risiko für die Bestandesstabilität? Die Bedeutung wurzelschonender Pflanzung und ihre Umsetzung im Forstbetrieb
Nr. 38	2003	S. Wittkopf, U. Hömer, S. Feller	Bereitstellungsverfahren für Waldhackschnitzel Leistungen, Kosten, Rahmenbedingungen
Nr. 39	2003	H. Borchert A. Rothe	Der Wald für morgen Eine Naturalbilanz über 25 Jahre naturnahe Forstwirtschaft im Bayerischen Staatswald