

## 4 Diskussion der Ergebnisse

### 4.1 Wirksamkeit des Waldes im Einzugsgebiet für den vorbeugenden Hochwasserschutz

Dem Wald als Landnutzungsform wird in der hydrologischen Literatur eine tendenziell Hochwasser mindernde Wirkung beigemessen (MENDEL 2000). Sie gründet sich vor allem auf die hohe Infiltrationsfähigkeit von gut strukturierten Waldböden und wird demgemäß vor allem bei lokalen Starkregenereignissen wirksam. Dagegen verliert die Rückhaltewirkung des Waldbodens bei steigender Niederschlagsmenge und damit steigendem Anteil des Abflusses von wassergesättigten Flächen im Verhältnis zunehmend an Bedeutung. Für kleine und mittlere Flussüberschwemmungen sowie für Sturzfluten in kleinen Einzugsgebieten (vor allem im Bergland) wird demnach eine Wirksamkeit des Waldes weitgehend bejaht (MENDEL 2000).

Konsens besteht weiterhin darüber, dass Landnutzung oder andere menschliche Einflüsse extreme Hochwasserereignisse nur sehr eingeschränkt begrenzen können (Tabelle 15). Auch die oftmals als Ursache angeführte Flächenversiegelung spielt bei großen Hochwassern eine untergeordnete Rolle, da hier auch auf infiltrierbaren Flächen Sättigung und damit zunehmender Oberflächenabfluss eintritt. Umstritten ist jedoch, ob extreme Hochwasser vor Beginn der menschlichen Rodungstätigkeit in geringerem Umfang auftraten als in späterer Zeit, wie es zumindest MENDEL (2000) auf Grund von Indizien vermutet (Kapitel 3.1.2). Der Wald kann jedoch statistisch gesehen zumindest die Wahrscheinlichkeit auch von großen Hochwassern beeinflussen, wenn man berücksichtigt, dass für extreme Hochwasser eine Minderung des Spitzenabflusses um 10 % einer Verringerung der Auftretenswahrscheinlichkeit des Hochwassers der ursprünglichen Höhe um mindestens 25 % entspricht (Abschätzung in Anhalt an SCHUMANN 2002).

Umgekehrt wird jedoch einem großflächigen Verlust von Waldbestockung („Waldsterben“) bzw. Waldflächenanteilen auch bei größeren und großräumigeren Hochwasserereignissen eine verschärfende Wirkung beigemessen (Abbildung 23). Dies spricht ebenfalls für die Annahme der positiven Wirksamkeit einer Waldflächenmehrung.

**Tab. 15:** Beispiele für den Hochwasserabfluss aus bewaldeten Bergwaldeinzugsgebieten bei extremen Starkregenereignissen (Daten für Erzgebirge aus SEEGERT et al. 2003)

Ereignis Bezugstag	Einzugsgebiet	Niederschlag	Abfluss	Abflussanteil	Rückhaltewirkung des Waldes
Pfingsthochwasser 22.5.1999	Halblech (Ammergebirge)	ca. 234 mm (DWD-Station Hindelang)	ca. 200 mm Messstelle Röthenbach LfW	85 %	34 mm = 15 %
Elbehochwasser 12.8.2002	Rotherdbach (Erzgebirge)	ca. 312 mm (DWD-Station Zinnwald)	ca. 271 mm (Modellrechnung BROOK90)	87 %	41 mm = 13 %

Wirkungsabschätzung von Rückhaltung im Einzugsgebiet auf Hochwasser nach IKS 1999 und LAWA 2000

