Bull. angew. Geol. Vol. 11/2 Dezember 2006 S. 109-115

Vom Nutzen des Waldes

Arthur Sandri[1]

Stichworte: Schutzwald, gravitative Naturgefahren, Kosten-Nutzen-Verhältnis

Zusammenfassung
Der Schutzwald soll unseren Lebensraum vor der Einwirkung von gravitativen Naturgefahren (Sturzprozesse, Rutschungen, Hangmuren, Erosion, Wildbach- und Hochwasserprozesse, Lawinen) schützen. Das System Schutzwald entfaltet gute bis sehr gute Wirkungen bei Ereignissen kleiner und mittlerer Intensität bei allen Eintretenswahrscheinlichkeiten. Bei Ereignissen starker Intensität (z. B. Felssturz) nimmt die Wirkung tendenziell ab. Investitionen in den Schutzwald lohnen sich, denn Schutzwaldpflege ist etwa 5-10 mal günstiger als technische Verbauungsmassnahmen. Zudem wirkt der Schutzwald im Vergleich zu technischen Verbausystemen auf der gleichen Fläche gleichzeitig gegen alle Prozesse.

Résumé
La forêt protectrice protège notre espace vital contre les influences des dangers naturels gravitatifs (processus de chute, glissements, coulées de terre, érosion, processus de torrents, crues, avalanches). Sa fonction protectrice est bonne à très bonne pour des événements d'intensités faibles à moyennes et pour toutes les périodes de retour. Pour des événements de fortes intensités (par exemple éboulement), l'effet a cependant tendance à diminuer. Les investissements en faveur de la forêt protectrice valent la peine. En effet, l'entretient de la forêt est 5 à 10 fois moins onéreuse que la construction de mesures de protection technique. De plus, contrairement aux mesures constructives, la forêt protectrice a une fonction bénéfique pour l'ensemble des processus pouvant avoir lieu simultanément sur sa surface.

1. Einleitung

Ein Hauptpfeiler der eidgenössischen Forstpolitik ist der Schutzwald. Er soll unseren Lebensraum vor der Einwirkung von Naturgefahren schützen. Heute gelten rund 40-60% der Waldfläche der Schweiz als Schutzwald. Doch wovor vermag der Wald effektiv zu schützen, und was kann er nicht? Nachfolgend soll die Wirkung des Waldes gegen Naturgefahren in einer kurzen Übersicht dargestellt werden.
Erosion an Berghängen ist ein natürlicher Prozess. Beim Betrachten von bewaldeten Berghängen (Fig. 1) können Gebiete lokalisiert werden, in denen sich die Erosionsspuren im Bestand verlaufen. Umgekehrt gibt es Einflusslinien, entlang denen die Erosionsenergie so gross ist, dass sich kein Wald zu halten vermag. Erosion beeinflusst Ausdehnung, Zusammensetzung und Struktur von Waldbe-

[1] Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Rutschungen, Lawinen und Schutzwald, Ittigen, Bern

stockungen. Sie ist ein Standortsfaktor für den Wald. Umgekehrt beeinflussen Waldbestockungen die Eintretenswahrscheinlichkeit und Intensität von Erosionsprozessen.
Die Anforderungen an den Schutzwald sind im Bericht Frehner et al. (2005) zu «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS) prozessbezogen spezifiziert. Im nachfolgenden Kap. 2.1 wird als Beispiel das Anforderungsprofil an einen Steinschlagschutzwald erläutert.

2. Einfluss des Waldes auf gravitative Naturgefahren

2.1 Sturzprozesse

Wälder an Hängen > 30° Neigung mit entsprechenden Quellen für Sturzprozesse sind potenzielle Steinschlagschutzwälder. Der Wald wirkt im Entstehungsgebiet nur begrenzt, zum Teil sogar negativ, indem umkippende Bäume Steine lösen können. Die Waldwirkungen entfalten sich hauptsächlich im Transit- und Ablagerungsgebiet. Der Kontakt mit Bäumen bremst Sturzkörper oder bringt sie vorübergehend respektive dauernd zum Stillstand (Fig. 2). Lebende Bäume können wesentlich mehr Energie aufnehmen als Holzbalken entsprechender Dimension. Auch liegendes Holz (Totholz) hat noch eine Wirkung.
Die Waldwirkung hängt ab von der Anzahl der Bäume und ihrem Durchmesser sowie der Energie der rollenden und springenden Sturzkörper. Gute Wirkungen werden erzielt für Einzelbäume bis 600 kJ Sturzenergie oder 60-80 cm Steindurchmesser bei ganzen Waldbeständen. Ein wichtiger Einflussfaktor bilden aber auch die Hanglänge, die Anzahl der Bäume zwischen der Absturzstelle und



