

# 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).

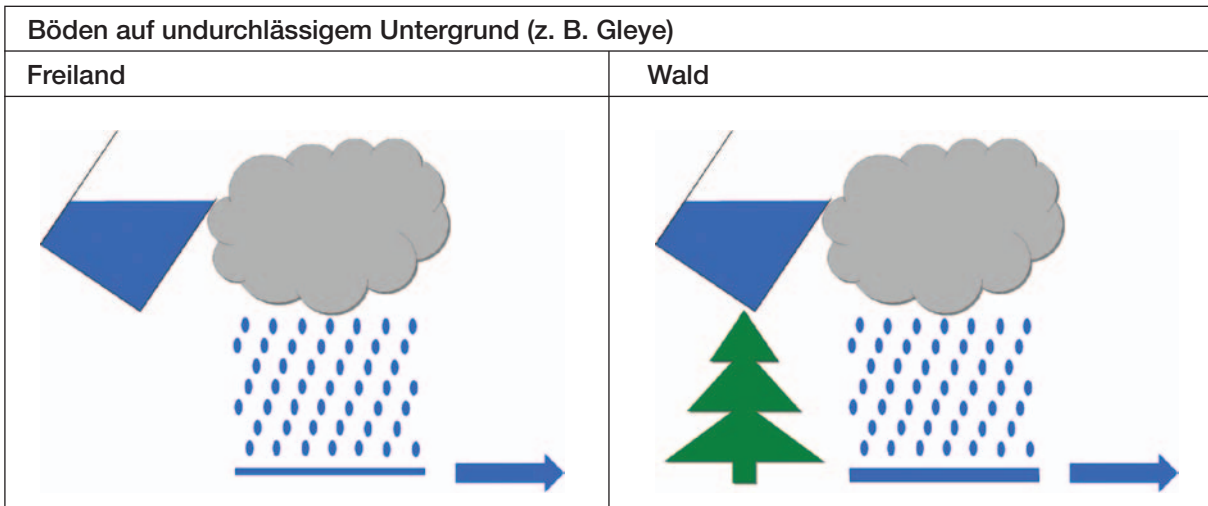


Abb. 1: Schematische Darstellung der Waldwirkung auf die Hochwasserabflussbildung eines Bodens mit kleiner Speicherkapazität und geringer Durchlässigkeit; die Speicherkapazität, dargestellt als flache Schale, ist prozentual gesehen im rechten Bild mit Wald deutlich erhöht. Trotzdem fließt der größte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

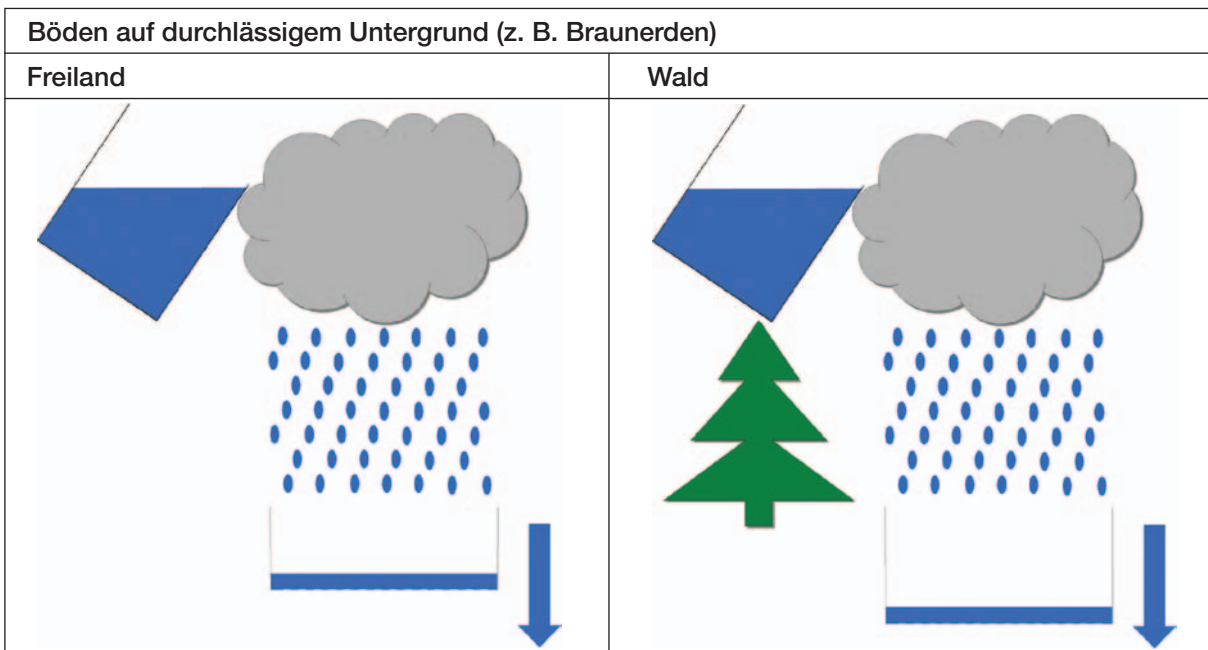


Abb. 2: Schematische Darstellung der Waldwirkung bei einem Boden mit hoher Speicherkapazität und guter Durchlässigkeit; Löcher im Schalenboden stellen die Durchlässigkeit des Untergrundes dar. Die durch den Einfluss des Waldes erhöhte Speicherkapazität entfaltet keine Wirkung, weil das Wasser in tiefere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