Wirkungsabschätzung von Rückhaltung im Einzugsgebiet auf Hochwasser		Wirkung im															
		Nahbereich auf								Fernbereich auf							
Wirkung von:		keine Hochwasser				große Hochwasser				keine Hochwasser				große Hochwasser			
		Laufzeit	Fülle	Höhe	Dauer	Laufzeit	Fülle	Höhe	Dauer	Laufzeit	Fülle	Höhe	Dauer	Laufzeit	Fülle	Höhe	Dauer
Bewuchs	Wald / Brachland / Weide		-	-	-												
	intensive Beweidung / Acker	(+)	+	-			(+)	(-)									
Boden	Versiegelte und verdichtete Flächen	+	+	-		+	(+)	(-)		(+)	(+)						
	Frost	+	+	-		+	+	(-)		+	+			(+)	+		
	ökologische Bewirtschaftung	-	-	-		(-)	-	+		(-)	(-)						
Gelände	Besiedelung		+	+	-						+	+	-				
	Waldsterben (Flächenhaft)		+	+	+		+	+	+		+	+	+		(+)	(+)	(+)
	Entseelung / Regenwasserversickerung		-	-	-												
Gewässernetz	keine Rückhaltungen	+		(-)	+			!				!					
	Renaturierung	+		-	+	+	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)						
	örtlicher Hochwasserschutz	-		(+)	(-)		(+)	!	(-)			!					!
	Verbreiterung von Gewässerschnitten			(-)			(-)										
	Technische Rückhaltungen in Nebengewässern	(+)	(-)	(-)		(+)	(-)	-	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(-)
	Deichrückverlegung																
	- Winterdeich	(+)		(-)		+		-		(+)		(-)		+		(-)	
	- Sommerdeich	+		(-)		(+)		-		(+)		(-)		+		(-)	
	Sommerpolder					+	-	-						(+)	-	(-)	
	Technische Rückhaltung (Wehre und Rückhalteräume)	+	(-)	-	(+)	(+)	(-)	-	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	-	(+)
Tieferlegung von Bühnen			-				-		(-)		(-)		(-)		(-)		
Entfernen örtlicher Engpässe, Anlage von Flutmulden			-				-		(-)		(-)		(-)		(-)		
Vergrößerung der Vorländer			-				-		(+)		(-)		(+)		(-)		
Tieferlegung der Vorländer			(-)				-				(-)				(-)		

Abb. 23: Wirkungsabschätzung von Rückhaltungsmaßnahmen im Einzugsgebiet auf Hochwasser (aus TÖNSMANN und RÖTTCHER 2002)

## 4.2 Wirksamkeit des Waldes in den Flussauen für den vorbeugenden Hochwasserschutz

Die Wiedergewinnung ehemals vorhandener Überschwemmungsgebiete in den Talauen durch die Rückverlegung gewässernaher Hochwasserschutzdeiche stellt nach Untersuchungen insbesondere aus dem Rheingebiet eine sehr wirksame Maßnahme zur Absenkung des Wasserspiegels bei Hochwasser dar. Das erfordert allerdings im Vergleich zu gesteuerten Retentionsräumen (Poldern) eine um ein Mehrfaches größere Fläche, um die gleiche Wirkung auf den Scheitelabfluss zu erzielen (LAWA 2000).

Dieser Ansatz der Wiedergewinnung von natürlichen Rückhalteflächen ist auch im Wasserhaushaltsgesetz des Bundes verankert, wobei unter natürlichen Rückhalteflächen zweifellos (auch) Auwald zu verstehen ist. Die im Bayerischen Wassergesetz verankerte Vorschrift, dass in Überschwemmungsgebieten der schadlose Hochwasserabfluss sicherzustellen sei, um die Höhe des Wasserstandes nicht nachteilig zu beeinflussen (Art. 61 BayWG), widerspricht dem bei genauerer Betrachtung nicht. Letztere Vorschrift bezieht sich (nur) auf die Bereiche, in denen eine Beeinträchtigung des Abflussquerschnittes z. B. durch Abfluss bremsende Baumbestockung unmittelbar zu Gefährdungen führt. Dies ist der Fall vor allem in siedlungsnahen Bereichen, nicht jedoch in den Bereichen, in denen z. B. Deiche zurückverlegt werden, um natürliche Rückhalteflächen wieder zu gewinnen.