Fig. 1: In der Nordflanke der Rigi (SZ) lässt sich das Wechselspiel zwischen Erosionsspuren (v. a. Runsen) und Waldflächen gut erkennen. Die Flanke bildet einen grossflächigen Schutzwald zum Schutz der am Hangfuss entlang führenden Gotthard-Bahnlinie vor Sturzprozessen und Wildbachgefahren (AlpTransit-Achse).



Fig. 2: Waldwirkung gegenüber Sturzprozessen.

dem Schadenpotenzial, die Grösse von Waldlücken (v. a. in Falllinie) sowie die Bodenbeschaffenheit.

Tab. 1 zeigt das Anforderungsprofil an einen Schutzwald bezüglich Steinschlag (aus Frehner et al. 2005). Die Tabelle gibt Auskunft über den Ort (1. Spalte) und das Ausmass der Waldwirkung (2. Spalte). Die prozessspezifischen Voraussetzungen, die der Wald für eine minimale und optimale Wirkung erfüllen muss, sind in den Spalten 3 und 4 zusammengefasst. Die Haupteinflussgrössen für die Schutzwirkung des Waldes gegenüber Sturz-

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr minimal	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr ideal
Entstehungsgebiet	**Mittel**	**Stabilitätsträger** Keine instabilen, schweren Bäume	
Transitgebiet	**Gross** Steine bis 0.05 m³ (Durchmesser etwa 40 cm)	**Gefüge horizontal:** Mind. 400 Bäume/ha mit BHD > 12 cm	**Gefüge horizontal:** Mind. 600 Bäume/ha mit BHD > 12 cm
		evt. auch Stockausschläge	
		Gefüge vertikal Zieldurchmesser[2] angepasst	
	Steine 0.05 bis 0.20 m³ (Durchmesser etwa 40 bis 60 cm	**Gefüge horizontal:** Mind. 300 Bäume/ha mit BHD > 24 cm	**Gefüge horizontal:** Mind. 400 Bäume/ha mit BHD > 24 cm
		Gefüge vertikal Zieldurchmesser[2] angepasst	
	Steine 0.20 bis 5.00 m³ (Durchmesser etwa 60 bis 180 cm)	**Gefüge horizontal:** Mind. 150 Bäume/ha mit BHD > 36 cm	**Gefüge horizontal:** Mind. 200 Bäume/ha mit BHD > 36 cm
	Zusätzliche für alle Steingrössen:	**Gefüge horizontal:** Bei Öffnungen[1] in der Fallinie Stammabstand < 20 m Liegendes Holz und hohe Stöcke: als Ergänzung zu stehenden Bäumen, falls keine Sturzgefahr	
		Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt	Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt
Auslauf- und Ablagerungsgebiet	**Gross** Der wirksame Mindestdurchmesser der Bäume ist deutlich geringer als im Transitgebiet und liegendes Holz ist immer wirksam	**Gefüge horizontal** Mind. 400 Bäume/ha mit BHD > 12 cm	**Gefüge horizontal** Mind. 600 Bäume/ha mit BHD > 12 cm
		Gefüge horizontal: Bei Öffnungen[1] in der Fallinie Stammabstand < 20 m evt. auch Stockausschläge	
		Gefüge vertikal Zieldurchmesser angepasst liegendes Holz und hohe Stöcke: als Ergänzung zu stehenden Bäumen	
		Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt	Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt

Tab. 1: Anforderungen an den Schutzwald bezüglich Steinschlag (Quelle: Frehner et al. 2005).

prozessen sind die Anzahl der Bäume mit einem bestimmten Stammdurchmesser und die Grösse von Lücken im Waldbestand.
Die Wirkung entfaltet sich hauptsächlich bei Einzelsturzkörpern (Stein- und Blockschlag). Bei grossen Felsstürzen oder gar Bergstürzen ist die Wirkung des Waldes indes limitiert.

