

**LWF**

**WISSEN**

**55**

## **Wald - Schutz vor Hochwasser ?**

**Beiträge zum Symposium am 27. April 2006**

BAYERISCHE  
FORSTVERWALTUNG



Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

# Impressum

**Titelseite:** Isar bei Freising - Hochwasser am 25.8.2005 (Foto: Michael Streckfuß)

**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 und Bezugsadresse:	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) Am Hochanger 11 85354 Freising Tel.: +49 (0) 81 61/71-4881 Fax: +49 (0) 81 61/71-4971
E-Mail:	poststelle@lwf.bayern.de www.lwf.bayern.de
Verantwortlich:	Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Schriftleitung:	Dr. Franz Binder, Christian Macher
Redaktion:	Dr. Alexandra Wauer, Tobias Bosch
Layout:	Gerd Rothe Design, Wang
Druck:	Lerchl Druck, Freising
Auflage:	750

© Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Dezember 2006

---

## Vorwort

Unser Klima ändert sich ganz augenscheinlich. Ein Indiz dafür sind gehäuft auftretende Witterungsextreme. Wissenschaftler prognostizieren, dass sie in den nächsten Jahrzehnten noch zunehmen werden. Das trifft die Landbewirtschaftler und die Bevölkerung unmittelbar. Die Stürme Vivian und Wiebke im Jahr 1990 oder Lothar zum Jahresende 1999 sind unvergessen, ebenso der Hitzesommer 2003. In zunehmendem Maße richteten in Bayern auch Starkniederschläge Schäden an. Das Pfingsthochwasser 1999 und die Sommerhochwasser 2002 und 2005 führten zu Erdrutschen und großflächigen Überschwemmungen.

Naturnah bewirtschaftete Wälder helfen mit, Überschwemmungsschäden in Grenzen zu halten. Sie sind deshalb besonders in Flussauen und im Gebirge unverzichtbarer Bestandteil des vorbeugenden Hochwasserschutzes.



Um auf die wichtige Rolle des Waldes beim Hochwasserschutz hinzuweisen und um Betroffene, Experten und Entscheidungsträger zusammenzubringen, hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft im April 2006 ein Symposium „Wald - Schutz vor Hochwasser?“ in Freising ausgerichtet. Renommierte Wissenschaftler aus dem In- und Ausland haben ihre Forschungsergebnisse vorgestellt, unmittelbar Betroffene ihre Anliegen mitgeteilt und Praktiker ihre Erfahrungen ausgetauscht.

Ich begrüße es, dass die Bayerische Landesanstalt diese Vorträge nun in einem Heft ihrer Schriftenreihe „LWF-Wissen“ zusammengestellt hat. Die vorliegende Veröffentlichung bündelt wertvolle Informationen und Grundlagen für Fachleute und die interessierte Öffentlichkeit.

München, im Dezember 2006

A handwritten signature in blue ink that reads "Josef Miller".

*Josef Miller*

Bayerisches Staatsministerium  
für Landwirtschaft und Forsten

# Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	2
Vorwort .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
<b>Staatsminister Josef Miller anlässlich des Symposiums „Wald – Schutz vor Hochwasser?“ am 27. April 2006 in Freising .....</b>	<b>6</b>
<b>Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Niederschlagsereignisse aus? .....</b> DANIELA JACOB	<b>10</b>
<b>Inwieweit trägt eine angepasste Landnutzung zum Hochwasserschutz bei? .....</b> WERNER KONOLD	<b>17</b>
<b>Was erwartet die Wasserwirtschaft von der Forstwirtschaft hinsichtlich der Hochwasservorsorge? .....</b> ALBERT GÖTTLE	<b>24</b>
<b>Waldwirkung auf Hochwasser .....</b> CHRISTOPH HEGG	<b>29</b>
<b>Der Bergwald und seine hydrologische Wirkung - eine unterschätzte Größe? .....</b> GERHARD MARKART, BERNHARD KOHL UND FRANK PERZL	<b>34</b>
<b>Wald als Element einer Risikokommunikation über Hochwasser .....</b> KLAUS WAGNER	<b>44</b>
<b>Das Hochwasser vom August 2005 aus der Sicht einer betroffenen Kommune .....</b> ANITA MEINELT	<b>50</b>
<b>Schutzwaldmanagement - ein Beitrag zum Hochwasserschutz .....</b> MARKUS HILDEBRANDT	<b>55</b>

<b>Die Sanierung der Unteren Salzach</b> .....	62
GÜNTER HOPF	
<b>Vorbeugender Hochwasserschutz in der Ländlichen Entwicklung - aufgezeigt an der Studie zum vorbeugenden und dezentralen Hochwasserschutz in der Regionalen Landentwicklung Auerbergland</b> .....	67
NORBERT BÄUML, GÜNTHER AULIG, HALVOR ØVERLAND und GERD-MICHAEL KRÜGER	
<b>Integrale Planung von Erstaufforstungen am Beispiel der Paar in der Gemeinde Geltendorf</b> .....	73
FRANZ BINDER, CHRISTIAN MACHER UND BEATE KLÖCKING	
<b>Anschriftenverzeichnis der Autoren</b> .....	83

## Wald – Schutz vor Hochwasser?

Staatsminister Josef Miller anlässlich des Symposiums am 27. April 2006 in Freising

In aller Regelmäßigkeit wiederholen sich die Bilder: Nach längeren Regenfällen oder rascher Schneeschmelze steigen die Wasserpegel in den Bächen und Flüssen. Straßen werden überschwemmt, Keller laufen voll und im Extremfall bedrohen Deichbrüche und reißende Flüsse Vermögen oder gar Leib und Leben der betroffenen Menschen. In der vergangenen Woche gingen die Bilder verheerender Überschwemmungen in Südosteuropa durch die Medien.

Zwischen 1998 und 2004 wurden allein in Mitteleuropa mehr als 100 große Hochwasserereignisse registriert, vor allem an Donau und Elbe. Die Bilanz ist erschreckend: 700 Todesopfer, eine halbe Million Menschen verloren ihr Zuhause und allein die versicherten Schäden lagen bei mehr als 25 Milliarden Euro. Auch Bayern war in den rückliegenden Jahren immer wieder stark betroffen: Das Pfingsthochwasser 1999 und das Sommerhochwasser 2002 sind hierfür nur Beispiele.

### Hochwasserschutz – Aktionsprogramm 2020

Die Bayerische Staatsregierung hat deshalb vor etwa fünf Jahren das Aktionsprogramm 2020 für einen nachhaltigen Hochwasserschutz in Bayern beschlossen. Es setzt auf drei Säulen, die sich ergänzen und aufeinander aufbauen:

1. den natürlichen Rückhalt des Niederschlags, also den vorbeugenden Hochwasserschutz,
2. den technischen Hochwasserschutz wie etwa der Schaffung von Rückhalteräumen und
3. weitergehende Vorsorgemaßnahmen, beispielsweise einer auf Sicherheit ausgerichteten Bauleitplanung.

### Vorbeugender Hochwasserschutz

Nicht ohne Grund steht der natürliche Rückhalt des Niederschlags an erster Stelle. Denn der Schutz vor Überschwemmungen muss vor allem dort ansetzen, wo das Hochwasser seinen Ursprung hat: Mit einem langfristig wirkenden, vorbeugenden Hochwasserschutz können wir eine

gleichmäßigere zeitliche Verteilung des Abflusses und damit eine Dämpfung der Hochwasserspitzen erreichen. Und dabei kommt dem Wald, der in Bayern 2,5 Millionen Hektar und damit ein Drittel der Landesfläche umfasst, eine ganz entscheidende Rolle zu. Er ist gerade im Einzugsbereich unserer Flüsse unersetzlich. Warum ist das so?

### Wald dämpft Hochwasserspitzen

Zum Einen fangen bei Starkregen schon die Baumkronen einen Teil des Niederschlags auf, das Wasser verdunstet. Zum Anderen schaffen die Bäume mit ihren Wurzeln einen humus- und porenreichen Boden, der das Wasser gut eindringen lässt. Und gerade die Mischung unterschiedlich tief wurzelnder Baumarten verbessert die Bodenstruktur und damit die Versickerung. Der Wald ist somit in der Lage, Hochwasserspitzen und ihre oft katastrophalen Auswirkungen zu dämpfen.

Hier gibt es interessante Ergebnisse von Beregnungsversuchen etwa in Österreich. Danach zeigen Waldböden bei Starkregen verglichen mit allen übrigen Landnutzungsarten die höchste Versickerung und den geringsten Oberflächenabfluss. Besonders gut schneidet der naturnah gemischte Bergwald ab: Hier fließen weniger als zehn Prozent des Regenwassers an der Oberfläche ab. Und doch wissen wir, dass auch der Wald nicht unbegrenzt Wasser aufnehmen kann. Bei dauerhaften Niederschlägen ist irgendwann auch sein Speichervermögen erschöpft.

Herr Dr. Markart vom Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen in Innsbruck wird Ihnen hierzu später noch Näheres berichten.

Von unschätzbarem Wert sind darüber hinaus unsere flussbegleitenden Auwälder. Sie sind ideale Rückhalteräume für das Wasser und von Natur aus gut an wiederkehrende Überschwemmungen angepasst. Wasser, das sich kurzzeitig staut, schädigt den Baumbestand ebenso wenig wie zurückbleibender Schlamm. Das Hochwasser fließt wie aus einem Zwischenspeicher langsam wieder ab. Die Dauerbestockung mit Wald vermindert dabei die Abflussgeschwindigkeit und schützt vor Bodenabtrag.

## Schwerpunkte beim Hochwasserschutz

Unser Ziel muss es deshalb sein, den Wald insbesondere in hochwassergefährdeten Bereichen zu erhalten und zu vermehren und dabei auf Mischwälder zu setzen.

Hieraus ergeben sich drei Schwerpunkte für den vorbeugenden Hochwasserschutz:

1. die Neubegründung, Wiederherstellung und naturnahe Pflege von Auwäldern,
2. die Waldmehrung in Wassereinzugsgebieten und
3. die Pflege und den Erhalt standortgerechter Mischwälder in den Einzugsgebieten – dazu zählen vor allem auch die Schutzwälder in den Gebirgslagen.

## Auwald

Lassen Sie mich mit dem Auwald beginnen: Das Flächenmanagement in den Flusstälern ist ein zentraler Baustein des Hochwasserschutzes. Die Rückverlegung von Deichen, die Wiederbelebung der durch regelmäßige Überflutungen geprägten Auendynamik und die Schaffung neuer Auwälder sind hierbei unverzichtbar.

Bayernweit umfassen die Flussauen rund 300.000 Hektar. Die Fläche der dort ursprünglich verbreiteten Auwälder ist jedoch durch intensive Inanspruchnahme für Landwirtschaft, Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen stark gesunken: Sie beträgt heute nur noch rund 40.000 Hektar. Wegen der weitgehenden Regulierung der Flüsse unterliegt auch davon nur ein kleiner Teil der natürlichen Auendynamik und wird regelmäßig überflutet. Diese natürlichen Überschwemmungsflächen wiederzugewinnen ist nach wissenschaftlichen Erkenntnissen die wirksamste Maßnahme zur Dämpfung der Hochwasserspitzen.

Wichtige Ziele unserer Forstpolitik im Auwaldbereich sind deshalb der Erhalt der bestehenden Auwälder und die Wiederherstellung naturnaher Bestockungen überall dort, wo die Wälder durch wasserbauliche Maßnahmen wie die Rückverlegung von Deichen wieder regelmäßig überschwemmt werden. Wie solch ein Waldumbau vor sich geht, lässt sich hier ganz in der Nähe, in den Isarauen, beobachten. Der Forstbetrieb Freising bewirtschaftet dort rund 2.500 Hektar Auwald mit einem hohen Anteil naturferner Nadelholz- und Pappelbestände, die in den Nachkriegsjahren entstanden sind. Das Nadelholz hat sich hier nicht bewährt, deshalb werden die Bestände Zug um Zug wieder in standortgemäße Auwälder umgebaut.

Aber auch die Neubegründung von Auwäldern wollen wir voran bringen. Leider hält sich die Bereitschaft der Grundbesitzer, ihre hochproduktiven Auenböden aufzuforsten, sehr in Grenzen – trotz staatlicher Förderung durch Investitionszuschüsse und einer nach Bodengüte gestaffelten Erstaufforstungsprämie. Die Aufforstung von Auwald ist deshalb ein Schwerpunkt in der gemeinwohlorientierten Beratung der Waldbesitzer durch unsere Ämter für Landwirtschaft und Forsten.

## Wald im Einzugsbereich der Flüsse

Aber auch die Wälder außerhalb der Auen leisten einen wichtigen Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Insbesondere im Bergwald, wo hohe Niederschläge viele unserer großen Flüsse speisen, streben wir eine Dauerbestockung mit naturnahen Mischwäldern an. Und wir haben hier in den rückliegenden Jahren über alle Waldbesitzarten hinweg beachtliche Erfolge erzielt, wie die Ergebnisse der 2004 veröffentlichten Bundeswaldinventur II zeigen: Während nämlich bei den über 20 Jahre alten Wäldern die Laubbäume einen Flächenanteil von 26 Prozent einnehmen, sind es in den jüngeren Wäldern bereits 54 Prozent. Hier müssen wir am Ball bleiben und durch konsequente Bejagung von Reh, Hirsch und Gams sicherstellen, dass die jungen Bäumchen nicht durch Verbiss am Wachstum gehindert werden oder gar absterben.

Dass Mischwälder durch eine bessere Durchwurzelung den Wasserrückhalt verbessern, habe ich bereits erläutert. Sie haben aber noch weitere Vorteile: Stabile Mischwälder sind weniger anfällig gegen Sturm und Insektenschäden und verringern so das Risiko von Kahlflächen – die wiederum hohen Oberflächenabfluss und Erosion zur Folge hätten. Umso wichtiger ist es, intakte, schutzfähige Bergwälder zu erhalten bzw. wiederherzustellen.

## Schutzwaldsanierung

Hier setzt das Schutzwaldsanierungsprogramm an, das wir 1986 begonnen haben. Dabei werden in sanierungsbedürftigen Schutzwäldern standortgemäße Baumarten wie Tanne, Buche, Bergahorn, Kiefer, aber auch Fichte gepflanzt. Sie werden bei Bedarf mit Stützbauten vor Gleitschnee geschützt. Seit 1986 haben wir in die Schutzwaldsanierung rund 56 Millionen Euro investiert. Fast elf Millionen Pflanzen wurden ausgebracht, auf über 130 Hektar wurden Gleitschneeverbauungen errichtet. Wir werden die Sanierung in den nächsten Jahren konsequent fortführen, um die Schutzfähigkeit der Bergwälder für künftige Generationen zu erhalten und zu verbessern.

## Schutzwaldpflege

Unsere Bemühungen gelten aber nicht nur der Sanierung und damit dem Reparaturbetrieb. Viel wichtiger ist es, rechtzeitig zu verhindern, dass die Wälder im Alpenraum ihre Schutzfähigkeit gegen Hochwasser und Lawinen verlieren. Denn Vorbeugen ist auch hier besser und vor allem billiger als Heilen. Umso wichtiger ist es, mit der konsequenten Pflege des Schutzwaldes die Entstehung neuer Sanierungsflächen zu verhindern.

Wir fördern daher die Naturverjüngung, pflanzen junge Bäume, wo die Naturverjüngung nicht ausreicht, verbessern die Strukturvielfalt und die Stabilität und drängen den Borkenkäferbefall zurück. Für den Privat- und Körperschaftswald habe ich bereits 2004 das Fördersystem umgestellt und die Sätze für Maßnahmen der Schutzwaldpflege aufgestockt. Die Fördersätze sind zum Ausgleich der erschwerten Arbeitsbedingungen gegenüber dem Flachland um 50 Prozent erhöht.

Anders als der Privat- und Körperschaftswald ist der Staatswald zur Schutzwaldpflege gesetzlich verpflichtet. Hier wird daher die Schutzwaldpflege seit 1. Juli 2005 bei Maßnahmen, die über die Anforderungen an eine vorbildliche Bewirtschaftung hinausgehen und aus wirtschaftlichen Gründen unterbleiben müssten, als besondere Gemeinwohllleistung aus dem allgemeinen Staatshaushalt finanziert. Die Schutzwaldpflege im Staatswald erfolgt damit unabhängig von den Holzserträgen und orientiert sich alleine am Gemeinwohl.

## Privat- und Körperschaftswald

Aber auch außerhalb des Hochgebirges haben wir in den rückliegenden Jahren und Jahrzehnten viel investiert und viel erreicht: So ist die Waldfläche in Bayern seit 1977 um mehr als 13.000 Hektar gewachsen – nicht zuletzt, weil wir mit der Erstaufforstung bisher anderweitig genutzter Flächen einen Förderschwerpunkt gesetzt haben: Allein in den vergangenen beiden Jahren haben wir rund 460 Hektar Erstaufforstungen privater oder kommunaler Waldbesitzer mit mehr als zwei Millionen Euro bezuschusst. Maßnahmen für eine naturnähere Gestaltung vorhandener Wälder haben wir im gleichen Zeitraum mit rund zwölf Millionen Euro gefördert. Damit konnten wir den Grundstein für rund 5.000 Hektar stabiler Laub- und Mischbestände legen.

## Moorrenaturierung

Lassen Sie mich zum Abschluss noch kurz auf die Moore zu sprechen kommen, denn auch sie

können regional einen wichtigen Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz leisten. Leider wurden in der Vergangenheit viele Moore durch Entwässerung und Torfabbau verändert – mit negativen Auswirkungen auf den Hochwasserabfluss. Hierzu gibt es Untersuchungsergebnisse aus dem Moorversuchsgebiet Bernau am Chiemsee. Danach fließen nach einem Starkregen folgende Niederschlagsmengen unmittelbar ab:

- aus einer entwässerten Moorwiese bis zu 70 Prozent,
- aus einem entwässerten, bewaldeten Moor rund 30 Prozent und
- aus einem unberührten Hochmoor nur 10 Prozent.

Deshalb liegt uns die Renaturierung der Moore sehr am Herzen. Längst steht in den 14.500 Hektar Mooren im Staatswald nicht mehr der Torfabbau oder die forstliche Nutzung im Vordergrund, sondern der Erhalt bzw. die Wiederherstellung. Für mehr als ein Drittel der staatlichen Moore wurde in den rückliegenden Jahren die Renaturierung eingeleitet. Und künftig werden wir dem Unternehmen Bayerische Staatsforsten für diese Aufgabe Mittel im Rahmen der besonderen Gemeinwohllleistungen zur Verfügung stellen.

## Zusammenfassung

Meine Damen und Herren, es ist unbestritten: Wald und Forstwirtschaft können einen wichtigen Beitrag zur Minderung von Hochwassergefahren leisten. Ich möchte aber vor überzogenen Erwartungen warnen: Es wird manchmal der Eindruck erweckt, als ob mit Aufforstungen und einer entsprechenden Waldbewirtschaftung die Entstehung von Hochwassern gänzlich verhindert werden könnte. Solche Aussagen schießen über das Ziel hinaus. Selbst bei einem optimalen Waldzustand und einer hohen Bewaldungsdichte wird es auch in Zukunft beim Zusammentreffen ungünstiger Witterungsbedingungen zu Hochwasserereignissen kommen.

Die Natur ist nicht vollständig beherrschbar. Wir können aber im Rahmen unserer Möglichkeiten die Gefahren verringern. Zentrale Basis für unsere Arbeit beim forstlichen Hochwasserschutz ist das Wissen, welchen Beitrag die Forstwirtschaft leisten kann und wie ein Hochwasserschutzwald im Idealfall aussehen muss. Dabei ist mir bewusst, dass die Frage des optimalen Hochwasserschutzes wissenschaftlich betrachtet äußerst komplex ist. Insbesondere die Beurteilung von Maßnahmen bei großen Einzugsgebieten bereitet Schwierigkeiten.

## Zusammenarbeit mit der Wasserwirtschaft

Ich bin dennoch überzeugt, dass die Arbeit der Forstleute langfristig – und die Langfristigkeit ist das Grundprinzip forstlichen Handelns – durchaus eine wichtige Rolle beim vorbeugenden Hochwasserschutz spielt. Und ich bin überzeugt, dass wir auch künftig auf das gute Zusammenspiel mit der Wasserwirtschaft setzen müssen. Auch sie kann den Hochwasserschutz nicht alleine bewältigen. Natur und Technik müssen gemeinsam ihren Beitrag zum Schutz der Menschen leisten. Es gibt hier kein Gegeneinander, nur ein Miteinander.

Ich freue mich daher besonders, dass diese Veranstaltung in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt stattfindet.

Der Präsident des Landesamtes, Herr Prof. Dr. Albert Göttle, wird Ihnen später die Vorstellungen und Erwartungen der Wasserwirtschaft bei der Hochwasservorsorge erläutern. Forstverwaltung und Wasserwirtschaft arbeiten in diesem existenziellen Bereich der Daseinsvorsorge seit jeher sehr eng zusammen. Hierfür, Herr Prof. Göttle, möchte ich mich an dieser Stelle auch einmal ganz herzlich bedanken.

## Ziele des Symposiums

Dieses Symposium soll den Stand des Wissens zusammenfassen und daraus aktuellen Hand-

lungsbedarf ableiten. Es soll aber noch etwas anderes bewirken: Wie Untersuchungen zeigen, hat jeder zweite von uns nach zehn Jahren ein Hochwasserereignis wieder vergessen – auch ein so schlimmes wie das Pfingsthochwasser von 1999. Das ist die „Halbwertszeit des Vergessens“, wie Professor Suda, der die heutige Veranstaltung moderiert, einmal gesagt hat. Das Symposium soll deshalb auch bewirken, dass wir uns die Notwendigkeit eines funktionierenden Hochwasserschutzes wieder deutlich vor Augen führen.

An die Wissenschaft appelliere ich, weiter kreativ neue Ideen zu entwickeln. Ich denke etwa an neue Möglichkeiten der Landnutzung auf Retentionsflächen mit schnellwachsenden Energiewäldern im Kurzumtrieb.

Diese könnten stabilisierend auf die Böden in den Hochwasserzonen wirken und gleichzeitig den Landwirten neue Einkommensquellen erschließen. Innovation, Ideenreichtum und Kooperation sind die Antworten auf die aktuellen Herausforderungen für unsere Gesellschaft – auch im Hochwasserschutz.

Den Referenten danke ich schon vorab für die sicher außerordentlich interessanten Vorträge. Es würde mich freuen, wenn Sie, verehrte Gäste, von der Tagung hier in Freising Anregungen und Ideen mit nach Hause nehmen können. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen einen informativen Tag und interessante Diskussionen.

# Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Niederschlagsereignisse aus?

DANIELA JACOB

## Schlüsselwörter

Regionalmodell REMO, Klimaszenarien, Niederschlag, Temperatur

## Zusammenfassung

Es ist unumstritten, dass sich das Klima in den letzten Jahrzehnten gewandelt hat. Um Aussagen treffen zu können, wie es sich zukünftig ändern könnte, wurden globale und regionale Klimamodelle entwickelt, deren Güte mit Hilfe einer Simulation der vergangenen Klimaentwicklung und eines Vergleichs mit unabhängigen Beobachtungen eingeschätzt wird.

Klimaszenarien für die Zukunft werden mit unterschiedlichen Entwicklungen der Emissionen von  $\text{CO}_2$  und  $\text{SO}_2$  berechnet. Abhängig davon, welche Emissionsentwicklung zu Grunde liegt, kann sich die globale mittlere Temperatur um  $1,5^\circ\text{C}$  bis  $5,5^\circ\text{C}$  bis Ende des 21. Jahrhunderts erhöhen.

Will man Aussagen über regionale Änderungen treffen, bettet man regionale Modelle in die globalen Modelle ein. Am Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) wurde dafür das regionale Klimamodell REMO entwickelt. Es liefert detaillierte Informationen auch für schwierig zu modellierende Regionen wie etwa die deutschen Mittelgebirge.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wurden drei

Szenarien - B1, A1B und A2 (niedrige, mittlere und hohe Emissionsraten) - erstellt. Folgende Ergebnisse lassen sich für das Ende des 21. Jahrhunderts zusammenfassen:

- ◆ Anstieg der mittleren Jahrestemperatur in Deutschland um bis zu  $4^\circ\text{C}$  (abhängig von der Emissionsrate und Region);
- ◆ stärkste Erwärmung im Süden und Südosten;
- ◆ im Sommer in weiten Teilen Deutschlands weniger Niederschläge;
- ◆ im Winter im Süden und Südosten mehr Niederschlag;
- ◆ weniger Niederschläge in Form von Schnee.

Von besonderem Interesse ist es, zu erfahren, ob und wenn ja, in welchem Umfang, extreme bzw. seltene Ereignisse (z. B. Hitzewellen, Starkniederschläge) vorkommen werden. Deshalb werden die Klimaszenarien am MPI-M derzeit genau analysiert.

## Klimawandel - was bringt die Zukunft?

Es ist unumstritten, dass sich das Klima der Erde in den letzten Dekaden gewandelt hat, wie zahlreiche Aufzeichnungen meteorologischer und hydrologischer Dienste weltweit zeigen. Von besonderem Interesse ist hierbei die Frage, ob und wenn ja, wie sich extreme bzw. seltene Ereignisse verän-

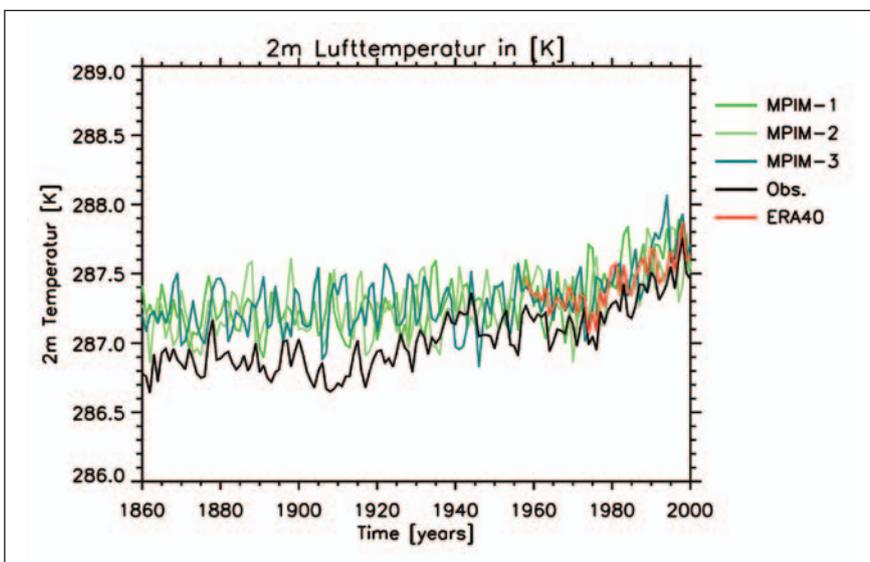


Abb. 1: Rekonstruierte und simulierte globale Jahresmittelwerte der bodennahen Lufttemperatur in 2 m Höhe

dert haben und gegebenenfalls verändern werden. Dazu gehören Starkniederschläge, die zu Erdbeben und Überschwemmungen führen können, ebenso wie Hitzewellen und Dürren. In den letzten zehn bis 15 Jahren scheinen immer häufiger extreme Ereignisse in Europa aufzutreten, wie zum Beispiel der heiße Sommer 2003, in dem die Abweichungen der Tagestemperatur vom langjährigen beobachteten Mittel fast 10° C erreichten.

Um herauszufinden, wie sich das Klima in der Zukunft verändern könnte, wurden globale Klimamodelle entwickelt. Sie beschreiben zusammen mit verschiedenen Annahmen über die Treibhausgasentwicklung in der Atmosphäre mögliche Entwicklungen des Klimas in den nächsten 100 Jahren. Diese Computermodelle können als mathematische Abbilder des Erdsystems gesehen werden, da sie die physikalischen und biogeochemischen Prozesse numerisch beschreiben und so real wie möglich berechnen. Um die Güte der Klimamodelle einschätzen zu können, werden sie zunächst für die Berechnung vergangener Zeiten eingesetzt. Bevorzugt wird hierzu eine Zeitperiode gewählt, in der zahlreiche Beobachtungen weltweit vorliegen. Gute Rekonstruktionen der Lufttemperatur in zwei Metern über der Erdoberfläche existieren ab ca. 1900, seit etwa 1950 nehmen Dichte und Güte der Messdaten deutlich zu. In Abbildung 1 sind diese Rekonstruktionen in schwarz und braun dargestellt. Sie zeigen den Verlauf der global gemittelten bodennahen (d. h. in zwei Metern Höhe) Temperatur in Kelvin. Alle weiteren Kurven stellen Simulationsergebnisse globaler Klimamodelle dar, die ähnliche Tendenzen zeigen. Die grünen Kurven beschreiben Simulationen, die am Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) mit dem neuen Klimamodellsystem ECHAM5/MPI-OM im Jahr 2004 erarbeitet wurden. Sie liegen nahe an den Beobachtungen und zeigen realitätsnahe Ergebnisse. Obwohl sich die Modelle der verschiedenen europäischen Forschungszentren in der Simulation der 2-m-Temperatur des letzten Jahrhunderts etwas unterscheiden (jedoch nur um ca. 1 K), zeigen sie sehr ähnliche Tendenzen für eine Projektion

bis 2100. Diese Projektionen werden Klimaszenarien genannt und im nächsten Abschnitt beschrieben.

## Klimaszenarien

Die bis heute neueste Serie von IPCC-Szenarien (IPCC = Zwischenstaatlicher Ausschuss zum Klimawandel, Intergovernmental Panel on Climate Change) folgt abgestimmten möglichen Entwicklungslinien, die unterschiedliche Entwicklungen der Weltwirtschaft, des Bevölkerungswachstums und anderer Faktoren berücksichtigen (NAKIĆENović et al. 2000).

Abbildung 2 zeigt die vier Hauptszenarien (A1, B1, A2, B2) und den zugehörigen Emissionsverlauf für CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> von 2000 bis 2100. Diese Emissionen werden in die globalen und regionalen Klimamodelle eingespeist und bewirken über zahlreiche nicht-lineare Wechselwirkungen Veränderungen des globalen und regionalen Klimas.

In Abbildung 3 (aus dem IPCC-Bericht entnommen) sind Änderungen der globalen mittleren bodennahen Temperatur dargestellt. Betrachtet man die globale mittlere Temperaturänderung bis 2050, so steigt sie in allen Berechnungen um ungefähr 1,5°C, während sich zum Ende des Jahrhunderts die Spanne von ca. 1,5° bis 5,5° C aufweitet.

## Regionales Klima

Sollen Aussagen über mögliche regionale oder lokale Klimaänderungen und ihre Auswirkungen

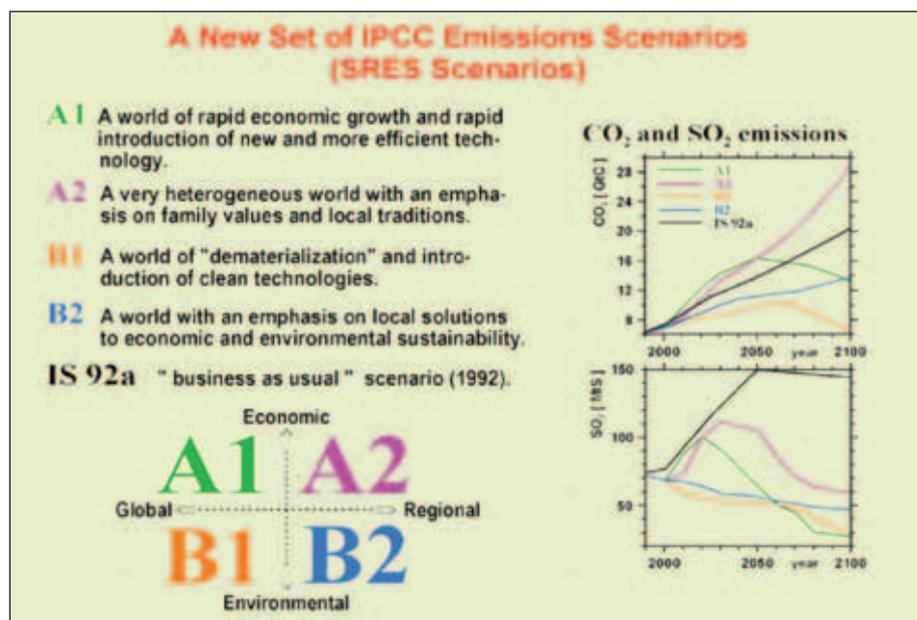


Abb. 2: SRES - Szenarien

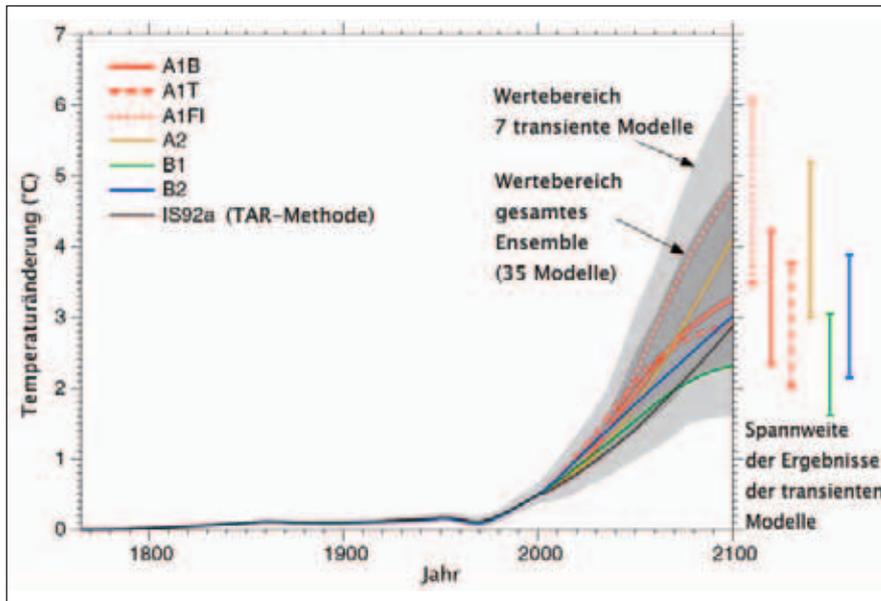


Abb. 3: Änderungen der globalen mittleren bodennahen Temperatur wie sie verschiedene Modelle unter sieben unterschiedlichen Varianten der SRES-Szenarien bis 2100 berechnen.

getroffen werden, so muss man eine Brücke von der globalen Klimaänderungsberechnung zu den Auswirkungen auf die Region bauen. Hierzu werden regionale Klimamodelle mit zahlreichen

speziellen Informationen aus der Region und ihrer Umgebung in die globalen Modelle eingebettet. Daraus lässt sich dann das Klima der Region im Detail ermitteln.

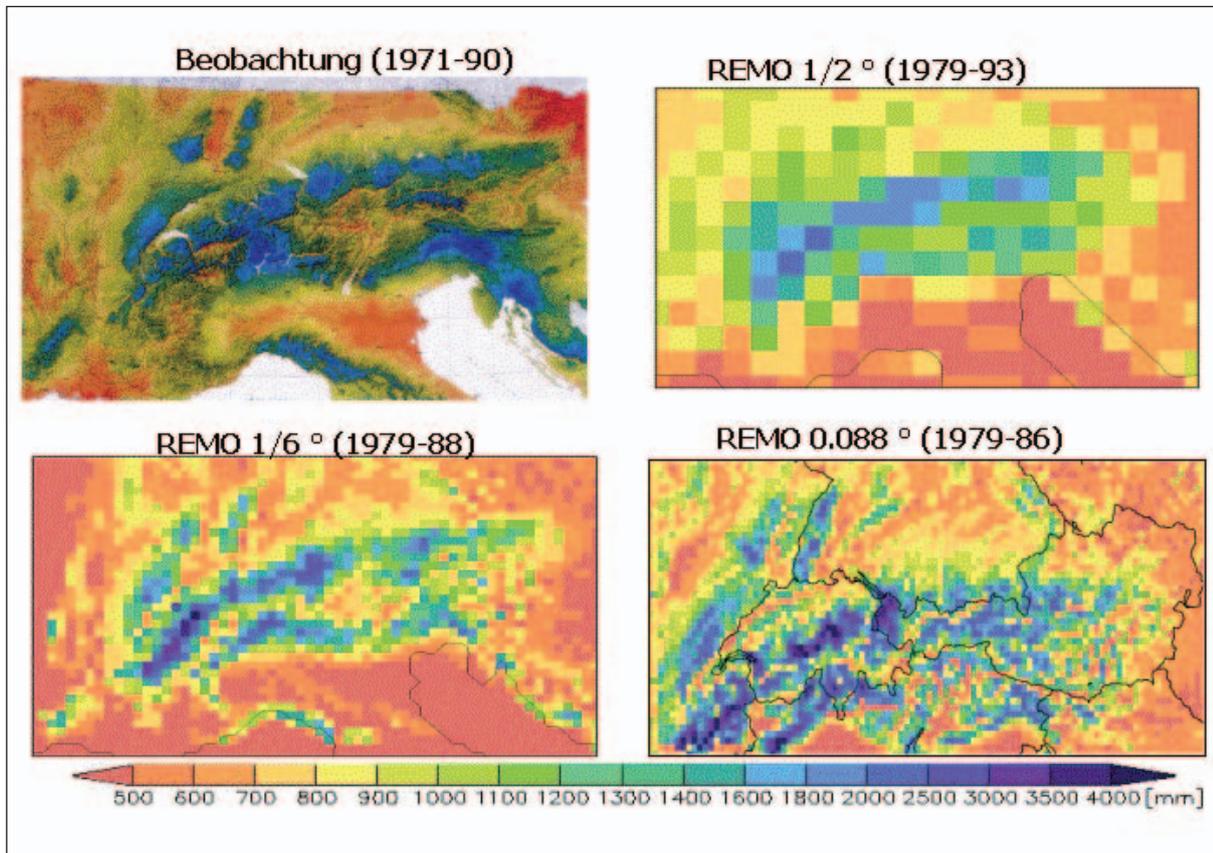


Abb. 4: Jahresniederschlagsmenge über dem Alpenraum aus Beobachtungen (oben links, FREI et al. 2003) und REMO-Simulationen mit einer horizontalen Auflösung von etwa 50 km (oben rechts), 20 km (unten links) und 10 km (unten rechts)

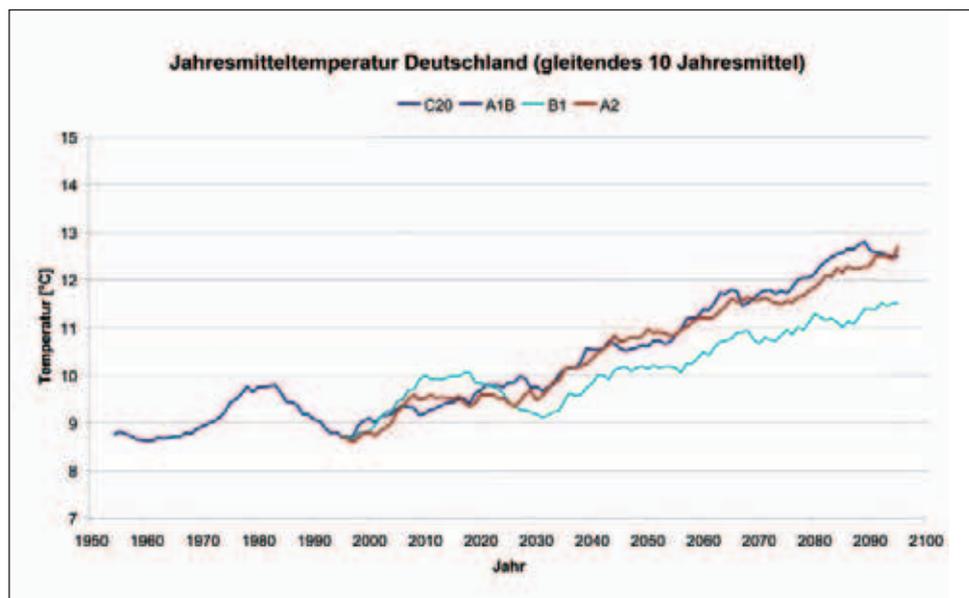


Abb. 5: Mittlere Jahrestemperatur in Deutschland als gleitendes Jahresmittel

## Heutiges Klima

Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) erarbeitete das MPI-M mit Unterstützung des Deutschen Klimarechenzentrums Hamburg Szenarien für mögliche Klimaänderungen in Deutschland bis zum Jahr 2100. Das hierfür eingesetzte regionale Klimamodell REMO (JACOB 2001) zeigt die Klimaentwicklung des vergangenen Jahrhunderts realitätsnah, wie der Vergleich zu Beobachtungen ergibt. Diese Überprüfung ist notwendig, um die Güte der Modellergebnisse zu bewerten. REMO liefert detaillierte Informationen, zum Beispiel für die deutschen Mittelgebirge. Gerade für diese ist etwa die Modellierung von Niederschlagsveränderungen besonders kompliziert, weil die Form der Erdoberfläche die Ergiebigkeit der lokalen Niederschläge wesentlich beeinflusst. Sie hängt auch davon ab, aus welcher Richtung die Luftmassen das Gebirge anströmen. REMO bildet diese Luv- und Lee-Effekte gut ab (Luv: windzugewandte Seite, Gebiete, in denen Wolken vor dem Gebirge abregnen, Lee: windabgewandte Seite, Regenschatten hinter dem Gebirge). Die Klimasimulationen mit REMO wurden mit einer räumlichen Auflösung von 10 km gerechnet. Sie liefern Erkenntnisse, die es bisher noch nicht in dieser Detailliertheit gab. In Abbildung 4 ist die mit verschiedenen, räumlichen REMO-Auflösungen simulierte Niederschlagsverteilung über den Alpen im Vergleich mit Beobachtungsdaten von FREI et al. (2003) zu sehen. Mit 50 km Auflösung lassen sich grob die Alpen identifizieren, mit 20 km werden schon regionale Niederschlagsunterschiede, die sich an Hauptgebirgsketten und -tälern ausrichten, deutlich und auch der Schwarzwald ist schon

zu erkennen. Aber erst eine Auflösung von 10 km ermöglicht, die beiden beobachteten Niederschlagsmaxima im Norden und im Süden des Schwarzwalds mit REMO getrennt zu simulieren.

## Zukünftiges Klima

Bis zum Jahre 2100 wurden mit REMO Simulationen für die drei Szenarien B1, A1B und A2 durchgeführt, die grob eher niedrigen, mittleren und hohen Emissionsraten zugeordnet werden können. Die Ergebnisse dieser Klimasimulationen lassen sich auf folgende Aussage verdichten: Je nach Anstieg der Treibhausgase könnten bis zum Ende des Jahrhunderts die Temperaturen in Deutschland - vor allem im Süden und Südosten - um mehr als 4°C im Vergleich zu den letzten 50 Jahren steigen (Abbildung 5). Im Sommer dürften in weiten Teilen Deutschlands weniger Niederschläge, im Winter im Süden und Südosten mehr Niederschläge fallen, wobei allerdings wegen der gestiegenen Temperaturen weniger Schnee zu erwarten ist.

Mehr Treibhausgase führen in Deutschland zu einer mittleren Erwärmung, die im Jahr 2100 - abhängig von der Höhe zukünftiger Treibhausgasemissionen - zwischen 2,5°C und 3,5°C liegt (Abbildung 6 links). Diese Erwärmung wird sich saisonal und regional unterschiedlich ausprägen. Am stärksten dürften sich der Süden und Südosten Deutschlands im Winter erwärmen. Bis zum Jahr 2100 könnten die Winter hier um mehr als 4°C wärmer werden als im Zeitraum 1961 bis 1990 (Abbildung 6 rechts).