### 4.3 Monetäre Bewertung der Hochwasserschutzfunktion von Wäldern

Mit der im Projekt versuchten monetären Bewertung der Gemeinwohlleistung des Waldes für den Hochwasserschutz ließen sich wegen hoher Unsicherheiten allenfalls grob orientierende Größenordnungen gewinnen. Ihre Plausibilität konnte nur in Einzelfällen anhand von Schätzungen aus anderer Quelle (ROSEMANN 1989 für das Halblechgebiet) halbwegs aufgezeigt werden. Zumindest für den Auwald, annähernd auch für den Bergwald, liegen die Werte in ähnlicher Größenordnung wie die Reinerlöse aus dem Holzeinschlag mit 440 DM/ha für den Privatwald Bayerns im Jahr 2000 (STMLF 2002). Um die Zahlen als Grundlage für die forstpolitische Diskussion verwenden zu können, müssten sie mit Hilfe detaillierter Erhebungen noch wesentlich besser abgesichert werden. Die Größenordnung von Schäden, die auf landwirtschaftlichen Flächen in Überflutungsbereichen bei Überflutung oder auch schon wegen Bewirtschaftungsauflagen entstehen, schätzen SCHÄTZL und HOFFMANN (2003) ab.

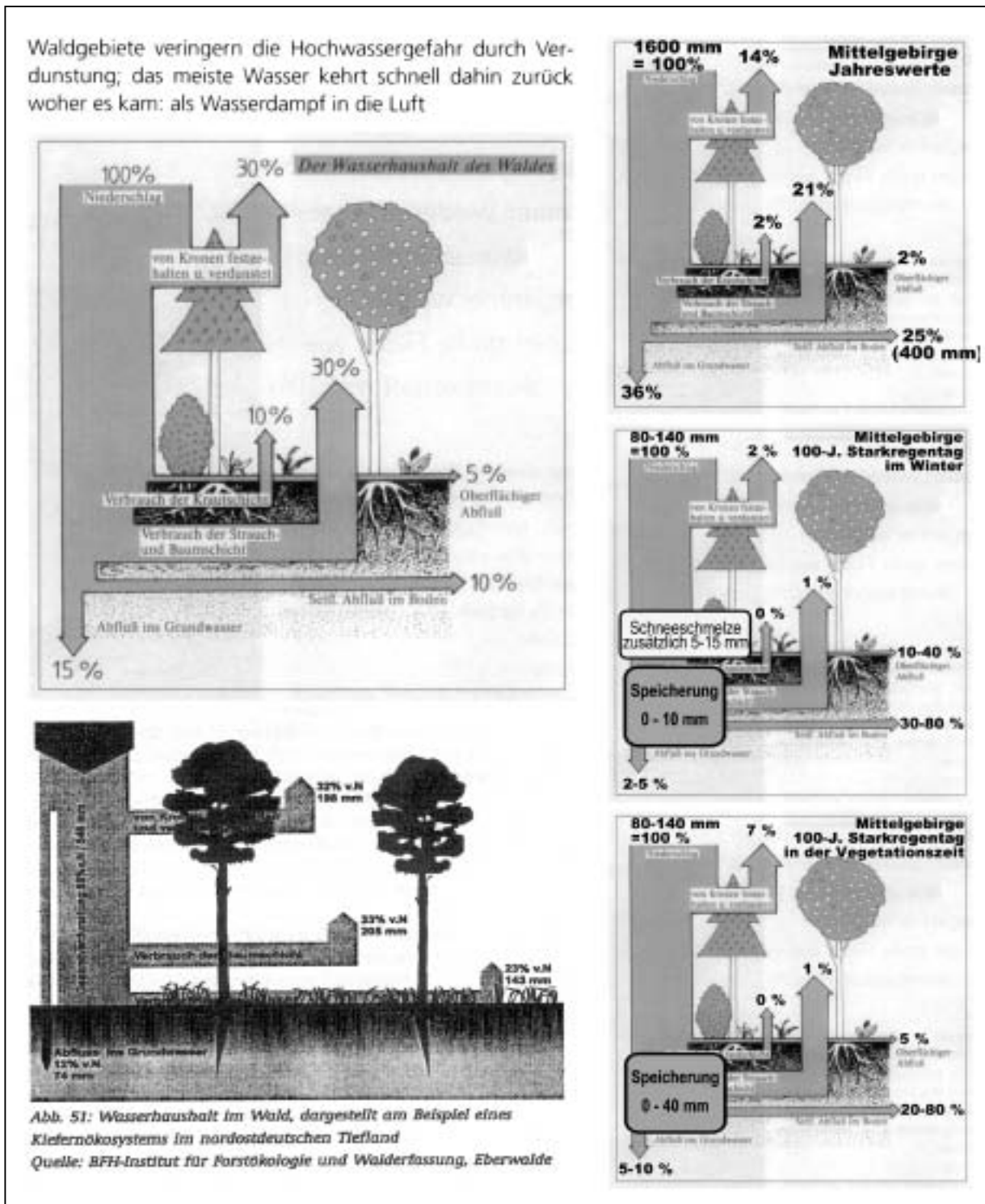
### 4.4 Wirksamkeit von Öffentlichkeitsarbeit zum Nutzen des Waldes für den Hochwasserschutz