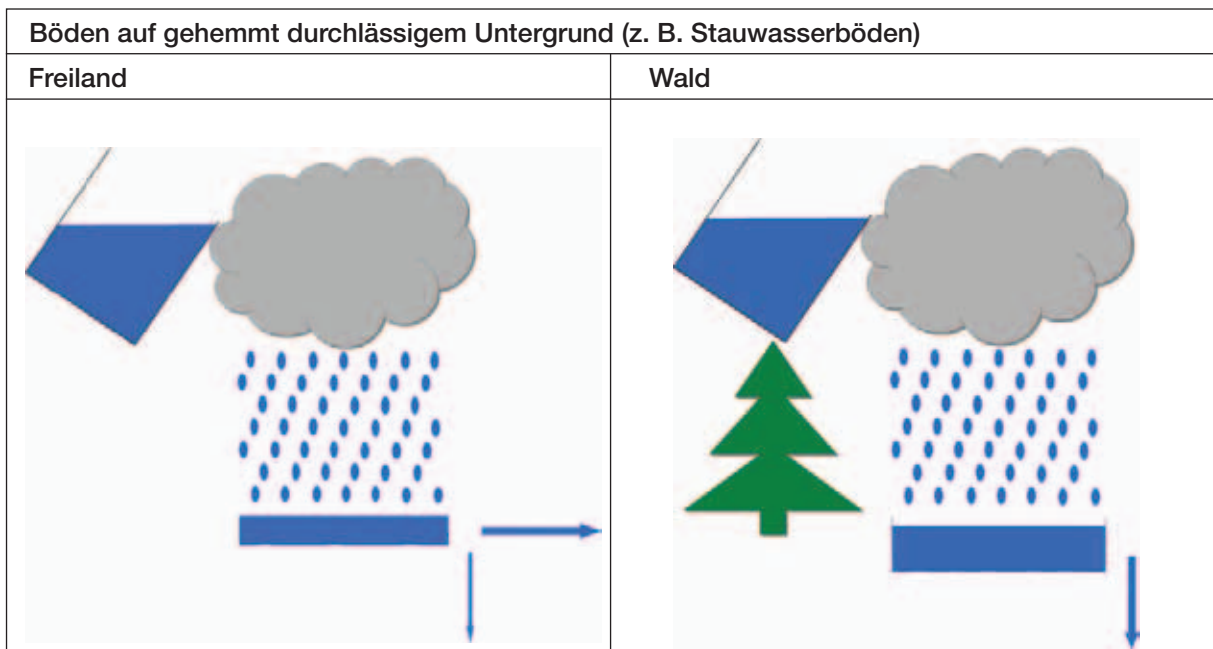


Abb. 3: Schematische Darstellung der Waldwirkung bei einem Boden mit mittlerer Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit; die größere Speicherkapazität unter Wald kann Oberflächenabfluss bei gleichem Niederschlagsvolumen wie in Abbildung 1 und 2 dargestellt verhindern. Fällt bei einem langanhaltenden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

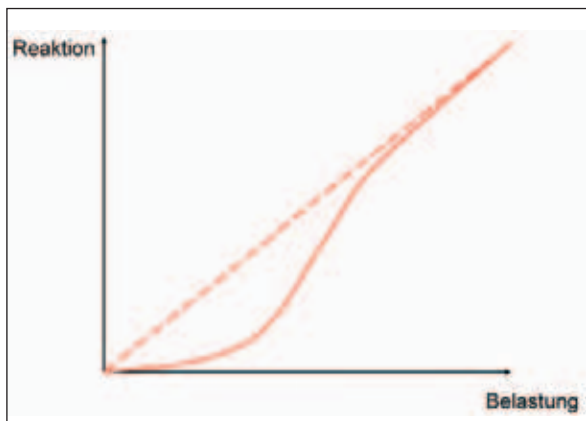


Abb. 4: Schematisches Leistungsprofil für die Waldwirkung auf den Hochwasserabfluss auf Böden mit mäßiger Speicherkapazität und gehemmter Durchlässigkeit; horizontal ist das Ausmaß der auslösenden Belastung (Niederschlag), vertikal das Ausmaß des resultierenden Ereignisses (Abfluss) aufgetragen. Die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

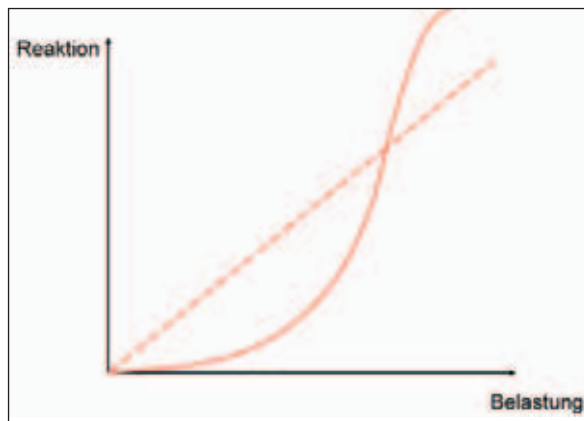


Abb. 5: Schematisches Leistungsprofil der stabilisierenden Wirkung des Waldes gegen Rutschungen und Erosion; horizontal ist das Ausmaß der auslösenden Belastung (Niederschlag), vertikal das Ausmaß des resultierenden Ereignisses (Erosion) aufgetragen. Die gestrichelte Linie stellt das Reaktionsmuster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