Gleichzeitig könnten in Zukunft im Vergleich

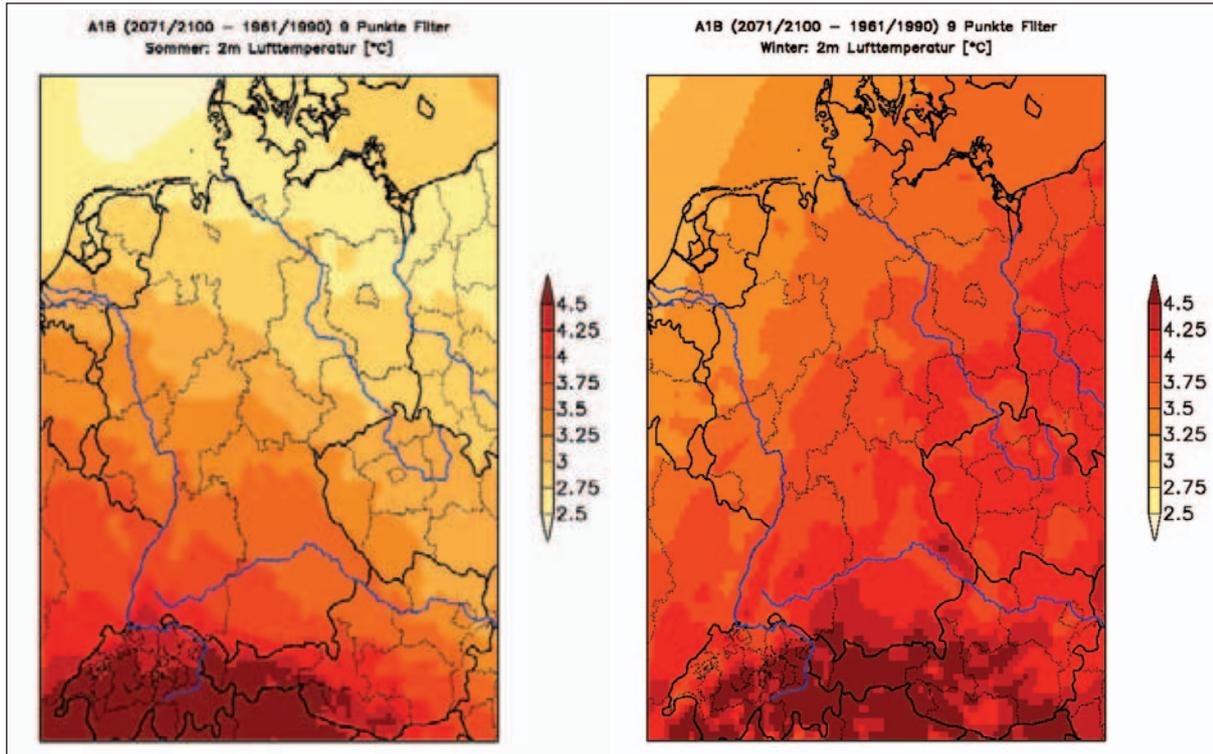


Abb. 6: Relative Temperaturänderung im Sommer (links) und im Winter (rechts) für die Jahre 2071 bis 2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961 bis 1990 unter der Annahme des A1B-Szenarios

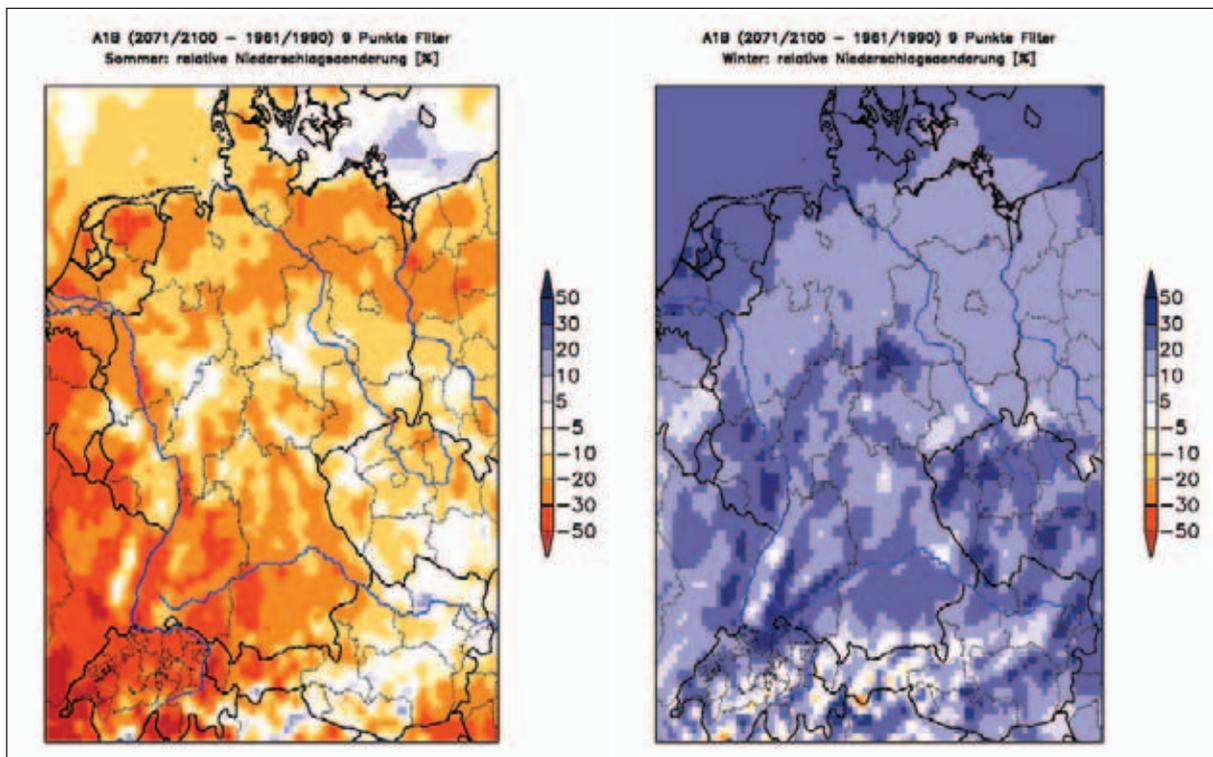


Abb. 7: Relative Niederschlagsänderung im Sommer (links) und im Winter (rechts) für die Jahre 2071 bis 2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961 bis 1990 unter der Annahme des A1B-Szenarios

zum Zeitraum 1961 bis 1990 die sommerlichen Niederschläge großflächig abnehmen. Besonders stark, bis zu 30 Prozent am Ende dieses Jahrhunderts, werden die Sommerniederschläge in Süd- und Südwest- sowie in Nordostdeutschland zurückgehen (Abbildung 7 links). Im Gegensatz hierzu könnten die Winter in ganz Deutschland feuchter werden. Vor allem in den Mittelgebirgen Süd- und Südwestdeutschlands ist über ein Drittel mehr Niederschlag zu erwarten als heute (Abbildung 7 rechts).

Wegen gleichzeitig bis zu mehr als 4°C steigender Wintertemperaturen in den Alpen wird der Niederschlag häufiger als Regen denn als Schnee fallen. Nahm dort der Anteil des Schnees in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts etwa ein Drittel des jährlichen Gesamtniederschlags ein, könnte er bis zum Ende des 21. Jahrhunderts nur noch ein Sechstel erreichen. Als Folge dieser Veränderungen reduziert sich die Zahl der Tage mit mehr als drei Zentimetern Schneehöhe pro Jahr vor allem in niedrigen Regionen wie z.B. Garmisch-Partenkirchen und Mittenwald, für die eine Abnahme um deutlich mehr als die Hälfte zu vermuten ist. In den höheren Regionen, beispielsweise Zermatt und St. Moritz, wird jedoch nur ein Rückgang um ca. ein Drittel berechnet.

Blickt man zum deutschen Küstenraum, fällt auf, dass sich bis zum Jahr 2100 die Ostseeküste mit 2,8°C etwas stärker erwärmen könnte als die Nordseeküste (2,5°C). Obwohl sich an beiden Küsten die jährliche Niederschlagsmenge nicht ändert, wird es - wohl zur Freude der Touristen - im Sommer bis zu 25 Prozent weniger, im Winter dagegen bis zu 30 Prozent mehr regnen.

Bis Ende 2100 könnten jedoch die schneebedeckten Flächen im Alpenraum sehr stark schrumpfen, wenn die Erwärmung stark zunimmt (z. B. > 4°C). Doch auch schon bei einer Temperaturzunahme von 3°C verschwinden sehr große schneebedeckte Flächen, die heute noch als schneesicher gelten (Abbildung 8).

Aus diesen schnellen und tiefgreifenden Veränderungen des Klimas in Deutschland können gravierende Folgen für die Menschen und die Umwelt erwachsen. Die Schadenspotentiale extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen, Starkniederschläge und Stürme sind oftmals noch wesentlich größer als jene der schleichenden Klimaänderungen. Deswegen sind zur Zeit am MPI-M detaillierte Analysen der Klimaszenarien in Arbeit, um Aussagen zur Häufigkeit und Stärke künftiger Extremereignisse treffen zu können.

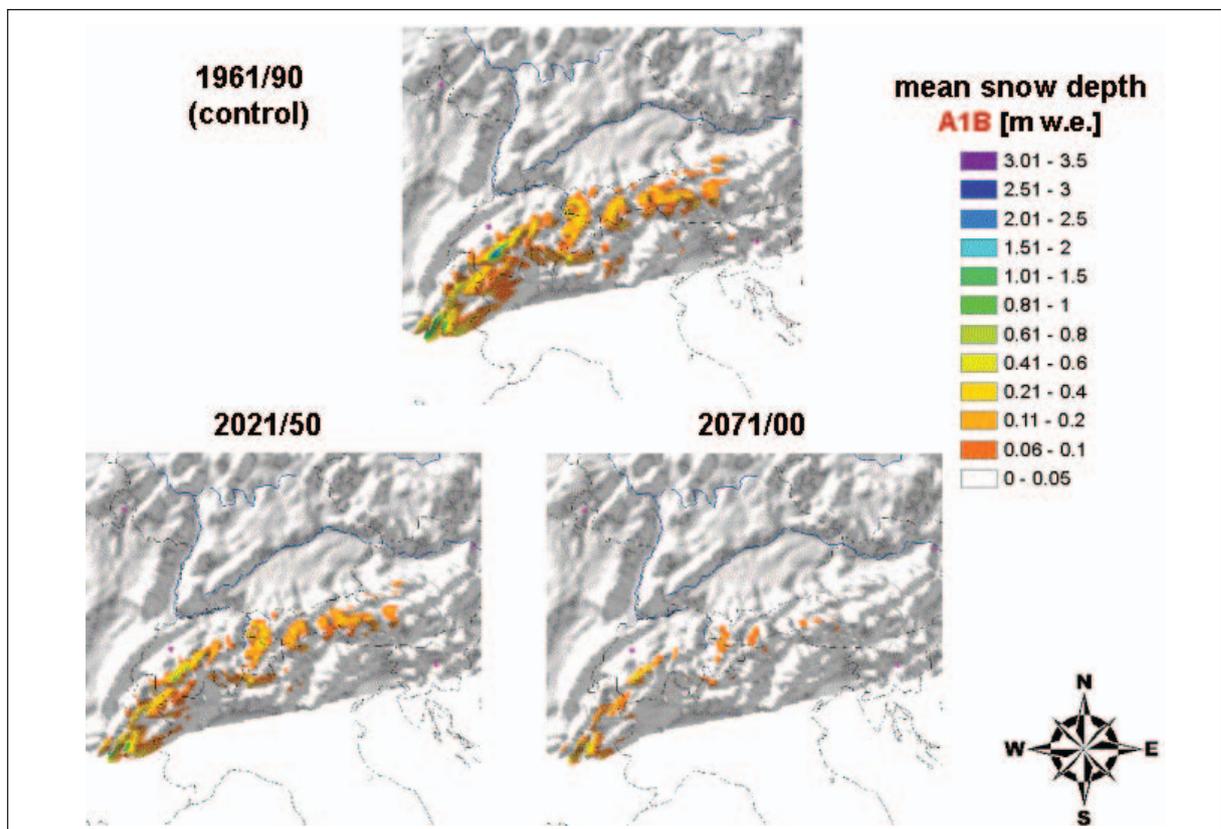


Abb. 8: Mittlere Schneehöhen als dreißigjährige Mittel nach dem A1B-Szenario

## Danksagung

Wir danken Katharina Bülow, Stephanie Fielder, Holger Göttel, Stefan Hagemann, Sven Kotlarski und Philip Lorenz vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg, die zur Erstellung der Abbildungen und Auswertungen der REMO- Ergebnisse beitrugen.

## Literatur

FREI C.; CHRISTENSEN, J.H.; DEQUE, M.; JACOB, D.; JONES, R.G.; VIDALE, P.L. (2003): Daily precipitation statistics in regional climate models: Evaluation and inter-comparison for the European Alps. *J. Geophys. Res.* 108 (D3), 4124, doi:10.1029/2002JD002287

JACOB, D. (2001) A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. *Meteorol. Atmos. Phys.* 77, S.61-73

NAKIĆENOVIĆ, N.; ALCAMO, J.; DAVIS, G.; DE VRIES, B.; FENHANN, J.; GAFFIN, S.; GREGORY, K.; GRÜBLER, A.; JUNG, T.Y.; KRAM, T.; LA ROVERE, E.L.; MICHAELIS, L.; MORI, S.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; PRICE, L.; RAIHI, K.; ROEHL, A.; ROGNER, H.H.; SANKOVSKI, A.; SCHLESINGER, M.; SHUKLA, P.; SMITH, S.; SWART, R.; VAN ROOIJEN, S.; VICTOR, N.; DADI, Z. (2000) IPCC Special Report on Emissions Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA

## Key words

*Regional climate model REMO, Climate scenarios, Precipitation, Temperature*

## Summary

*There are no doubts that climate has changed in the last hundred years. Global and regional climate models have been developed to investigate, how climate might change in the future. These models simulate climates of the past and there results are compared with independent observations to evaluate the model quality.*

*Climate scenarios for the future are calculated for different possible developments of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> emission amounts. Depending on the scenario, global annual mean temperature might increase by 1,5°C to 5,5°C at the end of the 21st century.*

*To investigate regional climate changes regional models are nested into global climate models. For this, the regional climate model REMO has been developed at MPI-M. It provides detailed information even for regions, which are difficult to simulate, e. g. German mountains.*

*Three climate change scenarios have been carried out: B1, A1B and A2 (low, middle and high emission amounts), together with the German Umweltbundesamt. The most important results for Germany at the end of this century are summarized as follows:*

- ◆ *Increase of the annual mean temperature by 4°C (depends on emission amount and region)*
- ◆ *South and Southeast warm more than the other areas*
- ◆ *Decrease of precipitation in major areas of Germany during the summer*
- ◆ *Increase of precipitation in South and Southeast during the winter*
- ◆ *Less precipitation as snow*

*Furthermore, it is of special interest to know, whether extreme or rare events will happen and if they happen, which size they might have. This causes the current detailed analysis of climate scenarios at MPI-M.*

# Inwieweit trägt eine angepasste Landnutzung zum Hochwasserschutz bei?

WERNER KONOLD

## Schlüsselwörter

*Hochwasserschutz, Abflussbildung, Retention, angepasste Landnutzung*

## Zusammenfassung

*Hochwasserschutz bewegt sich im Konfliktfeld zwischen dem menschlichen Bedürfnis nach der Nutzung der Auen und Gewässer sowie dem Schutz vor dem Wasser, dem gesetzlichen Auftrag zum Schutz der Natur als Lebensgrundlage für den Menschen und schließlich dem Bedürfnis nach Erhalt der Funktionsfähigkeit von Gewässern und Auen. Zu dieser Funktionsfähigkeit gehört auch das Hochwasser als natürliches Ereignis. Hochwässer dürfen also nicht unterbunden werden (wenn dies denn möglich sein sollte). Hochwasserschutz hat in den Einzugsgebieten genauso anzusetzen wie in den Auen und Gewässern. Die Hochwasserabflussbildung und der Hochwasserabfluss hängen von einer ganzen Reihe von Variablen ab. Dies erschwert es, einzelne Ereignisse miteinander zu vergleichen oder allgemein gültige Problemlösungen vorzuschlagen. Zu diesen Variablen zählen beispielsweise das Relief, die Speicherfähigkeit des Gesteins, der Boden und dessen Zustand sowie die Charakteristika der hochwasserauslösenden Niederschläge. Hinzu kommen mehrere Faktoren, die der Mensch zwar verursacht, aber auch beeinflussen kann. Die Landnutzung im Einzugsgebiet ebenso wie in der Aue stellt hierbei eine sehr wichtige Variable im Hinblick auf die Hochwasserbildung dar, jedoch nur etwa bis zu einer Jährlichkeit von etwa 20. Bei selteneren Ereignissen verringert sich der Einfluss der Landnutzung und auch der Zustand der Gewässer immer mehr. Unterhalb dieser Schwelle bestehen viele, unterschiedlich wirksame Möglichkeiten der Abflussverzögerung im Einzugsgebiet und in der*

*Aue. Ganz generell gilt, dass die Landoberfläche möglichst rau sein sollte, sei es über Oberflächenformen (natürliche und künstliche Mulden), die Nutzung selbst (Grünland statt Acker, Wald statt Grünland), sei es über den Erhalt oder die Neueta-blierung von Kleinstrukturen oder den Rückbau von Fließgewässern.*

## Konfliktfeld Hochwasserschutz

Auch in Fachkreisen herrscht vielfach die Auffassung, alle schadenbringenden Hochwässer seien „hausgemacht“ und ließen sich deshalb auch vermeiden. Diese Meinung ist falsch. Hochwässer sind Naturereignisse, die prinzipiell nur bis zu einer bestimmten Ausprägung zu beherrschen sind. Vermeiden lassen sich, jedoch auch nur bis zu einem gewissen Grad, die Hochwasserschäden. Der Hochwasserschutz beschäftigt uns seit vielen Jahren und in den letzten Jahren immer stärker, weil die Schäden größer geworden und weil viele extreme Hochwasserereignisse aufgetreten sind. Es wurde appelliert, spekuliert, geforscht und modelliert, neue Erkenntnisse gewonnen. Doch gibt es keine Patentrezepte und wird es auch nie geben.

Auf dem Gebiet des Hochwasserschutzes bzw. der Hochwasserschutzpolitik fehlt vielfach die Konfliktbereitschaft, gravierende Defizite herrschen bei der Umsetzung wirksamer Maßnahmen. Außerdem werden in der breiten Öffentlichkeit die Einflussmöglichkeiten auf die Hochwasserbildung nicht realistisch eingeschätzt. Daneben erschweren Ressortdenken, schwierige fachliche und räumliche Zuständigkeiten sowie die Eigentumsverhältnisse an Grund und Boden einen wirksamen Hochwasserschutz.

Menschliches Bedürfnis nach Schutz vor dem Wasser	Menschliches Bedürfnis nach Nutzung der Auen und Gewässer
Gesetzlicher Auftrag zum Schutz der Natur als Lebensgrundlage für den Menschen	Bedürfnis nach Erhalt der Funktionsfähigkeit von Auen und Gewässern
Optimierte Lösung möglich?	

Tab. 1: Konfliktfeld Hochwasser/Hochwasserschutz

## Variable der Hochwasser-Abflussbildung

Die Hochwasserproblematik muss immer auf verschiedenen räumlichen Ebenen betrachtet werden:

- ◆ auf der Ebene des Einzugsgebiets, also dort, wo zum größten Teil die *Abflussbildung* stattfindet, wo das Hochwasser entsteht;
- ◆ auf der Ebene des Fließgewässers und - wenn vorhanden - der Aue, also dort, wo sich der *Hochwasserabfluss* sowie eine konzentrierte Wasserretention abspielen.

Wie *Hochwasserabflussbildung* und *Hochwasserabfluss* de facto ablaufen, hängt von unveränderlichen sowie stochastischen als auch veränderlichen (auf die wir uns mit allen unseren Maßnahmen konzentrieren müssen) Variablen ab, und zwar:

- ◆ vom Relief einer Landschaft, also den Höhenunterschieden, den Talformen und den Talgefällen, die die Geschwindigkeit der *Abflussbildung* bestimmen. Eine alte, „gereifte“ Landoberfläche mit steilen, zielgerichteten Tälern reagiert auf ein Niederschlagsereignis mit einer anderen *Abflussbildung* als beispielsweise eine noch unreife Jungmoränenlandschaft mit Rinnen, Mulden und einem noch „unschlüssigen“ Gewässernetz;
- ◆ von den anstehenden Gesteinen, ob es sich um nahezu undurchlässige Granite und Gneise handelt, um Kluftgesteine des Karstes, glaziale oder fluviatile Lockergesteine mit einem teils sehr hohen Speichervolumen;
- ◆ von den Böden mit ihrer Gründigkeit, ihrem Porenanteil, der Verteilung der Poren und ihrer Lagerungsdichte;
- ◆ vom Grundwasserstand und damit von dem für eine Speicherung noch vorhandenen Volumen;
- ◆ von Niederschlagshöhe und -verteilung bei einem konkreten Regenereignis;
- ◆ von der Art des Niederschlags, ob es sich um konvektive (kurze, intensive, eher kleinflächige) oder advektive Niederschläge (lang anhaltend, mit intensiven Phasen, großflächig, extrem bei zyklonalen Wetterlagen) handelt;
- ◆ von den menschlichen Einflussfaktoren, vor allem der Art der Landnutzung; hierbei wiederum wichtig sind die Art und der phänologische Zustand der Vegetationsdecke und der Versiegelungsgrad, der insbesondere bei konvektiven Niederschlägen eine große Rolle spielen kann. De facto versiegelt, also nicht fähig zur Wasser-

aufnahme, sind in Deutschland etwa vier Prozent der Fläche, allerdings mit sehr ungleicher Verteilung und einer entsprechend unterschiedlichen Wirkung konvektiver Niederschläge;

- ◆ vom Grad der Bodenverdichtung, einem weiteren bedeutsamen, jedoch meist unterschätzten Faktor bei der *Hochwasserabflussbildung*; er stieg nach Einschätzungen von Fachleuten und auch belegt mit Studien auf den landwirtschaftlichen Flächen enorm an (GÖTTLE 1996), verursacht vom häufigen und unzeitgemäßen Einsatz schwerer Maschinen. Auch im Wald nimmt die Bodenverdichtung auf Grund der Technisierung der Waldarbeit zu;
- ◆ vom Vorhandensein entwässernder Einrichtungen wie Gräben und Drainagen; dies trifft in besonderer Weise auch zu für feste Wege in Hanglagen, oft versehen mit Wegseitengräben, die wie Dachrinnen wirken und das Wasser konzentriert und schnell abführen. Eine Erhöhung der Hochwasserscheitel wegen des Dachrinneneffektes ist nachgewiesen. Werden land- oder forstwirtschaftliche Flächen gedrängt (dazu BRONSTERT et al. 1995; KLEEBERG und ROTHER 1996; NIEHOFF und BRONSTERT 2002), so führt dies einerseits zu einem erhöhten Speichervolumen des Bodens, andererseits zu einer spürbaren *Abflussbeschleunigung*, weil die Dränrohre wie Grobporen fungieren;
- ◆ vom Gewässerneubau und -ausbau, wegen der verkürzten Fließstrecke wird der *Abfluss* beschleunigt, große Wassermengen fließen ohne die Inanspruchnahme der Aue in großen Profilen ab;
- ◆ von der Ausdeichung von Retentionsflächen, ein Sachverhalt, der schon vielfach beklagt und dokumentiert wurde.

## Jährlichkeit und Retentionsbedarf

Nun könnte man einfach sagen: Einige der Variablen sind veränderlich, also verändern wir sie; nehmen wir die gemachten Fehler doch einfach zurück, dann haben wir einen großen Teil der Hochwasserprobleme gelöst - so wird das vielfach auch in den Medien verbreitet. „Beherrschbarkeit“ lautet hier das Schlagwort. Auch - oder gerade nach - den großen Hochwasserereignissen der letzten Jahre vertreten Experten die Meinung, dass die anthropogenen Einwirkungen um so stärker in den Hintergrund treten, je größer, aber auch seltener diese Ereignisse sein werden. Der Einfluss der Landnutzung sei bei den advektiven Niederschlägen, bei denen lange anhaltende Regenfälle

den Bodenspeicher auffüllen, vergleichsweise gering, das Niederschlagsereignis würde zunehmend in den Vordergrund treten (ATV-DVWK 2001). Diese Aussage gilt als Schwellenwert für Jährlichkeiten ab etwa 20. Darüber hinaus besitzt jedes Hochwasser seine individuellen Eigenschaften, das heißt, vergleichbare Niederschlagsereignisse müssen nicht auch vergleichbare Abflüsse nach sich ziehen.

Als Faustzahl gilt ein spezifisches Retentionsvolumen von 20 bis 40 mm (Mittel 30 mm) pro Quadratkilometer Einzugsgebiet für seltenere Ereignisse. Dies entspricht 30.000 m<sup>3</sup> Retentionsraum pro km<sup>2</sup> Einzugsgebiet! Im Hinblick auf die Unterbringung und die Speicherung von Hochwasser existieren vielfach naive Vorstellungen zum Flächenbedarf. Dazu ein schlichtes Beispiel: Ein fiktiver Fluss habe einen MQ von 12 m<sup>3</sup>/s und bei einem Hochwasser einen HQ von 120 m<sup>3</sup>/s (ein recht enges Verhältnis, die Weißeritz führt in Dresden im langjährigen Mittel einen MQ von 4,5 m<sup>3</sup>/s, beim Hochwasser im Jahre 2002 waren es 439 m<sup>3</sup>/s).

Im bordvollen Gerinne können davon 25 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden, bleiben 95 m<sup>3</sup>/s zur Retention. Wenn der HQ nur fünf Stunden anhält, so fallen 1,710 Mio m<sup>3</sup> zur Retention an. Bei einer Einstauhöhe von 1 m benötigt man hierfür 171 ha, bei 2 m 85 ha Fläche.

Wir können Hochwässer nur schwer beherrschen - und wenn, dann nur die kleineren - sowie ihre Auftretenswahrscheinlichkeit und Charakteristika nur annähernd ermitteln. Wenn wir sie beherrschen könnten, würden wir der Natur und damit auch uns selbst einen schlechten Dienst erweisen, denn Hochwassern kommt eine wichtige ökologische Funktion zu. Sie sind notwendige Bestandteile des Naturhaushalts. Dies trifft in besonderem Maße für die Auen zu, in denen sich der Hochwasserabfluss konzentriert. Hochwasser sind

wichtig für die Bettbildung, spülen den Aquifer sowie Feinsedimente aus der Sohle und sie dienen der Erneuerung des Biofilms, der für die Selbstreinigungslleistung eines Fließgewässers verantwortlich ist (BRETSCHKO 1993). Dynamik, auch in Auen, diversifiziert und ist Motor der Evolution und der genetischen Differenzierung.

### Landnutzung und Hochwasserschutz in den Einzugsgebieten

Welche Möglichkeiten existieren, einen gewissen Hochwasserschutz zu gewährleisten und gleichzeitig Nutzung nicht generell auszuschließen, aber auch etwas für die ökologische Funktionsfähigkeit der Landschaft, der Auen und ihrer Gewässer zu tun? Aus wasserwirtschaftlicher Sicht gilt, so viel Wasser wie möglich so lange wie möglich in der Fläche zurückzuhalten, möglichst am Beginn der Abflussbildung (KLEEBERG und ROTHER 1996). Die erste und wichtigste Forderung lautet, natürliche Speicher zu erhalten und zu ertüchtigen sowie den Abfluss zu verzögern.

Die für die Abflussbildung bestimmenden Faktoren sind in Tabelle 2 aufgeführt. Eine permanent vorhandene *Vegetationsdecke* wirkt auf die Abflussbildung nicht nur über Interzeption und Evapotranspiration, sondern auch auf Grund ihrer Rauigkeit (je rauer, um so besser). Zur Wasserretention in der Fläche würde auch der Rückbau von Entwässerungsgräben in erheblichem Maße beitragen. Manche Wälder verfügen hier über große Potentiale. Warum sollte man nicht Wegseitengräben, wenn man sie denn braucht, in Kiesbetten enden lassen?

Die Disposition zur *Muldenspeicherung* ist in den verschiedenen Landschaften sehr unterschiedlich ausgeprägt. Speziell das Jungmoränenland ist reichlich damit ausgestattet und bietet

Wirkfaktoren für die Abflussbildung	Einflussgröße
Interzeption	Vegetationsdecke Nadelwald 3-4 mm Laubwald (unbelaubt) 2-3 mm Weizen bis 3 mm Mais bis 6 mm <sup>1</sup>
Evapotranspiration	Vegetationsdecke
Muldenspeicherung	Oberflächenform
Oberflächenabfluss	Hangneigung, Rauigkeit
Infiltration	Bodeneigenschaften, Leitfähigkeit

Tab. 2: Wichtige Größen für die Abflussbildung (nach BRONSTERT et al. 1995)

<sup>1</sup> nach LANG und TÖNSMANN 2002

große Retentionspotentiale. Ganz allgemein sollte man folgende Forderungen sehr ernst nehmen:

- ◆ Mulden nicht entwässern, Wasser versickern lassen;
- ◆ Mulden gezielt mit Wasser beschicken;
- ◆ Mulden schaffen, etwa mit Hilfe bereits vorhandener Weg- und Straßendämme, damit könnten auch wertvolle Feuchtbiotope entstehen.

### Moore

Moore besitzen ohne Zweifel eine wichtige Funktion im Landschaftswasserhaushalt. Die Ver-

dunstung ist hier um zehn bis 15 Prozent höher als in Mineralböden. Die obere Schicht eines Moores besitzt eine hohe Leitfähigkeit (ZOLLNER 2003). Ein intaktes Moor ist über lange Zeit des Jahres mehr oder weniger wassergesättigt, also nur bedingt wasseraufnahmefähig. Bei Niederschlägen *kann* der Abfluss daher höher sein als aus entwässerten Mooren. Wie die Arbeiten von ZOLLNER (2003) zeigen, können naturnahe Moore jedoch durchaus abflussverzögernd und auch als Wasserspeicher wirken wie die Abbildungen 1 und 2 verdeutlichen.

Dies gilt sowohl für kurze Starkniederschläge (konvektiver Typus; Abb. 1) als auch für ein

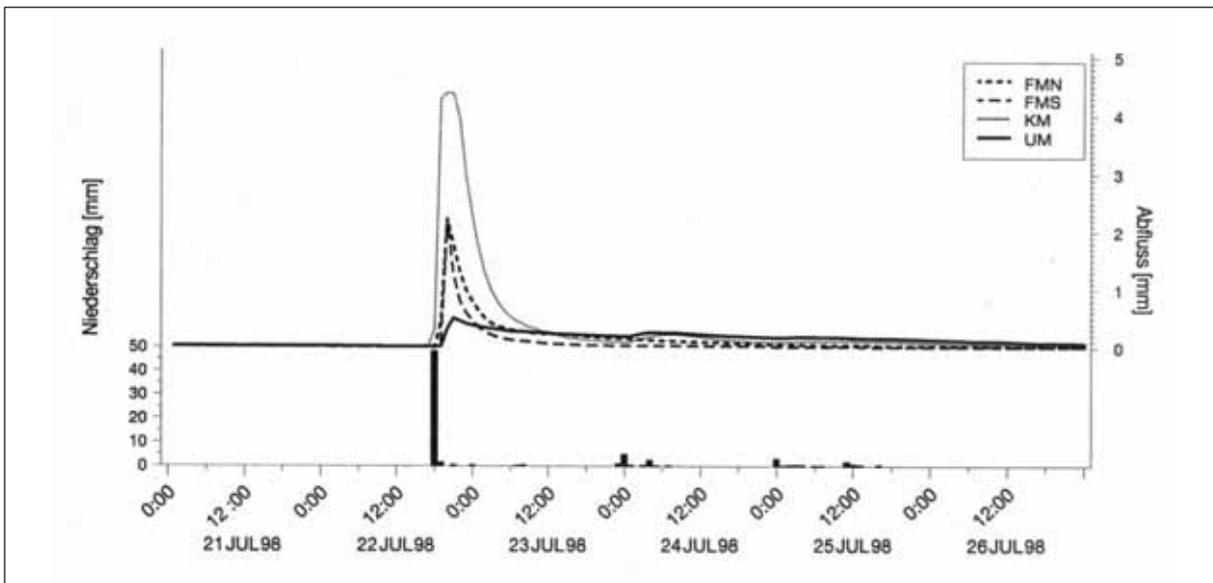


Abb. 1: Vergleich der Abflusskurven einer naturnahen (UM), einer landwirtschaftlich (KM) und zweier forstwirtschaftlich (FMN, FMS) genutzter Hochmoorflächen während eines kräftigen und kurz andauernden Niederschlagsereignisses (>50 mm innerhalb von drei Stunden) im Juli 1998 (aus ZOLLNER 2003)

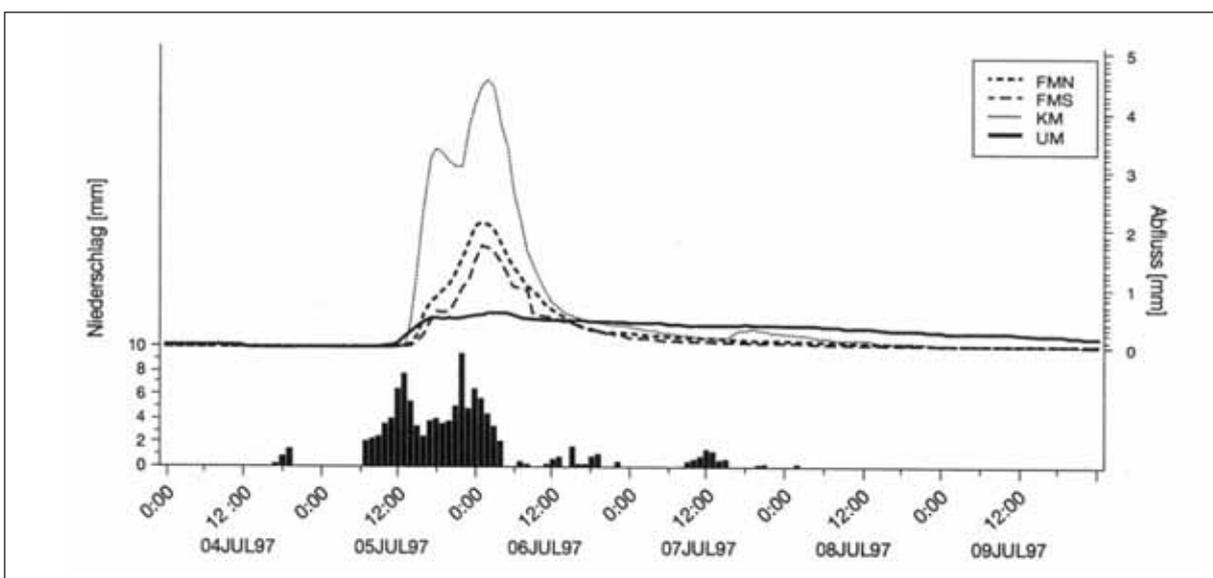


Abb. 2: Vergleich des Hochwasserabflusses nach einem über den ganzen Tag verteilten Niederschlagsereignis von 100 mm (Abkürzungen wie in Abb. 1; aus ZOLLNER 2003)

längeres, kräftiges Niederschlagsereignis (Abb. 2). Bei letzterem wird die Pufferwirkung - höhere Abflüsse über mehrere Tage - sehr deutlich. ZOLLNER (2003) führt dies auf die hohe Wasseraufnahmefähigkeit der gesamten lebenden Mooroberfläche (Akrotelm) zurück. Die land- und forstwirtschaftlich genutzten, entwässerten Moore dagegen reagieren mit zum Teil extrem hohen Abflüssen. Die Konsequenz daraus kann nur sein, entwässerte Moore zu regenerieren, um ihre Pufferfunktion wiederherzustellen. Dieser Puffer wirkt jedoch nicht in jedem Fall.

### Wald

Wald wirkt - das ist unbestritten - ganz generell und pauschal puffernd auf die Abflussbildung, nicht nur wegen der Interzeption, sondern auch wegen der nach wie vor vielfach noch ungestörten Böden mit guten Infiltrationseigenschaften. Darüber hinaus kann die Rauigkeit des Waldbodens abflussverzögernd wirken. Diese Rauigkeit bilden die oberflächennahen Wurzeln, die Streudecke, der womöglich geschichtete Bewuchs, Ernterückstände und das liegende Totholz. *Waldvermehrung* (Erstaufforstung) könnte also Teil einer Hochwasserschutzstrategie sein, doch wären die neuen Waldböden im Wesentlichen bisherige landwirtschaftliche Böden mit den bereits beschriebenen Eigenschaften, die Rauigkeit des Waldbodens wird sich erst nach langer Zeit einstellen. Auch ein bestehender hoher Waldanteil ist nicht per se Garantie für ein gute Abflusspufferung, da gerade in Mittelgebirgslandschaften der Wald ganz überwiegend auf flachgründigen Hanglagen stockt. Dort ist der Bodenspeicher klein und der unterirdische Abfluss hoch (NIEHOFF und BRONSTERT 2002).

### Landwirtschaftlich genutzte Flächen

Bei den landwirtschaftlichen Flächen tragen die *Äcker* als Nutzungsform stärker zur Hochwasserbildung bei als *Grünland*. Doch liegen ackerbaulich genutzte Flächen eher in ebenen und wenig geneigten Lagen, wogegen Grünland zumindest in den Mittelgebirgslandschaften eher in den abfluss-

begünstigenden Hanglagen zu finden ist. Auf Äckern lässt sich die Abflussbildung tendenziell mittels geeigneter Anbauverfahren reduzieren. Zu nennen sind Unter- und Zwischensaat. Reihenkulturen ermöglichen, über die ganze Fruchtfolge betrachtet, durch Mulchsaat den Oberflächenabfluss um bis zu 30 Prozent zu vermindern (AUERSWALD 2002). Als grundsätzlich wichtig und richtig wird auch eine nicht zu großflächige, diverse Landnutzung mit entsprechenden Fruchtfolgen angesehen (AUERSWALD 2002). In Sachen diverser Fruchtfolgen könnte der Energiepflanzenanbau mit gutem Beispiel vorangehen.

In allen Arbeiten zum Thema „Wasserretention in der Landschaft“ wird betont, wie bedeutsam abflusshemmende *Kleinstrukturen* sind, also das Vorhandensein, damit verbunden die Verpflichtung zur Erhaltung und, wo möglich und sinnvoll, zur Neuschaffung von Rainen, Riegeln, Böschungen, Hecken, Mauern. Dies sind Elemente, die unsere Landschaften auch hinsichtlich ihres ästhetischen Wertes prägen und die in ihrem Wert für die ökologische Funktionsfähigkeit nicht hoch genug eingeschätzt werden können (BRONSTERT et al. 1995; GÖTTLE 1996; KLEEBOG und ROTHER 1996). Hier treffen die Interessen von Wasserwirtschaft und Naturschutz in optimaler Weise zusammen.

## Landnutzung und Hochwasserschutz in den Auen

Die Auen mit ihren Fließgewässern sollten zur Optimierung der Retentionsleistung möglichst rau sein. Rauigkeit bedeutet Relief, Gehölze, Wald, ein gewundenes Gewässer mit Gehölzsaum. Ein naturnahes Fließgewässer der Kategorie Bach und kleiner Fluss tritt schon bei kleineren Hochwassern aus seinem Bett und aktiviert ausufernd die Retentionsfläche der Aue. Strukturen wie Querbänke und Totholz beschleunigen diesen Prozess. In der Aue sollten alte Rinnen, Mulden, Furkationsrinnen, aber auch Gräben in die Wasserspeicherung einbezogen werden, gegebenenfalls aktiviert durch Deichrückverlegung.

HQ1 bis 2	Keine Nutzung, Sukzession
HQ2 bis 5	Feuchtwälder, Forstwirtschaft möglich
HQ5 bis 20	Weide, Wiese, Wald, je nach Lage und Wasserhaushalt in unterschiedlichen Intensitäten
ab HQ20	Ackerbau möglich

Tab. 3: Differenzierte Auennutzung in Abhängigkeit von der Jährlichkeit der Überflutung

Man hört und liest oft die pauschale Forderung, man solle doch gerade in den Auen Äcker in Grünland umwandeln, um Stoffausträge und Materialverlagerungen zu verhindern sowie die Rauigkeit der Bodenoberfläche zu erhöhen. Doch hängt die Verteilung von Acker und Grünland ab von den klimatischen und edaphischen Verhältnissen verbunden mit einer starken betriebswirtschaftlichen Markt Komponente. Auf Acker kann man Markterträge erzeugen, auf Grünland „nur“ Futter. Ein landwirtschaftlicher Betrieb kann nicht einfach auf Milchproduktion oder Weideviehhaltung umstellen. Außerdem weisen einige Gebiete schon einen Grünlandüberschuss auf (RAAB und RÖSCH 2005). Doch könnte man sich vorstellen, die Nutzung von Überschwemmungsgebieten an der Hochwasser-Jährlichkeit auszurichten (Tab. 3).

Im Hinblick auf die Retentionsleitung *naturnaher Fließgewässer* ist Realitätssinn angebracht (BAUER 2004). Die Vorstellung, ein gewundener Bach diene der Hochwasser*vermeidung*, stimmt nicht. Doch ist die Naturnähe von Fließgewässern - strukturell und bezogen auf die begleitenden Gehölze - zweifellos *ein* Baustein von Hochwasserschutzkonzepten. Daraus folgt, dass ausgebaute, abflussbeschleunigende Gewässer in einen naturnäheren Zustand versetzt werden sollten. Eine optimierte Retentionswirkung ist dann gewährleistet, wenn der Retentionsraum der Aue frühzeitig aktiviert wird. Dies wiederum ist nur möglich, wenn die Gewässersohle angehoben wird. Forschungsarbeiten in Hessen zeigten, dass die Aktivierung aller Komponenten des natürlichen Wasserrückhalts summa summarum zu einer Reduzierung des Hochwasserabflussscheitels um maximal 13 bis 16 Prozent führt (LANG und TÖNSMANN 2002). Das kann bei einer geringen Jährlichkeit des Ereignisses entscheidend sein!

## Fazit

Wir müssen uns darüber im Klaren sein, dass wir ohne den Bau von Hochwasserrückhaltebecken auch künftig nicht auskommen werden. Deshalb ist es von allergrößter Wichtigkeit, die Technik und Bewirtschaftung dahin gehend zu optimieren, dass das im Notfall aufzustauende Gewässer prinzipiell durchgängig bleibt und der Retentionsraum angepasst bis gar nicht bewirtschaftet wird (ATV-DVWK 2001; KAISER und RÖCK 2006). Regional ein großes Potential stellen die meist schon im Mittelalter als Speicher und für die Fischereiwirtschaft gebauten Weiher dar. Auch sie können in Hochwasserschutzkonzepte eingebunden werden, sei es zur dezentralen Retention, sei

es mit überörtlicher Bedeutung. Bei traditioneller, auch für die Teichhygiene wichtiger Bewirtschaftung mit Winterung und Sömmerung stünden gewisse Volumina zur Verfügung. Dies müsste regional quantifiziert werden. Besonders interessant sind jedoch die ehemaligen, meist im 18. und 19. Jahrhundert aufgelassenen Weiher mit bedeutenden Retentionsvolumina (dazu zum Beispiel KONOLD 1987). Hier gilt es, die Potentiale unter wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten sowie unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte (Problem Kolmatierung, Stoffeintrag) zu prüfen. Zu planen wäre in Richtung ungesteuerter Becken.