Die Gemeinwohlleistungen der Wälder, insbesondere auch die Schutzfunktionen einschließlich der Hochwasserschutzfunktion, traten in den letzten Jahren und Jahrzehnten zunehmend in das Bewusstsein der Bevölkerung (STMLF 2002). Sie werden dementsprechend von der unbestritten wichtigen forstlichen Öffentlichkeitsarbeit gezielt transportiert. In der populärwissenschaftlichen Literatur, aber auch in der politischen Diskussion wird jedoch die Hochwasser dämpfende Wirkung des Waldes bisweilen unbewusst und in **besten Absicht** überschätzt dargestellt. Dies schafft unnötige Ansatzpunkte für Kritik und ist der Glaubwürdigkeit abträglich. Dabei werden bisweilen eigentlich korrekte forsthydrologische Fakten losgelöst von ihrem Gültigkeitskontext verwendet. Zur Verdeutlichung werden zwei Beispiele näher diskutiert.

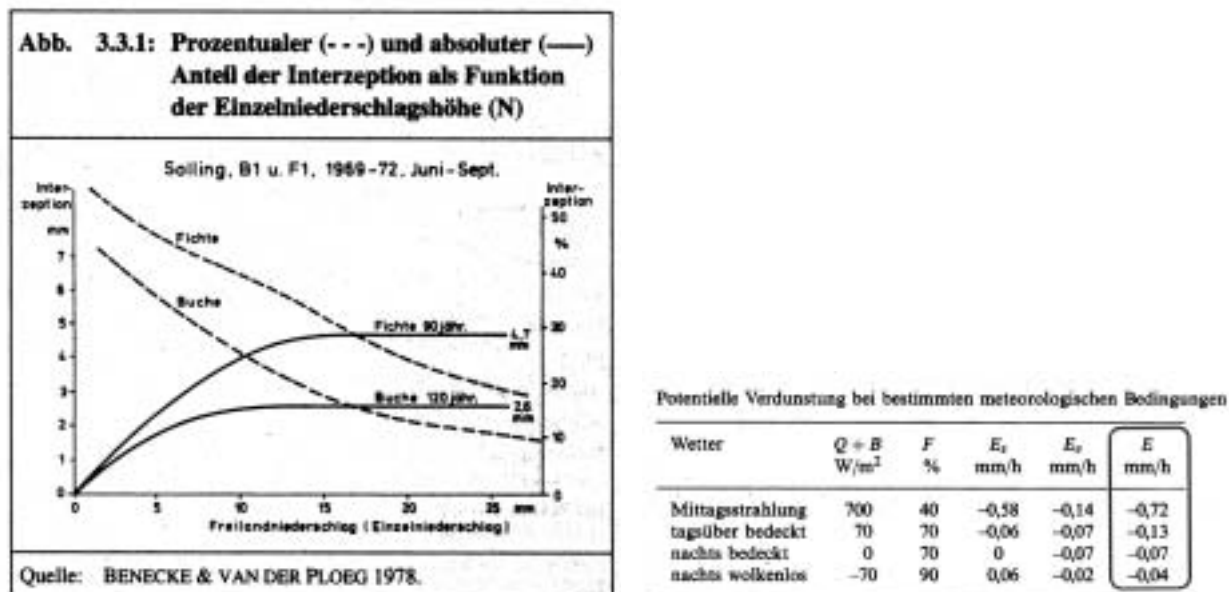
**Beispiel 1:**

Die in Abbildung 24 links oben wiedergegebene Darstellung aus einer Broschüre der STIFTUNG WALD IN NOT (2000) stellt „den Wasserhaushalt des Waldes“ dar. Die angegebenen Anteile der Wasserhaushaltskomponenten dürften in etwa dem mittleren jährlichen Wasserhaushalt eines durchschnittlichen deutschen Waldbestandes im Flachland bei etwa 800 mm Jahresniederschlag entsprechen, sind in einem solchen Kontext also durchaus korrekt. Es wird jedoch außer Acht gelassen, dass gerade relative Angaben (%) sehr stark von der verwendeten Basis abhängen können. Dies zeigen beispielsweise die Zahlen einer ähnlichen Graphik (Abbildung 24 links unten) aus dem Waldzustandsbericht 2002 des BMVEL (BMVEL 2003). Demzufolge verdunsten Kiefernbestände im nordostdeutschen Tiefland 88 % des Jahresniederschlags. Weiterhin zeigt Abbildung 24 (rechts oben) die Zahlen für den mittleren jährlichen Wasserhaushalt eines bewaldeten Mittelgebirgseinzugsgebietes im Nationalpark Bayerischer Wald bei etwa doppelt so hohem mittleren Jahresniederschlag. Dort hat der seitliche Abfluss im Boden relativ gesehen mit 25 statt mit 10 % einen zweieinhalbfach höheren Anteil, in absoluten Zahlen liegt er mit 400 mm statt 80 mm sogar fünffach höher.