2.2 Rutschungen, Erosion und Hangmuren

Wälder an Hängen mit 25-40° Neigung und entsprechenden geotechnischen Bedingungen sind potenzielle Erosionsschutzwälder. Die Waldwirkung umfasst vorwiegend das Entstehungsgebiet, was auch die Studie der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL zu den Unwettern in Sachseln (OW) im August 1997 gezeigt hat (Rickli 2001).
Die Waldwirkung ist bei flachgründigen Rutschungen gut dank:

- mechanischer Armierung des Bodens durch das Wurzelwerk;
- Verbesserung der Stabilitätseigenschaften des Bodens durch Aggregierung (v. a. über Mykorrhiza);
- Beeinflussung des Bodenwasser-Haushaltes durch Interzeption, Transpiration und Verbesserung der Durchlässigkeit;
- Wirkung auf Oberflächenerosion und Hangmuren indirekt über Verminderung von Hangprozessen.

Bei mittel- bis tiefgründigen Rutschungen sind die Waldwirkungen nur noch mittel bis gering. Eine Beeinflussung ist jedoch indirekt über den Bodenwasserhaushalt im Infiltrationsgebiet möglich. Dabei ist zu beachten, dass das Infiltrationsgebiet gewöhnlich schwierig abzugrenzen ist und die Wirkung bei vollständiger Wassersättigung des Bodens verloren geht.
Für die Schutzwirkung gegenüber Rutschungen, Erosion und Hangmuren bilden die Lückengrössen, der Deckungsgrad und die Baumartenzusammensetzung die Haupteinflussgrössen (Frehner et al. 2005). Das Zusammenspiel dieser Faktoren ergibt die stabilisierend wirkende Durchwurzelung des Bodens.

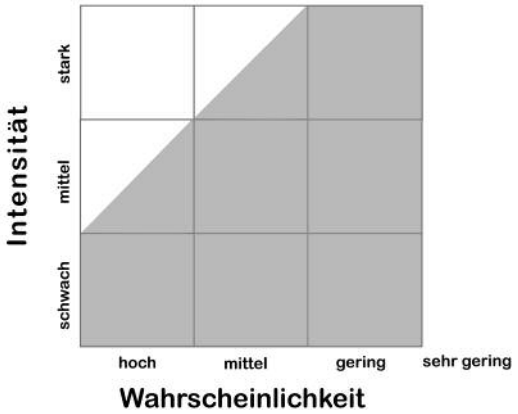


Fig. 3: Waldwirkung gegenüber Stein- und Blockschlag, dargestellt im Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm des Bundes (BRP, BWW, BUWAL 1997). Gute bis sehr gute Wirkungen im Bereich schwacher und mittlerer Intensität; im Bereich starker Intensität nur mehr bei seltenen Ereignissen. Bei häufigen Ereignissen starker Intensität wird der Wald zerstört und kann gar nicht mehr oder nur in Form einer wenig wirksamen Pionierphase überdauern.

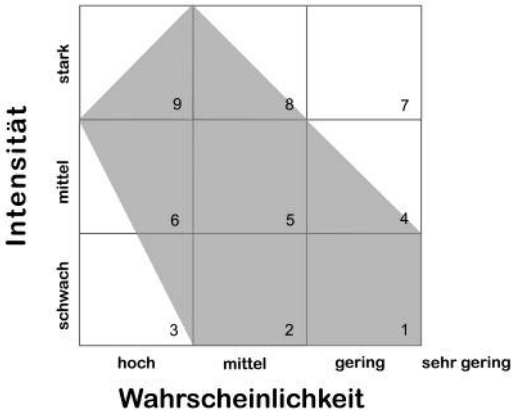


Fig. 4: Waldwirkung gegenüber Rutschungen, Erosion und Hangmuren, dargestellt im Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm des Bundes (BRP, BWW, BUWAL 1997). Gute bis sehr gute Wirkungen im Bereich schwacher und mittlerer Intensität. Wenig Wirkung im Bereich der tiefgründigen, permanenten Rutschungen (Feld 3) und der mittel- bis flachgründigen, spontanen Hangmuren (Felder 7, 8). Eingeschränkte Wirkung im Bereich ständiger, starker Bodenbewegungen (Feld 9), wo sich vielfach keine oder nur noch eine Pionierbestockung halten kann.