Hochwasser- und Hochwasserschutzproblematik sind äußerst komplex und mit kühlem Kopf anzugehen. Ich plädiere für regionale Hochwasserschutzlösungen unter Ausschöpfung der Angebote der Natur und der Einbeziehung technischer Lösungen. Anzustreben ist ein auch unter ästhetischen Gesichtspunkten optimiertes Hochwasser-*Flächenmanagement*, bei dem, beginnend mit der Planung, die Wasserwirtschaft mit Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz und Flurbereinigung zusammenwirkt.

## Literatur

- ATV-DVWK (Hrsg.) (2001): Hochwasserrückhaltebecken. Probleme und Anforderungen aus wasserwirtschaftlicher und ökologischer Sicht. ATV-DVWK-Schriftenreihe Bd. 29, Hennef
- AUERSWALD, K. (2002): Landnutzung und Hochwasser. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 24 „Katastrophe oder Chance? Hochwasser und Ökologie“, S. 67-76
- BAUER, C. (2004): Bestimmung der Retentionspotentiale naturnaher Maßnahmen in Gewässer und Aue mit hydraulischen Methoden. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen 16, 179 S.
- BRETSCHKO, G. (1993): Niederschlagsereignisse, Hochwässer und Fließgewässerökologie. Wiener Mitteilungen für Wasser Abwasser Gewässer 105, 17 S.
- BRONSTERT, A.; VOLLMER, S.; IHRINGER, J. (1995): Die Bedeutung von Flurbereinigungsmaßnahmen für das Abflußverhalten von Starkniederschlägen in ländlichen Gebieten. Wasser & Boden 47 (9), S. 29-46
- GÖTTLE, A. (1996): Zukunftsweisender Hochwasserschutz in Deutschland - Forderungen, Voraussetzungen, Lösungen. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 37, S. 97-102

KAISER, O. (2006): Auswirkungen von Hochwasserrückhaltebecken auf wirbellose Tiere. Culterra, Schriftenreihe des Instituts für Landespflege an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Bd. 51, im Druck

KLEEBERG, H. B.; ROTHER, K. H. (1996): Hochwasserflächenmanagement in Flusseinzugsgebieten. Wasser & Boden 48, S.24-32

KONOLD, W. (1987): Oberschwäbische Weiher und Seen. Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 52, 634 S.

LANG, T.; TÖNSMANN, F. (2002): Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen 17

NIEHOFF, D.; BRONSTERT, A. (2002): Landnutzung und Hochwasserentstehung: Modellierung anhand dreier mesoskaliger Einzugsgebiete. Wasser & Boden 54, S.20-28

RAAB, K.; RÖSCH, C. (2005): Grünlandüberschuss in Baden-Württemberg. Berichte über Landwirtschaft 83, S.388-414

RÖCK, S. (2006): Ökologische Durchgängigkeit von Hochwasserrückhaltebecken für Fische. Culterra, Schriftenreihe des Instituts für Landespflege an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Bd. 51, im Druck

ZOLLNER, A. (2003): Das Abflussgeschehen von unterschiedlich genutzten Hochmooreinzugsgebieten. Laufener Seminarbeiträge 1/03, S.111-119

## Key words

*Flood protection, discharge formation, water retention, adapted land use*

## Summary

*Flood protection is caught between conflicting priorities. On the one hand there is the human need to utilise floodplains and waterways, and also to protect against the effects of floodwater. At the*

*same time legal regulations require the protection of nature as a basis for human survival. And, finally, there is also the desire to maintain the capacity of water courses and floodplains to function. Floods are a natural occurrence and part of this capacity to function. Therefore, floods should not be prevented (if at all possible). Flood protection must apply to the catchment area as much as to the floodplain and the waterways. The build up of flood discharge and the flood discharge itself depend on numerous variables, making it difficult to compare individual flood events or to propose universally valid solutions. Such variables are, for example, the relief, the retention capacity of the bedrock, the soil conditions, and the attributes of the precipitation events triggering off the floods. There are in addition a number of anthropogenic and, therefore, influenceable factors. The land use in the catchment area and in the floodplain is a significant variable in this respect, but only up to a return period of approximately twenty years. In the case of less frequent flood events the influence of the land use type and the condition of the waterways decreases. Below this level there are many different ways of efficiently slowing the flood discharge in the catchment area and the floodplain. In general, the surface should be as coarse as possible, whether this be due to surface structures (natural and artificial dells), the utilisation itself (pasture instead of fields, forest instead of pasture), or due to the conservation or creation of small structures, or the renaturalisation of waterways.*

*Moors can buffer discharge to a certain extent. There exists the potential to retain water in the landscape in (former) pond or lake areas. Flood protection concepts must be developed at a regional level. The forests can also play an important role in this.*

# Was erwartet die Wasserwirtschaft von der Forstwirtschaft hinsichtlich der Hochwasservorsorge?

ALBERT GÖTTLER

## Schlüsselwörter

*Hochwasserschutzstrategie, Aktionsprogramm 2020, Hochwasservorsorge, Hochwasserrückhalt, Schutzfunktion*

## Zusammenfassung

*Im Hochwasserschutz geht es in erster Linie darum, Schäden zu begrenzen, eine Zunahme des Schadenspotentials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten zu vermeiden sowie ein angemessenes Gefahrenbewusstsein zu entwickeln. In einer modernen und ganzheitlichen Hochwasserschutzstrategie wie dem Aktionsprogramm 2020 werden die drei Handlungsfelder natürlicher Rückhalt, technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge kombiniert. In diesen drei Handlungsfeldern haben der Wald als Vegetationsart und die Forstwirtschaft als Nutzungsform eine gewisse Bedeutung - insbesondere bei kleineren und mittleren Hochwasserereignissen. Eine naturnahe, standortsgerechte und nachhaltige Forstwirtschaft wirkt sich positiv auf den Hochwasserschutz aus.*

## Hochwasserschutzstrategie Aktionsprogramm 2020

Das Naturereignis Hochwasser lässt sich nicht verhindern. Doch wir können vermeiden, dass es zur Katastrophe wird. Der Hochwasserschutz zielt insbesondere darauf ab, Schäden zu begrenzen, eine Zunahme des Schadenspotentials in überschwemmungsgefährdeten Gebieten zu vermeiden und ein angemessenes Gefahrenbewusstsein zu entwickeln. Dies erfordert einen ganzheitlichen Ansatz: in einer modernen Hochwasserschutzstrategie werden die drei Handlungsfelder

- ◆ natürlicher Rückhalt,
- ◆ technischer Hochwasserschutz und
- ◆ Hochwasservorsorge

kombiniert. Im Rahmen des Aktionsprogramms 2020 werden für die Umsetzung dieser Hochwasserschutzstrategie in Bayern rund 2,3 Mrd. € investiert. In allen drei Handlungsfeldern kommt dem Wald als Ökosystem und der Forstwirtschaft als Nutzungsform eine gewisse Bedeutung zu.



Abb. 1: Auwald im Isarmündungsgebiet (Foto: Bayerisches Landesamt für Umwelt)



Abb. 2: Stufige Mischwälder besitzen eine höhere Wasserspeicherkapazität als Fichtenreinbestände. (Foto: Wasserrwirtschaftsamt Weilheim)

## Forstwirtschaft und natürlicher Rückhalt

### Wald im Einzugsgebiet

Hochwasser hängt in erster Linie vom Niederschlagsereignis ab. Ein Teil des Niederschlags verdunstet direkt, ein Teil bleibt in der Vegetation zurück. Größere Anteile versickern, werden im Boden zwischengespeichert oder laufen oberflächlich ab. Die Größe des Einzugsgebiets, das Gefälle, die Nutzungsart sowie die Bodenstruktur beeinflussen die jeweiligen Mengen.

Wenn dem Wald im Allgemeinen eine gute Wasserrückhaltefähigkeit nachgesagt wird, trifft das nur unter bestimmten Voraussetzungen zu. Nicht die Bäume - wie häufig vermutet - halten das Wasser zurück, sondern gut strukturierte Waldböden. Flachgründige Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität können naturgemäß weniger Wasser speichern als tiefgründige, locker gelagerte Böden. Die Struktur des oberen Bodenbereichs im Wald resultiert wiederum aus der Art und der morphologischen Struktur des Waldes.

Stufig aufgebaute Mischwälder sind dabei günstiger zu bewerten als beispielsweise nicht standortgerechte Fichtenreinbestände. Mischwälder weisen in der Regel auf Grund der hohen biologischen Aktivität einen guten Humuszustand

auf. Das Wasser kann hier leichter in den Boden eindringen als in den mächtigen, eher plattigen Auflagehumus der Nadelholzbestände. Tief und intensiv wurzelnde Baumarten tragen besonders zu einer günstigen Bodenstruktur bei, da sie die Porosität des Bodens fördern.

Forschungen zeigten jedoch auch, dass der Wald bei steigenden Niederschlagsmengen und zunehmender Wassersättigung des Bodens an Bedeutung verliert. Ist der Waldboden erst einmal gesättigt, kann er kein weiteres Wasser mehr aufnehmen, der hinzukommende Niederschlag fließt direkt ab. Auch gefrorene oder verdichtete Böden können kein Wasser aufnehmen und zurückhalten.

Bei kleineren und mittleren Hochwasserereignissen in kleinen Einzugsgebieten ist die positive Wirkung des Waldes auf den Hochwasserrückhalt unumstritten. Bei lang anhaltenden starken Niederschlägen, die zu Katastrophenhochwassern wie beispielsweise an Pfingsten 1999 oder im August 2005 führten, spielt die

Rückhaltewirkung des Waldes nur noch eine relativ geringe Rolle. Daraus wird klar, dass der Wald technische Maßnahmen zum Schutz der Siedlungen in den Flusstälern nicht ersetzen kann.

Die Wünsche der Wasserwirtschaft an die Wald- und Forstwirtschaft zur Verbesserung des natürlichen Rückhalts entsprechen im Wesentlichen den Anforderungen an eine nachhaltige, naturnahe Wald- und Forstwirtschaft. Standortgerechte, hinsichtlich Baumarten und Alter gut strukturierte Bestände stellen eine lang andauernde, kontinuierliche wirtschaftliche Nutzung sicher und wirken sich gleichzeitig positiv auf den Wasserrückhalt aus. In Einzugsgebieten mit grundsätzlich geringem Waldanteil sind Aufforstungen auch aus wasserwirtschaftlicher Sicht positiv zu bewerten.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden ähnlich wie in der Landwirtschaft auch im Wald Entwässerungsmaßnahmen durchgeführt. Sie veränderten die natürlichen Standortverhältnisse, tragen zur Abflussverschärfung bei und reduzieren die Rückhaltefähigkeit des Waldes. Dem sollte wo immer möglich entgegengewirkt werden.

Mindestens ebenso wichtig ist eine schonende Waldbewirtschaftung. In Kahlschlägen und Windwurfflächen steigen der Oberflächenabfluss und damit der Humusabtrag deutlich an. In Bezug auf den Hochwasserrückhalt sind daher Kahlschläge

zu vermeiden. Im Hinblick auf die Waldstruktur und den Wasserhaushalt sollte das Holz erst über gesicherter Vorausverjüngung femelartig geerntet werden. Darüber hinaus bieten gut gemischte Bestände von vorne herein Schutz vor Windwurf und den damit verbundenen Schäden.

Unstrittig erfordert eine effektive Bewirtschaftung des Waldes seine Erschließung mit Forstwegen. Bei deren Planung und Bau sind die örtlichen Geländestrukturen zu berücksichtigen und Abflusskonzentrationen zu vermeiden. Aus Rückegassen dürfen keine Erosionsrinnen entstehen, die zu einer Abflussverschärfung führen. Eine Waldbewirtschaftung, die auch zum Hochwasserschutz beiträgt, muss in erster Linie die Bodenstruktur im Blick haben. Für die Holzernte sollten nur solche Maschinen ausgewählt werden, die den Waldboden möglichst wenig verdichten.

### ***Auwald am Gewässer***

Auch dem Auwald kommt im Zusammenhang mit dem Handlungsfeld natürlicher Rückhalt eine wichtige Funktion zu. Vorrangiges Ziel des Auenprogramms Bayern, eines wesentlichen Bausteins im Aktionsprogramm 2020, ist daher der Schutz und die Entwicklung von Auen. Intakte Fluss- und Bachauen können Hochwasser effektiv zurückhalten. Als ein wesentliches Problem in den Auen stellt sich der heute geringe Waldanteil heraus. Zudem ertragen die wenigen vorhandenen Wälder auf Grund ihrer Zusammensetzung Überschwemmungen oft nur in geringem Maße.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Glonn beleuchtete das Landesamt für Umwelt den Einfluss von Bewuchs am Ufer und im Gewässer- vorland auf den Hochwasserrückhalt näher. Auch hier muss man wieder zwischen kleineren und größeren Hochwasserereignissen und der Art der Bewaldung unterscheiden. Bei kleineren Hochwasserereignissen wirkt sich eine Bewaldung in Form von Uferstreifen günstiger aus als eine talfüllende Blockbewaldung. Bei allen größeren Hochwasserereignissen ist die abflussdämpfende Wirkung der Blockbewaldung höher.

Gelingt es darüber hinaus, über Renaturierungsmaßnahmen am Gewässer eine Laufverlängerung zu erreichen, kann sowohl die Fließzeit als auch die Scheitelhöhe des Hochwassers günstig beeinflusst werden. Grundsätzlich darf jedoch die Bewaldung des Vorlandes die Hochwassersituation für die Gewässeranlieger nicht verschlechtern. In vielen Fällen ist daher eine Kombination verschiedener Maßnahmen wie beispielsweise eine Deichrückverlegung, verbunden mit einer Wiederbegründung von Auwald und Renaturierungsmaßnah-

men am Gewässer zur Verbesserung der Fließdynamik erforderlich. Ein Beispiel für diese kombinierte Vorgehensweise sind die kürzlich begonnenen Maßnahmen an der Mittleren Isar. Damit in den Auwäldern wieder mehr Überschwemmung toleriert werden kann, ist ein Waldumbau hin zu atypischen Beständen notwendig. Auch bei der Neubegründung von Auwäldern ist auf die Auswahl standortsgerechter Baumarten zu achten.

Oft sind gerade die kleinen Gewässer in der Vergangenheit zu Gunsten der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung reguliert und verbaut worden. Die Ufersicherung beseitigen und dem Gewässer Raum für Eigendynamik lassen - dies fördert den Rückhalt bereits im Gewässer. Abtrag und Anlandung sind Teil der natürlichen Gewässerdynamik. Langfristig heißt das: was auf einer Seite an Auwald verloren geht, kommt an anderer Stelle wieder dazu. Kenntnis und Akzeptanz dieser gewässerdynamischen Prozesse erleichtern die Abstimmung von Projekten zur Gewässerentwicklung wesentlich.

### ***Sonderfall Bergwald***

Im empfindlichen Ökosystem der Alpen ist ein gesunder Bergwald von zentraler Bedeutung. Auch hier reguliert der Wald den Wasserhaushalt und dämpft Hochwasserspitzen. Außerdem stabilisiert er den Boden, verhindert Erosion und schützt vor Steinschlag, Muren und Lawinen.

Auf Dauer können nur gesunde Bergmischwälder in geschlossenen Beständen die wichtigsten Funktionen im Naturhaushalt der Alpen erfüllen. Eine Vielfalt an Baumarten und eine ausgewogene Altersstruktur gewährleisten die Funktionsfähigkeit. Rund 60 Prozent des Waldes im bayerischen Alpenraum (ca. 1.500 km<sup>2</sup>) sind als Schutzwald ausgewiesen. Jedoch ist der Bergwald heute von einem gesunden Zustand teilweise weit entfernt. Die natürliche, großflächige Verjüngung des Waldes ist u.a. auf Grund von Luftverunreinigungen und überhöhten Wildbeständen erheblich beeinträchtigt, in einigen Fällen sogar kaum noch möglich. Die Bestände überaltern und verlichten in steigendem Maße. Die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahme 2005 zeigen die Probleme im Bergwald deutlich auf.

Aus geringer und artenarmer Verjüngung erwächst ein artenarmer, entmischter Bergwald. Seit etwa 150 Jahren steigt der Anteil der schnellwüchsigen und konkurrenzfähigen, gegen Verbisschäden relativ unempfindlichen Fichte zu Lasten von Tanne und Laubhölzern. Sowohl die Stabilität der Waldbestände als auch die Chancen für das Aufkommen einer artenreichen Naturverjüngung



Abb. 3: Gesunde natürliche Bergmischwälder dämpfen die Hochwasserspitzen, können aber die großen Hochwasserereignisse nicht verhindern. (Foto: Bayerisches Landesamt für Umwelt)

vermindern sich erheblich. Aus dieser Entwicklung entsteht ein verhängnisvoller Kreislauf. Auflichtung, Entmischung und ungenügende Verjüngung ermöglichen verstärkte Schneebewegungen, die als Waldlawinen noch vorhandenen Jungwuchs zerstören und zugleich Gassen in noch intakte Bestände schlagen. Auf diese Weise entstehen weitere Lücken, die wiederum neue Lawinen ermöglichen. Waldlawinen stellen eine zunehmende Belastung des Bergwaldes dar und führen zu einer weiteren Gefährdung des alpinen Lebensraumes.

Im Hinblick auf die Rückhalte- und Speicherkapazität des Bergwaldes gilt, was oben bereits allgemein zum Wald in Einzugsgebieten erläutert wurde. Auf die großen Katastrophenhochwasser der vergangenen Jahre ist der Einfluss des Bergwaldes vergleichsweise gering. Studien aus dem Halblechgebiet und vom Rotherdbach belegen dies sehr anschaulich. Die wesentlich wichtigere Funktion des Bergwaldes, die es zu schützen und zu verbessern gilt, ist der Schutz vor Lawinen und Muren.

Um diese Schutzfunktion zu verbessern, wurde in Bayern bereits 1986 das Schutzwaldsanierungsprogramm aufgelegt. Die Sanierung des Bergwaldes zielt im Wesentlichen darauf ab, mit Hilfe von Pflege- und Pflanzungsmaßnahmen den Wald zu verjüngen sowie Bestandslücken zu schließen.

Teilweise erfordert der Schutz des Jungwuchses vor Gletschneerückzug und Lawinen zusätzlich technische Verbauungen. Daneben sind Einsatz und Arbeit des Jägers gefragt. Die noch jungen Aufforstungsflächen müssen konsequent gegen Wildverbiss geschützt werden. Die Bayerische Forstverwaltung und die Wasserwirtschaftsverwaltung planen die Arbeiten zusammen und führen sie auch zusammen aus.

Im Bereich der Schutzwaldsanierung blicken wir mittlerweile auf eine Jahrzehnte andauernde erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung zurück. Es ist zu wünschen, dass sich diese Zusammenarbeit zum Schutz der Bergwälder nun auch nach der Umstrukturierung der Forstverwaltung und der Gründung des Unternehmens „Bayerische Staatsforsten“ weiterhin erfolgreich gestaltet.

### **Forstwirtschaft und technischer Hochwasserschutz**

Im Handlungsfeld des Technischen Hochwasserschutzes sind im Aktionsprogramm 2020 neben der Verbesserung des Hochwasserschutzes für Städte und Gemeinden im Wesentlichen die Sanierung von Deichen und der Bau von sieben Flutpoltern vorgesehen.

Alle diese Maßnahmen erfordern die Bereitschaft der betroffenen Grundstückseigentümer, ihre Grundstücke zum Wohl der Allgemeinheit zur Verfügung stellen, sei es zum Kauf, zum Tausch oder im Rahmen von Grunddienstbarkeiten.

## **Forstwirtschaft und Hochwasservorsorge**

Eine wichtige Aufgabe im Handlungsfeld Hochwasservorsorge ist die Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten. Derzeit ermittelt die Wasserwirtschaftsverwaltung für alle größeren Gewässer die Überschwemmungsgebiete, die dann das Landratsamt per Rechtsverordnung festsetzt. Ziel der Ermittlung und Festsetzung ist zum einen, die Bevölkerung über das Gefahrenpotential zu informieren, zum anderen, die Überschwemmungsgebiete von weiterer Bebauung freizuhalten und für den Wasserrückhalt zu sichern. Seit 2003 besteht die Möglichkeit, sich im Internet im Informationsdienst „Überschwemmungsgefährdete Gebiete“ die ermittelten Überschwemmungsgebiete parzellenscharf anzuschauen.

Die Erfahrung zeigt, dass für den Hochwasserschutz bedeutsame Flächen möglichst frühzeitig vor konkurrierenden Nutzungen gesichert werden müssen. Nicht durch Verordnung des Landratsamtes festgesetzte Überschwemmungsgebiete werden daher in der Regionalplanung als Vorranggebiete für den Hochwasserschutz dargestellt. Damit soll ein Beitrag zur Planungssicherheit geleistet und zukünftiges Schadenspotential vermieden werden.

Bei der Ermittlung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten stoßen die Wasserwirtschafts- und Landratsämter immer wieder auf vehementen Widerstand. Darum sei auch hier appelliert, diese Ermittlungen als Informations- und Schutzmaßnahme zu verstehen und zu akzeptieren. Nur so hat jeder einzelne die Möglichkeit, sein persönliches Hochwasserrisiko einzuschätzen und eigene Maßnahmen zum Schutz vor späteren Schäden zu ergreifen.

Bis 2008 werden für alle Gewässer erster und zweiter Ordnung Gewässerentwicklungspläne erarbeitet. In diesen Plänen wird ausgehend vom Gewässerleitbild aufgezeigt, wie sich das Gewässer zukünftig weiterentwickeln soll. Dabei werden die unterschiedlichen Anforderungen an das Gewässer und seine Nutzung untersucht, bewertet und die verschiedenen Interessen gegeneinander abgewogen. Am Ende wird im Gewässerentwicklungsplan dargestellt, in welchen Gewässerabschnitten Maßnahmen für den natürlichen Rück-

halt möglich und sinnvoll sind, wo Renaturierungsmaßnahmen erforderlich und wo beispielsweise auch Möglichkeiten für eine Wiederbegründung von Auwald gegeben sind.

In das Handlungsfeld Hochwasservorsorge gehören aber auch Bau- und Verhaltensvorsorge. Hier geht es in erster Linie darum, bauliche Anlagen und betriebliche Praxis daraufhin zu durchleuchten, wo und weswegen im Hochwasserfall Schäden entstehen können. Aus dieser Kenntnis heraus werden Konzepte entwickelt, wie sich diese Schäden zukünftig vermeiden lassen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eigenes Verhalten auch bei Dritten Schäden verursachen kann, die es zu vermeiden gilt (z. B. Lagerung von Holz in Überschwemmungsgebieten).

## **Kommunikation - ein wichtiges Instrument zur Umsetzung der Hochwasserschutzstrategie**

Hochwasserschutz ist nicht nur eine Angelegenheit der Wasserwirtschaftsverwaltung und der betroffenen Bürger. Er ist als gesamtgesellschaftliches Anliegen zu verstehen, das sich nur gemeinschaftlich und solidarisch bewältigen lässt. Dabei ist es wichtig, allen bewusst zu machen, was jeder Einzelne dazu beitragen kann. Nur auf diese Weise gelingt die Vorsorge vor künftigen Hochwasserkatastrophen.

## **Keywords**

*Strategic flood protection, Action Plan 2020, flood prevention, flood detention, flood prevention capacity*

## **Summary**

*Flood protection aims at a limitation of damages, at a standstill or a reduction of the potential for damages in vulnerable areas and at the development of an adequate awareness of flood threats.*

*A modern and holistic strategic flood protection - as represented by the "Action Plan 2020" - respects and includes three main fields: natural retention, technical flood protection and flood prevention.*

*Within these activities forest (as a type of vegetation) and forestry (as a kind of utilization) play a certain role in particular at little and medium floods.*

*A nature oriented, well site adapted and sustainable forestry has a positive influence on flood protection.*

# Waldwirkung auf Hochwasser

CHRISTOPH HEGG

## Schlüsselwörter

*Schutzwaldwirkung, Hochwasser, Erosion*

## Zusammenfassung

*Bei der Wirkung des Waldes auf Hochwasser lässt sich zwischen der Beeinflussung des Abflusses und der Beeinflussung der Erosion unterscheiden. In beiden Fällen kann der Wald eine gewisse Schutzwirkung entfalten. Er beeinflusst die Abflussbildung bei Hochwasser nur unter bestimmten Voraussetzungen maßgeblich, während ein Schutz vor Erosion in den meisten Fällen erwartet werden kann. Sowohl beim Abfluss als auch beim Erosionsschutz ist die Wirkung des Waldes begrenzt. Wird das Leistungspotential des Waldes bei der Beeinflussung des Abflusses überschritten, verhält sich ein Standort wie wenn er unbewaldet wäre. Geschieht das gleiche bei einem Wald mit Erosionsschutzwirkung, wird neben dem Boden auch der darauf stockende Waldbestand erodiert. Dies kann sich insbesondere dann negativ auswirken, wenn das dabei entstehende Schwemmh Holz zu Verkläuerungen und damit zu größeren Schäden führt.*

## Wald schützt - aber der Schutz hat Grenzen

Wird die Wirkung des Waldes auf Hochwasser diskutiert, steht in der Regel sein Einfluss auf die Abflussbildung im Vordergrund. Daneben besitzt der Wald aber auch eine nicht zu vernachlässigende stabilisierende Wirkung auf den Boden. Diese kommt einerseits als Schutz vor Ufererosion und andererseits als Reduktion der Anfälligkeit gegenüber flachgründigen Rutschungen zum Tragen.

Wie jede andere Maßnahme zum Schutz vor Naturgefahren kann der Wald eine gewisse Schutzleistung erbringen. Diese Leistung ist aber nicht unbegrenzt, weshalb auch das Verhalten im Überlastfall zu betrachten ist. Es ist das Ziel dieses Beitrags, Leistungsprofile des Waldes und das Verhalten im Überlastfall sowohl für die Beeinflussung der Abflussbildung als auch für die Bodenstabilisierung zu erläutern. Insbesondere wird die Beeinflussung des Abflusses erläutert.

## Wald dämpft Abflussspitzen bei Hochwasser

Seit über 100 Jahren bildet die Wirkung des Waldes auf Hochwasser einen Forschungsgegenstand der Hydrologie und der Forstwissenschaften. Am 8. April 1903 begann die damalige „Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen“ (Vorgängereinstitution der WSL) mit kontinuierlichen Messungen in zwei Einzugsgebieten im schweizerischen Emmental: einerseits im praktisch vollständig bewaldeten Sperbelgraben und andererseits im damals nur zu ca. einem Drittel bewaldeten Rappengraben. ENGLER (1919) zeigte mit diesen Untersuchungen, dass die Abflussspitzen im vollständig bewaldeten Einzugsgebiet bei Gewitterniederschlägen um 30, teilweise sogar um 50 Prozent geringer sind als diejenigen im wenig bewaldeten Gebiet. ENGLER beschreibt auch, dass die Differenz der beiden Gebiete mit zunehmendem Niederschlag abnimmt, bis schließlich kein Unterschied mehr festzustellen ist. Keinen entsprechenden Zusammenhang konnten BURCH et al. (1996) anhand ihrer Arbeiten in drei unterschiedlich bewaldeten Einzugsgebieten im Alptal (SZ) feststellen. In diesem Flyschgebiet wurde sowohl bei kurzen als auch bei langanhaltenden Niederschlägen kein Einfluss des Waldes auf die Abflussspitzen festgestellt. Die Ergebnisse dieser Projekte sowie neuere Arbeiten, die im Detail in HEGG et al. (2004) sowie in BADOUX et al. (2006a und 2006b) beschrieben sind, bildeten die Grundlage für die nachfolgend kurz erläuterte schematische Darstellung der Waldwirkung auf Hochwasser.

## Unterschiedliche Bodentypen wirken sich unterschiedlich aus

Der Wald beeinflusst die Abflussbildung bei einem Niederschlagsereignis vor allem wegen der zusätzliche Speicherung von Wasser im Boden. Grundsätzlich ähnlich, allerdings in viel kleinerem Ausmaß, wirkt die Interzeption. Je mehr Wasser zurückgehalten wird, umso kleiner ist der Abfluss. Waldböden weisen in der Regel bei einem einsetzenden Niederschlagsereignis eine größere Wasseraufnahmefähigkeit auf als Freilandböden, einerseits weil sie meist eine höhere Infiltrations- und

Speicherkapazität besitzen (organische Auflage, generell besserer, natürlich gelagerter Bodenaufbau, weniger Verdichtung), andererseits weil die Waldvegetation mehr Wasser verdunstet. Die tiefreichenden Wurzeln entziehen dabei den Böden rascher und bis in größere Tiefen Wasser.

Je nach Untergrund, auf dem sich ein Boden entwickelt, übt der Wald eine mehr oder weniger starke Wirkung auf die Speicherkapazität aus.

Flachgründige Böden auf undurchlässigem Untergrund (wie z. B. Gleyböden auf Flysch im Alptal) weisen generell kleine Speicherkapazitäten auf. Unter Wald kann sich die Speicherkapazität dieser Böden erhöhen. Allerdings bleibt sie auch unter einem optimalen Bestand relativ gering. Entsprechend ist der Wasserrückhalt bei einem Niederschlag, der groß genug ist, ein schadenbringendes Hochwasser auszulösen, nicht in der Lage, den Abfluss maßgeblich zu reduzieren (Abb. 1).

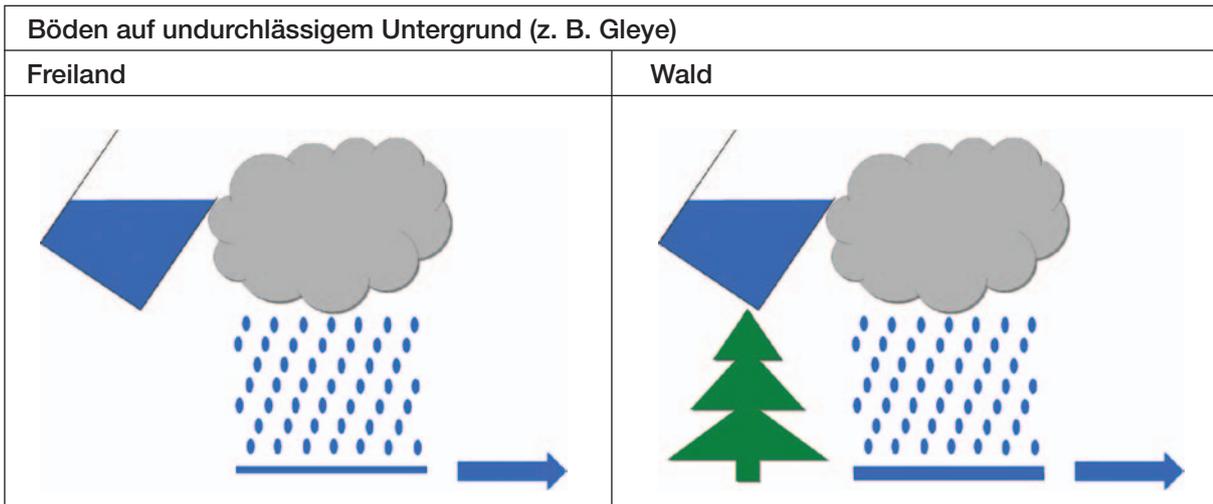


Abb. 1: Schematische Darstellung der Waldwirkung auf die Hochwasserabflussbildung eines Bodens mit kleiner Speicherkapazität und geringer Durchlässigkeit; die Speicherkapazität, dargestellt als flache Schale, ist prozentual gesehen im rechten Bild mit Wald deutlich erhöht. Trotzdem fließt der größte Anteil des Niederschlags oberflächlich ab, weil im Verhältnis zum fallenden Niederschlag die Speicherkapazität immer noch sehr klein ist.

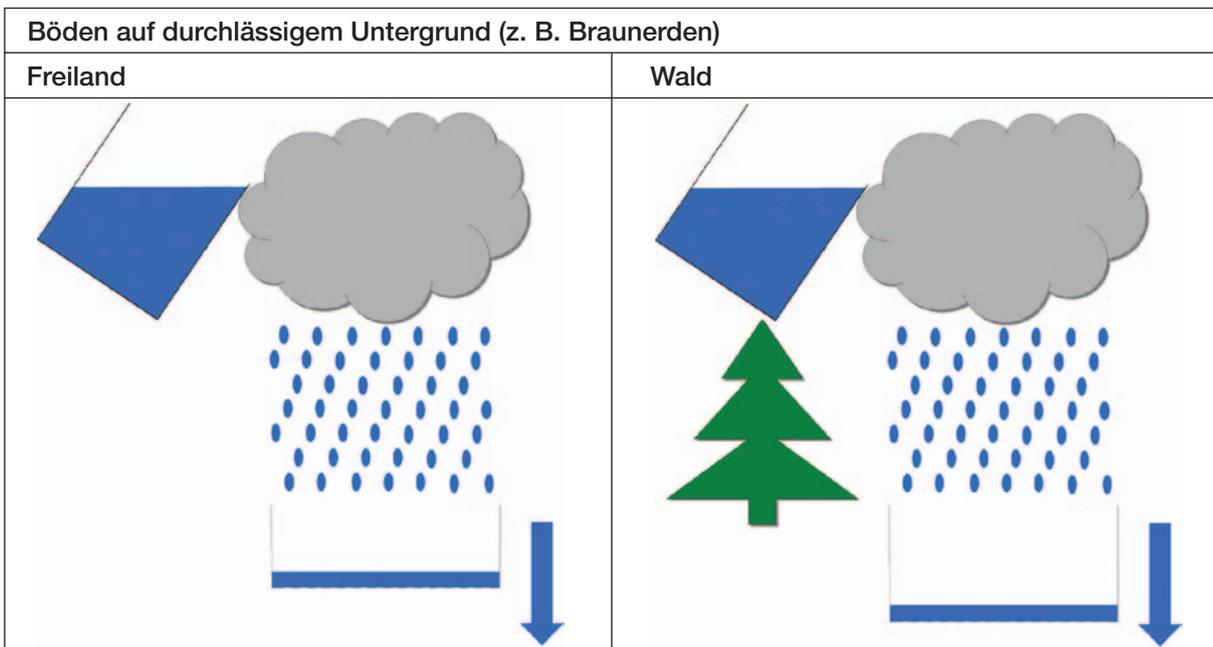


Abb. 2: Schematische Darstellung der Waldwirkung bei einem Boden mit hoher Speicherkapazität und guter Durchlässigkeit; Löcher im Schalenboden stellen die Durchlässigkeit des Untergrundes dar. Die durch den Einfluss des Waldes erhöhte Speicherkapazität entfaltet keine Wirkung, weil das Wasser in tiefere Schichten versickert, bevor der Boden gesättigt ist.

Ganz anders präsentiert sich die Situation bei Böden mit hoher Speicherkapazität auf durchlässigem Untergrund, wie z. B. Braunerden auf Molassesandstein oder -nagelfluh im Emmental. Diese Böden weisen, wie in Abbildung 2 dargestellt, auch ohne Wald eine sehr hohe Speicherkapazität auf. Zudem ist deren Untergrund oft so durchlässig, dass große Teile des Wassers rasch in die Tiefe versickern, bevor der Boden gesättigt wird. Unter derartigen Bedingungen entscheiden die Verhältnisse im Untergrund darüber, wie rasch wie viel Wasser abfließt, sofern die Infiltrationskapazität des Bodens hoch genug ist.

Somit ist sowohl bei gut durchlässigen als auch bei praktisch undurchlässigen Böden die Wirkung des Waldes auf die Abflussbildung bei Hochwasser gering. Auf Böden mit mittlerer Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit dagegen kann der Wald durchaus eine gewisse Wirkung auf Hochwasser entfalten (Abb. 3). Dies ist z. B. bei einem Stauwasserboden (Pseudogley) der Fall. Dort kann eine Erhöhung der Speicherkapazität zu einer maßgeblichen Verzögerung und Reduktion der Abflüsse beitragen. Weiter sind Baumwurzeln in der Lage, Horizonte mit reduzierter Durchlässigkeit zu durchstoßen. Damit ermöglichen sie, dass größere Wassermengen in die Tiefe versickern. Auf Grund des heutigen Kenntnisstandes ist davon auszugehen, dass der Wald vor allem bei gehemmt durchlässigen Horizonten in einer Tiefe zwischen

30 und 50 cm eine maßgebliche Wirkung auf die Hochwasserentstehung entfalten kann.

Der Wald ist somit unter bestimmten Bedingungen in der Lage, eine Schutzfunktion gegenüber Hochwasser wahrzunehmen, weil er die Abflussbildung beeinflusst. Ob der Wald auf einem bestimmten Standort eine Wirkung entfalten kann oder nicht, lässt sich auf Grund einer Beurteilung der Bodeneigenschaften bestimmen. Eine entsprechende Anleitung für Schweizer Verhältnisse ist in FREHNER et al. (2005) integriert.

### Leistungsprofil des Waldeinflusses auf die Hochwasserabflussbildung

Die Wirkung einer Maßnahme bei einer bestimmten Belastung (z. B. durch einen Starkregen) kann aus dem Vergleich der Reaktion (hier dem resultierenden Abfluss) mit und ohne Maßnahme bestimmt werden. Analysiert man die Wirkung von Maßnahmen für unterschiedliche Belastungen, kann ein Leistungsprofil erstellt werden. Ein vollständiges Leistungsprofil bildet dabei auch den Überlastfall ab. Bei technischen Schutzmaßnahmen wird der Überlastfall als ein Szenario definiert, das das Dimensionierungsszenario deutlich übertrifft. Für natürliche Maßnahmen, wie sie hier diskutiert werden, können in Analogie Szenarien herangezogen werden, bei denen keine maßgebliche Schutzwirkung mehr zu erwarten ist.

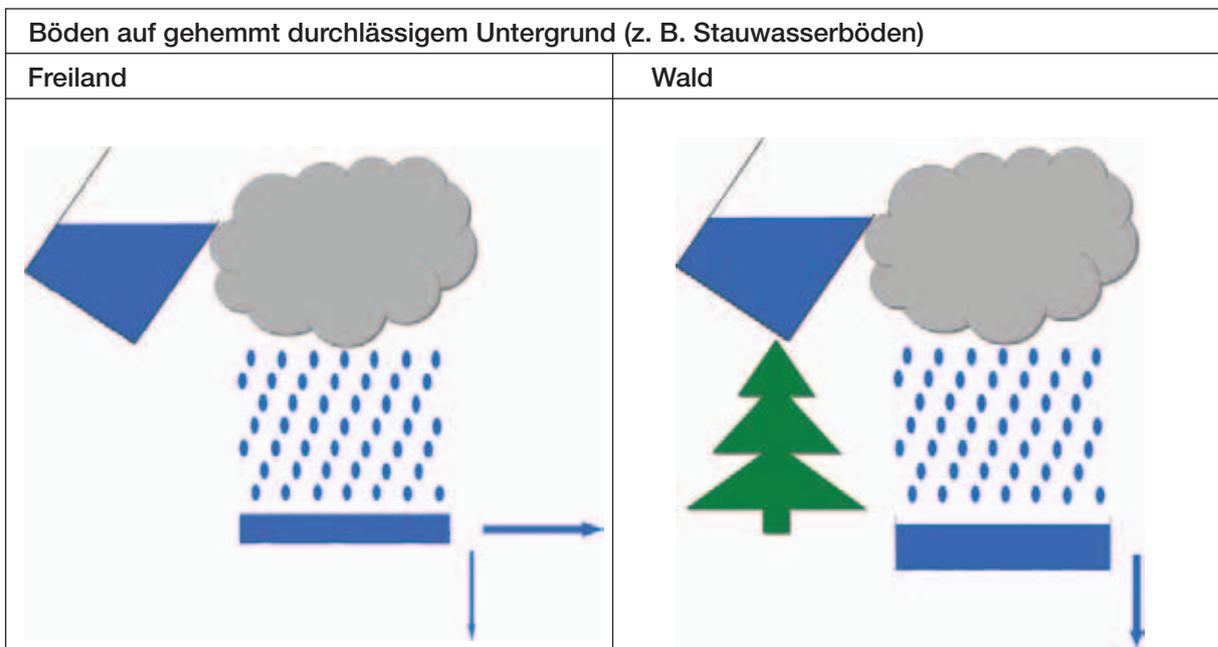


Abb. 3: Schematische Darstellung der Waldwirkung bei einem Boden mit mittlerer Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit; die größere Speicherkapazität unter Wald kann Oberflächenabfluss bei gleichem Niederschlagsvolumen wie in Abbildung 1 und 2 dargestellt verhindern. Fällt bei einem langanhaltenden Ereignis deutlich mehr Niederschlag, trägt auch ein derartiges Gebiet zum Abfluss bei und bewaldete bzw. nicht bewaldete Gebiete unterscheiden sich nicht mehr.

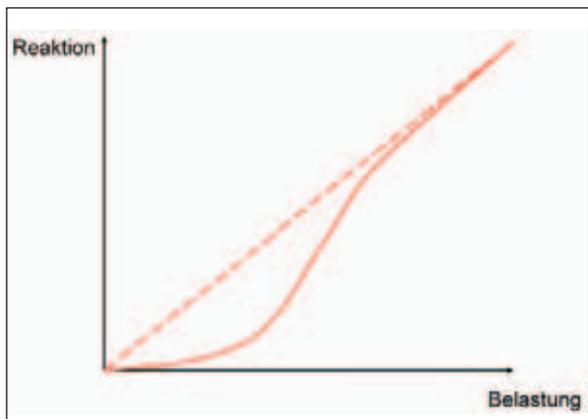


Abb. 4: Schematisches Leistungsprofil für die Waldwirkung auf den Hochwasserabfluss auf Böden mit mäßiger Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit; horizontal ist das Ausmaß der auslösenden Belastung (Niederschlag), vertikal das Ausmaß des resultierenden Ereignisses (Abfluss) aufgetragen. Die gestrichelte Linie stellt das Reaktionsmuster ohne Wald dar, die durchgehende Linie jenes mit Wald.

In Abbildung 4 ist schematisch das Leistungsprofil dargestellt, wie es ein Wald auf einem Boden mit mäßiger Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit aufweist. Die feine gerade Linie stellt als Vergleich die Situation ohne Maßnahme dar. Die breit gezeichnete Kurve verdeutlicht schematisch die Situation, wie sich die Speicherkapazität des Waldes auf das Ausmaß eines Ereignisses auswirkt.

So lange der Waldboden Speicherkapazität aufweist, bleibt das Ausmaß eines Ereignisses deutlich unter jenem an einem vergleichbaren Standort ohne die zusätzliche Speicherkapazität des Waldbodens. Ist der Boden aber gesättigt, beginnt sich die Kurve mit weiter zunehmendem Ereignis ausmaß immer mehr der Situation ohne Maßnahmen anzunähern. Das Ausmaß des Ereignisses und damit der verursachte Schaden steigt aber auch in diesem Überlastfall nie über jenes Ausmaß an, das ohne Wald zu erwarten wäre. Wald weist deshalb in dieser Situation im Überlastfall ein „gutmütiges“ Verhalten auf.