Unzutreffend ist in dem Beispiel aus der Broschüre jedoch die Bildüberschrift, die die Darstellung in den Kontext von Hochwasserereignissen stellt und impliziert, dass auch an Tagen mit Hochwasser verursachenden Starkniederschlagsereignissen „das meiste Wasser“, also der in der Graphik dargestellte Anteil von 70 % des Niederschlags „schnell“ verdunstet werden könne. Dies ist jedoch physikalisch nicht möglich. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass begrenzte Speichervolumina bzw. begrenzte Verdunstungsenergie die physikalischen Prozesse der Interzeption, Verdunstung, Infiltration und Bodenwasserspeicherung, die zum Hochwasserrückhalt im Wald beitragen, limitieren (Abbildung 25). Dies führt generell bei steigendem Ausmaß des Niederschlagsereignisses zu zunehmender Sättigung der Rückhaltefähigkeit und damit zu sinkender Wirksamkeit des Hochwasserrückhalts.



**Abb. 24:** links oben: Darstellung „Der Wasserhaushalt des Waldes“ aus STIFTUNG WALD IN NOT (2000); links unten: Darstellung „Wasserhaushalt im Wald, dargestellt am Beispiel eines Kiefernwaldökosystems im nordostdeutschen Tiefland“ (BMVEL 2003); rechts oben: vergleichbare Darstellung des langjährigen mittleren Wasserhaushalts für ein bewaldetes Mittelgebirgseinzugsgebiet (Große Ohe im Nationalpark Bayerischer Wald, nach KENNEL 1998); rechts Mitte: desgleichen für Starkregentag in der Vegetationsperiode; rechts unten: desgleichen für Starkregentag im Winter jeweils für ein Mittelgebirgseinzugsgebiet (grobe Rahmenwerte in Anhalt an KENNEL 1998)



**Abb. 25:** links: Anteil des Interzeptionsverlusts eines Fichten- bzw. Buchenbestandes für Niederschlagsereignisse unterschiedlicher Höhe; rechts: potentiell mögliche Verdunstung einer freien Wasseroberfläche unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen (aus BAUMGARTNER und LIEBSCHER 1990)

Aber auch unter Berücksichtigung zutreffender wissenschaftlicher Erkenntnisse über Hochwasserabfluss sind Fehlinterpretationen möglich. Zu welchen Fehlinterpretationen dies führen kann, verdeutlicht Beispiel 2.

### Beispiel 2:

In einem Beitrag einer deutschen Tageszeitung aus dem Jahre 2003, der sich auf die in Abbildung 26 dargestellte Graphik bezieht, war zu lesen:

„Neue Untersuchungen belegen, dass der Bergwald im gesunden Zustand dreimal mehr Wasser zurückhalten könnte als ein alter Fichtenbestand, sieben Mal mehr als ein junger Fichtenbestand und zwölf Mal mehr als ein Kahlschlag“.