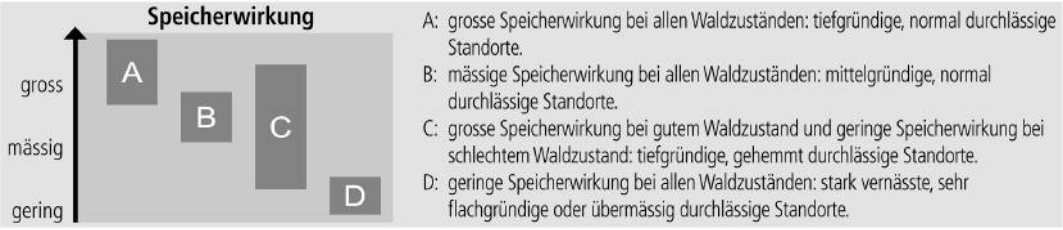


Fig. 5: Die Wasserspeicherwirkung des Waldes.

2.3 Wildbach- und Hochwassergefahren

Wald ist die günstigste Art der Bodennutzung, um einen möglichst hohen Wasserrückhalt zu erreichen. Der Bodentyp (Wurzelraum) ist die Schlüsselgrösse für die Wasserspeicher- und Infiltrationskapazität. Ob der Wald einen wesentlichen Einfluss auf das Abflussgeschehen haben kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Anteil und Lage der Waldfläche im Einzugsgebiet;
- massgebendes Niederschlagsereignis (Intensität, Vorgeschichte);
- Standorttyp, der Wasserspeicher- und Infiltrationskapazität bestimmt.

Fig. 5 fasst die Speicherwirkung des Bodens zusammen.

Einflussmöglichkeiten durch Schutzwaldpflege sind nur in den Fällen C und teils auch B gegeben. In den Fällen A und D kann es allerdings wichtig sein, dass Wald und nicht eine andere Form der Bodennutzung vorhanden ist. Der ausgleichenden Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt im Einzugsgebiet können allerdings unerwünschte Wirkungen von Holz im Bereich der Gerinne gegenüberstehen (Schwemmholzproblematik).

Auf Standorten mit grosser und mittlerer Waldwirkung bilden Deckungsgrad, Baumartenzusammensetzung und die Struktur des Waldes die Haupteinflussgrössen. Auf Standorten mit geringer und sehr geringer Waldwirkung spielt nur noch die dauernde Waldbestockung (nachhaltig gesicherte Verjüngung) eine Rolle. In unmittelbaren Gerinneeinhängen sollten keine instabilen oder rutschgefährdeten Bäume vorhanden sein.

2.4 Lawinen

Wälder an Hängen > 30° Neigung und entsprechender Höhenlage sind potenzielle Lawinenschutzwälder. Der Wald entfaltet seine Wirkungen vor allem im Entstehungsgebiet. Im Transit- und Auslaufgebiet sind die Wirkungen stark limitiert. Der Wald wirkt nicht bei oberhalb der Waldgrenze anbrechenden Grosslawinen. Entscheidende Einflussfaktoren sind die Grösse von Lücken im Wald und der Deckungsgrad.

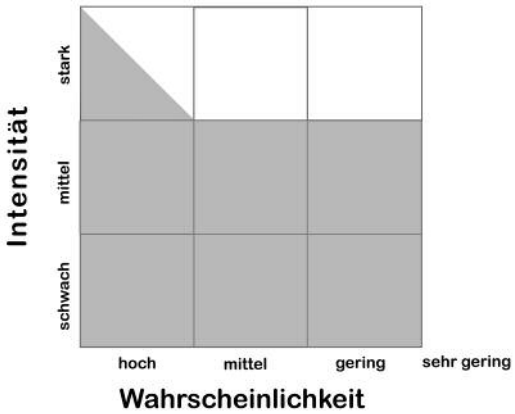


Fig. 6: Waldwirkung gegenüber Wildbach- und Hochwassergefahren, dargestellt im Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm des Bundes (BRP, BWW, BUWAL 1997). Gute bis sehr gute Wirkungen bei schwachen und mittleren Intensitäten; hier spielen auch Interzeption und Evapotranspiration eine Rolle. Die Waldwirkungen verlieren sich bei langanhaltenden, grossräumigen Niederschlägen, welche das Wasserspeichervermögen der Böden flächig überschreiten.

3. Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das System Schutzwald gute bis sehr gute Wirkungen bei Ereignissen kleiner und mittlerer Intensität und allen Eintretenswahrscheinlichkeiten hat. Bei Ereignissen starker Intensität spielen prozessspezifische Besonderheiten eine entscheidende Rolle; die generelle Wirkung nimmt ab. Dafür hat der Schutzwald gegenüber technischen Verbausystemen einen entscheidenden Vorteil: er wirkt gleichzeitig und auf der gleichen Fläche gegen alle Prozesse.

Schutzwald bedarf allerdings auch der Pflege, welche sich laut den Berechnungsansätzen des Neuen Finanzausgleichs (NFA) pro Eingriff im Mittel auf netto Fr. 12'500.- pro Hektare belaufen. Die Gesamtkosten der Schutzwaldpflege hängen wesentlich vom Ausgangszustand, den Wuchsverhältnissen und den örtlichen Rahmenbedingungen ab. Investitionen in den Schutzwald lohnen sich. Stellt man waldbauliche Massnahmen technischen Schutzmassnahmen (z. B. Steinschlagschutznetze) gegenüber, so erweist sich das Kosten-Nutzen-Verhältnissen beim Schutzwald in vielen Fällen wesentlich besser als bei technischen Massnahmen. Schutzwaldpflege ist etwa 5-10 mal günstiger als technische Verbauungsmassnahmen.

Gleichzeitig wirkt der Schutzwald auch gegen andere Gefahrenprozesse wie Rutschungen/Hangmuren und Schneerutsche. Zudem ist er nach 100 Jahren immer noch funktionstauglich, wogegen technische Schutzbauten die Lebensdauer erreicht haben. Umgekehrt ist der Schutzwald durch Windwürfe, Borkenkäfer, Waldbrände etc. in seinem Bestand und damit in seinen Wirkungen gefährdet. Dafür kann er (untergeordnet) auch noch andere Funktionen wie Lebensraum für Tiere und Pflanzen, Erholungsgebiet, Holzproduktion etc. erfüllen.

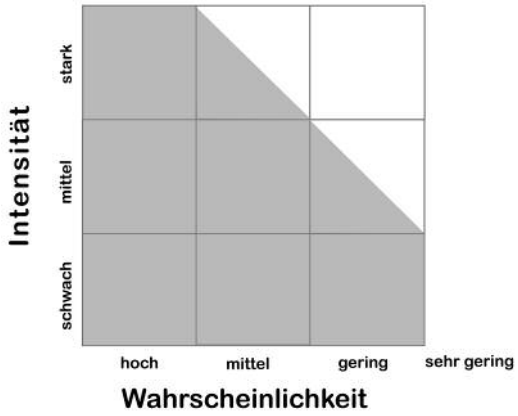


Fig. 7: Waldwirkung gegenüber Lawinen, dargestellt im Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm des Bundes (BRP, BWW, BUWAL 1997). Gute bis sehr gute Wirkungen im Bereich schwacher und mittlerer Intensität sowie im Bereich hoher Intensität im Anrissbereich. Wenig bis keine Wirkung im Transit- und Ablagerungsbereich im Falle von oberhalb der Waldgrenze anbrechenden Grosslawinen.

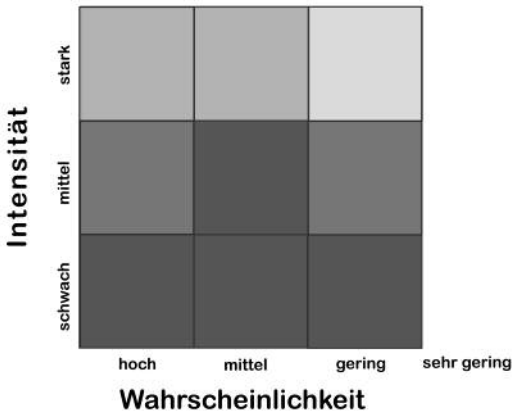


Fig. 8: Zusammenfassung der Waldwirkung gegenüber gravitativen Naturgefahren, dargestellt im Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm des Bundes (BRP, BWW, BUWAL 1997). Je dunkler der Grauton, bei desto mehr Prozessen sind Waldwirkungen gegeben.

Literatur

Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1997: Naturgefahren, Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, 42 S.

Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1997: Naturgefahren, Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, 32 S.

Frehner, M., Wasser, B. & Schwitter, R. 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 564 S.

Rickli, Chr. 2001: Vegetationsentwicklung und Rutschungen. Untersuchungen zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August 1997. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Birmensdorf, Bern. 97 S.