### Wald stabilisiert den Boden

Wald reduziert die Anfälligkeit von Boden gegenüber Erosion durch Oberflächenabfluss, Seitenerosion entlang von Gerinnen oder flachgründigen Rutschungen auf verschiedenste Art und Weise. Einen Einstieg in die umfangreiche entsprechende Literatur ermöglichen folgende Publikationen: RICKLI und GRAF (2004); RICKLI et al. (2002); RICKLI (2001). Der vorliegende Beitrag beschränkt sich

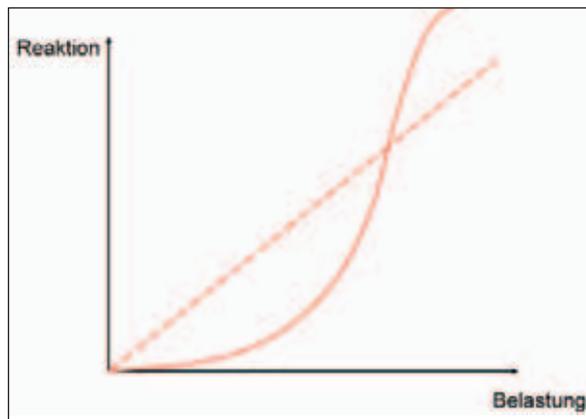


Abb. 5: Schematisches Leistungsprofil der stabilisierenden Wirkung des Waldes gegen Rutschungen und Erosion; horizontal ist das Ausmaß der auslösenden Belastung (Niederschlag), vertikal das Ausmaß des resultierenden Ereignisses (Erosion) aufgetragen. Die gestrichelte Linie stellt das Reaktionsmuster ohne Wald dar, die durchgehende Linie jenes mit Wald.

darauf, das Leistungsprofil des Waldes für seine stabilisierende Wirkung grundsätzlich zu erläutern und mit jenem zur Beeinflussung der Abflussbildung zu vergleichen.

### Leistungsprofil der stabilisierenden Wirkung des Waldes

In Abbildung 5 ist das schematische Leistungsprofil für die stabilisierende Wirkung des Waldes dargestellt. Im Gegensatz zur Wirkung auf die Hochwasserabflussbildung sind hier nur wenige Einschränkungen im Hinblick auf die standörtlichen Bedingungen nötig, da der Wald mit Ausnahme außerordentlich steiler Hänge fast überall eine gewisse Stabilisierung gegen Erosion und flachgründige Rutschungen entfaltet.

Die Reaktion an einem vom Wald stabilisierten Standort ist so lange deutlich geringer als an einem unbewaldeten Standort, wie diese Wirkung erhalten bleibt. Findet jedoch auf einem Hang trotz Wald eine Rutschung statt bzw. werden die Ufer eines Gewässers erodiert, fallen neben Boden und Gestein auch die dort stockenden Bäume dem Abtrag zum Opfer. Die Reaktion auf eine Belastung über der stabilisierenden Wirkung der Bäume ist deshalb größer als die Reaktion, wenn ein Standort ohne Wald der gleichen Belastung ausgesetzt wird. Der Wald weist deshalb in diesem Zusammenhang ein wenig gutmütiges Verhalten auf. Es kann sich ins besondere dann negativ auswirken, wenn das Schwemmholz weiter unten einen Gerinnequerschnitt verlegt.

## Schlussbemerkungen

Bei aller Bedeutung des Waldes als Schutzwald vor Naturgefahren ist zu beachten, dass der Wald noch zahlreiche weitere Funktionen wahrnimmt und auch vor anderen Naturgefahren schützt. So wie der Wald gegen Hochwasser und Erosion einen begrenzten Schutz bietet, kann er noch zahlreiche andere Funktionen wahrnehmen. Es ist eine anspruchsvolle Aufgabe, für jeden Standort zu beurteilen, welche Funktionen ein Wald wahrzunehmen hat und daraus angemessene Pflegemaßnahmen abzuleiten.

## Literatur

- BADOUX, A.; JEISY, M.; KIENHOLZ, H.; LÜSCHER, P.; WEINGARTNER, R.; WITZIG, J.; HEGG, C. (2006a): Influence of storm damage on the runoff generation in two sub-catchments of the Sperbelgraben, Swiss Emmental. *European Journal of Forest Research* 125, S.27-41
- BADOUX, A.; WITZIG, J.; GERMANN, P.F.; KIENHOLZ, H.; LÜSCHER, P.; WEINGARTNER, R.; HEGG, C. (2006b): Investigations on the runoff generation at the profile and plot scales, Swiss Emmental. *Hydrol. Process.* 20, S.377-379
- BURCH, H.; FORSTER, F.; SCHLEPPI, P. (1996). Zum Einfluss des Waldes auf die Hydrologie der Flysch-Einzugsgebiete des Alptals. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 147, S.925-937
- FREHNER, M.; WASSER, B.; SCHWITTER, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald - Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 564 S.
- ENGLER, A. (1919): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen* 12, S.1-626
- HEGG, C.; THORMANN, J.-J.; BÖLL, A.; GERMANN, P.; KIENHOLZ, H.; LÜSCHER, P.; WEINGARTNER, R. (Hrsg.) (2004): Lothar und Wildbäche. Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms „Lothar Evaluations- und Grundlagenprojekte“, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, 79 S.

RICKLI, C.; GRAF, F. (2004): Aspekte des Einsatzes von Pflanzen gegen Erosion und Rutschungen in der Schweiz. *Local land soil news* 10/11, II/III, S.18-19

RICKLI, C.; ZÜRCHER, K.; FREY, W.; LÜSCHER, P. (2002): Wirkungen des Waldes auf oberflächennahe Rutschprozesse. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 153, S.437-445

RICKLI, C. (Red.) (2001): Vegetationswirkungen und Rutschungen - Untersuchung zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August 1997. Birmensdorf, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 97 S.

## Key words

*Influence of protection forest, flooding, erosion*

## Summary

*Two aspects can be differentiated when discussing forest influence on floods: the influence on runoff generation and the influence on erosion. In both cases forests have a certain protection effect. During floods an important influence on runoff generation can only be expected under specific conditions, whilst a protection against erosion can be expected from forests in most cases. The influence of the forest is limited in both cases. If the limits of a forest influencing runoff generation are overtopped, the reaction of a site is similar to the one without forest. If the same happens on a site with a forest protecting against erosion, together with the eroded soil also the tree stands are eroded. This may have a negative influence if these trees result in a clogging causing additional damage.*

# Der Bergwald und seine hydrologische Wirkung - eine unterschätzte Größe?

GERHARD MARKART, BERNHARD KOHL UND FRANK PERZL

## Schlüsselwörter

*Abfluss, Bewirtschaftung, Massenbewegung, Wasserhaushalt, Wildholz*

## Zusammenfassung

*In Zeiten einer Häufung von Schadereignissen durch Hochwasser, Muren und Rutschungen wird zwangsläufig die Frage nach der Effizienz der bisherigen technischen Maßnahmen, flächenwirtschaftlicher Eingriffe und der Bewirtschaftung der Oberfläche von solchen Ereignissen betroffener Gebiete gestellt. Eine gute Waldausstattung in alpinen Einzugsgebieten wurde früher als Versicherung gegen Naturgefahren angesehen. In den letzten Jahren wird jedoch die Wirkung der Waldvegetation als Schutz vor Naturgefahren immer stärker hinterfragt.*

*Im Folgenden wird die hydrologische Wirkung der Waldvegetation in alpinen Einzugsgebieten kurz diskutiert. Die Autoren zeichnen ein überwiegend positives Bild der Waldwirkung. Es beruht auf den Ergebnissen von hydrologischen Untersuchungen und Analysen von Schadereignissen in einer Vielzahl von Wildbacheinzugsgebieten des Ostalpenraumes.*

*In einer Reihe in den letzten Jahren erschienener Arbeiten wird die hydrologische Wirkung der Waldvegetation insbesondere bei Niederschlägen langer Dauer kritisch hinterfragt. „Bei gleichen Niederschlagverhältnissen kann somit der Wald, je nach Bodenbedingungen, eine Schutzwirkung haben oder nicht“ formulieren HEGG et al. (2004). BURCH et al. (1996) stellten im Zuge ihrer Analysen von drei Einzugsgebieten keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Bewaldungsgrad und Hochwasserabflussspitzen fest. COSANDEY et al. (2005) erhielten bei der Auswertung mehrerer forsthydrologischer Studien in Südfrankreich deutlich divergierende Ergebnisse, von hoher Waldwirkung bis zu keinem Unterschied zwischen Wald und Grasland in der Abflussbildung.*

*Im Folgenden zeichnen die Autoren dennoch ein überwiegend positives Bild der Waldwirkung. Es beruht auf den Ergebnissen von Untersuchungen und Analysen von Schadereignissen in einer Vielzahl von Wildbacheinzugsgebieten des Ostalpenraumes.*

## Einfluss der Waldvegetation auf den Wasserhaushalt

Alpine Wälder können bei einem einzelnen Niederschlagsereignis je nach Baumart und Dichte des Kronendaches ca. 4 bis 6 mm Wasser im Kronenraum zurückhalten (AULITZKY und THURNER 1982; BREITSAMETER 1996; MARKART 2000; WEISKOPF 2002).

Mit abnehmendem Überschirmungsgrad sinkt die Interzeptionsleistung sowohl bei Einzelereignissen als auch im Jahresschnitt. Beispielsweise reduziert die Entnahme von 55 Prozent der Holzmasse in einem Fichten/Tannen/Buchenbestand der Tegernseer Berge in Bayern die Interzeption von 25 Prozent des Jahresniederschlages auf deutlich unter 20 Prozent (BREITSAMETER 1996).

Die Interzeptionsleistung hängt auch von der zeitlichen und mengenmäßigen Verteilung der Niederschläge ab. Bei Häufung von Ereignissen hoher Intensität ist der Kronenrückhalt geringer als z. B. bei Niederschlägen geringer Intensität mit wiederholten Unterbrechungen und Abtrocknungsphasen.

Man kann davon ausgehen, dass auf Grund der Interzeptionswirkung von Waldbeständen in den Ostalpen ca. ein Fünftel bis ein Drittel des Jahresniederschlages nie auf den Boden gelangt.

Auch die Verdunstungsleistung der Vegetationsdecke hängt maßgeblich von der Niederschlagsverteilung ab. Ordnet man die Gesamt-Verdunstungsleistung einer Reihe mit Fichte bewaldeter Einzugsgebiete aus der Arbeit von MENDEL (2000) nach Klassen der jährlichen Niederschlagssummen, dann ergibt sich das in Abbildung 1 dargestellte Bild.

Bei jährlichen Niederschlägen um 750 mm gehen fast 90 Prozent in die Verdunstung, bei 1.200 mm knapp über 40 Prozent, bei Niederschlagsmengen über 2.000 mm/a ca. 20 Prozent. Absolut gesehen heißt dies, dass ein Fichtenbestand in Deutschland pro Jahr zwischen ca. 500 und 650 mm Wasser über aktive Verdunstung an die Atmosphäre zurückgibt.

Berechnungen des Wasserumsatzes einer dicht bestockten 25-jährigen Zirben-Aufforstung in

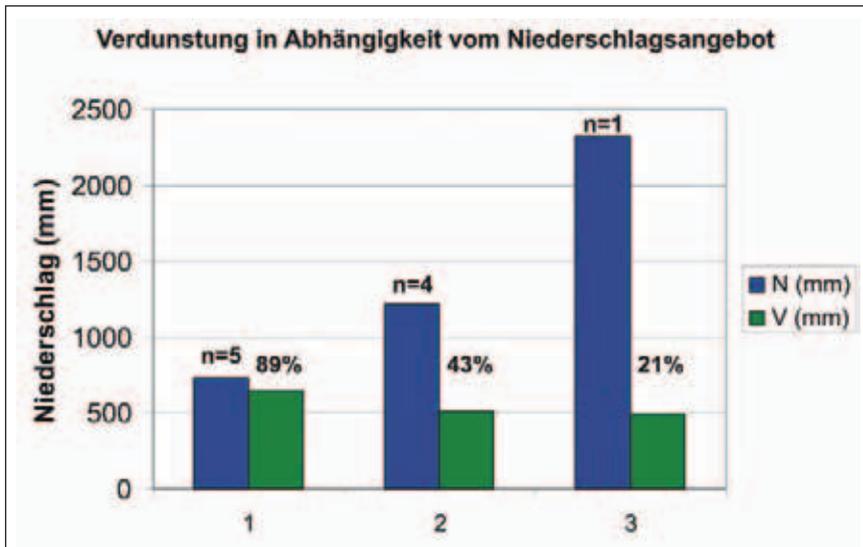


Abb. 1: Jahres-Gesamtverdunstung von bewaldeten Einzugsgebieten in Deutschland - Angaben für Fichte; Auswertungen tabellarischer Angaben in MENDEL (2000); N = Jahresniederschlag, V = Verdunstung, n = Anzahl der Einzugsgebiete je Klasse: Klasse 1: 703 mm < N < 803 mm, Klasse 2: 1.066 mm < N < 1.299 mm, Klasse 3: N = 2.320 mm

Haggen im Tiroler Sellraintal von MARKART (2000) ergaben Transpirationswerte zwischen 26 und 55 Prozent des Niederschlages von ca. 400 mm in den Sommermonaten Juli bis September. Bei günstiger Niederschlagsverteilung fand in der Aufforstung in den Sommermonaten nahezu keine Tiefensickerung statt. Die Zirbenaufforstung zeigte ein deutlich rascher abnehmendes Wasserangebot im Boden als eine benachbarte mit Gräsern und Besenheide bewachsene Freifläche.

Dabei ist der Anteil des von der Baumvegetation über die Wurzeln aufgenommenen und über die Nadeln oder Blätter an die Luft abgegebenen Wassers (aktive Verdunstung/Transpiration) deutlich größer - doppelt bis viermal so hoch - wie z. B. von kurzwüchsigen alpinen Rasen (Abb. 2). Bei gleichem Niederschlagsangebot sind Böden unter Wald oder unter alpinen Zwergsträuchern auf Grund der hohen Interzeptions- und Transpirationsleistung daher in der Regel deutlich aufnahmefähiger als Böden unter kurzwüchsigen Vegetations-

formen, z. B. alpinen Rasen.

BREITSAMETER (1996) registrierte in aufgelichteten Fichten-Tannen-Buchen-Beständen im Flysch und im Kalkalpin der Tegernseer Berge infolge geringerer Interzeption und niedrigerer Verdunstung höhere Bodenfeuchte als in dichten, nicht durchforsteten Beständen. Je älter die Bäume sind und je dichter sie stehen, umso rascher steigen die Wasserspannungen in der intensiv durchwurzelten Zone. Auch HAGER (1988) beobachtete in Abhängigkeit vom Durchforstungsgrad seiner Fichten-Versuchsflächen am Jauerling in Niederösterreich ein typisches Aufsättigungsmuster. Je lockerer

der Bestand, umso langsamer und weniger tiefgreifend wird das Wasser dem Boden entzogen.

### Einfluss der Waldvegetation auf die Abflussbildung bei Starkregen

Nach COSANDEY et al. (2005) sollte die Diskussion der hydrologischen Wirkung von Wäldern (am Beispiel Südfrankreich) auf die Frage vegetations-

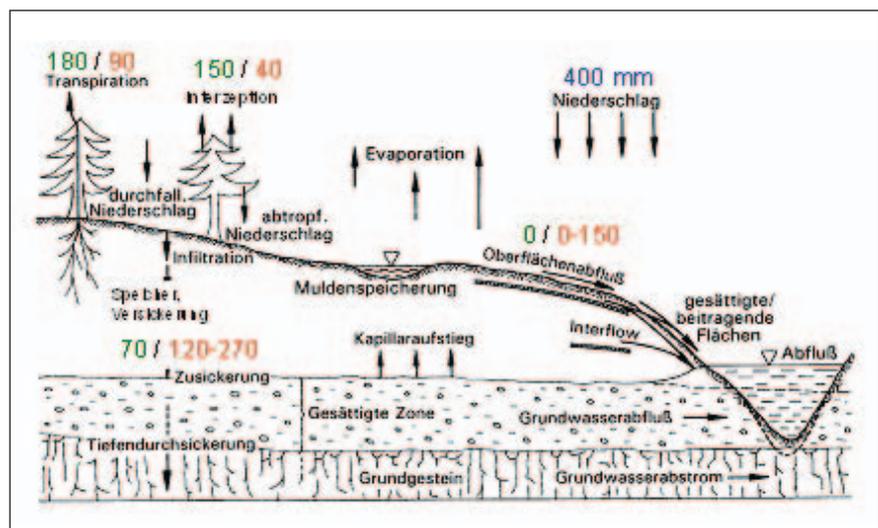


Abb. 2: Niederschlagsumsatz in den Sommermonaten Juli-September am Beispiel eines Hangsegmentes für die Tiroler Inneralpen; Angaben in mm; Quellen: BRONSTERT (1994); LYR et al. (1992); MARKART (2000); MENDEL (2002); Grün = Wald, rot = Rasen, alpines Grasland

loser Boden versus vegetationsbedeckter Boden reduziert werden. Die Frage der Wirkung der Waldvegetation im Vergleich zu anderen Vegetationsformen sei von untergeordneter Bedeutung. Dieser Meinung muss nach aktuellem Kenntnisstand für den Ostalpenraum massiv widersprochen werden. In einer Reihe von Felduntersuchungen ist mittlerweile belegt, dass im Alpenraum großräumig vorkommende gehölzfreie Vegetationseinheiten wie z. B. Bürstling-Rasen oder auch einzelne Formen von Schwingel-Rasen auf Grund des hohen Anteiles an toter organischer Substanz die Aufnahmefähigkeit des Mineralbodens stark herabsetzen (Strohdacheffekt) und aus diesen Einheiten durchwegs hohe Oberflächenabflussspenden zu erwarten sind (MARKART et al. 1996, 2000). Zusätzliche abflussfördernde anthropogene Eingriffe (Planien, Weide etc.) sind dabei noch gar nicht berücksichtigt.

Die positiven hydrologischen Wirkungen der Waldvegetation bzw. einer dichten Zwergstrauchdecke bei Starkregen liegen nicht primär in der Interzeptionsleistung zum Zeitpunkt des Starkregenereignisses, sondern in der Brechung der kinetischen Energie des Niederschlages und dessen dosierter Ableitung über die Bodenvegetation und die Humusaufgabe, die den Aufprall der Tropfen weiter abpuffern, in den Mineralboden und den geologischen Untergrund leiten kann.

Dabei wirken abgestorbene Baumwurzeln noch oft über Jahre und Jahrzehnte nach ihrem Absterben als Hohlräume (AIGNER 1991) und ermöglichen damit eine rasche Wasserableitung. Dies erhöht den Abfluss im Boden, er kann erheblich sein, aber er ist nach WOHLRAB et al. (1996) mindestens zwanzigmal langsamer als der Oberflächenabfluss.

Seit Ende des 19. Jahrhunderts hatten zahlreiche Studien zum Ziel, die unterschiedlichen Abfluss- und Infiltrationseigenschaften von Wald- und Nichtwaldstandorten (Freiland) quantitativ zu belegen. Schon die Arbeiten von ENGLER (1919) zeigen im Prinzip eindrucksvoll, dass „bei Gewitterregen der Abflussfaktor für Wald immer bedeutend kleiner als für das Freiland ist“. Die Untersuchungen von SCHWARZ (1986) im Rahmen des landschaftsökologischen Forschungsprojektes Schönbuch (bei Tübingen) zeigen unter anderem, „...dass reiner Oberflächenabfluss unter Wald nur in Ausnahmefällen möglich ist“. Nach den Anfangsverlusten durch Interzeption im Kronendach und

in der Streudecke (zusammen zwischen 5 und maximal 10 mm) werden nach SCHWARZ ca. 10 bis 30 mm Niederschlag benötigt, um eine Teilsättigung der obersten grobporenen Bodenschicht (A-Horizont) zu erreichen und hier oberflächennahen Abfluss auszulösen (EINSELE et al. 1986).

Die Arbeiten von BREITSAMETER (1996) im Flysch und in den Kalkalpen der Tegernseer Berge zeigen, dass geschlossener Bergwald einen nahezu vollständigen Schutz der Böden im Gebirge gegen flächenhaften Bodenabtrag darstellt. Der messbare Abtrag aus vollständig bewaldeten Gebieten entsteht primär in den Rinnen und Gräben sowie den unmittelbar angrenzenden steilen Uferabhängen. Selbst bei starker Auflichtung auf die Hälfte ergab sich kein Oberflächenabfluss bzw. Bodenabtrag, ein Effekt, der auf die günstige Bodenstruktur (hohes Porenvolumen, Grobporenanteil, hohe Aggregatstabilität) und die intensive Durchwurzelung zurückzuführen war. Diese Waldwirkungen wurden auch in einer Reihe anderer Arbeiten beschrieben (BUNZA et al. 1996; KOHL et al. 1997; KOHL et al. 2002; MARKART et al. 2002; MARKART und KOHL 2004; MARKART et al. 2004).

Bei der Bildung von Oberflächenabfluss wird oft nur auf den Abflussbeiwert, also das Verhältnis von Oberflächenabfluss zur Niederschlagsmenge, Bezug genommen. Von besonderer Bedeutung bei der Hochwasserentstehung ist jedoch auch die zeitliche Verzögerung der Abflussbildung.

Am Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen (INW) wurden die Resultate von über 230 Starkregensimulationen (Berechnungsversuche mit Großregenanlagen auf Flächen von 50 bis 100 m<sup>2</sup>) auf verschiedensten Vegetationsformen verrechnet und daraus die in Tabelle 1 angeführten Werte der Konzentrationszeit für Standorte mit unterschiedlicher Abflussbereitschaft abgeleitet. Als Konzentrationszeit wird die Zeitspanne vom Regenbeginn bis zu dem Augenblick, an dem ein Gleichgewichtszustand zwischen Zufluss und Abfluss erreicht wird, d. h. in dem der Abfluss ein Maximum erreicht,

Initialabstraktion (in min)	Abflussbeiwertklasse (AKI)	Oberflächenabfluss in % des Niederschlages
∞	0	0
28	1	1-10
20	2	11-30
15	3	31-50
11	4	51-75
7	5	75-99
5	6	100

Tab. 1: Abnahme der Initialabstraktion mit zunehmender Abflussbereitschaft

bezeichnet (SIFALDA 1996).

Waldvegetation und alpine Zwergsträucher sind nach den vorliegenden Resultaten der Berechnungen primär den Klassen mit geringer Abflussbereitschaft zuzuordnen, wie die Auswertungen der Starkregensimulationen des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft und des INW zeigen (BUNZA et al. 1996; LÖHMANN-RÖBEN et al. 2000; MARKART et al. 2004). Diese beiden Vegetationsformen weisen in der Regel eine sehr raue Oberfläche auf, über die große Oberfläche und den stockwerkartigen Aufbau (Baumschicht, Kraut-/Zwergstrauchschicht, Moosschicht, Humusaufgabe, Mineralboden) wird die Abflussbildung gebremst. Daher erfährt die Hochwasserspitze in bewaldeten Einzugsgebieten eine deutliche Verzögerung und ist deutlich niedriger (COSANDEY 2005).

Starkniederschläge können daher in gepflegten und gut strukturierten Wäldern weniger Schaden anrichten, der Fließweg des Niederschlages an der Bodenoberfläche bis zur Einsickerung in den Boden ist z. B. gegenüber alpinen Rasenflächen oder Intensivnutzungsflächen deutlich geringer.

### Waldvegetation - Abflussverhalten in Abhängigkeit von der Vorbefeuchtung

Untersuchungen von MARKART und KOHL (2004) zum Zusammenhang zwischen Vorbefeuchtung und Abflussbildung belegen den in der Literatur schon vielfach diskutierten Einfluss der Vorbefeuchtung auf den Oberflächenabfluss bei Starkregen (Abb. 3).

Der Abflussbeiwert variiert zwischen 0,15 (bei geringer Vorbefeuchtung) und 0,55 (bei hohem Wasseranteil). Extrem empfindlich auf hohe Ausgangsfeuchte reagieren Rasenstandorte (0,31 bzw. 0,55) und begrünte/planierte Flächen (0,16 bzw. 0,40). Bei Waldstandorten wirkt sich eine hohe Vorbefeuchtung in deutlich geringerem Ausmaß auf das Abflussgeschehen aus.

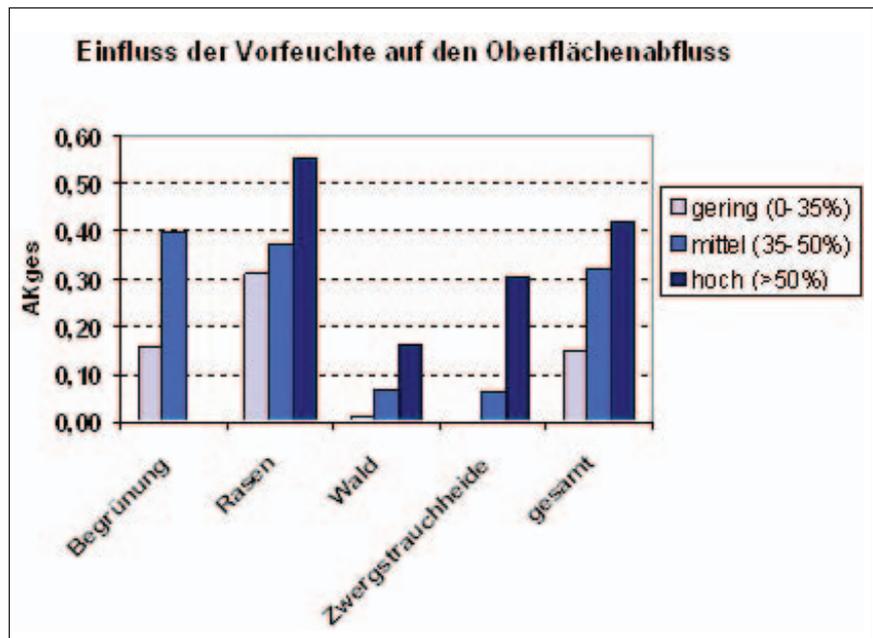


Abb.3: Einfluss der Vorbefeuchtung des Bodens auf den Oberflächenabfluss verschiedener Vegetationseinheiten (n = 78 Versuche, < 35 Prozent des Gesamtporenvolumens (PV) = gering, 35-50 Prozent des PV = mittel, > 50 Prozent des PV = hoch; AKges = Gesamtabflusskoeffizient = Gesamtabfluss/gesamte Niederschlagsmenge); nach MARKART und KOHL (2004), verändert

### Einfluss auf die Abflussbildung bei Dauerregen

Bei einem vom Lebensministerium beauftragten Forschungsprojekt zur Analyse der Abflusstenstehung bei Dauerregen konnten Mitarbeiter des Institutes für Naturgefahren und Waldgrenzregionen (INW) am BFW über Simulationen von Dauerregen auf 400 m<sup>2</sup> großen Testflächen zeigen, dass auf Standorten mit hoher Abflussbereitschaft bei Starkregen (Niederschlagsintensität  $i_N = 30$  bis > 100 mm/h) auch bei Dauerregen ( $i_N = 10$  mm/h) ein hoher Anteil des Niederschlages als Oberflächenabfluss wirksam wird (NACHTNEBEL et al. 2005). Der Abflussbeiwert bei Starkregen ist bei 30 mm <  $i_N$  < 100 mm annähernd konstant (Abb. 4). Die Ergebnisse der ersten Dauerregensimulationen lassen für Dauerregen um  $i_N = 10$  mm/h folgende grobe Rückschlüsse zu:

- ♦ Flächen, die bei Starkregen viel Oberflächenabfluss bringen, liefern auch bei Dauerregen in hohem Maße Abfluss - ein bis maximal zwei Abflussbeiwertklassen nach MARKART et al. (2004) tiefer als bei Starkregen;
- ♦ auf Flächen mit geringer bis mittlerer Bereitschaft zur Bildung von Oberflächenabfluss bei Starkregen entsteht bei Dauerregen kein bis geringer Oberflächenabfluss (Abflussbeiwertklassen 0 bis 2 nach MARKART et al. 2004, siehe auch Tabelle 1).

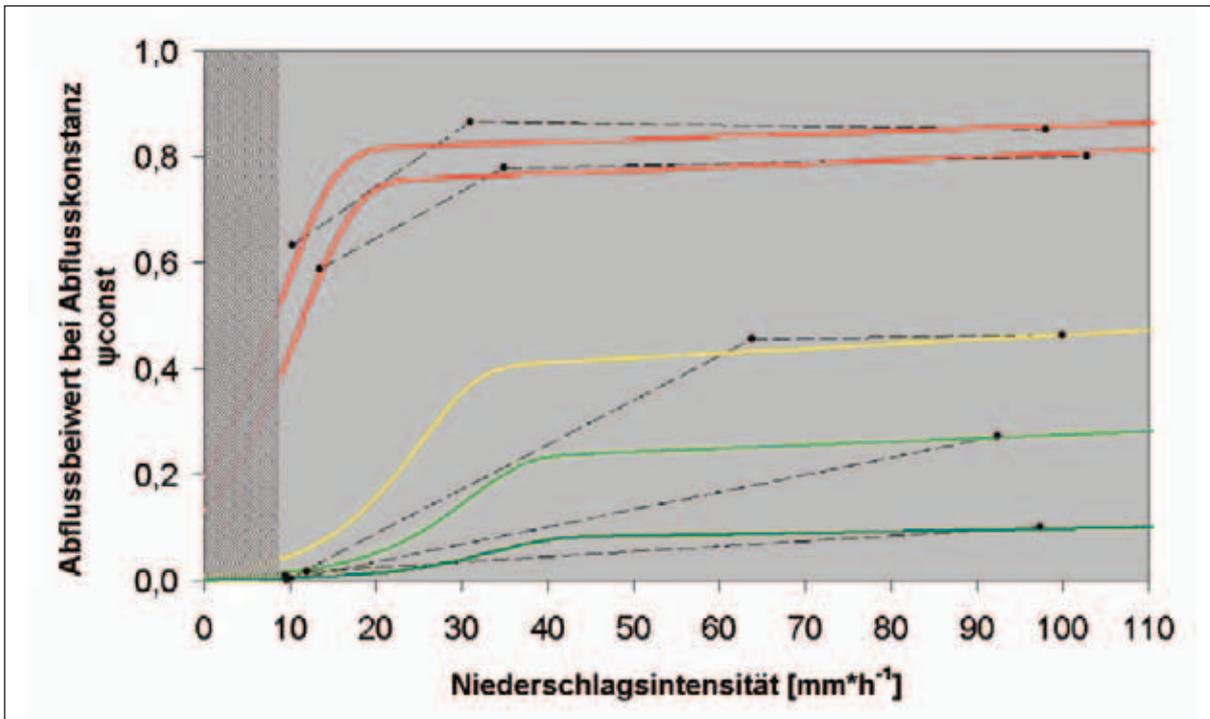


Abb. 4: Änderung der Abflussbeiwerte ( $\psi_{const}$ ) von Dauer- zu Starkregen (nach MARKART et al. 2006)

Die in den Feldversuchen gefundenen Hinweise wurden im Zuge der Schadensaufnahmen nach den Ereignissen vom 22./33. August 2005 in Vorarlberg bestätigt. Auf vielen Nichtwald-Standorten wurden Hinweise auf Oberflächenabfluss als Folge limitierter Infiltrationskapazität, z. B. auf den überwiegend bindigen Almböden, gefunden (MARKART et al. 2006).

Je rauer die Oberfläche eines Standortes und je geringer die Verdichtung des Oberbodens, umso geringer ist der Anteil des an der Oberfläche abfließenden Wassers. Bei den hohen Niederschlagsmengen am 22.8.2005 - in fünf Stunden fielen ca. 90 mm Niederschlag - entspricht dies einer Intensität von 18 mm/h. Die Abflussbeiträge aus dem langsameren oberflächennahen und dem tiefgründigen Abfluss (Abflussprofiltypen 2 und 3 nach PIRKL et al. 2000) wurden auf den alpinen Rasenstandorten mit beträchtlichen Spenden an Oberflächenwasser überlagert. In den umgebenden Waldbeständen wurden kaum Hinweise auf flächigen Oberflächenabfluss gefunden. Daher ist eine raue Landoberfläche, wie z. B. von Waldökosystemen oder alpinen Zwergstrauchheiden, ein wichtiges Element in der Verzögerung der Abflussspitze und für die dosierte Versickerung des sonst an der Oberfläche abfließenden Wassers - auch bei Dauerregen.

Die Resultate der Starkregen- und der Dauerregensimulationen des INW geben deutlich zu erkennen, dass Böden unter Wald auch bei hohen

Niederschlagsmengen und -intensitäten kaum an die Grenze ihrer Aufnahmekapazität gelangen. Beispielsweise wurde eine bewaldeten Testfläche (Fichten-Baumholz bis -Altholz) am Ziepelbach bei Westendorf (Tirol) innerhalb von 46 Stunden mit insgesamt 170 mm Niederschlag in Form eines Dauerregens ( $i_N$  E 10 mm/h) und mit einem weiteren Starkregen von 97,4 mm in 90 mm beaufschlagt (Abb. 5). Im Boden, einer lehmig-sandigen pseudovergleyten Moderbraunerde, wurden vom Gesamtporenvolumen von ca. 70 Volumen-Prozent nur ca. 44 Volumen-Prozent ausgeschöpft, das restliche Wasser wurde dosiert in größere Tiefen abgeleitet.

Auf Standorten mit hohem natürlichem Hangwasserangebot, beispielsweise auf hydromorphen Böden, Feuchtfleichen oder/und sehr bindigen (lehmigen/tonreichen) Einheiten hängt die Waldwirkung von der Infiltrationskapazität der Böden ab und ist in der Regel geringer.

## Wald und Massenbewegungen

Bei hohem Niederschlagsangebot, insbesondere bei Dauerregen, entstehen „Hangwasser-säulen“, die über Hunderte Höhenmeter einen immensen Porendruck ausüben.

Bäume fixieren mit ihrem Wurzelgeflecht mit einer Armierung bzw. einfachen temporären techni-



Abb. 5: Fichten-Bestand am Ziepelbach bei Westendorf, Tirol; die Fläche lieferte bei Dauerregen keinen Oberflächenabfluss. Bei Starkregen mit 97,5 mm Niederschlag in 1,5 Stunden entstand auf dieser Fläche nur geringer Abfluss (8 Prozent der Auftragsmenge). (Foto: G. Markart)



Abb. 6: Gleich einem elastischen Geflecht halten die Wurzeln des Fichtenbestandes den Oberboden zusammen. Bei anderen alpinen Baumarten bzw. Mischbeständen ist diese stabilisierende Wirkung noch viel effektiver, da die Wurzeln viel weiter in die Tiefe reichen. (Foto: R. Reiter, BFW)

schen Verbauungsmaßnahmen zu vergleichen, den Oberboden und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung von Hängen (Abb. 6).

Waldbestände sind jedoch nur begrenzt in der Lage, Erhöhungen des Hangwasserspiegels durch

Oberflächen- und Hangwasser aus höher liegenden waldfreien Bereichen zu kompensieren. So war bei vielen Ereignissen mit „mangelnder hangstabilisierender Wirkung des Waldes“, wie z. B. auch bei den in der Literatur vielfach diskutierten Waldabbrüchen bei Prosegg in Osttirol im Jahr 1966, „Fremdwasser“ aus höher gelegenen Bereichen der wahrscheinliche Auslöser (STAHR 1991).

Als Folge der intensiven Durchwurzelung ist im Wald auf jeden Fall mit einem höheren Anteil an Sekundärporen im Vergleich zu umgebenden Nichtwaldflächen zu rechnen (WHIPKEY 1962). Untersuchungen des Abflussverhaltens in Böden eines Koniferenbestandes in Caspar Creek (Kalifornien, USA) von KEPPELER und BROWN (1998) ergaben deutlich höheren und rascheren Zwischenabfluss nach der Schlägerung. Auf Grund des nach der Bestandesnutzung deutlich ansteigenden Sickerwasserangebotes agieren die Sekundärporen (Wurzelröhren, Tierröhren etc.) als eine Art Überdruckventil, über die das Hangwasser rasch dem Vorfluter zugeführt wird. Ist das „Ventil“ Sekundärporen nicht in ausreichendem Umfang vorhanden, steigt der Porenwasserdruck deutlich an, die Rutschungsbereitschaft ist höher. Über die Makroporen bzw. den Abfluss wird dann das Wasser natürlich rascher dem Vorfluter zugeführt als auf Standorten mit geringerer

Makroporenausstattung. Die Quadratur des Kreises - Fixieren des Hanges und des Wassers im Bodenkörper - ist auch für Waldbestände nur begrenzt möglich.

Bei Abbrüchen im Wald besteht ein enger Zu-

sammenhang zwischen Waldzustand und Rutschungsaktivität (KEPPELER und BROWN 1998; RICKLI 2001). MARKART et al. (2006) analysierten im Rahmen der Dokumentation der Schadereignisse vom 22. und 23. August 2005 in den Gemeinden Au und Schnepfau (Bregenzerwald, Vorarlberg) die Rutschungsdisposition in Abhängigkeit von Vegetationsbedeckung und Bewirtschaftung. Aus Abbildung 7 wird ersichtlich, wie stark Waldvegetation flachgründige Rutschungen beeinflussen kann und in welchem Maß der Waldzustand bzw. Zusatznutzungen das Auftreten flachgründiger Rutschungen beeinflussen. Anbrüche im Wald wurden beispielsweise bevorzugt in Blößen, unterhalb von Blößen, auf und unterhalb von Rasenflächen, früher landwirtschaftlich genutzten und jetzt in nicht betreuter Sukzession befindlichen Einheiten sowie in stark aufgelockerten Beständen beobachtet. Häufig waren auch flachgründige Anbrüche unterhalb von Waldflächen direkt am Waldrand, wie auch schon von ANDRECS et al. (2002) bei den Ereignissen 1999 in Laterns beschrieben, zu sehen. In diesen Einheiten ist das Wurzelwerk der Bäume jeweils weniger dicht und stark ausgeprägt, damit ist die Armierung des Bodens deutlich schwächer als in optimal bestockten Beständen (ungleichaltrige Mischbestände aus standortsangepassten Baumarten).

## Wildholz

In den unmittelbaren Bacheinhängen ist eine differenzierte und intensive Waldbewirtschaftung notwendig. Beispielsweise bieten Jungholz-Dauerge-

sellschaften eine Möglichkeit, einerseits eine hohe Pumpwirkung zu erzielen und der Erosion vorzubeugen, aber andererseits das Risiko der Wildholzproblematik und das Verklausungspotential gering zu halten. Die Bewirtschaftung von Grabeneinhängen muss aber gezielt und standortgerecht erfolgen, Schlägerungen ganzer Grabeneinhänge vom Schwemmkegelhals bis zur Waldgrenze unter dem Titel „Hangentlastung“ bzw. „Reduzierung des Wildholzpotentials“ sollten der Vergangenheit angehören.

Besonders das Instrument der „Hangentlastungen“ sollte dosiert verwendet werden und setzt die profunde Kenntnis der Standortverhältnisse voraus. Nach BEINSTEINER (1981) ist bei einem tiefgründigen Boden von einem Meter Mächtigkeit die Bodenmasse mit 85 Prozent, der Anteil des Wassers (bei Feldkapazität) mit 13 Prozent und die Masse des Bestandes mit lediglich zwei Prozent anzusetzen. Eventuellen Sicherheitsgewinnen auf Grund der Entnahme der Baummasse (= Reduktion der dynamischen Beanspruchung des Standortes, Reduktion der Masse am Standort) stehen kontraproduktive Effekte wie die reduzierte Transpirationsleistung, ein künftig höheres Angebot an Sicker- bzw. Hangwasser und die daraus resultierende Massenerhöhung in Kombination mit der Gefahr der Instabilisierung gegebenenfalls vorhandener labiler Schichten gegenüber. Das Bestandesgewicht kann die Stabilität erhöhen, wenn der Böschungswinkel einen Grenzwert nicht überschreitet (WEINMEISTER 1997). Besonders der Böschungsfuß sollte daher nicht „schlagartig“ entlastet werden.



Abb. 7: Rutschungen im Wald entstehen häufig im Bereich von Blößen oder Freiflächen bzw. darunter, auf im Zuwachsen begriffenen Weideflächen bzw. nur locker bestockten Bestandesteilen, an Stellen mit häufig hohem Hangwasserangebot oder an Waldrändern im Übergangsbereich zum Freiland; Bild aus MARKART et al. (2006), verändert.

## Schlussbemerkungen

Zur Zeit wird in Mitteleuropa eine intensive Diskussion über die Wiederbereitstellung bzw. Schaffung von Überflutungsräumen in den intensiv besiedelten Flussgebieten geführt. Dieser Meinungsbildungsprozess und damit die Chance eines Umdenkens über die künftige Nutzung und Bewirtschaftung dieser Bereiche sind zu begrüßen. Dennoch darf man dabei nicht übersehen, dass Hochwässer ihre „Wurzeln“ vielfach in den hintersten und hoch gelegenen Einzugsgebieten haben. Die Abflussbildung in Wildbacheinzugsgebieten ist eng an den Faktorenkomplex Substrat (geologische Grundlagen, Böden), Nutzung und den Anteil stark retendierender Vegetationsformen (Waldvegetation, Zwergsträucher) sowie deren räumlicher Verteilung im Gebiet gebunden. Die Schaffung von Überflutungsräumen in den Tiefen ist ein wichtiger Ansatz der Schutzwasserwirtschaft zur Steuerung der Hochwasserfracht. Eine entsprechende Bewirtschaftung und Betreuung der Wildbacheinzugsgebiete zur Hochwasserprävention ist jedoch der unerlässliche erste Schritt. Optimal strukturierte Waldbestände können dabei einen elementaren Beitrag zum Schutz vor Naturgefahren leisten.