Die Zahlen erinnern deutlich an eine in der schon oben genannten Broschüre der STIFTUNG WALD IN NOT (2000) auf Seite 6 wiedergegebene Graphik (Abbildung 26). Die Graphik stellt wissenschaftlich korrekt die in Beregnungsversuchen des LfW festgestellten Oberflächenabflussbeiwerte für Vegetationsdecken im bayerischen Alpenraum dar. Sie ist eine Vorläuferin der in Kapitel 3.1.2 als Abbildung 8 gezeigten neueren Graphik, wobei die neuere Darstellung dank umfangreicheren Datenmaterials und damit möglicher Darstellung statistischer Maße wie Median und Streuungsbereiche sogar für den Wald (insbesondere auch für den Fichtenaltbestand und den Jungwuchs) noch günstiger ausfällt.

Bei Betrachtung von Abbildung 26 erkennt man, dass die in dem Zeitungsbeitrag genannten Relationen 1:3:7:12 in etwa zutreffen, wenn man sie auf die Relationen der Abflussbeiwerte bezieht. Ein fataler gedanklicher Fehlschluss ist es jedoch, die Relationen der Abflussbeiwerte auf die Relationen der Rückhaltefähigkeit zu übertragen. Dies würde voraussetzen, dass die Rückhaltefähigkeit der Kehrwert des Abflussbeiwertes wäre. In Wirklichkeit ist sie jedoch die Differenz zwischen Abflussbeiwert und der Bezugsgröße Niederschlagsmenge (100 %). Der durchaus hochwasserrelevante Umstand, dass von dem nicht als Oberflächenabfluss registrierten Wasser ein weiterer (oftmals erheblicher) Teil als Zwischenabfluss ebenfalls zum Hochwasserabfluss (bei länger andauernden Ereignissen) beiträgt und somit nicht voll wirksam zurückgehalten wird, ist hierbei noch gar nicht berücksichtigt.

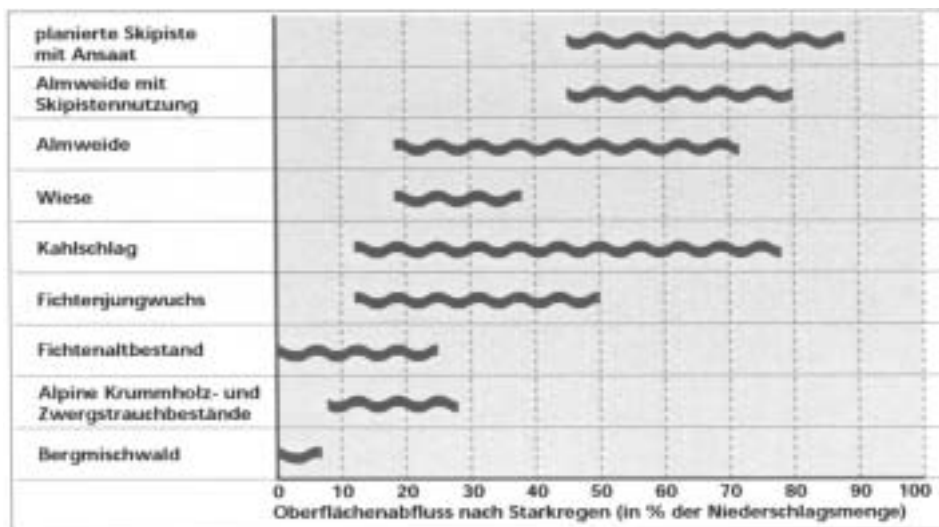


Abb. 26: Darstellung „Oberflächenabfluss nach Starkregen“ aus STIFTUNG WALD IN NOT (2000)

Somit müsste die Aussage korrekterweise in etwa lauten:

<p>Nach älterer Graphik (Abbildung 26)</p> <p>„Neue Untersuchungen belegen, dass beim Bergmischwald im gesunden Zustand etwa 93 bis 100 % (oder auch mm) eines Starkregens von 100 mm innerhalb von einer Stunde nicht als Oberflächenabfluss unmittelbar hochwasserwirksam werden. Dies ist tendenziell mehr als bei einem Fichtenaltbestand (76 bis 100 %) und immerhin deutlich mehr als bei einem Fichtenjungbestand (50 bis 88 %) oder einem Kahlschlag (22 bis 88 %).“</p>
<p>Nach neuerer Graphik (Abbildung 8)</p> <p>„Neue Untersuchungen belegen, dass beim Bergmischwald im gesunden Zustand (von Extremfällen und Ausreißern abgesehen) etwa 97 bis 100 % eines Starkregens von 100 mm innerhalb von einer Stunde nicht als Oberflächenabfluss unmittelbar hochwasserwirksam werden. Dies ist tendenziell mehr als bei einem Fichtenaltbestand (88 bis 100 %) oder einem Fichtenjungbestand (72 bis 100 %) und zumindest in einem Teil der Fälle erheblich mehr als bei einem Kahlschlag (25 bis 100 %, in 50 % der Fälle unter 75 %, in 25 % der Fälle unter etwa 64 %).“</p>

In dieser korrekten Form wäre die Aussage allerdings wesentlich unspektakulärer und damit weniger publikumswirksam. Auch Formulierungen wie

„so könne ein einziger Hektar Wald bis zu ... 200 Liter pro Quadratmeter zurückhalten“  
(BAYStMLF 2003)

sind zwar formal nicht falsch, aber für den Laien missverständlich. Um 200 mm Wasser wirklich zurückhalten zu können, sind außerordentlich „günstige“ Witterungsumstände anzunehmen. So müßte der Waldboden bei lang anhaltender Trockenheit (bei grob überschlägig etwa 4 mm Verdunstung je Tag wären hierzu sieben Wochen nahezu niederschlagsfreie Witterung erforderlich !) ein starkes Wassersättigungsdefizit aufweisen. Dies ist beispielsweise in humiden Mittelgebirgs- oder Gebirgswäldern äußerst unwahrscheinlich und dürfte für Winterhochwässer bei geringerer Verdunstung und nahezu wassergesättigten Böden kaum realistisch sein (Abbildung 24 Mitte rechts). Solche überzogenen Darstellungen leisten entgegen der eigentlichen Intention möglicherweise Tendenzen Vorschub, die, ins andere Extrem fallend, Vegetationsflächen generell eine nennenswerte Hochwasser dämpfende Funktion absprechen wollen. Dabei wird argumentiert, bei wirklich bedeutsamen Hochwässern könnten die Böden überhaupt kein Wasser aufnehmen, da sie durch vorhergehende Ereignisse schon Wasser gesättigt, somit als „natürlich versiegelt“ anzusehen und etwa mit der Wirkung eines asphaltierten Parkplatzes vergleichbar seien. Diese Sicht kommt allerdings bei extremen Hochwasserereignissen der Realität tatsächlich wesentlich näher als die Annahme, der Wald könne bei solchen Ereignissen „das meiste Wasser“ zurückhalten, wie die Werte in Tabelle 15 (Kapitel 4.1) zeigen. Auch im Waldzustandsbericht der Bundesregierung 2002 wird angesichts des „bisher kaum gekannten Ausmaßes“ des Hochwassers vom August 2002 realistisch dargestellt, dass die Wasserspeicherkapazität der Wälder Grenzen hat und auch „ein gesunder Wald extreme Hochwasser nicht verhindern“ kann (BMVEL 2003). Diese illusionslosere Sichtweise kommt - nicht in Bezug auf den Wald, sondern auf die in der Öffentlichkeit als Ursachen diskutierten Faktoren - auch in den folgenden Aussagen führender Hydrologen zum Tragen, die angesichts des extremen Hochwassers vom August 2002 vor überzogenen Erwartungen, aber auch Versprechungen warnen.

„Wir dürfen uns nicht der Illusion hingeben, Hochwasser verhindern zu können“ (KLEEBERG et al. 2002).