## Literatur

- AIGNER, J. (1991): Wurzelraum eines sekundären Fichtenbestandes im tertiären Hügelland Oberösterreichs. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien
- ANDRECS, P.; MARKART, G.; LANG, E.; HAGEN, K.; KOHL, B.; BAUER, W. (2002): Untersuchung der Rutschprozesse vom Mai 1999 im Laternser Tal (Vorarlberg). Beiträge zur Wildbachforschung, BFW-Bericht 127, S.55-87
- AULITZKY, H.; TURNER, H. (1982): Bioklimatische Grundlagen einer standortgemäßen Bewirtschaftung des subalpinen Lärchen-Arvenwaldes. Mitteilungen der Eidgenössischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Bd.58, S.325-580
- BEINSTEINER, H. (1981): Waldbauliche Beurteilung der Waldabbrüche im Osttiroler Katastrophengebiet. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien
- BREITSAMETER, J. (1996): Untersuchungen zum Feststoffaustrag aus unterschiedlich dicht bewaldeten Kleineinzugsgebieten im Flysch und in den Kalkalpen der Tegernseer Berge. Forstliche Forschungsberichte München, Bd. 154
- BRONSTERT, A. (1994): Modellierung der Abflussbildung und der Bodenwasserdynamik von Hängen. Mitteilung 46, IHW Universität Karlsruhe
- BUNZA, G.; JÜRGING, P.; LÖHMANNSRÖBEN, R.; SCHAUER, T.; ZIEGLER, R. (1996): Abfluss- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten - Grundlagen zum integralen Wildbachschutz. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 27, S.25-36
- BURCH, H.; FORSTER, F.; SCHLEPPI, P. (1996): Zum Einfluss des Waldes auf die Hydrologie der Flysch-Einzugsgebiete des Alptals. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 147, S.925-937
- COSANDEY, C.; ANDRÉASSIAN, V.; MARTIN, C.; DIDON-LESCOT, J.F.; LAVABRE, J.; FOLTON, N.; MATHYS, N.; RICHARD, D. (2005): The hydrological impact of the mediterranean forest: a review of French research. Journal of Hydrology 301, S.235-249
- EINSELE, G.; AGSTER, G.; ELGNER, M. (1986): Niederschlag-Bodenwasser-Abflussbeziehungen bei Hochwasserereignissen im Keuper-Lias-Bergland des Schönbuchs. In: EINSELE, G. (Hrsg): Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Forschungsbericht, VCH, S.209-234
- ENGLER, A. (1919): Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen Bd. 12
- HAGER, H. (1988): Stammzahlreduktion - Die Auswirkungen auf Wasser-, Energie- und Nährstoffhaushalt von Fichtenjungwüchsen. Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur, Wien
- HEGG, C.; BADOUX, A.; LÜSCHER, P.; WITZIG, J. (2004): Zur Schutzwirkung des Waldes gegen Hochwasser. Forum für Wissen, S. 15-20
- KEPPELER E.; BROWN, D. (1998): Subsurface Drainage Processes and Management Impacts. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, General Technical Report PSW-GTR-168-Web
- KOHL, B.; MARKART, G.; STARY, U.; PROSKE, H.; TRINKAUS, P. (1997): Abfluss- und Infiltrationsverhalten von Böden unter Fichten-Altbeständen in der Gleinalm (Steiermark) - Vergleich zweier Großregenanlagen. Beiträge zur Wildbachforschung, FBVA-Bericht Nr. 96, S.27-32
- KOHL, B.; MARKART, G.; BAUER, W. (2002): Abflussmenge und Sedimentfracht auf unterschiedlich genutzten Boden-/Vegetationskomplexen bei Starkregen im Sölkta/Steiermark. BFW-Bericht Nr. 127, S.5-30

- LYR, H.; FIEDLER, H.J.; TRANQUILLINI, W. (1992) (Hrsg.): Physiologie und Ökologie der Gehölze. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart
- MARKART, G. (2000): Zum Wasserhaushalt von Hochlagenaufforstungen am Beispiel der Aufforstung von Haggen bei St. Sigmund im Sellrain. Bericht der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 117
- MARKART, G.; SAUERMOSE, S.; KOHL, B.; STERN, R. (2002): Land use changes and the effect of mountain forests in alpine catchments. Proceedings of the Symposium „Ecological and economic benefits of mountain forests“ vom 18.9.2002, Austrian Journal of Forest Research, 119. Jg., Heft 3/4, S. 335-344
- MARKART, G.; KOHL, B. (2004): Abflussverhalten in Wildbacheinzugsgebieten bei unterschiedlicher Landnutzung. Wildbach- und Lawinenverbau, Heft 149, S. 9-20
- MARKART, G.; KOHL, B.; SOTIER, B.; SCHAUER, T.; BUNZA, G.; STERN, R. (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). BFW Dokumentation Nr. 3
- MARKART, G.; PERZL, F.; KOHL, B.; LUZIAN, R.; KLEEMAYR, K.; ESS, B.; MAYERL, J. (2006): Schadereignisse 22./23. August 2005 - Ereignisdokumentation und -analyse in ausgewählten Gemeinden Vorarlbergs. BFW-Bericht, in Vorbereitung
- MAYER, H.; BEINSTEINER, H. (1972): Die Waldabbrüche im Osttiroler Katastrophengebiet. Mitteilungen zu Interpraevent 1971 in Villach. Allgemeine Forstzeitung, Fachzeitschrift für das gesamte Forstwesen, 83. Jahrgang, Folge 3, S. 50-53
- MENDEL, H.G. (2000): Elemente des Wasserkreislaufs: Eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung. Hrsg.: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Analytica, 1. Auflage, Berlin
- NACHTNEBEL, H. P.; LEROCH, K.; FÜRST, J.; HOLZMANN, H.; MARKART, G.; KOHL, B.; BAUER, W.; PIRKL, H.; KIRNBAUER, R.; RAMSPACHER, P. (2005): Endbericht zum Projekt „Abflussverhalten von Einzugsgebieten verschiedener Größe bei Dauerregen“, GZ 58110-VC7/2000 an das BMLFUW, Abteilung IV/4
- RICKLI, C. (Red.) (2001): Vegetationswirkungen und Rutschungen. Untersuchung zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August 1997. Birmensdorf, Bern; Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL
- SCHWARZ, O. (1986): Zum Abflussverhalten von Waldböden bei künstlicher Beregnung. In: EINSELE, G. (Hrsg): Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Forschungsbericht VCH, S. 61-179
- SIFALDA, V. (1996): Approximation der Konzentrationszeit der Abflüsse von kleinen natürlichen Einzugsgebieten. Wasserwirtschaft 86, 2
- STAHR, A. (1991): Bodenphysikalische Ursachen von Waldabbrüchen im Zentralalpinen Raum. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, 162. Jg., S. 150-154
- WEINMEISTER, H. W. (1997): Der Einfluss der Vegetation auf geomorphologische Prozesse. In: Tagungsband zum Symposium „Risikobewertung und Naturraumprävention von Wildbächen und Laweneinzugsgebieten“, 24. und 25. September 1997, S. 139-150
- WEISKOPF, K. (2002): Analyse zur räumlichen Variabilität der Interzeption von Fichten und Zirben im Bergwaldbereich - Auswertung der Interzeptionsmessungen von S. STAUDER im Zillertal/Tirol. Diplomarbeit Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
- WHIPKEY, R.Z. (1962): Subsurface Stormflow from Forested Slopes. ASAE - Drainage Research Committee, Measuring Saturated Hydraulic Conductivity of Soils. Spec. pub., Sp-Sw-0262, S. 74-87
- WOHLRAB B.; ENSTBERGER, H.; SOKOLLEK, V. (1992): Landschaftswasserhaushalt; Wasserkreislauf und Gewässer im ländlichen Raum - Veränderungen durch Bodennutzung, Wasserbau und Kulturtechnik. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin

### **Key words**

*Land-slide, management, runoff, water budget, woody debris*

### **Summary**

*In the last years an increase of disastrous events due to flooding, mud flows and land-slides is reported. Consequently after such events efficiency and quality of technical constructions, watershed management and cultivation in the concerned areas are questioned. In former times a high percentage of*

*forest cover in alpine catchments was a synonym for good protection against natural dangers. But in the last years protective effect of forest cover against natural dangers is questioned in an increasing manner.*

*In this article hydrological functions of forest cover in alpine catchments are briefly discussed. The authors draw a predominantly positive picture about the protective function of forests. The analysis is mainly based on results of hydrological investigations and analysis of disasters in numerous catchments of the Eastern Alps.*

# Wald als Element einer Risikokommunikation über Hochwasser

KLAUS WAGNER

## Schlüsselwörter

*Gefahrenbewusstsein, Eigenvorsorge, Naturgefahr, Zielgruppe*

## Zusammenfassung

*Die Eigenvorsorge der Bevölkerung könnte die Schäden durch Naturereignisse effektiv verringern. Voraussetzung dafür ist jedoch, die in der Gesellschaft verbreiteten Verarbeitungsmuster wie Nicht-Wahrnehmen der Naturgefahren, Verdrängen, Vertrauen auf staatliche Abhilfe und Ohnmacht im Angesicht der Gefahren in einen respektvollen Umgang mit Naturgefahren zu überführen. Für eine Kommunikationsstrategie ist es daher notwendig, die Wahrnehmung der Gefahren wieder in den Alltag der Bevölkerung zurück zu bringen.*

*Das Thema Wald und Waldbewirtschaftung spielt zum Verständnis von Hochwasserereignissen keine zentrale Rolle. In der Kommunikation mit der breiten Bevölkerung sollte daher dieser Aspekt nicht im Vordergrund stehen. Dagegen sollte das Thema Wald und Wasser zusammen mit den weiteren Schutzwirkungen der Wälder vor Naturgefahren breiten Raum in der Fortbildung von Schutzwaldbesitzern einnehmen.*

## Vertrauen auf staatliche Abhilfe contra Eigenvorsorge ?

Keine unnötigen Ängste schüren, keine Panikmache, keine Unruhe in der Bevölkerung schaffen: Diese Ziele hatten Bürgermeister, Gemeinderäte und Feuerwehrleute in drei Gemeinden, in denen während des Projektes „Risikobewusstsein und -kommunikation von Naturgefahren im Bayerischen Alpenraum“ versucht wurde, stärker über das Naturgefahrensthema zu informieren. Die inaktive Haltung der Gemeinden in Verbindung mit der staatlichen Übernahme der Gefahrenabwehr vor über 100 Jahren hat dazu geführt, dass große Teile der Bevölkerung keinen respektvollen Umgang (siehe auch Kapitel „Das Naturgefahrenbewusstsein der Bevölkerung“) mit den Naturgefahren mehr pflegen. Der Einfluss der Bevölkerung, die sich auf Grund der eigenen Gefahrenwahrnehmung vor Schäden durch Naturgefahren schützen, auf die

Schadenssumme bei einem katastrophalen Großereignis ist gewaltig. So geht die LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1995, S. 16) davon aus, dass in „vielen Fällen [...] mit den Instrumenten der Bauvorsorge und der Verhaltensvorsorge größere Schadensminderungsquoten zu erreichen sein [werden] als über alle Maßnahmen des natürlichen Wasserrückhalts und des technischen Hochwasserschutzes zusammen“. Unter Eigenvorsorge werden alle Maßnahmen verstanden, die helfen sollen, Schäden im eigenen Einflussbereich zu vermeiden. Darunter fallen langfristig wirksame Maßnahmen wie eine angepasste Bauweise sowie kurzfristige Maßnahmen, die z. B. nach einer Hochwasserwarnung ergriffen werden, wie das Leerräumen des Kellers vor einer Überschwemmung. Am einfachsten lässt sich die Bedeutung der Eigenvorsorge von Bevölkerung, Unternehmen und Kommunen an den Rheinhochwasserereignissen 1993 und 1995 belegen. Obwohl der Rheinpegel bei Köln 1995 um wenige Zentimeter höher war als 1993, waren die Schäden mit 33 Mio. deutlich geringer als 1993 mit 56 Mio. (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 1995).

Das Beispiel Rhein verdeutlicht: Aus Schaden wird man klug - wobei es aus Sicht der Naturgefahrenforschung einschränkend heißt: Aus Schaden kann man klug werden, muss aber nicht! (BURTON et al. 1968; SIMS und BAUMANN 1983). Der Information von potentiellen Betroffenen über mögliche Naturgefahren durch verantwortliche Behörden wird daher eine große Bedeutung zugewiesen (vgl. z. B. LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 1995). Wie aber bereits angedeutet, stehen der Information über Naturgefahren auch Befürchtungen der Gemeinden, die z. B. um ihren Ruf als sichere Tourismusgebiete besorgt sind, entgegen. Im Rahmen dieses Beitrags sollen daher drei Fragen beantwortet werden:

1. Wie lässt sich das Naturgefahrenbewusstsein der Bevölkerung beschreiben? Welche Rolle spielt dabei der Wald als Gefahrenauslöser bzw. Gefahrenminderer? Die Antworten auf diese Fragen sind eine Grundbedingung, um Frage 2 und 3 zu beantworten.
2. Welche unterschiedlichen Ziel- bzw. Anspruchsgruppen für eine Informationskampagne gibt es?



Behörden. Um es noch einmal deutlicher zu sagen, für jeden Vierten spielen die örtlichen Naturgefahren eine gänzlich untergeordnete Rolle, Bereitschaft zur Eigenvorsorge kann man von solchen Personen trotz möglicher Gefährdungslage nicht erwarten.

Ein Großteil der Personen, die sich zumindest mit Naturgefahren beschäftigen, neigt zur Verdrängung der Gefahren, fühlt sich ohnmächtig angesichts der Bedrohung oder vertraut auf den Staat. Dieses Vertrauen ist aus sozialwissenschaftlicher Sicht verständlich:

- ◆ Die technischen Schutzmaßnahmen reduzieren die Häufigkeit und Schwere der Schadereignisse. Nur wenn ein Schadereignis häufig genug eintritt, gewinnt es dieselbe Bedeutung wie alltägliche Probleme der Familie, der Arbeit usw. Je länger Schadereignisse zurück liegen, desto geringer ist die Rolle, die sie im gesellschaftlichen Bewusstsein spielen. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von der Halbwertszeit des Vergessens, siehe dazu Abbildung 2. Bei den Telefonbefragungen wurden die Teilnehmer gebeten, die Schadereignisse in ihrer Gemeinde zu nennen, die ihnen spontan einfallen. In Abbildung 2 sind nur solche Ereignisse aufgeführt, die für die jeweilige Gemeinde bedeutsam waren wie das Lainbachhochwasser 1990, das 45 Häuser überschwemmte und einen Sachschaden von ca. 1,8 Mio. verursachte. Trotzdem konnten sich zehn Jahre nach dem Ereignis spontan nur ungefähr die Hälfte der Befragten daran erinnern. Ereignisse, die mehr als 40 Jahre zurück liegen, spielen für aktuelle Entscheidungen über Eigenvorsorge nur noch bei sehr wenigen eine Rolle.
- ◆ Auch heute noch wird nach „Hochwasserfreilegungen“, Dammbauten bzw. Wildbachverbauungen hauptsächlich kommuniziert „jetzt seid ihr sicher“ statt „gemeinsames Handeln für eine optimale Sicherheit ist notwendig“.

Alle diese Personen werden keine Vorsorge ergreifen - Personen, die die Gefahren verdrängen, werden die Gefahren auch schnell wieder vergessen, wenn längere Zeit keine Schäden in der

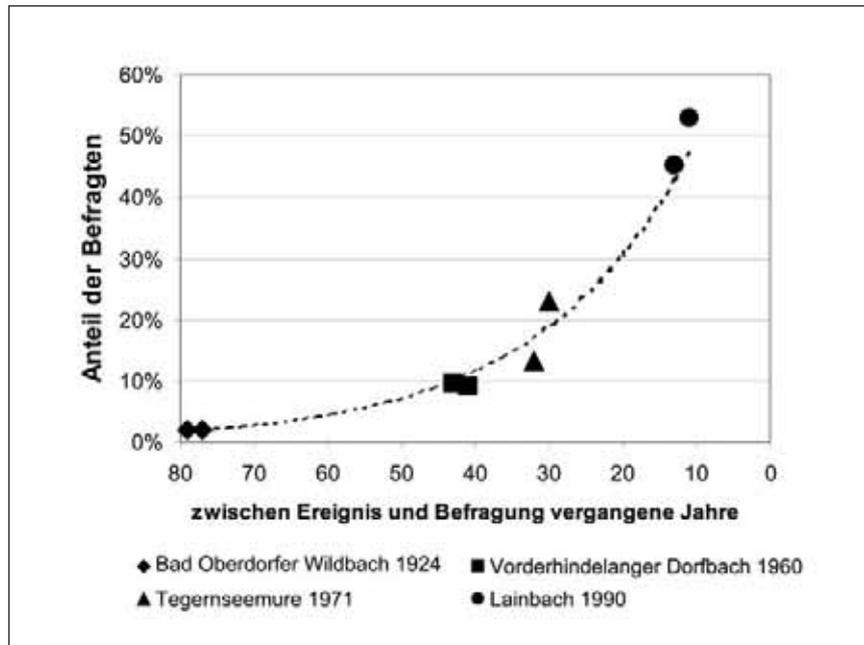


Abb. 2: Anteil der Bevölkerung, der sich an große, örtliche Schadensereignisse erinnern konnte (Telefonbefragungen 2001 und 2003 mit jeweils ca. 200 Befragten in drei Untersuchungsgemeinden).

Gemeinde auftreten. Wer sich nach einem Schadereignis ohnmächtig fühlt, neigt dazu, wegzuziehen oder die Gefahr zu verdrängen bzw. auf den Staat zu vertrauen. Daher überrascht es nicht, dass nach Schadereignissen immer noch einem Schuldigen, d.h. dem Verantwortlichen, auf den man vorher vertraut hat, gesucht wird. Das eigene Handeln bzw. Nicht-Handeln wird nicht thematisiert.

In dem Begriff des respektvollen Umgangs scheint durch, dass die „Naturgewalten“ Angst auslösen, die Betroffenen aber sich auf Grund ihrer Erfahrung und ihrer getroffenen Vorsorgemaßnahmen gerüstet für das nächste Naturereignis fühlen.

Übergänge zwischen den Typen treten dann auf, wenn Ereignisse bzw. Informationen das Gefahrenbewusstsein wecken oder stärken oder auf Grund von Nicht-Ereignissen die Gefahr in Vergessenheit gerät. Z. B. bringt ein langer Zeitraum ohne Schadereignisse den „Verdränger“ dazu, die Gefahreinschätzung der Behörden als viel zu hoch einzuschätzen, er wird zum „Verharmloser“. Auf der anderen Seite führte z. B. die Überschwemmung am Lainbach 1990 dazu, dass Anwohner, die bis 1990 den Lainbach nicht als Gefahr wahrnahmen oder auf die Verbauung vertrauten, plötzlich die Gefahr als real annehmen mussten. Nun findet man in dem Gebiet sowohl Leute, die sich auf Grund der Erweiterung der Verbauung wieder sicher fühlen, aber auch solche, die (nun auf Grund ihrer Erfahrung) respektvoll mit der Gefahr umgehen.

Die dargestellten Wahrnehmungsmuster der Bevölkerung weisen klar auf die Möglichkeiten und Grenzen einer Informationsstrategie hin. Personen, die die örtlichen Naturgefahren gar nicht wahrnehmen, sind über die üblichen Kommunikationswege nicht zu erreichen. Die Informationen werden ignoriert. Personen, die sich ohnmächtig fühlen, muss man verdeutlichen, dass sie sich selbst schützen können und welche Maßnahmen sie dazu ergreifen müssen. Nur leider sind diese Personen, wie das Beispiel Lainbach zeigt, unregelmäßig über die Gemeinden verteilt. Dieses Problem lässt sich innerhalb einer Kommunikationsstrategie nur lösen, indem vor Ort Multiplikatoren gefunden werden, die ihre Nachbarn persönlich ansprechen und somit auf deren Naturgefahrenbewusstsein angemessen reagieren können. Solche Multiplikatoren könnten Mitglieder der Feuerwehren oder von Bürgerinitiativen sein, die sich mit dem Thema Naturgefahrenschutz beschäftigen. Das bekannteste Beispiel für eine solche Bürgerinitiative ist die BI Rodenkirchen in Köln.

### **Die Rolle des Waldes im Naturgefahrenbewusstsein**

In den qualitativen Interviews wurde deutlich, dass der Wald und seine Bewirtschaftung aus Sicht der Bevölkerung im Schutz vor Wildbachgefahren eine zwiespältige Rolle spielt. Einerseits beschrieben die Befragten den Wald als Quelle des Treibholzes, das an Brücken und sonstigen Engstellen zu Verklausungen und somit zu Überflutungen führt. Die Waldbesitzer und Förster werden dabei nicht als „Schuldige“ angesehen. Den Befragten war die schwierige finanzielle Lage der Forstwirtschaft bekannt, die im Verbund mit den technischen Problemen bei der Bringung von Holz in steilen Gebirgslagen für die hohen Totholzanteile in den Wäldern verantwortlich ist. Auf der anderen Seite wird die positive Wirkung des Waldes betont. Im Vordergrund steht dabei die Verhinderung der Erosion. Die Befragten beschrieben bildhaft, dass die Wurzeln den Boden festhalten bzw. armieren, die Verringerung des Abflusses durch die Wälder wird nur wenig erkannt.

Auch beim Schutz vor Rutschungen werden positive wie negative Wirkungen der Wälder gesehen. Überwiegend die Tegernseer Befragten erwähnten, dass große, schwere Bäume Rutschungen auslösen können. Andererseits kritisierten sie die Stadt Tegernsee und das zuständige staatliche Forstamt, da nach von der Stadt durchgeführten Kahlschlägen 1999 Rutschungen abgingen. Sie führten dies auf die fehlende Verjüngung zurück.

Insgesamt wird bei Rutschungen dem Wald annähernd gleich häufig die Wirkung „Verringerung der Bodenfeuchte“ und „Stabilisierung durch die Wurzeln“ zugeschrieben. Eine dabei notwendige Unterscheidung von tief- und flachgründigen Rutschungen nahmen aber nur zwei Befragte vor.

Einer Thematisierung der Wirkungen des Waldes und der Notwendigkeit einer intensiven Schutzwaldpflege stehen zwei Wahrnehmungsmuster der Bevölkerung entgegen. Zum ersten sind in der Vorstellungswelt der Bevölkerung hauptsächlich solche Prozesse von Bedeutung, die sich beobachten lassen. Die puffernde Wirkung des Waldes auf den Abfluss entzieht sich der unmittelbaren Beobachtung und ist daher schwer zu vermitteln. In den Telefonumfragen wurden die Befragten gebeten, folgende Aussage zu bewerten: „Wiesen und Wald halten gleich viel Wasser zurück“. Der Aussage stimmte ein Drittel der Befragten zu, ungefähr die Hälfte lehnte es ab, ca. 15 Prozent gaben keine Antwort. Im Gegensatz zu Aussagen, die sich mit dem Wetter oder der Verklausungsgefahr beschäftigen und die eindeutig beantwortet wurden, fällt hier die größere Unsicherheit der Befragten auf.

Zum zweiten wird der Wald eher als etwas Fixes, sich nicht in Veränderung Begriffenes verstanden. Die langen Verjüngungszeiträume, die unsachgemäße Jagdstrategien noch verlängern, spielen im Bewusstsein der Bevölkerung keine Rolle. Während der Förster angesichts eines 150 bis 180 Jahre alten Fichtenbestandes, der auf Grund starken Grasbewuchses nur schwer zu verjüngen ist, die langfristigen Schutzwirkungen des Waldes gefährdet sieht, steht für die Bevölkerung dort einfach Wald, der seine Wirkungen schon erfüllen wird. In einer schweizerischen Studie mit Befragten aus den Gebirgskantonen wurden folgende Aussagen zur persönlichen Bedeutung des Waldes als gleich wichtig bewertet: Ein Landschaftselement, das ich schätze; etwas, das meinen Lebensraum schützt; ein Ort, an dem ich spazieren und mich erholen kann. Weniger wichtig waren die Holznutzung, der Wald als Sportstätte und der Wald als Nahrungsquelle, siehe SCHMITHÜSEN et al. (2000).

### **Folgerungen für eine zielgruppenspezifische Kommunikationsstrategie**

Für eine Kommunikationsstrategie zum Thema Hochwasser und Wald sollten zumindest zwei Zielgruppen unterschieden werden:

1. Fachöffentlichkeit: Waldbesitzer, Förster

2. allgemeine Öffentlichkeit, von Naturgefahren Betroffene.

Für die Fachöffentlichkeit bieten sich die üblichen Kanäle wie staatliche Beratung bzw. Fortbildung von Multiplikatoren aus den Waldbesitzervereinigungen/Forstbetriebsgemeinschaften an sowie die forstliche Fachpresse und das Internet ([www.waldwissen.net!](http://www.waldwissen.net)). Ziel der Kommunikationsstrategie sollte sein, die Bewirtschafter für die Möglichkeiten zu sensibilisieren, auf den Wasserabfluss mit Hilfe von Pflegemaßnahmen und Baumartenwahl Einfluss zu nehmen. Der wissenschaftlichen Debatte über die Größe der Waldwirkungen auf die Gefahrenprozesse sollte dabei kein großer Raum zugemessen, sondern stärker die zu ergreifenden Maßnahmen auf den geeigneten Standorten in den Vordergrund gestellt werden. Innerhalb der Zielgruppe Fachöffentlichkeit sollte man außerdem zwischen montanen Lagen und Auenstandorten unterscheiden. Während im ersteren Fall das Thema Wald und Wasser nicht unabhängig von den weiteren Naturgefahren wie Steinschlag, Rutschungen und Lawinen behandelt werden sollte, spielen im zweiten Fall auch Fragen der Ökologie eine große Rolle.

Für die allgemeine Öffentlichkeit bzw. die von Naturgefahren Betroffenen kann das Thema Wald und Hochwasserschutz auf Grund seiner Komplexität nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Wiederbelebung eines respektvollen Naturgefahrenbewusstseins muss das zentrale Ziel der Strategie sein. Im Zentrum sollten dabei Notwendigkeit und Möglichkeiten der Eigenvorsorge stehen.

Grundsätzlich sind dabei solche Informationsinstrumente bzw. -maßnahmen vorzuziehen, die die Naturgefahren in den Alltag der Menschen einführen. Tabelle 1 gibt die bei der Evaluation der während des Projektes eingesetzten Maßnahmen festgestellten Wahrnehmungsquoten wieder. Kurzfristig wirksame Maßnahmen wie Faltblätter oder Ausstellungen erreichen jeweils nur ca. ein Drittel der Bevölkerung. Langfristig wirksame Maßnahmen wie den Lehrpfad nehmen deutlich mehr Personen wahr. Dies liegt daran, dass der Lehrpfad am Lainbach einen klaren räumlichen Bezug zur Gemeinde und ihrer Gefährdungslage hat. Besonders solche Tafeln werden bevorzugt wahrgenommen, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Umgebung stehen. Z. B. erläutert eine Tafel den Treibholzrechen am Lainbach, der ohne Erläuterung für viele Besucher auf Grund seiner enormen Größe unverständlich bliebe. Ein vorbildliches Beispiel für langfristig wirksame Maßnahmen stellt das Blaue Band des Wasserwirtschaftsamtes Rosenheim dar. Zur Verdeutlichung der Hochwassergefahr brachte das Amt im Stadtgebiet Rosenheim über 100 Tafeln an, auf denen die Höhe des Wasserstandes bei einem 100-jährlichen Hochwasser angegeben ist. So wird also den Hausbesitzern in ihrer üblichen Umgebung ihre Gefährdungslage verdeutlicht.

Das Blaue Band führte zwar teilweise zu Protesten von Hausbesitzern, die einen Wertverlust ihrer Häuser beklagten. Die Unruhe der Betroffenen ist aber gering im Vergleich zu dem Ärger, der Angst und der Unzufriedenheit mit den Ämtern, wenn für die Gruppen in der Bevölkerung,

<b>Maßnahme</b>	<b>Anteil der Befragten</b>	<b>Bewertung</b>
Flugblatt verteilt an alle Haushalte	34 Prozent Leser	im Vergleich zu Literaturangaben geringe Wahrnehmung
Serie im Gemeindebrief	29 Prozent Leser	im Verhältnis zum Aufwand gute Wahrnehmungsquote
Ausstellung beim Feuerwehrfest	34 Prozent Besucher	für eine Eintagesveranstaltung herausragende Wahrnehmungsquote
Plakat aufgehängt im Rathaus	22 Prozent Betrachter	einfache Maßnahme mit gutem Erfolg
Lehrpfad am Lainbach	von 73 Prozent im letzten Jahr besucht	Lehrpfad wird wiederholt von den Einheimischen besucht

Tab. 1: Wahrnehmungsquoten von unterschiedlichen Informationsinstrumenten (Telefonbefragung 2003 mit jeweils ca. 200 Befragten in drei Untersuchungsgemeinden)

die die Gefahren nicht wahrnehmen bzw. verdrängen, plötzlich und überraschend die Katastrophe eines großen Hochwassers hereinbricht. Dies war z. B. am Lainbach 1990 der Fall. Dort gründete sich eine Bürgerinitiative, die zuerst plante, den Bayerischen Staat auf Schadenersatz zu verklagen, später aber „nur“ die Planung für die Erweiterung der Verbauung am Lainbach äußerst kritisch verfolgte und aus Sicht der Wasserwirtschaftsverwaltung unnötige zusätzliche Maßnahmen einforderte.

## Literatur

BURTON, I.; KATES, R.; WHITE, G. (1968): The human ecology of extreme geographical events. Natural Hazards Research Working Paper No. 1. Toronto

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz: Hochwasser - Ursachen und Konsequenzen. Stuttgart

SCHMITHÜSEN, F.; WILD-ECK, S.; ZIMMERMANN, W. (2000): Einstellung und Zukunftsperspektiven der Bevölkerung des Berggebietes zum Wald und zur Forstwirtschaft. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen Nr. 89, Zürich

SCHNELL, R.; HILL, P.; ESSER, E. (1995): Methoden der empirischen Sozialforschung. München, Wien

SIMS, J. H.; BAUMANN, D. D. (1983): Educational Programs and Human Response to Natural Hazards. *Environment and Behaviour* 15(2), S. 165-189

WAGNER, K. (2004): Naturgefahrenbewusstsein und -kommunikation am Beispiel von Sturzfluten und Rutschungen in vier Gemeinden des bayerischen Alpenraums. [http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2004/wagner\\_k.html](http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2004/wagner_k.html)

## Key words

*Risk perception, personal mitigation measures, natural hazard, target group*

## Summary

*Personal mitigation measures could reduce effectively losses due to natural hazards. A precondition is that coping strategies which are widespread within the public like non-perception of the hazards, suppression, reliance on public security measures, and powerlessness against the hazards are transformed into a respectful behaviour with regard to natural hazards. Therefore, target of a communication strategy should be bringing back the perception of natural hazard into the everyday life of the public.*

*Forests and forest management play no crucial role in understanding flooding processes. These aspects should not be picked out as a central theme for a communication strategy to the general public. In contrast, forest extension officers should focus on the theme forest and water as well as the other protection functions of forest against natural hazards in their communication to owners of protection forests.*

# Das Hochwasser vom August 2005 aus der Sicht einer betroffenen Kommune

ANITA MEINELT

## Schlüsselwörter

*Hochwasservorwarnung, Schutzmaßnahmen, Handlungsempfehlungen, Bauleitplanung, Erwartungen*

## Zusammenfassung

*Regelmäßig treten im Bereich der Stadt Moosburg Hochwasser auf. Am Beispiel des Augusthochwassers 2005 wird gezeigt, welche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung von der Stadtverwaltung ergriffen werden und wie die Behörden im Katastrophenfall zusammenarbeiten. Der Artikel gibt Empfehlungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz an die Bürger und beschreibt die Auswirkungen der hohen Überschwemmungsgefährdung auf die Bauleitplanung. Erwartungen der Kommune im Hinblick auf das Hochwasserrisikomanagement an Fachbehörden und Freistaat runden den Artikel ab.*

## Zwei Flüsse - doppelte Flut

Hochwasser kann man nicht verhindern, sie sind die Folgen meteorologischer Ereignisse. Der Klimawandel verstärkt ihre Intensität.

Außerdem verschärfen Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt, z. B. Auflassung natürlicher Speicherflächen, Abtorfung der Moore, Korrekturen der Flussläufe sowie Zerstörung der Auenlandschaften ihre Auswirkungen.

Isar und Amper umfließen die rund 17.300 Einwohner zählende Stadt Moosburg an der Isar. Auf Grund der geographischen Lage des Stadtgebietes ist Moosburg regelmäßig von jedem „bayeri-

schen Hochwasser“ betroffen.

Wenn sich wegen lang anhaltender Regenfälle oder der Schneeschmelze in den Gebirgsregionen ein Hochwasser abzeichnet, wird diese Nachricht zur Hochwasservorwarnung für die Bürger der Stadt Moosburg. Ganz bedenklich entwickelt sich die Situation, wenn Isar und Amper zugleich Hochwasser führen, die Flüsse ihr Flussbett verlassen und nur noch die Dämme die Stadt vor einer Überflutung schützen.

In dieser Konstellation kann die Amper mit ihrer geringeren Fließgeschwindigkeit an der Mündung nicht mehr geregelt in die stark strömende Isar einfließen. Die Wassermassen der Amper stauen sich zurück, die betroffenen Bürger können nur noch hoffen, dass die Dämme halten.

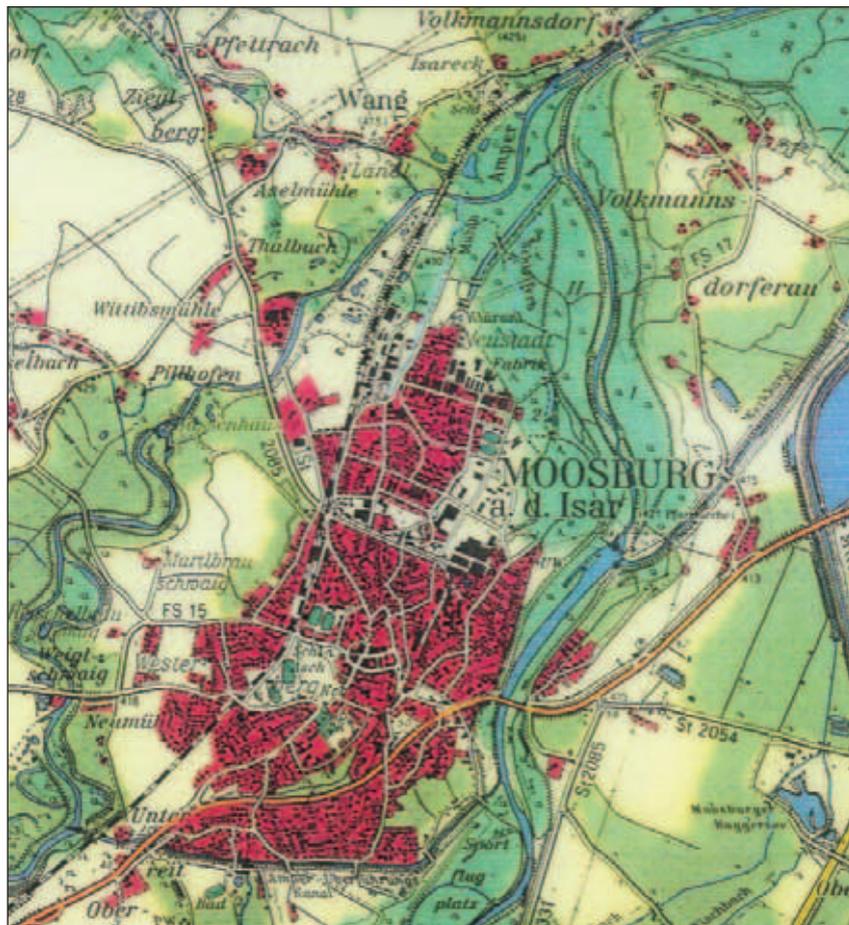


Abb. 1: Isar und Amper gefährden bei Hochwasser die Stadt Moosburg. (Karte: Archiv Stadt Moosburg)

## **Augusthochwasser 2005 - Reaktion und Erfahrung**

Nach den ersten Hochwassermeldungen wurde sofort ein Krisenstab gebildet. Mitglieder waren Führungskräfte der Polizei, des Bayerischen Roten Kreuzes (BRK), des Technischen Hilfswerks (THW), Feuerwehrkommandanten und Behördenvertreter.

Das Team arbeitete effizient und hatte die örtliche Situation stets im Griff. Etwas angespannter wurde die Lage nach der Mitteilung des Wasserwirtschaftsamtes: „Bei der Isar wird ein Hochwasserscheitelpunkt von 1.100 m<sup>3</sup>/sek. prognostiziert“. Nachdem beim Pfingsthochwasser im Jahr 1999 ein Spitzenwert von 650 m<sup>3</sup>/sek. gemessen worden war, bedeutete diese Hochwassermeldung für den Krisenstab höchste Alarmstufe.

Ein Hochwasser von derartigem Ausmaß würde in Moosburg die Dammkronen mehr als einen Meter überspülen und den größten Teil des Stadtgebietes fluten.

Der Krisenstab reagierte sofort und leitete alle nur erdenklichen Maßnahmen ein:

- ◆ Aktivierung des Evakuierungskonzeptes;
- ◆ Vorbereitung der auf höherem Gelände gelegenen Schulgebäude und Turnhallen sowie der Stadthalle als Notunterkünfte;
- ◆ Organisation von Schlafstellen und Verpflegung;
- ◆ Mieten mehrerer Busse zum Transport von Personen aus gefährdeten Stadtteilen.

Die Polizei informierte und warnte mit Lautsprechern und Handzetteln die Bewohner in den betroffenen Stadtgebieten.

Nach ca. zwei Stunden, die Aktivitäten für den Ausnahmefall liefen auf Hochtouren, kam vom Wasserwirtschaftsamts eine Meldekorrektur zum Hochwasserscheitelpunkt bei der Isar: „Der maximale Wert wird sich bei 850 m<sup>3</sup>/sek. einpendeln“. Für die Verantwortlichen im Krisenmanagement gab es ein leichtes Aufatmen, einige Anordnungen wie Evakuierung der Bewohner des Altenheimes an der Stadtwaldstraße wurden sofort revidiert. Trotzdem war noch ein gewaltiges Hochwasser zu überstehen.

Inzwischen hatten bereits Hunderte freiwillige Helfer der Feuerwehren und sonstigen Hilfsorganisationen viele tausend Sandsäcke gefüllt und an den Schadstellen der Dämme verlegt.

In der Nacht rückten Tiefbaufirmen mit schweren Geräten zur Errichtung von Notdämmen und zur Verstärkung der aufgeweichten Dämme an. Ganz besonders muss man den Einsatz der Bundeswehr hervorheben. Eine Spezialeinheit mit Hub-

schraubern flog die Sandsäcke zu den unzugänglichen Schadstellen, die Soldaten sicherten tatkräftig mehrere Dammabschnitte. Für die Stadt Moosburg war der Einsatz der Bundeswehr mit ihrem technischen Wissen eine unverzichtbare Größe, auf die sie auch künftig bei ähnlichen Katastrophen nicht verzichten kann.

## **Sanierung der Dämme duldet keinen Aufschub**

Die Investitionen des Freistaates in den Hochwasserschutz an der Isar im Raum Freising/Moosburg, ca. 9,3 Millionen Euro seit 1999, waren für die Stadt Moosburg außerordentlich wichtig. Aber es wurde auch deutlich, dass diese Maßnahmen noch nicht ausreichen. Das Augusthochwasser 2005 erreichte im Stadtgebiet Moosburg weit höhere Pegelstände als alle vorangegangenen Katastrophen seit dem verheerenden Hochwasser im Jahre 1954; damals stand nahezu die halbe Stadt unter Wasser.

## **Das Gefühl, auf verlorenem Boden zu stehen**

Das Gefühl der Panik kam auf, als die Pegelstände das bekannte Maximum überstiegen und die instabilen Dämme an Standfestigkeit verloren. Aus mehreren Einsatzorten wurde gemeldet: „Der Damm ist aufgeweicht, er droht zu brechen!“

Hilflosigkeit und Entsetzen zeigten sich bei mehreren Eigentümern, auch von Gewerbebetrieben, die um ihre Existenz fürchten mussten.

## **Verbesserungen in der eigenen Verwaltung notwendig**

Nach Eingang der ersten kritischen Hochwassermeldungen des Wasserwirtschaftsamtes müssen die Bürger noch schneller gewarnt werden. Dazu sollen dienen:

- ◆ Die Einrichtung eines Bürgerbüros für Hochwasserinformationen mit Telefonservice rund um die Uhr;
- ◆ ständig aktuellste Hochwasserdaten vom Wasserwirtschaftsamts auf der Internetseite der Stadt;
- ◆ regelmäßige Fortschreibung des Katastrophenschutzplanes mit Ergänzung neuer Erkenntnisse und Erfahrungswerte.

## **Schnelle Hilfe**

Bestens unterstützt fühlten sich Bürger und Stadtverwaltung vom Krisenstab der Führungs-

gruppe Katastrophenschutz (FüGK), von der Polizei und vom Wasserwirtschaftsamt. Vor Ort leisteten Technisches Hilfswerk, Freiwillige Feuerwehren und Bundeswehr bei den Dammschutz- und Sicherungsmaßnahmen hervorragende Arbeit.

Viele Bürger halfen engagiert beim Füllen der Sandsäcke, bei der Bereitstellung von Transportgeräten sowie bei der Versorgung der Helfer.

### **Empfehlungen an die Bürger bei angekündigtem Hochwasser**

- ◆ Die Möglichkeiten einer Evakuierung kranker und hilfsbedürftiger Personen rechtzeitig planen;
- ◆ Heizöltanks und Heizanlagen fachgerecht sichern;
- ◆ Fahrzeuge und Geräte aus den gefährdeten Gebieten bringen;
- ◆ Absperrvorrichtungen zum Hochwasserschutz vorhalten und Rückstauklappen schließen;
- ◆ wichtige persönliche Gegenstände und notwendigen Hausrat aus den Gefahrenzonen befördern;
- ◆ mit den Hausbewohnern die Aufgabenverteilung bei einer Hochwassersituation rechtzeitig planen;
- ◆ Notbeleuchtung sowie ein netzunabhängiges Radiogerät für Hochwassernachrichten bereithalten;
- ◆ sicher verpackte Lebensmittel- und Trinkwasservorräte anlegen.

### **Stadtentwicklung und Bauleitplanung**

Der Gedanke an Hochwasser überschattet in Moosburg die Stadtentwicklung und die Bauleitplanung.

Die Flüsse Isar und Amper (Gewässer I. Ordnung) und der Amperüberleitungskanal (Gewässer II. Ordnung) rahmen den größten Teil des bebauten Stadtgebietes ein.

Die Ziele im Flächennutzungsplan lauten daher:

- ◆ Rücknahme der Uferbebauung;
- ◆ Einrichtung von Überschwemmungszonen;
- ◆ Schutz der Isarauwälder vor jeglichen baulichen Maßnahmen;
- ◆ keine Entwässerungsmaßnahmen in den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Amperauen;
- ◆ Erhalt und Schutz vorhandener Altwässer an Isar und Amper;

- ◆ Ausweisung von Renaturierungsflächen;
- ◆ Erhalt des natürlich mäandrierenden Verlaufs;
- ◆ Aufgabe der Ackernutzung im Überschwemmungsbereich und Umwandlung in Grünlandnutzung.

In der Bauleitplanung wird der Hochwassersituation große Bedeutung eingeräumt. Die Stadt hat das Bebauungsplanverfahren für das „Obere Ge-reuth“ ausgesetzt, bis die Deichbaumaßnahmen an der Isar im Raum Freising - Moosburg abgeschlossen sind. Außerdem werden vorsorglich alle Bauwilligen bei Vorlage des Bauantrages auf mögliche Hochwassersituationen und steigende Grundwasserstände hingewiesen.

Es wird empfohlen, einen wasserdichten Keller zu bauen oder auf die Unterkellerung zu verzichten.

### **Was müssen Wasserwirtschaftsamt, Amt für Landwirtschaft und Forsten sowie der Freistaat Bayern für den Hochwasserschutz leisten?**

Grundsätzlich ist das Bewusstsein der Bevölkerung für die Gefahren, die ein Hochwasser mit sich bringt, zu sensibilisieren.

Im Raum Freising - Moosburg ist es notwendig, die Deiche an der Isar mindestens auf ein hundert-jähriges Hochwasserereignis auszulegen. Außerdem ist südlich von Moosburg eine Deichrückverlegung erforderlich.

### *Wir erwarten vom Wasserwirtschaftsamt...*

- ◆ ein verantwortungsbewusstes Flussmanagement;
- ◆ die Berücksichtigung der Auswirkungen von Dammerhöhungen bei den Flüssen im Raum südlich von München auf die Unterläufe;
- ◆ künftig noch präzisere Hochwassermeldungen, vor allem die Scheitelangaben, für Isar und Amper im Landkreis Freising; diese Faktoren bestimmen im Krisenmanagement nahezu alle bedeutenden Entscheidungen; überzogene Nachrichten können zu Überreaktionen bei Verantwortlichen und betroffenen Bürgern führen;
- ◆ Bereitstellung der vorhandenen Hochwassersimulationen für gefährdete Gebiete wie das Stadtgebiet Moosburg;
- ◆ ständige Damm- und Deichpflege (Bauunterhalt sowie Freihaltung von Bewuchs).



*Abb. 2: Im August 2005 hat der Damm an der Isar noch gehalten. (Foto: Freiwillige Feuerwehr Thonstetten)*



*Abb. 3: Die Isarstraße wurde von austretendem Grundwasser überschwemmt. (Foto: Freiwillige Feuerwehr Thonstetten)*



*Abb. 4: Treibgut hat sich an der Schleuse gestaut und musste gesprengt werden. (Foto: Freiwillige Feuerwehr Thonstetten)*

### **...vom Amt für Landwirtschaft und Forsten...**

- ◆ die Bevölkerung von der Bedeutung unserer Auenwälder mit besonderer Flora und Fauna noch mehr zu sensibilisieren und zu überzeugen;
- ◆ den noch vorhandenen Auwald an Isar und Amper in seiner Funktion zu erhalten; denn wo die Natur zerstört ist, z. B. durch Bodenversiegelungen, Veränderungen der Geländeformationen, folgen immer ökologische Rückschläge.

### **... vom Freistaat Bayern**

- ◆ die Beschleunigung und Umsetzung des Aktionsprogrammes „Nachhaltiger integrierter Hochwasserschutz in Bayern“;
- ◆ die Bereitschaft, in den folgenden Jahren die erforderlichen Finanzmittel für das Aktionsprogramm 2020 in den Staatshaushalt einzustellen;
- ◆ die Hochwasserschutzmaßnahmen im Freistaat ohne Einschränkung zu realisieren, denn Hochwasserkatastrophen gefährden Leben, Existenzen und Sachwerte.

**Nach dem Hochwasser ist vor dem Hochwasser!**

### **Keywords**

*Flood warning, preventive measures, recommendations, urban land use planning, expectations*

### **Summary**

*There are periodical inundations in the urban area of Moosburg. Taking the flood in August 2005 as an example, the article explains the measures of the municipality to protect the population and describes the cooperation with the authorities. Furthermore it gives recommendations to people to prevent damages by floodings and illustrates the consequences of recurring inundations to urban land use planning. The article closes with expectations on technical authorities and the government regarding flood risk management.*

# Schutzwaldmanagement - ein Beitrag zum Hochwasserschutz

MARKUS HILDEBRANDT

## Schlüsselwörter

*Bergwald, Schutzwald, Hochwasserschutz, Schutzwaldmanagement, Schutzwaldpflege, Schutzwaldsanierung, Verbauung*

## Zusammenfassung

*Der Bergwald leistet einen wichtigen Beitrag zum Hochwasserschutz. Die Wirksamkeit des Bergwaldes für den Hochwasserschutz hängt von vielen Einflussfaktoren ab und muss sehr differenziert betrachtet werden. Negative Entwicklungen im Berg- und Schutzwald wie Verlichtung, Windwurf, Borkenkäfer, überhöhte Wildbestände und Waldweide beeinflussen das Abflussgeschehen negativ. Im Rahmen eines Schutzwaldsanierungsprogramms wird in Bayern versucht, die Funktionstauglichkeit von Schutzwäldern wieder herzustellen. Zur Vermeidung von teuren Sanierungsfällen müssen die Maßnahmen im Rahmen eines Schutzwaldmanagements vermehrt auf vorbeugende Schutzwaldpflegemaßnahmen gelenkt werden. Auf vielen Sanierungsflächen ist wegen der Standortdegradation oft nur noch künstliche Verjüngung mittels Pflanzung möglich. Dazu werden Ballenpflanzen aus herkunftsgerechtem Saatgut verwendet. Bei der Baumartenwahl spielen Pionierbaumarten eine wichtige Rolle. Technische Verbauungen sind als temporäre Holzverbauungen konzipiert. Wegen der sehr hohen Kosten ist ein Einsatz nur im vordringlichen Objektschutzwald möglich. In Bayern wurden bisher 56 Mio. € in die Schutzwaldsanierung investiert. Die Maßnahmen werden mit einem intensiven Monitoring begleitet. Schutzwaldsanierungen sind nur erfolgreich, wenn die Rahmenbedingungen hinsichtlich Jagd und Waldweide stimmen.*

## Wirksamkeit des Berg- und Schutzwaldes für den Hochwasserschutz

Beim Thema Schutzwald denkt man zunächst eher an Lawinen und Steinschlag und meist weniger an Hochwasser. Ein intakter Schutzwald dient aber nicht nur dem Lawinenschutz, sondern leistet auch einen wichtigen Beitrag zum Hochwasserschutz. Wo Schutzwälder den Schnee nicht mehr zurückhalten können, sind sie auch nicht

mehr imstande, die Hochwasserschutzfunktionen zu erfüllen.

Zahlreiche Forschungsprojekte zur Wirksamkeit des Bergwaldes im Hinblick auf die Hochwasserschutzfunktion wurden bearbeitet. Die Ergebnisse zu bewerten und daraus Rückschlüsse auf die Schutzwaldbewirtschaftung zu ziehen ist für den Praktiker vor Ort allerdings nicht ganz einfach. Die wissenschaftlichen Ergebnisse erfordern eine sehr differenzierte Betrachtungsweise.

**Folgende Untersuchungsergebnisse erscheinen für die Planung und Umsetzung von Schutzwaldverbesserungsmaßnahmen besonders relevant:**

- ◆ Bei Starkregen in kleinen Einzugsgebieten ist der positive Einfluss des Bergwaldes gesichert.
- ◆ Bei großen Einzugsgebieten und Dauerregen ist der Waldeinfluss auf Grund der Vielzahl und Komplexität der Einflussfaktoren deutlich schwieriger nachzuweisen.
- ◆ Bei der Beurteilung der Waldwirkungen auf den Wasserhaushalt kommt dem Boden eine Schlüsselrolle zu.
- ◆ Dichte, tonreiche Böden (Flysch) erreichen höhere Abflussbeiwerte (= Verhältnis zwischen Niederschlag und tatsächlich festgestelltem, oberflächlichem Abfluss) als wasserdurchlässige Böden der Kalkalpinen Zone.
- ◆ Waldaufbau und Waldpflege wirken sich auf periodisch vernässte Standorte am stärksten aus.
- ◆ Naturnaher Bergwald besitzt im Vergleich zu anderen Landnutzungsarten die höchste Wasseraufnahmefähigkeit und den niedrigsten Hochwasserabfluss.

Vielleicht der wichtigste, aber oft zu wenig beachtete Beitrag des Bergwaldes ist der Schutz der Bodenkrume vor Erosionen. Ohne Waldbedeckung würde die Bodenerosion im Gebirgsraum rasch zunehmen. Damit steigen Oberflächenabfluss und Hochwassergefährdung.

Modellrechnungen zeigen, dass Störungen des Bergwaldes im Wassereinzugsgebiet den Hochwasserabfluss deutlich verschärfen können. In den Schutzwäldern beeinflussen negative Entwicklungen wie Verlichtung, Vergrasung, Windwurf, Borkenkäfer, überhöhte Schalenwildbestände und Waldweide das Abflussgeschehen unmittelbar.



Abb. 1: Großflächige Waldverluste nach einem Waldbrand 1947 führten an der Ahrnspitze bei Mittenwald zu Bodenverlusten mit entsprechend negativen Folgen für den Wasserabfluss.

(Foto: Bayerische Forstverwaltung)



Abb. 2: Dichte Vergrasung in verlichteten Schutzwäldern führt bei Starkniederschlägen wegen ihres - auf Häusern wünschenswerten - Reetdacheffektes zu hohen Oberflächenabflüssen.

(Foto: Bayerische Forstverwaltung)

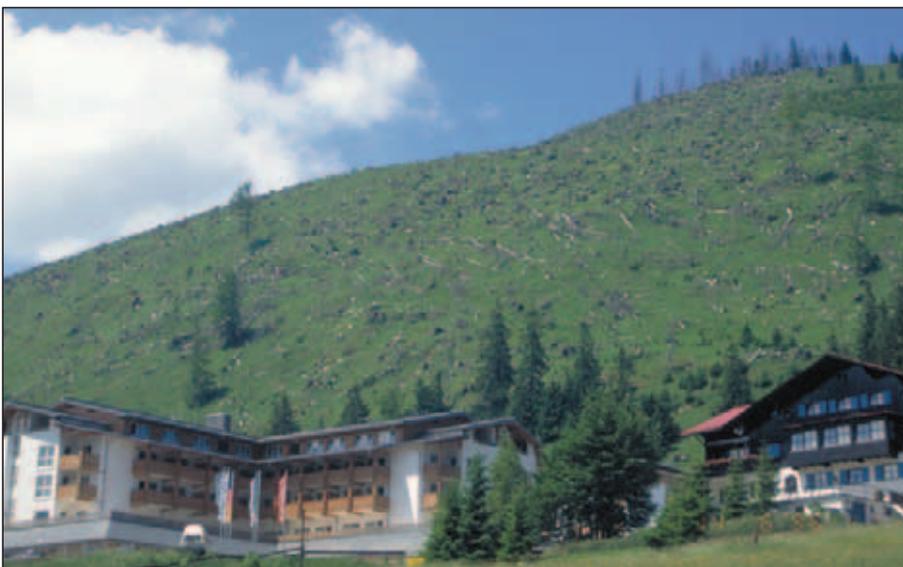


Abb. 3: Windwurf und Borkenkäfer hinterließen in Bayern zahlreiche neue Sanierungsflächen mit sehr schlechten Abflussbeiwerten, wie am Oberjoch im Allgäu sehr deutlich zu erkennen ist.

(Foto: Bayerische Forstverwaltung)

## Schutzwaldsanierung und -pflege in Bayern

Die besorgniserregende Entwicklung im Schutzwald rief in Bayern bereits 1986 das Schutzwaldsanierungsprogramm ins Leben. Im Rahmen dieses Programms werden der Zustand der Schutzwälder erfasst, Gefährdungspotentiale ermittelt und schließlich konkrete Sanierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der Schutzwälder geplant. Die Bayerische Forstverwaltung ist für das alle Waldbesitzarten umfassende Programm verantwortlich.

Seit der Forstreform besteht folgende Aufgabenverteilung:

- ◆ Die Bayerische Forstverwaltung finanziert, plant und koordiniert die Sanierungsmaßnahmen.
- ◆ An den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten Kempten, Rosenheim und Weilheim wurden eigene Fachstellen Schutzwaldmanagement eingerichtet, an denen Spezialisten mit diesen Aufgaben betraut sind.
- ◆ Im Staatswald setzen die Betriebe des Unternehmens Bayerische Staatsforsten Maßnahmen im Rahmen der besonderen Gemeinwohlfunktionen um. Die Aufwendungen der Bayerischen Staatsforsten erstattet die Forstverwaltung zurück. Im Privat- und Körperschaftswald setzt die Forstverwaltung die gesamten Sanierungsmaßnahmen um.

Wichtiger Partner ist die **Wasserwirtschaftsverwaltung**, die neben der Wildbachverbauung auch für die technische Lawinerverbauung zum Objektschutz von Siedlungen, Verkehrswegen und Infrastruktureinrichtungen zuständig ist. Der Zuständigkeitsbereich der Forstverwaltung erstreckt sich auf alle biologischen Sanierungsmaßnahmen und für Verbauungen ohne Objektschutzfunktion zum unmittelbaren Schutz von Waldflächen.

## Planung von Schutzwaldprojekten - Schutzwaldmanagement

Entscheidend für ein modernes Schutzwaldmanagement ist die integrale Betrachtung des gesamten Schutzwaldes in den Projektgebieten. Dazu ist neben der Erfassung aller sanierungsnotwendigen Schutzwälder künftig verstärkt auch die frühzeitige Schutzwaldpflege zu berücksichtigen, um teure Sanierungsfälle zu vermeiden. Wesentliche Aufgabe eines Schutzwaldmanagements wird es sein, die begrenzten Geldmittel noch gezielter den sinnvollsten und wirksamsten Maßnahmen zuzuleiten.

Dies ist bei Maßnahmen, die der langfristigen Verbesserung des Hochwasserschutzes dienen, deutlich schwieriger als etwa im reinen Lawinenschutzwald mit meist lokal begrenzten Problemgebieten. Die Wirksamkeit der Schutzwälder im Hinblick auf die Hochwasserschutzfunktion kann man bisher noch nach sehr allgemeinen Erfahrungswerten einschätzen. Die von MARKART (2001) entwickelte Feldmethode zur Abschätzung der Abflussbeiwerte könnte dabei helfen, die knappen Haushaltsmittel noch gezielter auf Bergwälder mit höchster Wirksamkeit für den Hochwasserschutz zu konzentrieren.

Im Rahmen des Schutzwaldmanagements werden zunächst sanierungs- und/oder pflegenotwendige Schutzwälder erfasst, ihr Zustand bewertet sowie Maßnahmen geplant. Die Umsetzung der konkreten Projekte erfordert zunächst eine Priorisierung. Dazu werden detaillierte Informationen über die Naturgefahren aus den betreffenden Schutzwaldgebieten erhoben. Bei der Erfassung und Bewertung dieser Naturgefahren wird intensiv



Abb. 4: Permanente Lawinerverbauung am Grüneck über der Bundesstraße zum Achenpaß; in einem gemeinsamen Projekt versuchen Wasserwirtschaftsverwaltung und Forstverwaltung mit permanenter Lawinerverbauung und Pflanzungen den Schutzwald zu sanieren. (Foto: Bayerische Forstverwaltung)

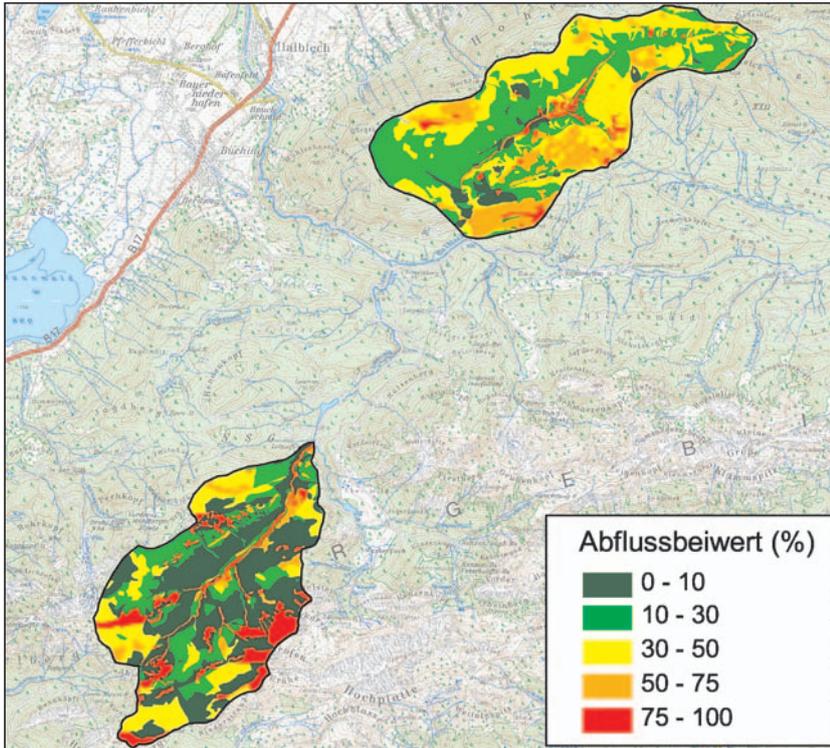


Abb. 5: Abflussbeiwerte für definierten Starkregen von 100 mm in einer Stunde nach MARKART et al. (2001) für die Einzugsgebiete Röthenbach (rechts oben) und Lobenbachtal (links unten)

mit den Behörden der Umweltverwaltung zusammengearbeitet.

Anhand dieser Einschätzung werden die Sanierungsgebiete in drei Prioritätsstufen eingewertet. Gebieten mit sehr hohen Objektschutzfunktionen und besonders gefährlichen Wildbacheinzugsgebieten kommt dabei die höchste Priorität zu.

## Sanierungsmaßnahmen

### Pflanzung

Viele Sanierungsflächen sind so stark vergrast, dass Naturverjüngung kaum mehr zu erwarten ist und die Verjüngung künstlich eingeleitet werden muss. Bei der Pflanzung werden überwiegend

Ballenpflanzen verwendet. Der Einsatz der viel günstigeren wurzelnackten Pflanzen scheidet wegen der extremen Standorte und der aufwändigen Logistik (Hubschraubertransport) aus.

Ganz entscheidend für den Erfolg ist die Verwendung herkunftsgerechten Saatgutes aus den passenden Gebirgshöhenlagen. Das Saatgut wird in Bayern zentral über das Amt für Saat und Pflanzenzucht beschafft und verschiedenen Baumschulen zur Lohnanzucht zur Verfügung gestellt. Damit wurde ein sehr hoher Qualitätsstandard bei den Ballenpflanzen erreicht.

Der Standort, aber auch die Anforderungen an die Schutzfunktionen entscheiden über die Baumartenwahl. Im Lawinenschutzwald sollten im Idealfall die immergrünen Nadelbäume einen Anteil



Abb. 6, 7: Ziel eines erfolgreichen Schutzwaldmanagements (Fotos: Bayerische Forstverwaltung)



Abb. 8: Ballenpflanzen aus herkunftsgerechtem Saatgut (Foto: Bayerische Forstverwaltung)

von 70 Prozent erreichen. Auf vielen Flächen sind jedoch die Standorte auf Grund des Humuschwundes bereits so stark degradiert, dass die Klimaxbaumarten Fichte oder auch Tanne extreme Wuchsstockungen aufweisen und diese Baumarten den Sanierungserfolg nicht mehr gewährleisten. Auf diesen Standorten können nur noch Pionierbaumarten wie Kiefer, Lärche, Latsche oder auch Mehlbeere gepflanzt werden. Der mit der Pionierbestockung verbundene Aufbau des Auflagehumus steuert die Sukzession, um langfristig wieder einen Klimaxwald unter Beteiligung der Fichte und anderer ursprünglicher Hauptbaumarten hervorzubringen.



Abb. 9, 10, 11: Im Wildbacheinzugsgebiet des Lahne-wiesgrabens (Landkreis Garmisch-Partenkirchen) wird die technische Wildbachverbauung mit Pflanzungen im Schutz von Gleitschneeverbauungen ergänzt. Die Verbauung hält die Schneebewegungen auf, nur auf den unverbauten Flächen reißt die Schneedecke ab (rechts oben). Im Schutz der Verbauung können sich die Fichten und Erlen entwickeln (rechts unten). (Fotos: Bayerische Forstverwaltung)

## Verbauung

Auf vielen Flächen müssen die Pflanzen gegen Gleitschnee und Lawinen mit technischen Verbauungen geschützt werden. Permanente Lawinenverbauungen zum Objektschutz errichtet die Wasserwirtschaftsverwaltung. Von der Forstverwaltung zum Schutz der Pflanzungen und Aufforstungen gebaute Lawinen- und Gleitschneeverbauungen sind meist aus Holz gefertigt und als temporärer Schutz konzipiert. Dazu werden gegen Verwitterung möglichst resistente Hölzer wie Robinie oder Edelkastanie eingesetzt. Nach 30 bis 40 Jahren muss der nachwachsende Schutzwald imstande sein, die Funktion der Bauwerke zu übernehmen. Verbauungen sind mit Kosten zwischen 160.000 € und 500.000 € pro Hektar (Lawinenverbauung) extrem teuer und können daher nur in vordringlichen Objektschutzwäldern eingesetzt werden. Auf dem Großteil der Sanierungsflächen muss es daher gelingen, nur natürlich oder/und mit Pflanzung die zerfallenden Schutzwälder wieder zu verjüngen. Der Jagd kommt dabei eine Schlüsselrolle zu!

## Bisherige Maßnahmen

Seit Beginn Anfang der neunziger Jahre wurden auf nicht ganz der Hälfte aller bisher ausgewiesenen Sanierungsflächen Maßnahmen eingeleitet, auf rund einem Drittel aller Flächen



Ausgaben Schutzwaldsanierung 1990 bis 2004			
Pflanzung	Verbauung	Sonstige Maßnahmen	Summe
30,8 Mio. €	19,6 Mio. €	5,6 Mio. €	56 Mio. €
rd. 15 Mio. Pflanzen	ca. 130 ha	Steigbau, Unterhalt etc.	

sind die Erstmaßnahmen inzwischen abgeschlossen. Die Gesamtinvestitionen für die Schutzwaldsanierung in Bayern betragen bis 2004 rd. 56 Mio. €.

### Erfolgskontrolle

In die Schutzwaldsanierung wird viel investiert. Immer knapper werdende öffentliche Mittel müssen möglichst gezielt und wirtschaftlich an den vordringlichsten Objekten eingesetzt werden. Angesichts der zum Teil extrem langsamen Entwicklung auf Sanierungsflächen sind die Erfolge von Investitionen oft erst nach Jahrzehnten zu erkennen. Um dennoch rasch und rechtzeitig steuernd eingreifen zu können, begleiten intensive Erfolgskontrollen sowie ein sorgfältiges Monitoring

die Schutzwaldsanierungsmaßnahmen. Alle Flächen werden mit Hilfe eines standardisierten Verfahrens jährlich kontrolliert. Darüber hinaus sind auf ca. zehn Prozent der gesamten Sanierungsfläche Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet, auf denen im Turnus von fünf Jahren mit einem repräsentativen Stichprobenverfahren genaue Daten erhoben werden.

Mit diesem Vorgehen lassen sich folgende Ziele verfolgen:

- ◆ Kontrolle eines wirtschaftlichen und effektiven Mitteleinsatzes;
- ◆ Sicherung einer qualitativ hochwertigen Umsetzung der Maßnahmen;
- ◆ ständige Weiterentwicklung und Optimierung der Maßnahmen.

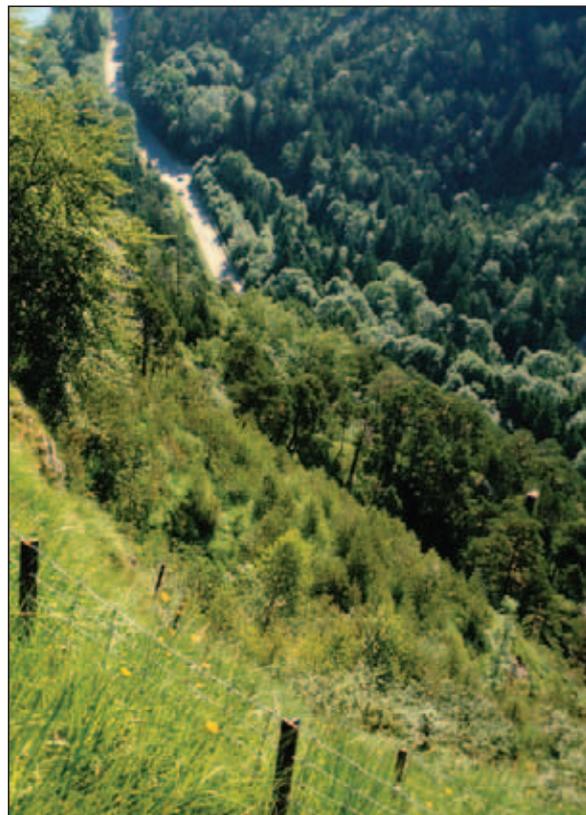
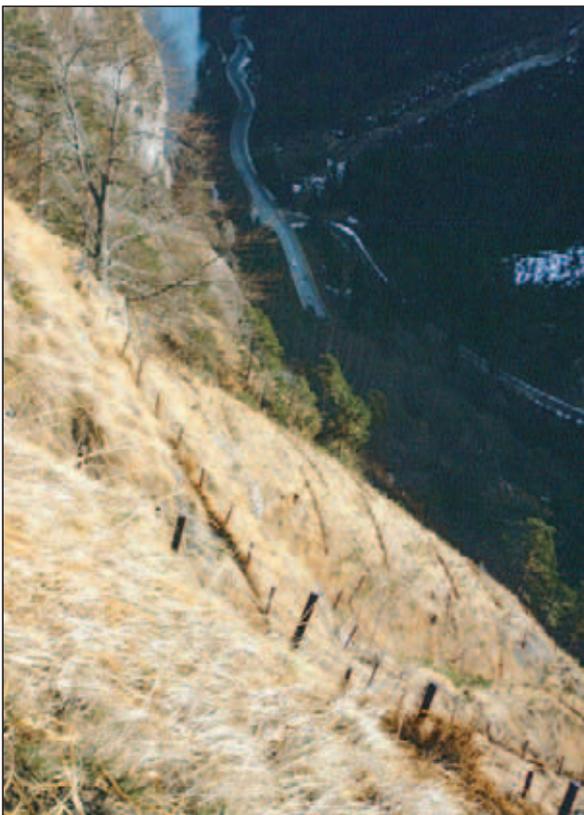


Abb. 12, 13: Der Erfolg von Sanierungsmaßnahmen zeigt sich erst oft nach vielen Jahren. Am Antoniberg (Landkreis Berchtesgaden) entwickelte sich innerhalb von zwölf Jahren der Schutzwald zwischen den Gleit-schneeverbauungen sehr gut. (Fotos: Bayerische Forstverwaltung)

## Ausblick

Die Anforderungen an die Funktionsfähigkeit der Schutzwälder stiegen in den letzten Jahren erheblich. Verkehr und Tourismus nehmen fast ungebremst zu, auch die Erweiterung von Siedlungsflächen geht stetig weiter. Gleichzeitig erhöht die globale Klimaerwärmung die Wahrscheinlichkeit von Witterungsextremen und Unwettern und damit das Gefährdungspotential.

Kontrollen zeigen, dass die bisherigen Sanierungsmaßnahmen nach anfänglichen Schwierigkeiten durchaus erfolgreich sind. Ganz entscheidend tragen im Sinne der Schutzwaldsanierung geregelte Rahmenbedingungen bei Jagd und Waldweide zum Erfolg bei.

Es zeigte sich aber auch, dass sich trotz intensiver Bemühungen Anzahl und Umfang der Sanierungsflächen allein auf Grund von Sturmwürfen und Borkenkäferbefall in den letzten Jahren weiter vergrößerten.

Schutzwälder zu sanieren bleibt in vielen Fällen leider die einzige Möglichkeit, die Folge von Versäumnissen bei der Schutzwaldpflege im weitesten Sinn aufzufangen. Zu einer umfassenden, integralen Schutzwaldpflege gehören neben Jung-



Abb. 14: Stimmen die Rahmenbedingungen hinsichtlich Jagd und Waldweide, ist auch auf extremen Flächen wie am Fahrenberg (Walchensee) der Schutzwaldsanierung mit den derzeitigen Methoden Erfolg beschieden. (Foto: Bayerische Forstverwaltung)

bestandspflege, Durchforstungen und Einleitung der Verjüngung etc. vor allem die Suche nach Lösungen für die Wald-Wild-Problematik sowie die Regulierung der Waldweide.

Im Zuge eines modernen Schutzwaldmanagements ist künftig vor allem im Rahmen der vorbeugenden Schutzwaldpflege alles in Bewegung zu setzen, um die Entstehung neuer teurerer Sanierungsflächen zu verhindern. Entscheidend für den künftigen Erfolg gerade hinsichtlich des vorbeugenden Hochwasserschutzes wird dabei die natürliche Verjüngung der Schutzwaldbestände auf großer Fläche sein.

## Key words

*Mountain forest, protection forest, flood control, protection forest tending, restoration of protection forest, technical constructions*

## Summary

*Mountain forests make an important contribution to flood control. The efficiency for flood control depends on numerous factors: crown transparency, windthrow, bark-beetle, excessive hoofed game density and woodland grazing affect the runoff in mountain forests. Within a program of restoration of protection forest, it is tried to re-establish the functional capability of damaged mountain forests. Often the only possibility to restore affected areas is the artificial regeneration with container-grown plants. On sites with an advanced degradation pioneer tree species are the first choice. Technical constructions are conceived as temporarily installed wooden gliding snow defense. Because of high costs they are only employed where protection is urgent. In Bavaria 56 Mio. Euro have been invested in restoration of protection forest so far. Restoration of protection forests is only successful, if the basic conditions such as woodland grazing and hunting are right.*

# Die Sanierung der Unteren Salzach

GÜNTER HOPF

## Schlüsselwörter

Flussbau, Auwald, Eintiefung, Sanierung

## Zusammenfassung

Die Untere Salzach ist Grenzfluss zwischen Bayern und Österreich. Die ca. 60 km lange Strecke reicht von der Saalachmündung nördlich von Salzburg bis zur Mündung in den Inn. Die Korrekturen im 19. und 20. Jahrhunderts führten zu anfangs gewollten Eintiefungen der Flusssohle, die allerdings in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein kritisches Ausmaß erreichten. Weitreichende Auswirkungen, auch auf die angrenzenden Ökosysteme (Auwälder, Nebengewässer, etc.), waren die Folge. In einem integralen Sanierungsprojekt soll nun die Sicherheit an der Salzach wiederhergestellt sowie die Fluss- und Auenlandschaft entscheidend verbessert werden.

Bis vor etwa 200 Jahren bot die Salzach in diesem Bereich das typische Bild eines voralpinen verzweigten Flusses. Das etwa einen Kilometer breite Flussbett veränderte zwar stetig sein Gesicht, blieb aber bei aller Dynamik in einem stabilen Gleichgewicht.

Die sich dann anschließende Korrektur der Salzach veränderte diese Flusslandschaft völlig.

## Eine Flusskorrektur und ihre Folgen

Abbildung 1 zeigt eine historische Flussaufnahme aus dem Jahr 1817 und eingeblendet den Verlauf des heutigen, etwa hundert Meter breiten Flussbettes. Dieser gravierende Eingriff in das Flussregime entsprach den damaligen gesellschaftspolitischen Ansprüchen. In einer Zeit, in der Hungersnöte noch zum Alltag gehörten, besaß der Gewinn neuen Landes zur Nahrungsmittelproduktion einen hohen Stellenwert. Der Schutz vor Hochwasser sowie die Nutzung des Flusses als Transportweg für den Salzhandel kamen hinzu.

Die Eingriffe blieben nicht ohne Folgen. Der Fluss geriet aus seinem natürlichen Gleichgewicht. Die gesamte Wassermenge konzentrierte sich nun auf eine Breite von etwa hundert Metern. Deshalb übten schon kleine Hochwässer einen gewaltigen Druck auf die Sohle der Salzach aus. Der Fluss hat sich seither immer tiefer in sein eigenes Bett gegraben. Als Konsequenz daraus ist die Standicherheit der Brücken und Böschungen mit den dahinter liegenden Siedlungen in Gefahr. Die Höhe des Grundwassers ist an den Wasserspiegel der Salzach gekoppelt. Je tiefer sich die Salzach eingräbt, desto weiter sinkt auch das Grundwasser ab. Die begleitenden Auwälder verlieren ihren natürlichen Grundwasseranschluss mit all den negativen Folgen für dieses sensible Ökosystem.

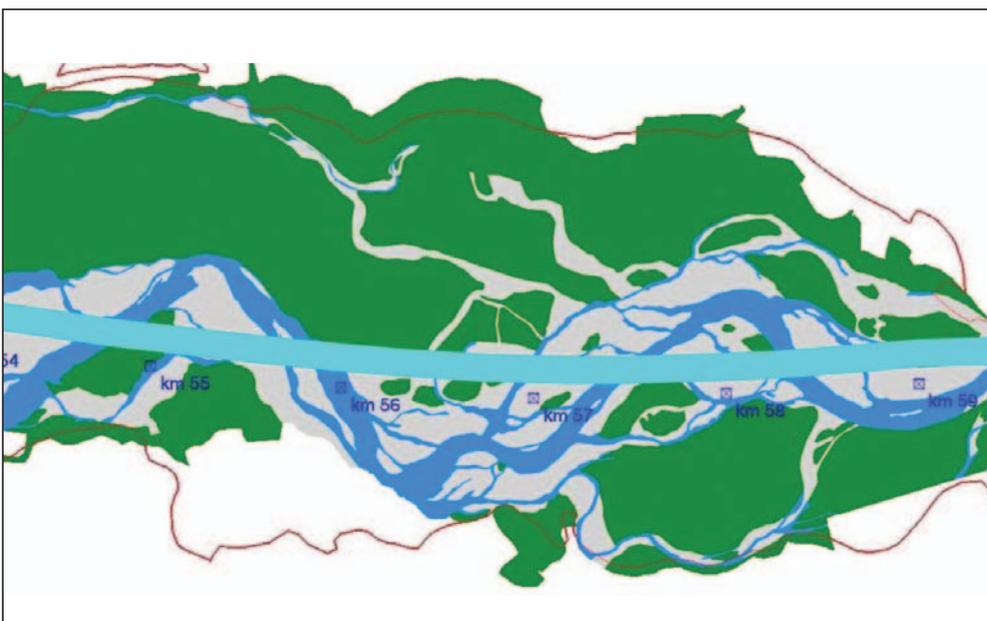


Abb. 1: Die Salzach im Jahr 1817 und heute  
(Grafik: Wasserwirtschaftsamt Traunstein)

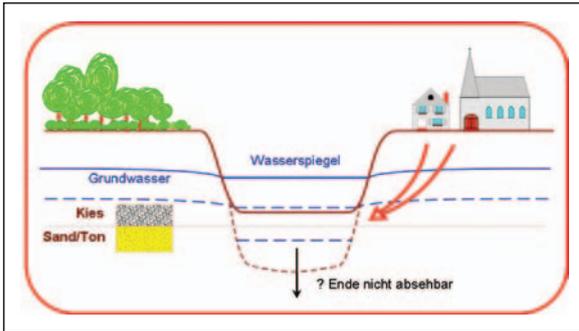


Abb. 2: Prinzip der flussbaulichen Zusammenhänge (Grafik: Wasserwirtschaftsamt Traunstein)



Abb. 3: Eingestürzte Autobahnbrücke bei Lieferung (Foto: Ständige Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag)



Abb. 4: Sohldurchschlag südlich von Salzburg (Foto: Ständige Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag)

Eine geologische Besonderheit verschärft die Situation noch. Die Salzach fließt in einem mächtigen Schotterkörper aus nacheiszeitlichen Ablagerungen. Dieser grobe Kies ist relativ widerstandsfähig gegen die Kraft des Wassers und wird nur langsam abgetragen. Unter dem Kies stehen aber sehr erosionsempfindliche Sande und Tone an. Erreicht die Salzachsohle auf ihrem Weg in die Tiefe diese Schichten, dann kann ein einziges Hochwasserereignis plötzlich mehrere Meter mächtige Schluchten in das Flussbett reißen. Die Fachleute sprechen in diesem Fall vom Sohldurchschlag. Abbildung 2 zeigt das Prinzip dieser Zusammenhänge auf.

Welches Gefahrenpotential mit diesen Prozessen verbunden ist, zeigen die Abbildungen 3 und 4. Brücken, vor allem aber auch in Flussnähe liegende Siedlungen und Hochwasserschutzbauten, sind bei solchen Sohldurchschlägen akut bedroht. Beide Aufnahmen aus der Mitte des letzten Jahrhunderts stammen aus dem Raum Salzburg.

### Die Kursänderung - gerade noch rechtzeitig ?

Um diesen Katastrophen an der Unteren Salzach zu begegnen, sucht eine gemeinsame Arbeitsgruppe von Fachleuten aus Bayern und Österreich nach Möglichkeiten, das Problem in den Griff zu bekommen. Ziel ist zum einen, das weitere Eintiefen der Sohle zu verhindern und den Hochwasserschutz entlang der Salzach nicht zu gefährden. Zum anderen soll der Fluss auch wieder ein Stück Naturnähe zurückerhalten.

Das Grundprinzip der notwendigen Sanierung lautet, die Salzach in ein neues Gleichgewicht zu überführen. Dazu ist es notwendig, das vorhandene Gefälle zu reduzieren und den Fluss wieder zu verbreitern. Zum Konzept gehört auch, wieder mehr Hochwasser in die Auwälder zu leiten. Mit einem Projekt dieser Größenordnung betreten wir wasserbauliches Neuland. Deshalb werden die einzelnen Module in enger Zusammenarbeit mit Universitäten und Instituten im Detail ausgearbeitet und für die Salzach „maßgeschneidert“.

Das Hochwasser 2002 führte an der Salzach unterhalb der Saalachmündung zum befürchteten Sohldurchschlag. Die Schäden hielten sich zunächst in Grenzen. Das Flussregime destabilisierte sich jedoch weiter. Es besteht die Gefahr, dass sich der Sohldurchschlag bereits bei wesentlich kleineren Hochwässern fortsetzt. Das betrifft sowohl die unterhalb liegenden Städte Laufen und Oberndorf als auch die flussaufwärts gelegene Stadt Salzburg.

## An erster Stelle: Detailplanungen für die Gefahrenschwerpunkte

An der Unteren Salzach ist es fünf vor Zwölf! Ein Gesamtkonzept für die 60 km lange Strecke wurde 2003 raumordnerisch überprüft und grundsätzlich positiv beurteilt. Derzeit laufen die Detailplanungen für den Gefahrenschwerpunkt rund um die Städte Laufen und Oberndorf.

Im Einzelnen handelt es sich dabei um folgende Module:

- ◆ flächige Sohlsicherung flussabwärts von Laufen/Oberndorf (ca. Flusskilometer 46)
- ◆ Schutzmaßnahmen im Ortsdurchgang Laufen/Oberndorf (ca. Flusskilometer 47 bis 49)
- ◆ aufgelöste Sohlabstufung flussaufwärts von Laufen/Oberndorf (bei Flusskilometer 51,9)

Mit der Planung ist eine Arbeitsgemeinschaft mehrerer freier Büros beauftragt.

### Modul „Flächige Sohlsicherung flussabwärts Laufen/Oberndorf“

In Hinblick auf eine in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht optimierte technische Ausführung der ursprünglich vorgesehenen Rollierungsstreifen wurden am Institut für Wasserbau des österreichischen Bundesamtes für Wasserwirtschaft Modellstudien zur Entwicklung und Überprüfung verschiedener Sohlsicherungen ausgearbeitet. Hierbei wurden zunächst in einem Rinnenversuch folgende technische Lösungsmöglichkeiten überprüft:

- ◆ Geschlossene Deckwerke (Rollierungen);
- ◆ Deckschichtbildungen;
- ◆ Offene Deckwerke;
- ◆ Schwellen;
- ◆ flache aufgelöste Sohlabstufungen (Aufgelöste Rampen).

Insbesondere unter Beachtung der Stabilität der Sohlsicherungen wurden die flachen aufgelösten Sohlabstufungen (Neigung Höhe : Länge ~ 1:100) und die offenen Deckwerke als potentielle Konzepte für die damaligen Rollierungsstreifen weiter verfolgt.

Im Bereich der Sohlsicherung bestehen auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (Durchbruchstrecke, bestehende Bebauung) keine seitlichen Entwicklungsmöglichkeiten. Weil

damit der wesentliche Vorteil einer Lösung mit einer flachen aufgelösten Sohlabstufung (siehe unten) nicht zum Tragen kommt, wird der Einbau eines offenen Deckwerks vorgesehen. Dieses bietet hier hinsichtlich der flussbaulichen (z. B. Stabilität), ökologischen (beispielsweise Fließcharakter) und wirtschaftlichen (Materialbedarf etc.) Kriterien an dieser Stelle die bestmögliche Lösung.

Offene Deckwerke lösen das Problem der Sohlstabilisierung von Kiesflüssen auf naturnahe Weise. Als wesentliches Merkmal dieser Methode bleibt zwischen größeren aufgelegten Belegungssteinen ein Teil der ursprünglichen Sohle frei und dennoch wird der Sedimentaustrag unterbunden. Der Strömungsschatten der deutlich größeren Belegungssteine schützt die Kiessohle vor Erosion. Für die Sohlsicherung im Bereich der Laufener Enge ergeben sich Durchmesser der notwendigen Belegungssteine von etwa 40 cm und damit verbunden Steingewichte von 70 bis 100 kg.

### Modul „Schutzmaßnahmen Ortsdurchgang Laufen/Oberndorf“

Im Ortsbereich Laufen/Oberndorf entwickelten sich auf Grund der extremen Kurvenströmung ausgeprägte Kurvenkolke mit Tiefen von bis zu vier Metern. Um der Gefahr einer schlagartigen weiteren Eintiefung der Kolke bei Hochwasser zu begegnen, wurden auf österreichischer Seite bereits in den Jahren 1997 und 2000 Buhnen errichtet, um die Strömung und den Krümmungskolk zur Flussmitte zu drängen und damit das Ufer und den Hochwasserdeich zu schützen.



Abb. 5: Situation Laufen/Oberndorf (Foto: G. Lobmayr)



Abb. 6: Beispiel für eine aufgelöste Sohlrampe (Mangfall bei Rosenheim) (Foto: Wasserwirtschaftsamt Traunstein)

Auf bayerischer Seite wurde der Uferverbau im Jahre 2000 und nach dem Hochwasser im August 2002 von Flusskilometer 47,5 bis 46,5 instandgesetzt sowie ein massiv ausgebildeter Steinvorfuß errichtet. Zusätzlich wurden zwischen den Flusskilometern 46,9 und 46,5 fünf Bühnen zum Schutz des Ufers errichtet.

Um die Hochwasserdeiche in Laufen und Oberndorf zu schützen, werden in der weiteren Detailplanung folgende Maßnahmen geprüft:

- ◆ Grobkornanreicherung und Teilverfüllung des Kolkes am bayerischen und österreichischen Ufer; eine komplette Kolkverfüllung ist nicht vorgesehen, weil sie die natürliche Bogenströmung stören würde und Kolke an anderer Stelle zu befürchten wären.
- ◆ Ergänzung der Bühnen am Außenbogen, um die Tiefenrinne Richtung Flussmitte abzulenken.

#### Modul „Aufgelöste Sohlabstufung flussaufwärts Laufen/Oberndorf“

Flussaufwärts von Laufen/Oberndorf ist bei Flusskilometer 51,9 die Errichtung einer aufgelösten Sohlabstufung geplant. Sie soll vor einer Fortsetzung des Sohldurchschlages aus dem Freilassing Becken in die Ortsbereiche der Zwillingstädte hinein schützen.

In den letzten Jahren wurden wertvolle Erfahrungen mit dem Bau relativ flach geneigter, aufgelöster Sohlrampen, z. B. an der Saalach, gewonnen. Im Wesentlichen kennzeichnet die Ausbildung von Riegeln und Becken diese Bauform, die eine naturnähere Gestalt bei gleichzeitig geringeren Baukosten und gleicher Stabilität ermöglicht. Auf Grund der deutlichen gewässerökologischen Vorteile der aufgelösten Sohlabstufungen gegenüber relativ steilen Schütt- oder Setzsteinrampen werden diese nun auch an der Salzach angewendet. Die Neigung der Sohlabstufungen wird mit einem Verhältnis Höhe zu Länge von 1: 50 bei einer Sohlbreite von 120 bis 140 m gewählt.

Begleitend zu der Errichtung der Sohlabstufung wird Ufersicherung kontrolliert entfernt, um dem Fluss unterhalb des Bauwerkes eine eigendynamische Aufweitung zu ermöglichen. Sie bietet außerdem eine temporäre Geschiebezufuhr und reduziert gleichzeitig die Geschiebetransportkapazität in diesem Abschnitt.