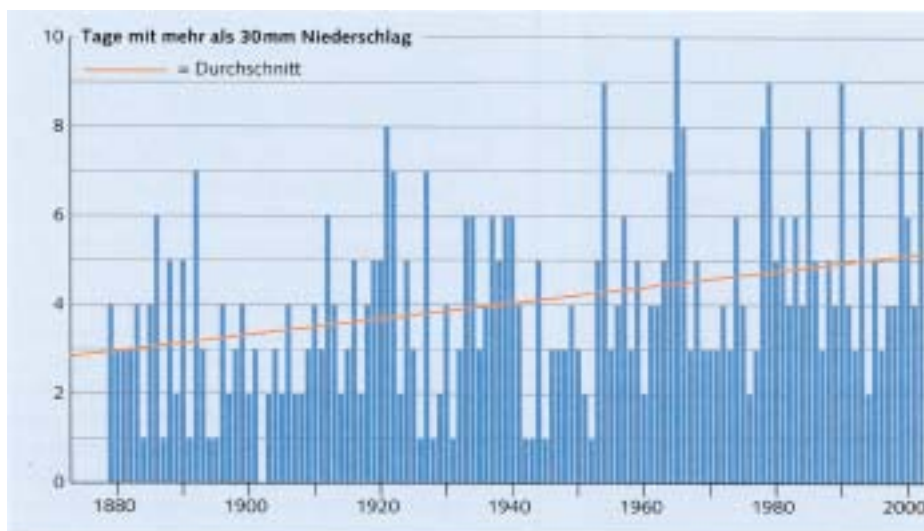
„Die Diskussion über Ursachen der extremen Hochwasser der vergangenen Jahre ... ist - besonders auf politischer, aber zum Teil auch auf wissenschaftlicher Ebene - von unbedachter Überheblichkeit geprägt. Es wird der Eindruck vermittelt, dass, würde der Mensch seinen Einfluss auf die Natur wieder zurücknehmen, es auch keine Hochwasser solch katastrophalen Ausmaßes mehr gäbe. ...Extreme Hochwässer gehen immer auf extreme Niederschläge verknüpft mit extremen hydrologischen Vorbedingungen in den Gewässereinzugsgebieten zurück. Solche wird es, ob mit oder ohne Mensch, immer geben ...“ (KLEEBERG et al. 2002).



„ ... wird wahlweise und meist monokausal auf die anthropogen verursachte Klimaänderung oder auf die Flächenversiegelung oder den Flussausbau verwiesen. Es ist unstrittig, dass diese menschlichen Aktivitäten Hochwasser verschärfen. Ihre Rücknahme ... dürfte in großen Gebieten ein extremes Hochwasser nur um wenige Prozent verringern. Das hätte aber an den katastrophalen Folgen der extremen Hochwässer nicht viel geändert“ (KLEEBERG et al. 2002).

#### 4.5 Auswirkungen der Klimaänderung auf die Hochwassergefährdung

Die globalen Klimamodelle sagen übereinstimmend voraus, dass im 21. Jahrhundert global mit zunehmenden Starkregenereignissen zu rechnen ist (SCHELLNHUBER 2002). SCHELLNHUBER spricht sogar von einem „Jahrhundert der Überschwemmungen“. Für Bayern dagegen prognostiziert der Bayerische Klimaforschungsverbund eher eine zeitliche Verschiebung der Hochwasser aus dem bisherigen Häufigkeitsmaximum im Juni-Juli in das Winterhalbjahr bei insgesamt nicht erhöhter Wahrscheinlichkeit. Dabei könnten sich jedoch Abflüsse aus den Mittelgebirgen (Bayerischer Wald) und den Alpen an der Donau zeitlich ungünstiger überlagern (BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBAND 1999). Für das Management alpiner Wildbacheinzugsgebiete sieht HAGEN (2002) derzeit kein klares Bild der zukünftigen Entwicklung. Aktuelle Untersuchungen für Flussgebiete in Bayern und Baden-Württemberg (ARBEITSKREIS KLIWA 2002) stellen derzeit keine signifikante Tendenz zu verstärkten Hochwasserhäufigkeiten bzw. -intensitäten fest. Einzelne Messstandorte wie beispielsweise die Klimastation Hohenpeißenberg weisen jedoch eine Tendenz zunehmender Starkniederschlagshäufigkeit auf.



Grafik: Die Niederschlagsdaten der Wetterstation Hohenpeißenberg zeigen eine deutliche Tendenz, dass die Starkregen in den vergangenen 120 Jahren zugenommen haben.

**Abb. 27:** Zunahme der Tage mit Starkniederschlägen an der Klimastation Hohenpeißenberg