Ein weiterer Schwerpunkt der Maßnahmen liegt im Bereich der Gemeinde Fridolfing. Der ohnehin sanierungsbedürftige Deich soll dort an die Auwaldgrenze rückverlegt werden.

Diese Maßnahmen wirken sich auch auf den Auwald positiv aus (stärkere Überflutungsdynamik, höhere Grundwasserstände). Allerdings

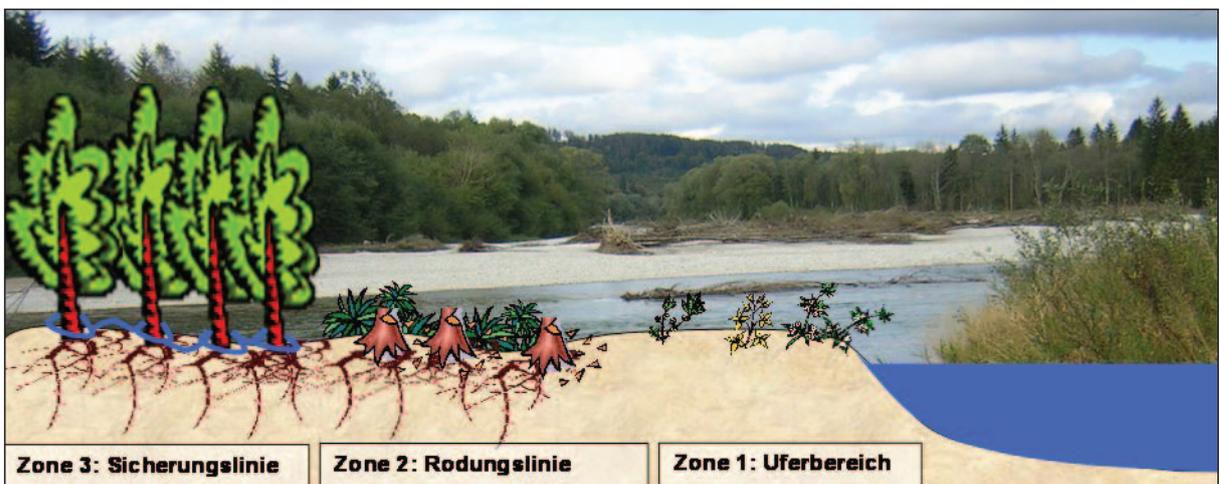


Abb. 7: Weiche Ufer (Skizze: Technische Universität München)

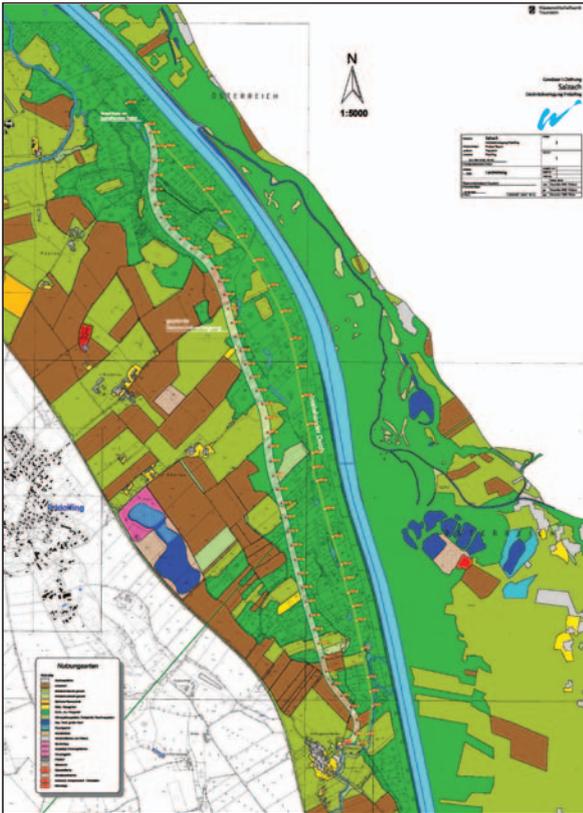


Abb. 8: Deichrückverlegung Fridolfing  
(Foto: Wasserwirtschaftsamt Traunstein)

müssen dafür auch Waldflächen in Anspruch genommen werden. Allein diese Flächeninanspruchnahme schafft die Voraussetzungen, um die Auwaldstandorte langfristig sichern zu können.

Ziel ist, die notwendigen Rechtsverfahren für den ersten Sanierungsabschnitt im Bereich Laufen/Oberndorf noch im Jahr 2006 abzuschließen und mit dem Bau zu beginnen. Einmal angestoßen, muss die Sanierung der gesamten Salzachstrecke zwischen Saalachmündung und Burghausen sukzessive fortgesetzt werden. Nur so ist das neue Gleichgewicht auch wirklich zu erreichen. Bleibt zu hoffen, dass wir - auch unter dem Aspekt des drohenden Klimawandels - den Wettlauf mit der Zeit zu Gunsten von Mensch und Natur entscheiden können.

### Key words

*River engineering, Alluvial Forest, Erosion, River rehabilitation*

### Summary

*Untere Salzach is a River along the frontier between Bavaria and Austria. It is about 60 kilometers long, from the estuary of the Saalach river near Salzburg down to Burghausen, where it is flowing into Inn river.*

*The river corrections during the 19th and 20th century lead to initially wanted erosion of the riverbed. But since the 1950s the extent of those erosions reached a critical size. In follow there were serious consequences, particularly on the surrounding ecosystems like alluvial forests and backwaters. In an integral river rehabilitation project security will be restored and ecology improved.*

# Vorbeugender Hochwasserschutz in der Ländlichen Entwicklung -

aufgezeigt an der Studie zum vorbeugenden und dezentralen Hochwasserschutz in der Regionalen Landentwicklung Auerbergland

NORBERT BÄUML, GÜNTHER AULIG, HALVOR ØVERLAND und GERD-MICHAEL KRÜGER

## Schlüsselwörter

*Vorbeugender Hochwasserschutz, ländliche Entwicklung, Auerbergland*

## Zusammenfassung

*Wichtige Grundlage für einen effektiven und nachhaltigen Hochwasserschutz ist die Erarbeitung eines übergeordneten und raumbezogenen Orientierungs- und Handlungsrahmens. In der Regionalen Landentwicklung Auerbergland wurde deshalb eine auf die Wassereinzugsgebiete bezogene und fachübergreifende Pilotstudie für die betreffenden Gemeinden erstellt. Sie ist Voraussetzung für ein koordiniertes und strategisches Vorgehen aller Beteiligten bei der Umsetzung flächenbezogener und dezentraler Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Rahmen einer zukünftigen Bodenordnung.*

## Ausgangslage

Die sich regelmäßig wiederholenden Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre hinterließen einen bleibenden Eindruck in der Bevölkerung. Aber nicht nur die großen Flüsse wie Elbe, Oder und Donau, sondern auch die Gewässer II. und III. Ordnung mit ihren mittleren und kleinen Einzugsgebieten verursachten erhebliche Schäden. Schmerzlich mussten auch die Bewohner des Auerberglandes an Pfingsten 1999 und im Sommer 2002 erfahren, was es heißt, vom Hochwasser betroffen zu sein. So stieg z. B. die Schönach innerhalb weniger Stunden in bisher nicht gekanntem Maße und überflutete in der Gemeinde Hohenfurch die Hauptstraße.

Diese Hochwasserereignisse verdeutlichen eindrucksvoll, dass der Ressource „Wasser“ die entscheidende Rolle einer ökologischen Steuergröße in einer Landschaft oder Region zukommt. Gerade diese Steuergröße fordert, über enge kommunale Grenzen hinaus zu denken und zu handeln. Die Gemeinden um den Auerberg sind seit vielen Jahren Mitglieder einer interkommunalen Kooperation und sammelten auf diese Weise positive Erfahrungen in der gemeinsamen Lösung von Problemen. Daher lag es nahe, für die Hochwasservor-

sorge eine gemeinsame, gemeindeübergreifende und gesamtäumliche Konzeption zu erstellen und diese zur Grundlage für die Umsetzungsmaßnahmen im Rahmen einer Bodenordnung zu machen.

Im September 2002 schlugen deshalb die Gemeinden der Regionalen Landentwicklung Auerbergland der Verwaltung für Ländliche Entwicklung vor, eine Studie zum dezentralen und übergemeindlich organisierten Hochwasserschutz in Auftrag zu geben. Diese Arbeit sollte die Voraussetzung für ein strategisches und abgestimmtes Vorgehen aller Gemeinden und betroffenen Behörden hinsichtlich des flächenhaften Hochwasserschutzes und dessen bodenordnerischer Umsetzung bilden.

Folgende Ziele standen dabei im Vordergrund:

- ◆ Ausarbeiten der ökologischen und hochwasserrelevanten regionalen und lokalen Ausgangsbedingungen;
- ◆ Darstellung der Problem- und Konfliktbereiche;
- ◆ Darstellung räumlicher Schwerpunkte zur Umsetzung dezentraler präventiver Maßnahmen mit dem Ziel, Einzelaktionen zu bündeln;
- ◆ Auswahl und Kombination geeigneter Maßnahmen, die nach den ortsspezifischen Verhältnissen jedes betrachteten Einzugsgebietes „baukastenartig“ zusammengesetzt und individuell festgelegt werden können;
- ◆ Vorschläge für prioritäre Maßnahmen;
- ◆ Abschätzung der Kosten einzelner Maßnahmen und Vergleich mit ihrem jeweiligen Nutzen;
- ◆ Information und Bewusstseinsbildung der Bürger im Hinblick auf den Hochwasserschutz im Auerbergland, Koordination der Fachbehörden.

Mit der Erarbeitung der Studie wurde das Büro Dr. Blasy, Dr. Øverland, Beratende Ingenieure GbR, in Eching am Ammersee beauftragt.

## Geographische Lage

Das Auerbergland liegt im Voralpenland nördlich von Füssen, unmittelbar südwestlich von Schongau, westlich des Lechs. Das Gebiet wurde entsprechend der Grenzen der in der Ländlichen Regionalentwicklung Auerbergland zusammengeschlossenen Gemeinden festgelegt.

Dem Verein „Auerbergland e. V.“ gehören elf Gemeinden an (Altenstadt, Bernbeuren, Burggen, Hohenfurch, Ingenried, Lechbruck am See, Rieden am Foggensee, Roßhaupten, Schwabbruck, Schwabsoien und Stötten am Auerberg). Im Untersuchungsgebiet verlaufen die Grenzen der Landkreise Weilheim-Schongau (Regierungsbezirk Oberbayern) und Ostallgäu (Regierungsbezirk Schwaben).

Das Auerbergland umfasst ein Gebiet von rd. 22.900 ha (= ca. 250 km<sup>2</sup>) mit etwa 14.000 Einwohnern. Der namensgebende Auerberg westlich Bernbeuren als markanter Blick- und Aussichtspunkt erreicht eine Höhe von 1.055 m ü.NN.

Auf Grund der Größe des Gebietes und der funktional zweckmäßigen Einteilung in Wassereinzugsgebiete wurde das Auerbergland in vier Projektmodule unterteilt.

## Dezentraler Hochwasserschutz

Unter dem Begriff „Dezentraler Hochwasserschutz“ sind Maßnahmen zur Rückhaltung von Niederschlagswasser in den Teileinzugsgebieten vorzugsweise der Flussoberläufe und Nebengewässer zu verstehen. Dabei werden die Möglichkeiten in der Gesamtfläche und nicht allein im und am Gewässer ausgelotet. Ein zentraler und eher großtechnischer Hochwasserschutz in Flussauen, wo sich der Abfluss bereits stark konzentriert, ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Ziel dieser Pilotstudie ist, herauszufinden, welche Maßnahmen des dezentralen Hochwasserschutzes im Projektgebiet sinnvoll einzusetzen sind und welche Wirksamkeit diese aufweisen. Eine solche Maßnahmenkonzeption basiert darauf, das natürliche Rückhaltepotential der Landschaft auszuschöpfen und zu aktivieren. Dabei ist ein integrierter Ansatz wichtig, der die Landschaft als Ganzes erfasst und eine möglichst naturnahe Ausführung sowie eine landschaftsverträgliche Einbindung der Maßnahmen garantiert.

Diese Maßnahmen sollen zum einen den Hochwasserschutz für ein hundertjährliches Ereignis so weit wie möglich gewährleisten und zum anderen lokale Hochwasserereignisse in ihren Auswirkungen mindern. Damit wird nicht nur für groß-



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes (Quelle: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

flächige und tagelange Dauerregen vorgesorgt, sondern auch für kurzzeitige, oft nur lokal wirksame Starkregen und daraus entstehende Sturzfluten.

## Abflussberechnungen und Bestimmung von Hochwasserrückhalteräumen

Zur Ermittlung geeigneter größerer dezentraler Rückhalteräume und der Kleinmaßnahmen wird auf zwei Ebenen vorgegangen.

Anhand eines hydrologischen Niederschlag-Abfluss-Modells (N-A-Modell) wird für das jeweilige Einzugsgebiet das Abflussgeschehen simuliert. Um die Abflussganglinien im jeweiligen Einzugsgebiet zu ermitteln, wird dieses zunächst in Teilgebiete gegliedert. Zusätzlich wird dabei an jedem Ort, an dem eine Rückhaltung auf Grund der Topographie möglich ist, eine Teileinzugsgebietsgrenze erstellt. Für jedes Teilgebiet werden die für die Modellierung notwendigen Gebietsdaten ermittelt

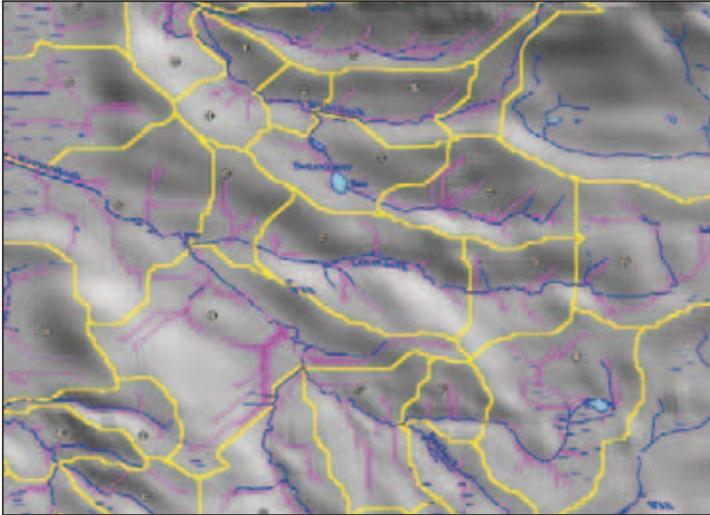


Abb. 2: Geländemorphologie mit Teileinzugsgebieten und berechneten Fließwegen im Untersuchungsgebiet (Quelle: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

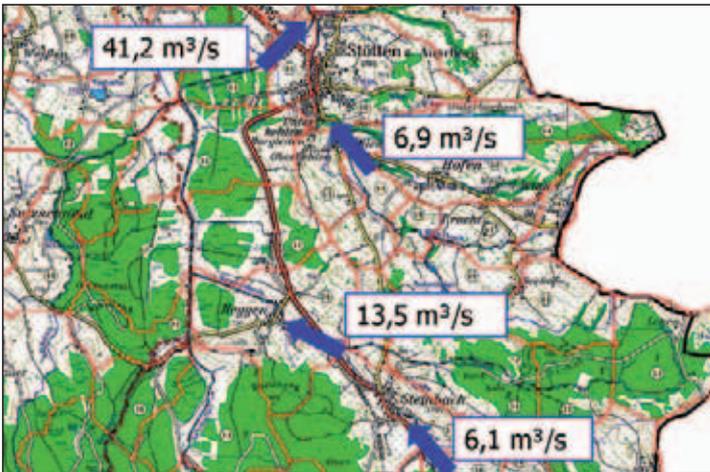


Abb. 3: Berechnung der Abflüsse im Ist-Zustand im Untersuchungsgebiet (Quelle: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

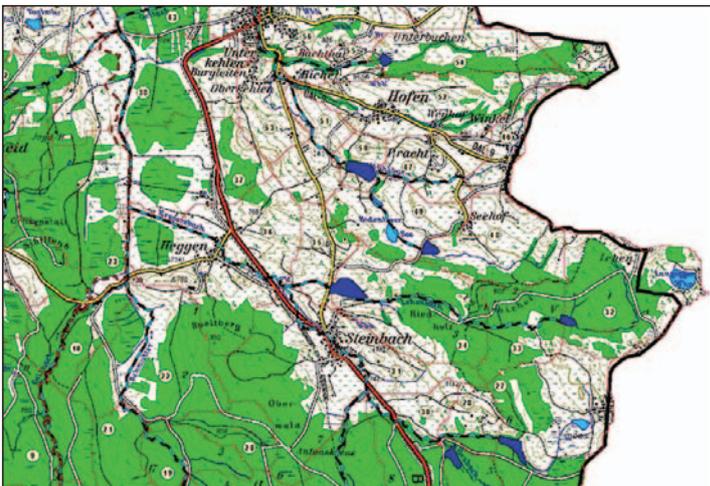


Abb. 4: Potenzielle Standorte für Rückhaltebecken im Gebiet um Stötten am Auerberg (Quelle: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

(Fläche, Gebietsgefälle, Länge des Vorfluters, Länge, Gefälle und Geometrie der Gewässerstrecke etc.). Außerdem werden die potentiellen bzw. dauerhaften Fließwege berechnet. Dabei handelt es sich um Talwege des hier im tiefsten Teil des Geländes konzentriert abfließenden Wassers.

Nach der Zusammenstellung und Aufbereitung der Gebietsdaten werden die Parameter des Modells angepasst, um aus den Niederschlägen mit gegebener Wiederkehrzeit Abflüsse mit derselben Wiederkehrzeit zu berechnen. Hierzu werden Abflussauswertungen bestehender Pegel - soweit vorhanden - herangezogen oder begründete und mit der Wasserwirtschaftsverwaltung abgestimmte Annahmen verwendet.

Auf diese Weise werden die Hochwasserabflüsse im Ist-Zustand für die Wiederkehrzeit  $T = 5, 10, 20, 50$  und  $100$  Jahre berechnet.

Anschließend werden die möglichen Hochwasserrückhaltemaßnahmen in das Modell implementiert. Grundsätzlich wird im gesamten Einzugsgebiet nach möglichen Rückhalteräumen gesucht. Dabei werden möglichst viele Standorte mit vergleichsweise kleinen Beckenvolumina von maximal  $50.000 \text{ m}^3$  überprüft, die sich gut ins Landschaftsbild einpassen und bei denen das Bauvolumen möglichst gering gehalten werden kann. Becken mit größeren Volumina als  $50.000 \text{ m}^3$  werden nur berücksichtigt, wenn die erforderliche Stauhöhe entsprechend niedrig ist oder der Beckenstandort sich auf Grund der Topographie besonders gut eignet. Somit werden ausschließlich Standorte in das N-A-Modell aufgenommen, die sich entweder an Engstellen befinden oder mit bereits vorhandenen Querbauwerken aufgestaut werden können. Bei der Suche nach möglichen Retentionsräumen wird darauf geachtet, dass die Sperrbauwerke der Rückhaltebecken möglichst niedrig sind und bereits bestehende Querbauwerke (z. B. Straßendämme) als Sperrbauwerk ergänzt werden. Diese potentiellen Standorte werden dann im Rahmen einer Ortsbegehung besichtigt und diskutiert.

Insgesamt wurden bei der hydrologischen Analyse im „Bearbeitungsgebiet 51“ mögliche Standorte für Hochwasserrückhalteräume bzw. -becken gefunden und geprüft.

Für jedes geeignete Becken wird dann eine Beziehung zwischen dem gespeicherten Volumen und dem daraus resultierenden Abfluss durch einen nichtgesteuerten Auslass errechnet. Die Durchmesser der Auslassrohre werden für jedes Becken separat ermittelt und dabei so gewählt, dass für ein hundertjähriges Hochwasserereignis das maximale Beckenvolumen erreicht wird. Für jedes Becken werden Speicherkennlinien sowie eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung erstellt.

Um die Wirkungen der geplanten großflächigen Retentionsareale bzw. Rückhaltebecken aufzuzeigen, werden die Abflüsse für ein hundertjähriges Hochwasserereignis bei Einsatz aller Hochwasserrückhaltebecken ermittelt und anschließend mit den Abflüssen des Ist-Zustandes (berechnet für die Wiederkehrzeiten T = 5, 10, 20, 50 und 100 Jahre) verglichen.

Es zeigt sich, dass die Rückhaltebecken die Abflüsse beispielsweise im Bereich der Gelnach um etwa 20 bis 35 Prozent und im Bereich der Schönach zwischen 20 und 70 Prozent reduzieren könnten.

Darüber hinaus werden in den Einzugsbereichen hochwassergefährdeter Ortschaften mehrere Kombinationen der möglichen Rückhaltebecken verglichen, um den Gemeinden eine Entscheidungshilfe im Hinblick auf Kosten und Nutzen der Rückhaltebecken geben zu können.

### „Kleine“ Maßnahmen - aber wirkungsvoll

Ziel der dezentralen Kleinmaßnahmen ist, die Hochwasserrisiken in Flächen mit potentiell hohen Oberflächenabflüssen zu mindern. Während die größeren Retentionsareale naturgemäß meist unterhalb dieser Entstehungsflächen liegen, sollen die dezentralen Kleinmaßnahmen direkt im Entstehungsgebiet der Oberflächenabflüsse wirken. Sie lassen sich in den Teileinzugsgebieten auf Grund der komplexen Vorgänge im - für jedes Ereignis anderen - Abflussgeschehen in einem Modell nicht mit zufriedenstellender Genauigkeit bzw. vertretbarem Aufwand abbilden. Als Ansatz zur Ermittlung des Bedarfs werden die wichtigsten Steuergrößen des Oberflächenabflusses, die auch aus vorhandenen Daten mit genügender Genauigkeit darzustellen und abzuleiten sind, flächenbezogen ermittelt und überlagert. Hierzu gehören:

- ♦ die morphologischen Bedingungen im Gelände (Hangneigung),
- ♦ das Versickerungsvermögen der Böden und des geologischen Untergrundes (Infiltrationsfähigkeit und freies Porenvolumen des Bodens, Durchlässigkeit des Untergrundes) sowie
- ♦ die Bodenbedeckung (Art der Landnutzung).

Die Parameter werden in verschiedene Stufen bzw. Ausbildungen gegliedert und fünf Intensitätsstufen zugeordnet (Abbildung 5).

Aus den fachlichen Informationen zu Hangneigung, Oberflächenbedeckung und Boden/

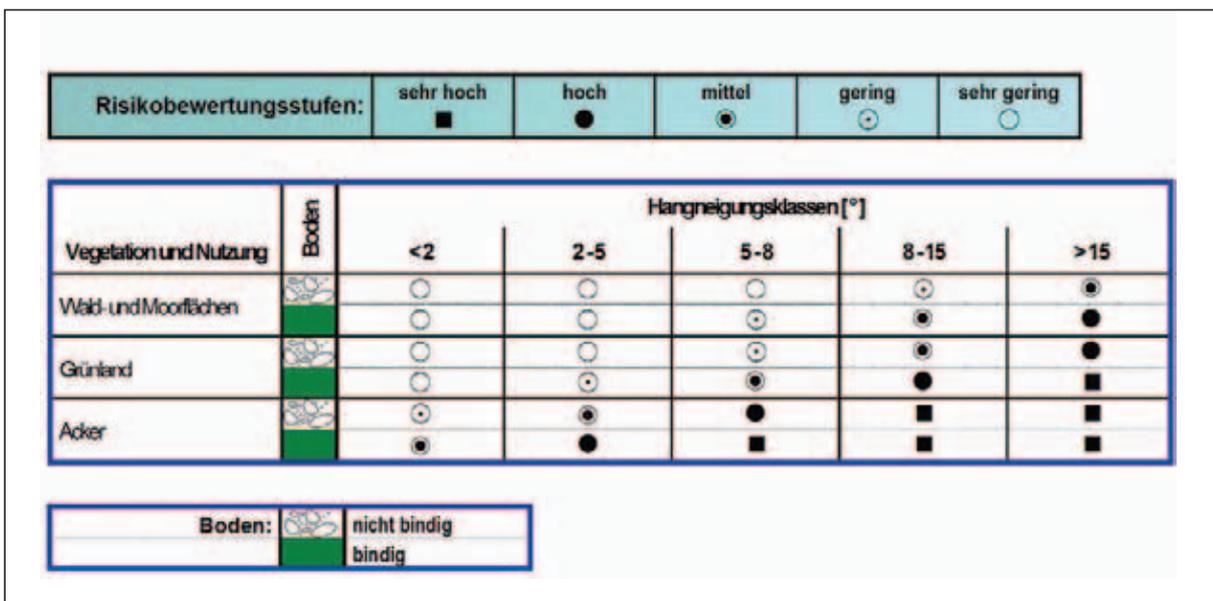


Abb. 5: Ermittlung der potenziellen Intensität des Oberflächenabflusses mittels Überlagerung der Steuergrößen Hangneigung, Versickerungsfähigkeit des Bodens und Bodenbedeckung

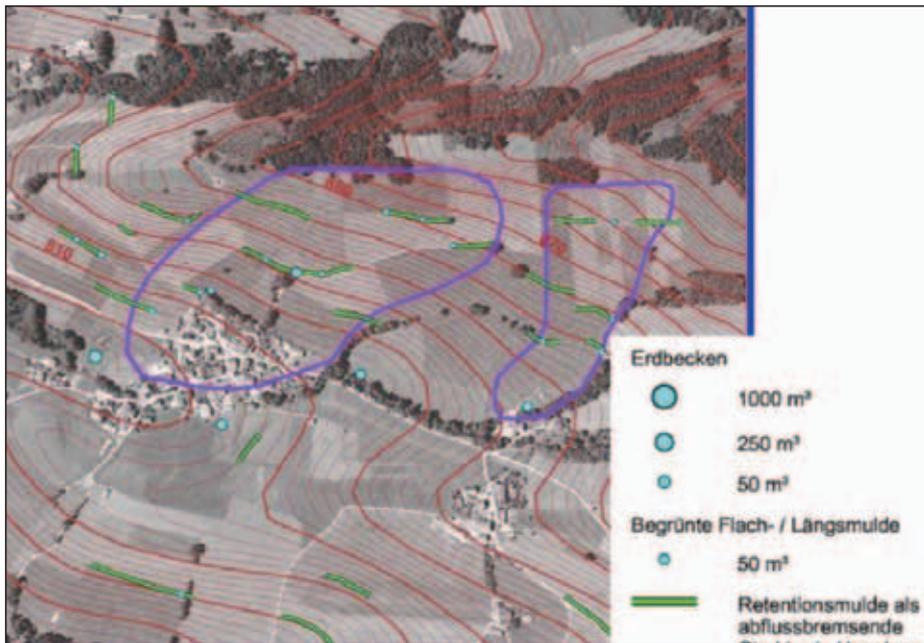


Abb. 6: Risikobereiche und Kleinmaßnahmen vor einer Ortschaft (Foto: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

Untergrund wird mittels Verknüpfung der geographischen Daten eine flächendeckende Karte der potentiellen Oberflächenabflussintensität erstellt. Für Flächen, die innerhalb des Einzugsgebietes überproportional zum Oberflächenabfluss der Niederschläge beitragen, also hohe Abflüsse erwarten lassen, besteht Handlungsbedarf zur Dämpfung der Abflussintensität.

In einem weiteren Schritt kommen noch grundlegende Informationen wie die Hanglänge solcher Risikoflächen und deren Lage zu Siedlungen hinzu, um geeignete Maßnahmen zu bestimmen. Die Karte der potentiellen Oberflächenabflussintensität wird zusätzlich mit den Fließwegen aus dem N-A-Modell verschnitten. Damit lassen sich die wichtigsten Risiko- bzw. Konfliktflächen und somit die prioritären Maßnahmenbereiche weiter eingrenzen.

In den Risikobereichen werden je nach den dort gegebenen Geländebeziehungen geeignete dezentrale Kleinmaßnahmen vorgesehen. Die Wirkungen von Erdbecken und Mulden auf den Abfluss lassen sich relativ leicht aus dem Volumen ableiten, während abflussbremsende und -verzögernde Wirkungen (z. B. von neuen Uferstreifen an Gewässern, ökologischer Gewässerausbau) nur qualitativ bewertet werden können.

### Umfang und Wirkung der Maßnahmen

Abbildung 7 zeigt - gegliedert nach einzelnen Teileinzugsgebieten - eine Übersicht über das potentielle Retentionsvolumen im gesamten Untersuchungsgebiet.

Bei vollständiger Umsetzung würden ca. zwei bis zweieinhalb Prozent der Gesamtfläche für Rückhalteräume benötigt werden, wobei ca. 0,4 Prozent für direkte bauliche Maßnahmen verwendet würden.

Es zeigt sich, dass Rückhaltmaßnahmen die Abflüsse bei einem HQ 100 in den von Überschwemmung gefährdeten Ortschaften zwischen 20 und 70 Prozent reduzieren könnten. Der Einsatz aller Hochwasserrückhaltebecken könnte den Gesamtabfluss aus dem jeweiligen Einzugsgebiet um 10 bis 20 Prozent mindern.

Die Wirkung der dezentralen Kleinmaßnahmen spielt naturgemäß bei lang andauernden großen Niederschlagsereignissen keine erhebliche Rolle bei der Reduzierung des Gesamtabflusses. Bei solchen Bedingungen beschränkt sich ihre Wirkung auf den Erstrückhalt. Ihre maßgebliche Bedeutung kommt bei kurzfristigen Starkregenereignissen zur Geltung. In solchen Fällen könnten die Kleinmaßnahmen den kurzfristig erhöhten Oberflächenabfluss erheblich bremsen bzw. vermindern.

### Umsetzung

Mit der erarbeiteten Studie wurde ein flächenhaftes und methodisch auch auf andere Gebiete übertragbares Konzept für einen dezentralen Hochwasserschutz im Auerbergland vorgelegt. Die vorgeschlagenen konzeptionellen Maßnahmen können unmittelbar in konkrete Planungsschritte umgesetzt werden, stellen selbst aber noch keine Planung dar.

Das Konzept wird auf Initiative und in Trägerschaft der betreffenden Gemeinden eines Ein-

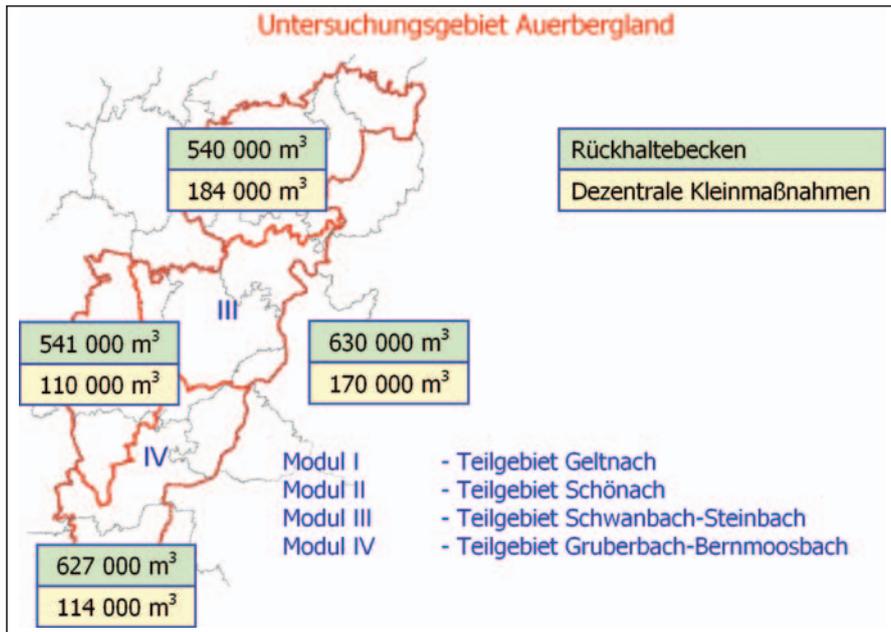


Abb. 7: Potentielle Rückhaltevolumen im Auerbergland  
(Quelle: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

zugsgebiets umgesetzt. Die Wasserwirtschaftsverwaltung und die Verwaltung für Ländliche Entwicklung stimmen sich dabei individuell bei der Förderung der Umsetzung einzelner Maßnahmen ab, wobei die Wasserwirtschaftsverwaltung ihren Schwerpunkt auf die Verwirklichung des Teilkonzepts zum hundertjährigen Hochwasserschutz legt, während die Verwaltung für Ländliche Entwicklung eher den Bereich der dezentralen Kleinmaßnahmen abdeckt.

Für beide Teilkonzepte wurden in den Jahren 2004 und 2005 Realisierungsmöglichkeiten sowie die Wirksamkeit der Maßnahmen im Detail geprüft und etwa auf der Ebene einer Vorplanung ausgewertet.

Im Jahr 2006 wird mit der Planung und Umsetzung erster Rückhaltemaßnahmen aus beiden Teilkonzepten gerechnet.

## Fazit

Die Studie zeigte ein erhebliches in der Landschaft vorhandenes Retentionspotential. Würde dieses aktiviert, ließe sich der Hochwasserschutz für Siedlungen in den betreffenden Einzugsgebieten wesentlich verbessern. In einigen Fällen könnten die Abflüsse im Gebiet der Siedlungen soweit verringert werden, dass der Schutz für ein hundertjähriges Ereignis mit wesentlich geringerem Aufwand hergestellt oder ganz darauf verzichtet werden könnte. Das Konzept ist flexibel und kann um weitere Bausteine erweitert oder auf die grundlegenden Elemente reduziert werden, wenn dies gewünscht wird. Damit liefert die Studie nicht nur eine ganzheitliche und flächen- bzw.

ortsbezogene Basis für eine Diskussion zur Umsetzung dezentraler Maßnahmen, sondern dient auch der Verständigung zwischen denjenigen Gebietskörperschaften und Teilen der Bevölkerung, die von den Maßnahmen direkt profitieren und solchen, die nicht hochwassergefährdet sind, aber zu einer Verbesserung der Situation andernorts beitragen können.

Der Stand der Vernetzung verschiedener staatlicher und kommunaler Aufgabenbereiche beeinflusst die Bereitschaft zur Umsetzung dezentraler Maßnahmen zum präventiven Hochwasserschutz, die hinsichtlich dieser relativ neuen Aufgabe erst koordiniert und rechtlich abgesichert werden müssen. Die Entwicklung einer integrierten Strategie und Planungssystematik zum dezentralen Hochwasserschutz ist hierzu sicher ein wichtiger Schritt.

## Key words

*Flood control, land development, Auerbergland*

## Summary

*Important basis for an effective and lasting flood control is the set-up of a comprehensive framework for planning and acting. Therefore a multidisciplinary pilot study referring to the different drainage basins was provided for the municipalities of Auerbergland by the state. Its results are the basis for a coordinated and strategic action involving all parties concerned to implement area related and decentralized measures of flood control within a future land development project.*

# Integrale Planung von Erstaufforstungen am Beispiel der Paar in der Gemeinde Geltendorf

FRANZ BINDER, CHRISTIAN MACHER UND BEATE KLÖCKING

## Schlüsselwörter

Integrale Planung, Aufforstung, vorbeugender Hochwasserschutz

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag - basierend auf einer Studie der LWF - wird den Fragen nachgegangen, wie die integrale Planung von Erstaufforstungen aussehen kann und welchen Beitrag Aufforstungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz in kleinen Einzugsgebieten leisten.

Die integrale Planung für raumbedeutsame Maßnahmen ist bereits in Richtlinien und Gesetzen verankert. Fast ausschließlich schriftliche Stellungnahmen dienen der Umsetzung. Mündliche Besprechungen am runden Tisch bilden eher die Ausnahme. Die Studie zeigte auf, dass gerade der runde Tisch ein ideales Instrument darstellt, um integral zu planen. Er trägt zur Transparenz des Planungsverfahrens bei und bietet den Beteiligten (Fachleute, Öffentlichkeit) die Möglichkeit, sich von Beginn an aktiv in den Prozess einzubringen. Über seinen Erfolg entscheiden Organisation und Koordination. Dafür bietet sich die Kommune an, in deren Gebiet die Hochwasserschutzmaßnahmen geplant sind.

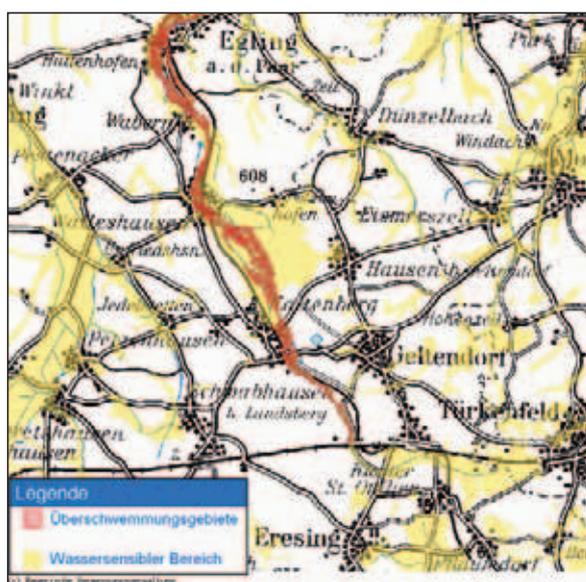


Abb. 1: Überschwemmungsgebiete und wassersensibler Bereich im Gebiet der Gemeinde Geltendorf (Informationsdienst Hochwasser 2006, Karte verändert nach Landesamt für Umwelt)

Aufforstungen als wichtiges Element des natürlichen Wasserrückhaltes in der Fläche leisten einen Beitrag zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Mit dem Einzugsgebietsmodell ArcEG-MO-PSCN wurden im 38 km<sup>2</sup> großen Untersuchungsgebiet Geltendorf am Oberlauf der Paar mit einem Bewaldungsprozent von 31,1 mehrere Aufforstungsszenarien durchgerechnet. Die mit 130 ha kleinste angenommene Aufforstungsfläche verminderte den Abfluss um ein Prozent. Eine simulierte Aufforstungsfläche von 450 ha verbesserte den Gebietswasserhaushalt deutlich, verringerte die mittleren Hochwasserabflüsse um acht Prozent und erhöhte den Niedrigwasserabfluss.

## Einleitung

In der Gemeinde Geltendorf traten im Mai 1999 und im August 2000 im Flussgebiet der Paar Hochwasser auf. Sie überfluteten im wesentlichen landwirtschaftliche Flächen. Das Ausmaß der Überschwemmungen diente gemeinsam mit dem Bemessungshochwasser HQ 100 als Grundlage, um die Überschwemmungsgebiete in diesem Raum zu berechnen (Abbildung 1).

Zusammen mit den wassersensiblen Bereichen ist damit das mögliche Schadenspotential erfasst. Um dieses niedrig zu halten, sieht ein Gutachten zum Schutz der betroffenen Gebiete den Bau von Hochwasserrückhaltebecken vor. Es setzt allein auf den technischen Hochwasserschutz (BLASY 2003 a, b), obwohl in der Literatur für kleine und mittlere Flussüberschwemmungen sowie für Sturzfluten in kleinen Einzugsgebieten eine Wirksamkeit des Waldes weitgehend bejaht wird (MENDEL 2000 aus KENNEL 2004). Die LWF griff das Thema auf und initiierte ein Forschungsprojekt, um zwei wesentliche Fragen zu beantworten:

- ◆ Wie kann die integrale Planung von Erstaufforstungen aussehen?
- ◆ Welchen Beitrag können Aufforstungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz in kleinen Einzugsgebieten leisten?

## Integrale Planung von Erstaufforstungen

Bei einer integralen Planung von Maßnahmen sind alle direkt Betroffenen einzubinden. Im Falle

von Aufforstungen für den vorbeugenden Hochwasserschutz in Flusseinzugsgebieten sind das Wasserwirtschaft, Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft, Ländliche Entwicklung und kommunale Ebene. Dem regionalen Planungsverband kommt dabei automatisch eine Vermittlerrolle zu, da kraft Gesetz alle Gemeinden einer Region Mitglied sind.

Aufforstungen gestalten und verändern die Landschaft. Sie begünstigen u. a. häufig die Artenvielfalt, fördern den Erholungswert und reduzieren die landwirtschaftliche Nutzung. Die im Einzugsgebiet lebende städtische und ländliche Bevölkerung ist damit unmittelbar betroffen. Ihre Interessenvertreter sind in die Planungen einzubeziehen. Das sind z. B. Naturschutzverbände, Erholungsverbände, Jagdverbände, Bauernverband und Waldbesitzerverband.

### **Gesetzliche Grundlagen und Richtlinien**

Die Idee der integralen Planung ist in Richtlinien und Gesetzen ausreichend verankert. Drei Beispiele verdeutlichen das:

#### ◆ **Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL)**

Nach Art. 13 EU-WRRL haben die Mitgliedsstaaten dafür zu sorgen, dass für jede Flussgebietseinheit ein Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete erstellt wird (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT 2000). Die Entwürfe der Bewirtschaftungspläne sind der Öffentlichkeit einschließlich den Nutzern zugänglich zu machen.

#### ◆ **Gewässerentwicklungsplan**

Ziel der Gewässerentwicklung ist die Erhaltung und/oder Wiederherstellung naturnaher Zustände in den Gewässern und ihrer Auen unter Beachtung des vorbeugenden Hochwasserschutzes (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 2001). Die Abstimmung der fachlichen Inhalte des Gewässerentwicklungsplanes mit den Trägern öffentlicher Belange und den nach dem Naturschutzgesetz anerkannten Verbänden steht im Vordergrund.

#### ◆ **Baugesetzbuch (BauGB)**

Nach §1 BauGB sind Flächennutzungspläne aufzustellen. Sie legen wichtige Flächennutzungsentscheidungen fest, z. B. welche Flächen der Forstwirtschaft oder Besiedelung vorbehalten werden. In hochwassergefährdeten Gemeinden ist daher eine sorgfältige Bestandsaufnahme der Hochwasserereignisse der Vergangenheit und eine Abschätzung von Hochwassergefahren in der Zukunft unerlässliche Voraussetzung. An der Aufstellung sind die Träger öffentlicher Belange zu beteiligen. Dies erfolgt

im Regelfall über schriftliche Stellungnahmen. Den Bürgern ist Gelegenheit zur Äußerung und Erörterung zu geben.

### **Fazit**

Die Idee der integralen Planung von Aufforstungen für den vorbeugenden Hochwasserschutz ist in Richtlinien und Gesetzen verankert, wenn auch nicht immer verfahrensrechtlich vorgegeben.

### **Umsetzung integraler Planung**

Die Planung von Aufforstungen als Maßnahme des vorbeugenden Hochwasserschutzes ist nur sinnvoll und findet Akzeptanz, wenn die Betroffenen, nicht zuletzt die Forstleute selbst, dem Wald eine hochwasserdämpfende Wirkung beimessen. Damit ist nicht gemeint, dass Wald technische Verbauungen (z. B. Deiche oder Talsperren) ersetzen kann.

Auf Grund unserer Erfahrungen und der Auswertung eines Fragebogens sind folgende Ablaufschritte sinnvoll:

#### **1. Feststellen, ob eine bejahende Waldgesinnung vorliegt**

Mit den Verantwortlichen (z. B. Bürgermeister, Wasserwirtschaftsamt) sind Einzelgespräche vor Ort zu führen, um, falls nötig, Überzeugungsarbeit zu leisten.

#### **2. Fachstellen einbinden („kleiner runder Tisch“)**

Gemeinsame Besprechungen der Fachbehörden sind zu organisieren. Teilnehmen sollten das Amt für Landwirtschaft und Forsten, das Wasserwirtschaftsamt, die Untere Naturschutzbehörde, der regionale Planungsverband und das Amt für Ländliche Entwicklung. Aus der jeweiligen fachlichen Sicht für eine Aufforstung geeignete Gebiete werden vorgeschlagen, unabhängig davon, ob diese Flächen jetzt oder erst in Jahren aufgeforstet werden. Diese Vorauswahl trägt wesentlich dazu bei, bereits im Vorfeld Konflikte aufzuzeigen. Die Vorschläge werden auf eine Karte übertragen, ein Entwurf der Karte des kleinsten gemeinsamen Nenners entsteht (Abbildung 5, Aufforstungsfläche rot). Sie dient als Diskussionsgrundlage für die folgenden Veranstaltungen.

Die Teilnahme des Amtes für Ländliche Entwicklung ist von besonderer Bedeutung. Es ist der entscheidende Ansprechpartner für die Umsetzung größerer Aufforstungsprojekte, um eventuell auftretende Konflikte bei der Landnutzung sozialverträglich zu lösen (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM

FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 2005).

In Geltendorf erwies sich dieses Treffen im kleinen Kreis als geeignetes Instrument zur gegenseitigen Information und fachlichen Diskussion. Allen Beteiligten bot sich die Möglichkeit, ihre Position darzustellen. Die Abstimmung der Vorschläge zur Aufforstung verlief effizient und unkompliziert.

Die Karte des kleinsten gemeinsamen Nenners gibt keine Auskunft, in welchem Maße die geplanten Aufforstungen hochwasservorbeugend wirken. Modellierungen, die diese Fragen beantworten, liegen im Regelfall nicht vor.

### 3. Öffentlichkeit einbeziehen („großer runder Tisch“)

Die Karte des kleinsten gemeinsamen Nenners ist in Rahmen eines Arbeitstreffens mit Diskussion vorzustellen. Dazu sind Nachbargemeinden, Verbände sowie Gemeindeglieder vertretende Organisationen einzuladen. Der Kreis lässt sich noch erweitern.

In Geltendorf nahmen zusätzlich zu den Fachbehörden an dieser Veranstaltung die Bürgermeister der Nachbargemeinden, der Bauernverband, der Bayerische Jagdverband, der Bund Naturschutz, die Fischereiverbände, die Interessensgemeinschaft Grund- und Hochwasserschutz Obere Paar - Lech e.V., die Jagdgenossenschaften, die Pfarrgemeinderäte, die Kirchenverwaltungen und die Waldbesitzervereinigung teil. Die Mehrheit der Anwesenden akzeptierte die Karte, sie dient nun den Fachbehörden als Arbeitsgrundlage.

Die frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit schafft Transparenz und erhöht die Akzeptanz der geplanten Maßnahmen. Eine deutliche Mehrheit - 72 Prozent - erachtete sie als sinnvoll. 88 Prozent der Teilnehmer befürworteten die Bildung eines runden Tisches.

### 4. „Runden Tisch“ dauerhaft installieren

Der runde Tisch sollte unter Leitung der Gemeinde regelmäßig zusammenkommen. Die Zusammensetzung wechselt. Die Teilnahme der Fachbehörden ist nicht immer zwingend erforderlich. Der runde Tisch vermittelt interessierten Bürgern die Vorteile von Hochwasserschutzmaßnahmen und leistet bei der Umsetzung des Aufforstungsvorhabens Überzeugungsarbeit. Er ist Ansprechpartner für Grundeigentümer, die Wald begründen wollen. Die Teilnehmer beschließen Aktionen und führen sie aus (z. B. Anlage eines Lehrpfades, Herausgabe eines Faltblattes, Hochwasserübungen etc.), um in ihrer Gemeinde Akzeptanz für unpopuläre Hochwasserschutzmaßnahmen zu finden.

Ziel ist, das Bewusstsein in der Bevölkerung für die vom Hochwasser ausgehenden Gefahren zu stärken.

### Fazit

Alle Fachbehörden und Betroffenen waren bereit, bei der Planung von Aufforstungen für den vorbeugenden Hochwasserschutz auf dem Gemeindegebiet mitzuarbeiten. Die integrale Planung wird akzeptiert. Ihre Umsetzung jedoch muss jemand initiieren, am besten eignet sich die Gemeinde.

## Bedeutung des Waldes für den vorbeugenden Hochwasserschutz

Nach MÖßNER (2003) wird dem Wald eine tendenziell hochwassermindernde Wirkung beigegeben. Diese Aussage sollte überprüft werden. Dazu wurden verschiedene Aufforstungsszenarien angenommen und die Veränderung des Abflusses mit dem Einzugsgebietsmodell ArcEGMO-PSCN (KLÖCKING 2005) berechnet.

### Untersuchungsgebiet

Das aus Abbildung 2 ersichtliche Untersuchungsgebiet erfasst den Oberlauf des Einzugsgebiets der Paar innerhalb der Grenzen der Gemeinde Geltendorf.

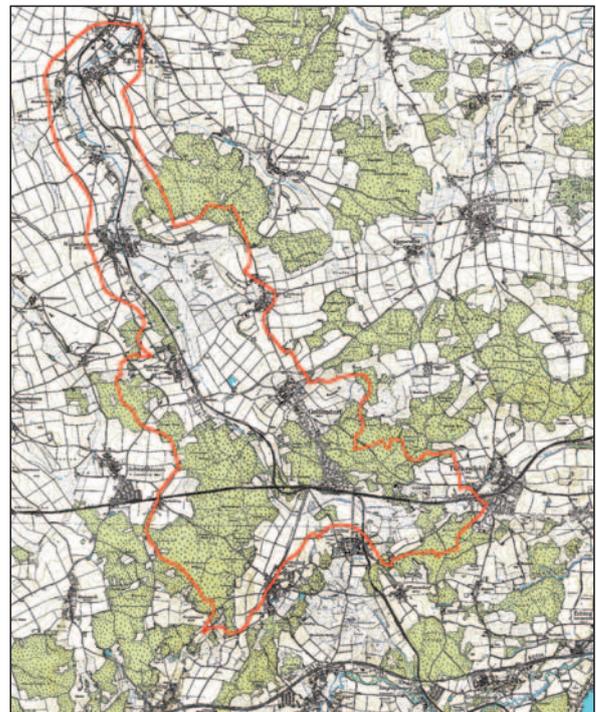


Abb. 2: Auf der Karte ist das Projektgebiet rot umrandet.

<b>Wuchsgebiet</b>	westliche kalkalpine Jungmoräne und Molassevorberge sowie Landsberger Altmoräne
<b>Natürliche Waldgesellschaft</b>	Buchen-Tannen-Wälder mit beigemischter Fichte sowie Eschen-Schwarzerlen-Wälder
<b>Größe des Einzugsgebietes [km<sup>2</sup>]</b>	38
<b>Höhe ü. NN</b>	500 - 610
<b>Jahresmitteltemperatur [°C]</b>	7 - 8
<b>Mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]</b>	1.000 - 1.100
<b>Bodentyp</b>	überwiegend Braunerde und Parabraunerde, teilweise Gleye
<b>Bewaldungsprozent</b>	31,2

Tab.1: Wichtige Charakteristika des Projektgebietes

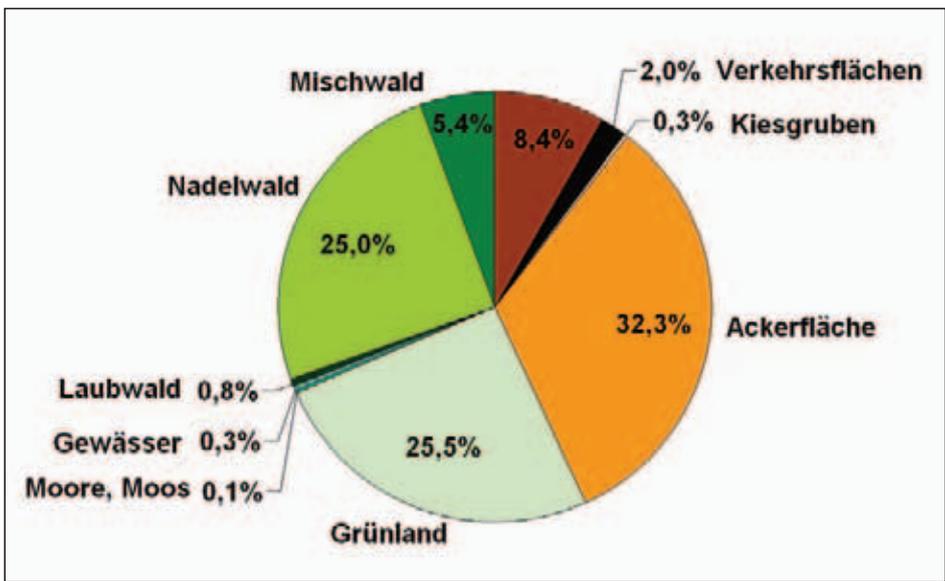


Abb. 3: Landnutzung im Gemeindegebiet Geltendorf

Die Niederschläge nehmen von Süden nach Norden ab. 96 Prozent aller Regenereignisse bringen nicht mehr als 40 mm in 24 Stunden. Niederschläge über 40 mm bilden eher die Ausnahme (vier Prozent). Der höchste Niederschlag in den letzten 20 Jahren fiel mit 76 mm im Mai 1999. Der bisher höchste Jahresniederschlag - 1308 mm - wurde 2002 gemessen. Nadelholzgesellschaften mit führender Fichte lösten die von Natur aus auf großer Fläche vorkommenden Laubwaldgesellschaften weitgehend ab. Das Bewaldungsprozent von 31,2 liegt im Landesdurchschnitt. Abbildung 3 zeigt die prozentuale Aufteilung der Flächennutzung, 57,8 Prozent entfallen auf die Landwirtschaft.

### Einzugsgebietsmodell

Wie Abbildung 4 verdeutlicht, bildet das Einzugsgebietsmodell ArcEGMO-PSCN die Wechselbeziehungen zwischen Vegetation (Wald, Wiese

etc.), Wasserhaushalt und Stoffhaushalt ab. Eingangsgrößen sind Niederschlag, Lufttemperatur, Landnutzung, Bodenkarte, digitales Höhenmodell und Gewässernetz. Validiert wird es mit Hilfe des Vergleichs von simulierten mit beobachteten Durchflussmessreihen eines Flusslaufes. Für das Projektgebiet Geltendorf lagen keine Durchflussmessreihen vor. Die Daten des Pegels Mering aus dem Zeitraum 1.11.1984 bis 31.10.2004 boten sich als Ausweichmöglichkeit an. Der Pegel liegt nördlich des Untersuchungsgebietes, erfasst aber auch den Quellbereich der Paar im Gemeindegebiet Geltendorf. Nachdem eine befriedigende Übereinstimmung zwischen simulierten und beobachteten Durchflüssen (Tabelle 2) erreicht werden konnte, wird angenommen, dass das Modell auch den Wasserhaushalt im Untersuchungsgebiet richtig wiedergibt. Die berechneten Werte sind Mittelwerte eines Tages. Dies bedeutet, der absolute Hochwasserscheitel wird nicht erfasst

Jahr	Berechnete Werte in mm/a (Simulation)						Messwerte
	N [mm]	T [° C]	Oberflächenabfluss	Zwischenabfluss	Grundwasserneubildung	Simulierter Gebietsabfluss	Gemessener Gebietsabfluss
2001	1.195	8,6	110	113	322	562	528
2002	1.395	9,2	149	150	449	614	564
2003	802	8,9	53	55	156	461	396
2004	981	8,4	64	73	183	341	---

Tab. 2: Berechnete Wasserhaushaltsgrößen [alle Werte in mm/a] im Vergleich mit den beobachteten Abflüssen am Pegel Mering; Auszug aus der zwanzigjährigen Messreihe

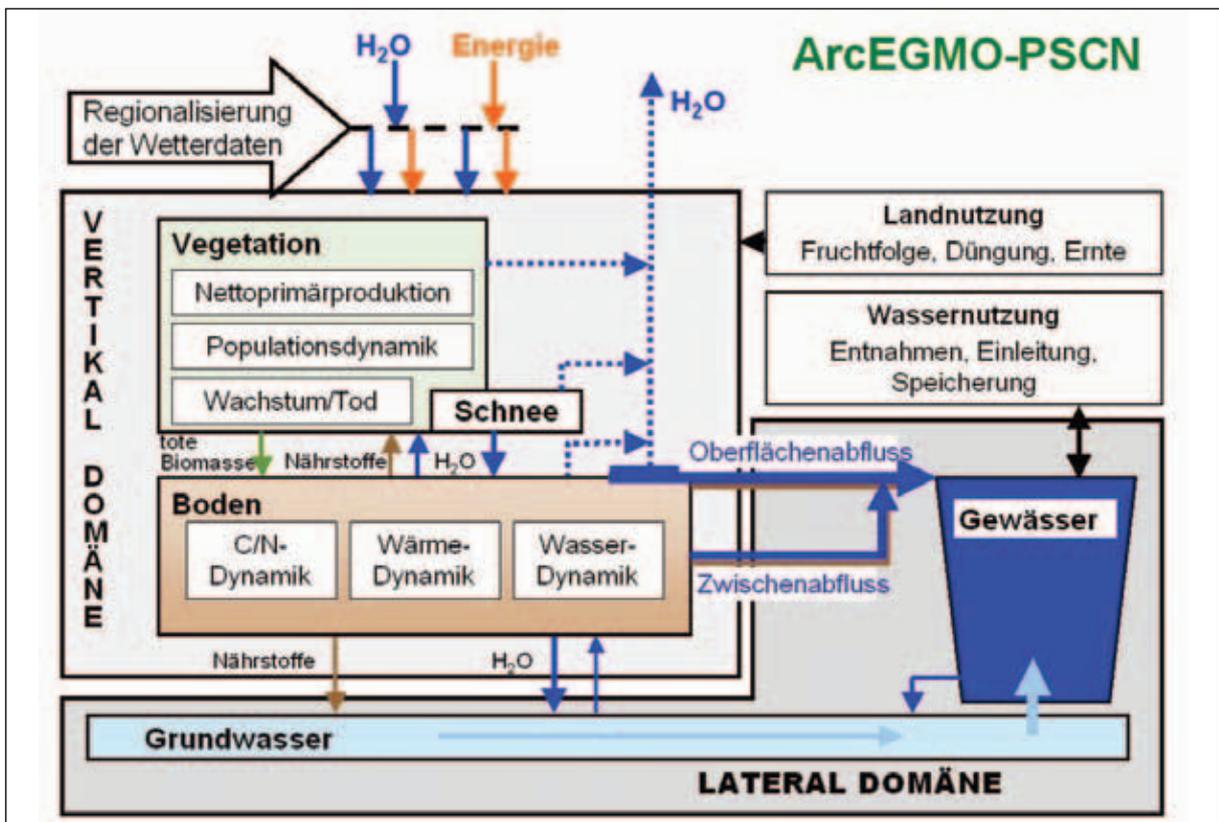


Abb. 4: Modellschema ArcEGMO-PSCN

Die Vegetationsentwicklung auf den ackerbaulich genutzten Flächen sowie in den Laub- und Laubmischwaldbeständen wurde auf der Basis von Zeitfunktionen, also dynamisch, simuliert. Derartige Funktionen beschreiben die innerjährige Dynamik der Wurzeltiefe (nur Ackerflächen) und des Blattflächenindexes, die der übrigen Landnutzungsformen mittels eines statischen Ansatzes. Für die Waldbestände wurde ein mittleres Alter (ca. halbe Umtriebszeit) angenommen, in dem die Wurzelentwicklung in der Regel weitgehend abgeschlossen ist (KÖSTLER 1968). Der Einfluss des Waldes auf den Gebietswasserhaushalt ist damit bereits voll wirksam. Die langfristige Dynamik der Wurzelentwicklung ging nicht in die Modellierung ein.

Die in Tabelle 3 aufgeführten Bestandstypen fanden mit ihren Durchwurzelungstiefen Eingang in das Modell. Von Natur aus käme der Bestandstyp Laubwald großflächig im Untersuchungsgebiet vor (WALENTOWSKI 2004). Der dominierende Bestandstyp ist jedoch Fichte mit Kiefer und Buche.

Die in Tabelle 3 aufgeführte maximale Durchwurzelungstiefe gibt an, wie tief die Wurzeln im Schnitt unter optimalen Bedingungen in den Boden vordringen können. Sie errechnet sich aus dem Mittelwert der baumartspezifischen Wurzeltiefen, gewichtet nach dem prozentualen Anteil der Baumart am Bestandaufbau im Altbestand.

Es war notwendig, die „nassen“ Varianten eigens zu betrachten, da im Untersuchungsgebiet

Bestandstyp	Beschreibung	Angenommener Prozentanteil der Baumarten am Bestandsaufbau	Durchwurzelungstiefe (max.) im Altbestand in m
Laubwald	Buche mit Tanne und Bergahorn / Esche	80 Bu, 20 Ta, e. ELh	2,0
Laubwald, nass	Eschen-Bergahorn-Schwarzerle, mit bis zu 80 % Schwarzerle auf den feuchten und nassen Standorten	60 SErl, 40 Es	1,5
Nadelwald	Fichte mit Kiefer und Buche	70 Fi, 15 Kie, 15 Bu	1,5
Nadelwald, nass	Fichte mit Schwarzerle, Buche	90 Fi, 5 SErl, 5 Bu	0,3
Laub-/Nadelwald	Buche -Tanne-Fichte	50 Bu, 30 Ta, 20 Fi	1,7
Laub-/Nadelwald, nass	Fichte-Schwarzerle	55 Fi, 45 SErl	1,0

Tab. 3: Die Bestandstypen und ihre maximale Durchwurzelungstiefe

Szenario	Maßnahme	A [ha]	Waldfläche gesamt [ha]	Be-waldung [%]
Referenzzustand (RS) (s. Abb. 3)	Aktuelle Landnutzung	0	1181,1	31,1
Szenario S1 (Abb. 5)	Karte des kleinsten gemeinsamen Nenners; mit dem Bestandstyp Laubwald „nass“ wird aufgeforstet. Vorhandene Kleinbestände auf grundwasserbeeinflussten Standorten in diesem Areal (insgesamt 1,8 ha) werden in Laubwälder umgebaut.	129,1	1310,2	34,5
Szenario S1a	Zusätzlich zum Szenario 1 werden alle vorkommenden Nadelbestände auf grundwasserbeeinflussten Standorten in Laubbestände „nass“ umgewandelt.	129,1	1310,2	34,5
Szenario S2 (Abb. 5)	Zusätzlich zum Szenario 1 werden 319 ha mit Laubwald und Laub-/Nadelwald aufgeforstet.	448,1	1629,2	42,9
Szenario S3	Zusätzlich zum Szenario 2 werden gleichzeitig alle vorkommenden Nadelbestände auf grundwasserbeeinflussten Standorten in Laubbestände umgewandelt.	448,1	1629,2	42,9
Szenario S4	Zusätzlich zum Szenario 2a werden alle Nadelbestände in Laubwaldbestände „nass“ umgewandelt.	448,1	1629,2	42,9
Extrem Szenario ES 1	Wie S3, alle übrigen Flächen (Siedlungen, Verkehrswege, landwirtschaftliche Nutzfläche) werden mit Laub-/Nadelwald sowie grundwasserbeeinflusste Standorte mit Laubwaldbeständen aufgeforstet. Von dieser Totalaufforstung sind nur Wasserflächen ausgeschlossen.	2609,0	3790,1	99,8
Extrem Szenario ES 2	Im Unterschied zu ES 1 bleiben außerdem die Siedlungsflächen und Verkehrswege erhalten.	2210,3	3391,4	89,3

Tab. 4: Landnutzungsszenarien für das Untersuchungsgebiet Geltendorf (A = Aufforstungsfläche)

erheblichen Flächen grundwasserbeeinflusster Standorte vertreten sind.

### Szenarien im Vergleich

Für die Modellierungen wurden die in Tabelle 4 charakterisierten sieben Bewaldungsszenarien entwickelt. Dabei reichen die Bewaldungsprozente von 34,5 bis 100. Das Szenario S1 könnte langfristig umgesetzt werden. Szenario 2 ist die theoretisch realisierbare Maximalvariante. Die anderen Varianten sollten aufzeigen, wie stark eine Waldvegetation Einfluss auf den Gebietswasserhaushalt hat.

### Ergebnisse

Abbildung 6 zeigt, auf welchen Flächen bei der aktuellen Landnutzung Oberflächenabfluss entsteht.

Der Zusammenhang zwischen Abfluss und physikalischen Bodeneigenschaften (Abbildung 7) einerseits und Landnutzung (Abbildung 8) andererseits ist offensichtlich. Auf den überwiegend aus Altmoränen entstandenen, zur Verdichtung neigenden Parabraunerden und Braunerden treten bei landwirtschaftlicher Nutzung hohe Oberflächenabflüsse auf.

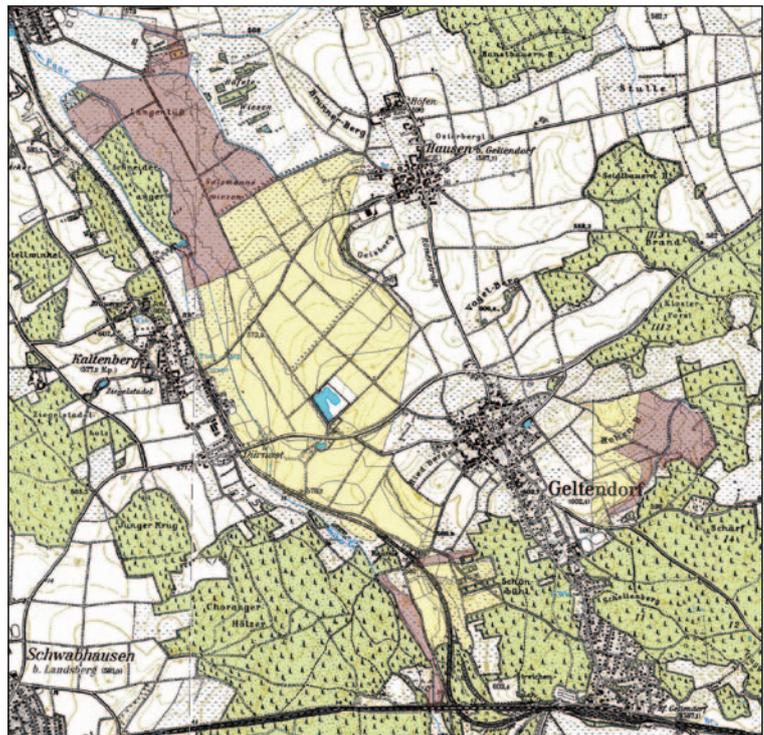


Abb. 5: Ausschnitt des Untersuchungsgebietes mit Aufforstungsflächen Szenario S1 (rot schraffiert) und S2 (gelb schraffiert)

Die abflussmindernde und damit hochwasser vorbeugende Wirkung des Waldes kommt deutlich zum Ausdruck. Aus den Waldflächen fließt nahezu kein Oberflächenwasser ab. Das ist ein eindeu-

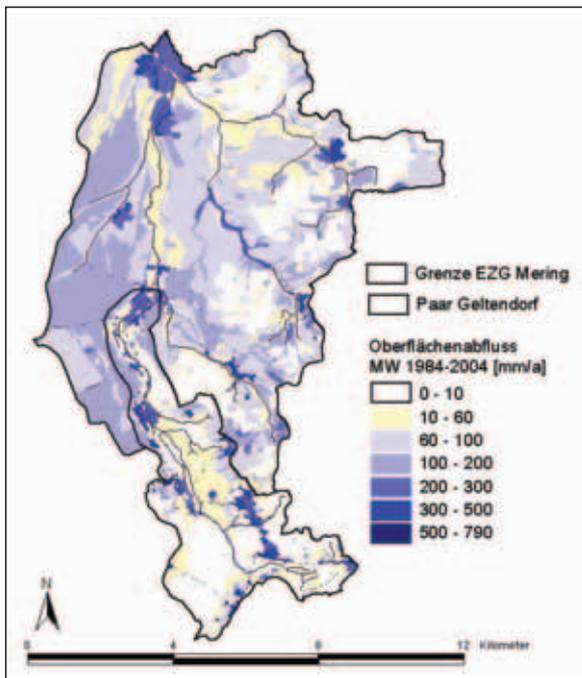


Abb. 6: Bildungsräume des Oberflächenabflusses, Angabe als mittlere Jahressumme; das Untersuchungsgebiet Geltendorf ist schwarz eingefasst.

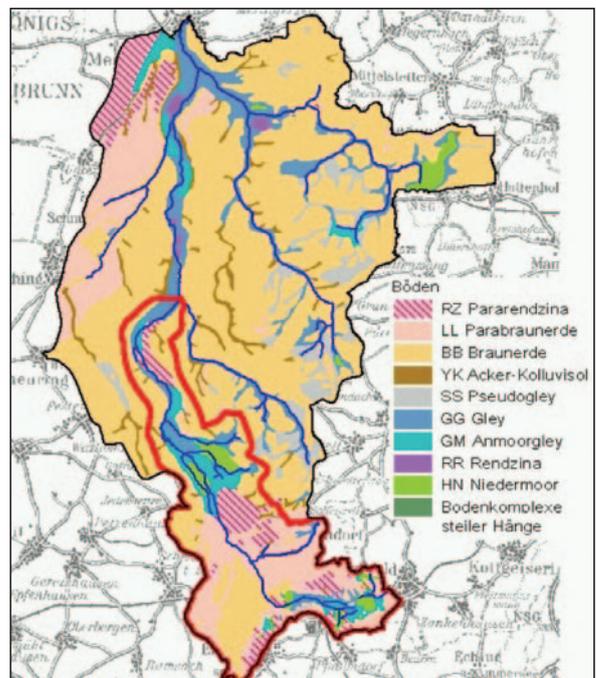


Abb. 7: Böden im Untersuchungsgebiet Geltendorf (rot eingefasst)

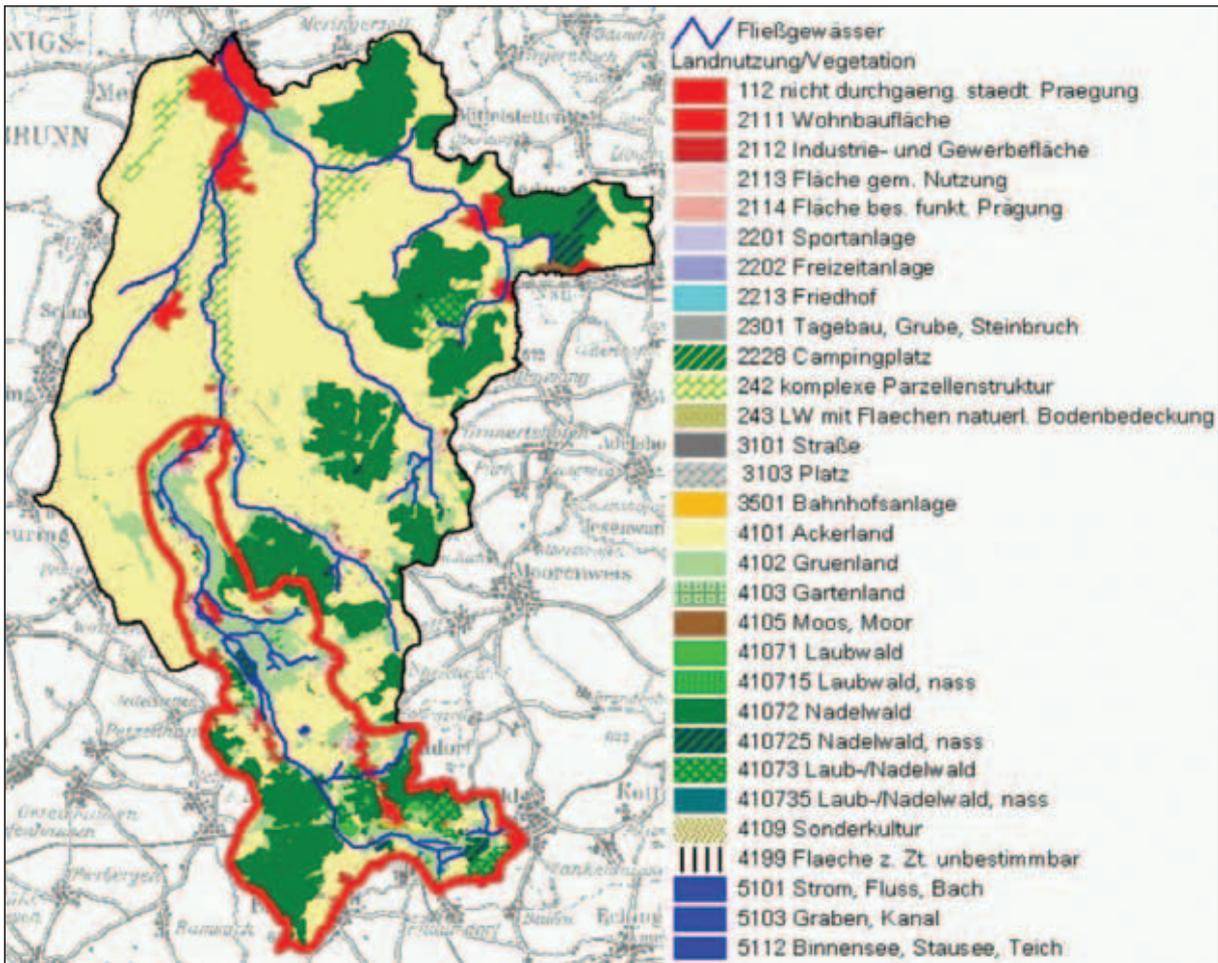


Abb. 8: Landnutzung im Untersuchungsgebiet

tiges Indiz für die hochwasserdämpfende Wirkung des Waldes. Wie gut das Modell die Verhältnisse simuliert, zeigt sich an den versiegelten Flächen. Die höchsten Abflüsse finden sich, wie zu erwarten war, in den Städten.

In Tabelle 5 werden die simulierten Abflüsse für die verschiedenen Szenarien im Untersuchungsgebiet Geltendorf wiedergegeben.

Diese setzen sich aus direktem Abfluss (Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss) und Basis-

Szenario	Be-waldung [%]	Abflusswerte (m³/s) Jahr			Abflusswerte (m³/s) Sommer			Abflusswerte (m³/s) Winter		
		MNQ	MQ	MHQ	MNQ	MQ	MHQ	MNQ	MQ	MHQ
RS	31,1	0,264	0,602	3,25	0,271	0,550	2,46	0,329	0,655	2,46
S1	34,5	0,266	0,602	3,22	0,273	0,552	2,45	0,329	0,652	2,44
S1a	34,5	0,266	0,601	3,21	0,274	0,554	2,45	0,328	0,650	2,44
S2	42,9	0,282	0,605	3,00	0,291	0,562	2,32	0,343	0,648	2,29
S3	42,9	0,282	0,604	2,99	0,292	0,563	2,33	0,342	0,646	2,28
S4	42,9	0,284	0,606	2,99	0,293	0,564	2,32	0,344	0,649	2,28
ES1	99,8	0,328	0,582	1,76	0,350	0,556	1,40	0,382	0,608	1,53
ES2	89,3	0,323	0,610	2,04	0,341	0,592	1,78	0,374	0,628	1,65

Tab. 5 : Simulierte Abflusswerte (m³/s) für das Untersuchungsgebiet Geltendorf im Zeitraum 01.01.1984 bis 31.01.2004; MNQ = Mittel aller Jahresminima, MQ = Mittelwert, MHQ = Mittel aller Jahresmaxima, Sommer (01.05.-31.10), Winter (01.11.-30.4.)

abfluss (Grundwasserabfluss und verzögertem Zwischenabfluss) zusammen. Danach nehmen mit steigendem Bewaldungsprozent die Hochwasserspitzen ab und die Niedrigwasserabflüsse zu. Der Wald mindert die Hochwassergefahr und sorgt gleichzeitig dafür, dass die Austrocknung des Bodens zurückgeht. Im Gebiet wird mehr Wasser gespeichert. Der Unterschied im Abfluss zwischen RS und S1 (Tabelle 5) ist vergleichsweise gering. Jedoch kann bereits ein geringfügig niedrigerer Hochwasserscheitel unter Umständen Schäden verhindern.

## Diskussion

### *Integrale Planung*

Die Zusammenarbeit von Fachstellen, in der Regel mittels schriftlicher Stellungnahmen, bei raumbedeutsamen Maßnahmen ist gängige Praxis. Mündliche Besprechungen am runden Tisch, d. h. jeder Teilnehmer ist gleichberechtigt und kann seine fachliche Meinung einbringen, bilden eher die Ausnahme. Im Rahmen der Studie der LWF gelang es ohne Schwierigkeiten, alle Beteiligten an einen runden Tisch zu bringen und für das Gebiet eine Aufforstungsplanung zu entwerfen. Dies war letztendlich dem sehr engagierten Bürgermeister der Gemeinde Geltendorf und dem Amt für Landwirtschaft und Forsten Fürstenfeldbruck zu verdanken.

Diese Form der Zusammenarbeit ist aber für das Hochwasserrisikomanagement besonders wichtig. Es gilt, mit Hilfe gegenseitiger Informationen Missverständnisse auszuräumen, um mit den drei Säulen des Hochwasserschutzes - technische Verbauung, vorbeugender Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge - gemeinsam Erfolge zu erreichen.

Obwohl die Vorteile einer integralen Planung am runden Tisch wie z. B. kurze Informationswege, mögliche Beschleunigung des Verfahrens, unmittelbare Klärung konflikträchtiger Punkte usw. auf der Hand liegen, findet er selten Eingang in die Praxis. Vermutlich ist es nicht leicht, einen Freiwilligen, der die Organisation und Koordination des runden Tisches übernimmt, zu finden, da dies gerade in der Etablierungsphase mit erheblichem Aufwand verbunden ist. Die im Planungsverfahren federführende Kommune bietet sich als Koordinator des runden Tisches an. Ihre Vertreter sind mit den örtlichen Verhältnissen vertraut, kennen die zuständigen Fachstellen und besitzen das nötige Fingerspitzengefühl, um die Öffentlichkeit zum richtigen Zeitpunkt einzubinden. Der Vorteil der Beschleunigung des Planungsverfahrens über die

direkte Zusammenarbeit der Fachstellen gleicht die zusätzliche Arbeit bei der Koordination in jedem Fall aus. Zudem schafft der runde Tisch Transparenz und erhöht somit die Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen. Trotz dieser Vorteile ist zu befürchten, dass runde Tische wegen des damit verbundenen Aufwandes die Ausnahme bleiben werden, voraussichtlich zu Lasten des Hochwasserschutzes.

### *Bedeutung des Waldes für den vorbeugenden Hochwasserschutz*

In der Literatur wird für kleine und mittlere Flussüberschwemmungen sowie für Sturzfluten in kleinen Einzugsgebieten eine Wirksamkeit des Waldes gegen Hochwasser weitgehend bejaht (MÖßNER 2003; MENDEL 2000 aus KENNEL 2004).

Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens für das Einzugsgebiet der Paar im Raum Geltendorf durchgeführte Modellierung des Gebietswasserhaushaltes bestätigt diese Angaben. Auf bewaldeten Flächen wurde nahezu kein Oberflächenabfluss simuliert. Jeder neu begründete bzw. nicht gerodete Quadratmeter Wald wirkt hochwassermindernd. Gleichzeitig steigt die Grundwasserneubildung - auf Grund des Klimawandels ein weiteres bedeutsames Argument für den Wald. Die Neubegründung von Waldflächen wirkt ausgleichend auf das Abflussgeschehen, wobei die Wirkung mit zunehmendem Bestandsalter wächst. Das mittlere Jahresabflussminimum steigt, das mittlere Jahresabflussmaximum sinkt. Der Abfluss lässt sich leichter kalkulieren. Die Aufforstung von rund 130 ha im 38 km<sup>2</sup> großen Projektgebiet verringert das mittlere Jahresabflussmaximum um rund ein Prozent. Dies erscheint auf dem ersten Blick wenig. Allerdings darf man nicht vergessen, dass ein um wenige Zentimeter niedrigeres Hochwasser das Schadensausmaß erheblich mindern kann. Die Aufforstung von etwa 450 Hektar verringerte die mittleren Hochwassermaxima bereits um acht Prozent. In der Praxis wird sich diese Variante allerdings kaum umsetzen lassen, wenn die Aufforstungsflächen für ganz Bayern aus dem Jahr 2004 mit 329 Hektar als Vergleich herangezogen werden (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 2005).

Dieses Ergebnis mag den einen oder anderen enttäuschen. Nichtsdestotrotz bestätigt es die Bedeutung des Waldes für den vorbeugenden Hochwasserschutz. Selbstverständlich kann Wald den technischen Hochwasserschutz nicht ersetzen, aber durchaus ergänzen.

Auch dem technischen Hochwasserschutz sind Grenzen gesetzt. So liegt diesen Maßnahmen ein

„Bemessungshochwasser“ zugrunde. Dies ist ein verhältnismäßig hoher Hochwasserwert, z. B. ein HQ 100. Dieser Wert tritt wahrscheinlich nur alle 100 Jahre auf, auf ihn werden die Deichhöhen ausgelegt. Dieses Bemessungshochwasser errechnet sich aus in der Vergangenheit tatsächlich stattgefundenen Hochwasserereignissen. Gerade in Zeiten des Klimawandels muss mit solchen Werten vorsichtig umgegangen werden. Oder drastisch ausgedrückt: „wer beim Autofahren immer nur in den Rückspiegel schaut, fährt gegen die Wand“ (NACHTNEBEL, H.-P. 2005).

## Literatur

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2001): Gewässerentwicklungsplanung - Fließgewässer. Merkblatt 5.1/3, München, 37 S.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2005a): Integrierte ländliche Entwicklung - Dorferneuerung - Flurneuordnung. Fachtagung 2004, Jahresbericht 2004 aus der Reihe „Berichte zur ländlichen Entwicklung“, München, 83 S.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2005b): Jahresbericht 2004, Statistikband, München, 68 S.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2006): Konsequenzen aus dem Hochwasser - Hochwasserschutzstrategie Bayerns.

Internet: [http://www.stmugv.bayern.de/de/wasser/jhd\\_hoch/konsequen.htm#oben](http://www.stmugv.bayern.de/de/wasser/jhd_hoch/konsequen.htm#oben) (Zugriff: 06.02.2006, 15.50 MEZ)

BLASY, L.; ØVERLAND, H. (2003 a): Hochwasserschutz - Gemeinde Geltendorf, Landkreis Landsberg/Lech, Eching am Ammersee, 21 S. + Anhänge

BLASY, L.; ØVERLAND, H. (2003 b): Hochwasserschutzkonzept Paar - Niederschlag-Abfluss-Modell, Augsburg, 64 S. + Anhang

EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Wasserrahmenrichtlinie)

KENNEL, M. (2004): Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wald und Forstwirtschaft in Bayern. LWF Wissen Nr. 44, Freising, 76 S.

KLÖCKING, B.; SCHWARZE, R.; BEUDERT, B.; SUCKOW, F.; LASCH, P.; BADECK, F.; PFÜTZNER, B. (2005): Auswirkungen des Borkenkäferbefalls auf den Wasser- und Stoffhaushalt zweier Gewässereinzugsgebiete im Nationalpark Bayerischer Wald. Schriftenreihe „Wasserhaushalt und Stoffbilanzen im naturnahen Einzugsgebiet der Großen Ohe“, Bd. 8, 174 S.

KÖSTLER, J.N.; BRÜCKNER, E.; BIBELRIETER, H. (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg, 284 S.

KUTSCHERA, L.; LICHTENEGGER, E. (2002): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. 6. Band, Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart, 604 S.

MÖßMER, R. (2003): Vorbeugender Hochwasserschutz im Wald - Umsetzung im praktischen Forstbetrieb; LWF Wissen Nr. 40, Freising, 74 S. + Anhang

NACHTNEBEL, H.-P. (2005): Mündliche Mitteilung (3. Agenda - Konferenz Sterzing)

POLOMSKI, J.; KUHN, N. (1998): Wurzelsysteme. EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALD, SCHNEE, LANDSCHAFT (WSL) (Hrsg.), Birmensdorf, Bern, Stuttgart, Wien, 290 S.

WALENTOWSKI, H.; EWALD, J.; FISCHER, A.; KÖLLING, C.; TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. Verlag Geobotanica, Freising, 441 S.

## Keywords

*Integral management, afforestation, preventive flood protection*

## Summary

*The integral management of measures significant for the environment is already fixed in guidelines and laws. The implementation is carried out as a rule by written statements. Oral meetings in the form of a round table are rare. The study shows, that round tables are a good alternative of planning measures for preventive flood protection. Because all specialists and the public have the opportunity to take part and give their opinion. Afforestations make a contribution to the preventive flood protection. They improve the water supply by reducing the runoff and increasing the low flow.*

## Anschriftenverzeichnis der Autoren

Norbert Bäuml, Dr. Günther Aulig  
Bayerische Verwaltung für Ländliche Entwicklung  
Infanteriestraße 1  
80797 München  
E-Mail: Norbert.Baeuml@ALE-OBB.Bayern.de

Dr. Franz Binder, Dr. Beate Klöcking,  
Christian Macher  
Bayerische Landesanstalt für Wald und  
Forstwirtschaft  
Am Hochanger 11  
85354 Freising  
E-Mail: bin@lwf.uni-muenchen.de

Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Dr. Christoph Hegg  
Eidgenössische Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstraße 111  
CH-8903 Birmensdorf  
E-Mail: christoph.hegg@wsl.ch

Markus Hildebrandt  
Amt für Landwirtschaft und Forsten Weilheim  
Bahnhofstr. 16  
82418 Murnau  
E-Mail: markus.hildebrandt@alf-wm.bayern.de

Günther Hopf  
Wasserwirtschaftsamt Traunstein  
Rosenheimer Straße 7  
83278 Traunstein  
E-Mail: Guenter.Hopf@wwa-ts.bayern.de

Dr. Daniela Jacob  
Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M)  
Bundesstraße 53  
20146 Hamburg  
E-Mail: jacob@dkrz.de

Prof. Dr. Werner Konold  
Institut für Landespflege  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Tennenbacher Straße 4  
79106 Freiburg  
E-Mail: Werner.Konold@landespflege.uni-  
freiburg.de

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Markart, Mag. Bernhard  
Kohl, Dipl.-Ing. Frank Perzl  
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für  
Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)  
Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen  
(INW)  
Rennweg 1 - Hofburg  
A-6020 Innsbruck  
E-Mail: Gerhard.Markart@uibk.ac.at

Anita Meinelt  
Erste Bürgermeisterin  
Stadtplatz 13  
85368 Moosburg  
E-Mail: info@moosburg.de

Dr. Halvor Øverland, Dipl.-Ing. Gerd-Michael  
Krüger; Dr. Blasy  
Beratende Ingenieure GbR  
Moosstraße 3  
82279 Eching am Ammersee  
E-Mail: info@blasy-overland.de

Dr. Klaus Wagner  
Institut für Forstpolitik der Technischen  
Universität München  
Am Hochanger 5  
85354 Freising  
E-Mail: wagner@forst.tu-muenchen.de