

Der optimale

# Schutzwald gegen Steinschlag

Im Gebirge gehören Steinschläge zu den ganz natürlichen Prozessen. Weil sie oft spontan losbrechen, weil hohe Sturzeschwindigkeiten erreicht und grosse Energien freigesetzt werden, können sie für Siedlungen und Verkehrswege ein grosses Sicherheitsrisiko darstellen. In den Alpen können Bergwälder langfristig einen guten Schutz gegen Steinschlag bieten. Wie ist aber ein optimaler Steinschlagschutzwald aufgebaut und wie reagiert der Wald selbst auf den Steinschlag?

Diese Fragen wurden von der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe (GWG) mehrmals zusammen mit dem Cemagref in Grenoble diskutiert, besonders mit der Sektion Ökosysteme und

Von Luuk Dorren, Frédéric Berger  
und Roland Métral

Gebirgslandschaften. Der vorliegende Artikel zum Thema fasst die ersten Resultate der Arbeit von Dorren et al. (2005, im Druck) für die praktischen Bewirtschafter der Schutzwälder zusammen.

In diesem Artikel wird der Steinschlag definiert als Sturz von Einzelblöcken ( $<5\text{m}^3$ ), die durch die Verwitterung und durch mechanische Einflüsse aus einem felsigen Steilhang gelöst werden.

Der Steinschlagschutzwald kann eine kostengünstige Alternative zu technischen Verbauungsmassnahmen sein, vorausgesetzt seine Schutzwirkung ist intakt und sie kann nachhaltig gewährleistet werden (Schwitter et al. 1998). Wie gut die Schutzwirkung des Waldes ist und welche waldbaulichen Eingriffe nötig sind den Schutz zu erhalten oder zu verbessern, kann nur beurteilt werden, wenn gute Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Steinschlag und Wald

\* Dr. Luuk Dorren und Dr. Frédéric Berger sind Forscher bei Cemagref in Grenoble (Frankreich, [www.cemagref.fr](http://www.cemagref.fr)), und Ing. Roland Métral ist forsttechnischer Ingenieur bei der Dienststelle für Wald und Landschaft, Forstkreis 8 in Martigny, und Präsident der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe.

Abbildung 1: Nach mehreren Baumkontakten blieb der Felsblock 33 im Testgebiet Vaujany (Frankreich, Isère) an einer relativ dünnen Tanne stehen.



vorhanden sind. Die Forschungsgruppe des Cemagref hat sich die Untersuchung dieser Interaktionen zum Ziel gesetzt.

Mit Hilfe der Resultate dieser Forschungsarbeiten hat das Cemagref eine praxistaugliche Methode entwickelt, die es den Waldpflegern ermöglicht, die aktuelle und zukünftige Schutzwirkung des Waldes gegen Steinschlag besser abschätzen sowie dessen optimale und dauerhafte Struktur besser beurteilen zu können.

## Steinschlagforschung im Schutzwald

Um die Schutztauglichkeit von Steinschlagschutzwaldbeständen besser bewerten zu können, entwickelte Gsteiger (1993) das Konzept der «mittleren baumfreien Strecke». Darunter versteht man die durchschnittliche Strecke, die ein Stein zwischen zwei Baumkontakten zurücklegt. Es wurde gezeigt, dass Bestände, deren mittlere baumfreie Strecke 40 m übersteigt, einen Sturz kaum mehr wirksam bremsen können. Auf so langen Strecken zwischen zwei Baumkontakten kann

ein Block bereits wieder soviel kinetische Energie aufbauen, dass er die Bäume brechen kann (Dorren et al., 2005 im Druck). Die Schutztauglichkeit von Steinschlagschutzwäldern wird durch die Grösse der zu erwartenden Blöcke und deren kinetischer Energie, durch den mittleren Stammdurchmesser in Brusthöhe (BHD), durch die Dichte (Stammzahl pro Fläche), durch die gesamte Grundfläche (G), sowie durch die Baumarten bestimmt (Schwitter et al. 1998). Grundsätzlich haben kleine Steine eine geringere Kontaktwahrscheinlichkeit als grosse. Ausserdem gilt: Je höher die Stammzahl pro Fläche und der mittlere Baumdurchmesser sind, desto wahrscheinlicher ist ein Aufprall eines Steins. Langfristig ist es jedoch waldbaulich nicht möglich, einen stabilen, stammzahlreichen Bestand mit vorwiegend dicken Bäumen zu erhalten.

Wichtige offene Fragen in Bezug auf die Steinschlagschutzwälder sind also:

- Welche Baumarten können am meisten Energie aufnehmen?
- Welche Durchmesser sind günstig?
- Wie gut ist die Verheilung nach Stammverletzungen?

- Welche Stammzahl- und welche Durchmesserverteilung soll angestrebt werden?
- Und schliesslich: Welche optimalen Kombinationen von Baumarten, Stammzahl- und Durchmesserverteilungen lassen sich mit waldbaulichen Massnahmen erreichen und auch langfristig erhalten?

Um diese Fragen beantworten zu können, hat das Cemagref Steinschlagexperimente auf bewaldeten und unbewaldeten Hängen gleicher Steilheit durchgeführt (Abb. 1). Diese Feldversuche wurden mit Hochgeschwindigkeitskameras dokumentiert und detailliert ausgewertet. Im Rahmen des EU-Projektes RockFor (2001–2004) konnten diese Experimente ausgebaut und intensiviert werden.

### Die Steinschlagexperimente und einige Ergebnisse

Das Studiengebiet liegt im Forêt Commune de Vaujany und weist eine mittlere Hangneigung von 38° auf. Für die Experimente wurden von einem Bagger einzelne runde Blöcke mit einem mittleren Durchmesser von 0,95 m in eine bewaldete Hangpartie und in eine benachbarte, unbewaldete Lawinenschneise gestossen. Für jeden einzelnen Block wurde die Sturzbahn, die Ablagerungsposition und jeder Baumkontakt auf einer Karte genau festgehalten. Mit Hilfe von Videoaufnahmen liessen sich die einzelnen Baumkontakte mit den dazugehörigen Energieverlusten, Geschwindigkeiten und Sprunghöhen untersuchen.

Bei der Weissanne weisen die Resultate auf eine Exponentialbeziehung zwischen dem BHD und der maximalen Energieaufnahme (Ea-max) während eines Kontaktes zwischen Stein und Baum hin (Abb. 2). Anhand von Literaturangaben zur Bruchschlagarbeit konnte diese Beziehung auch auf andere Baumarten über-

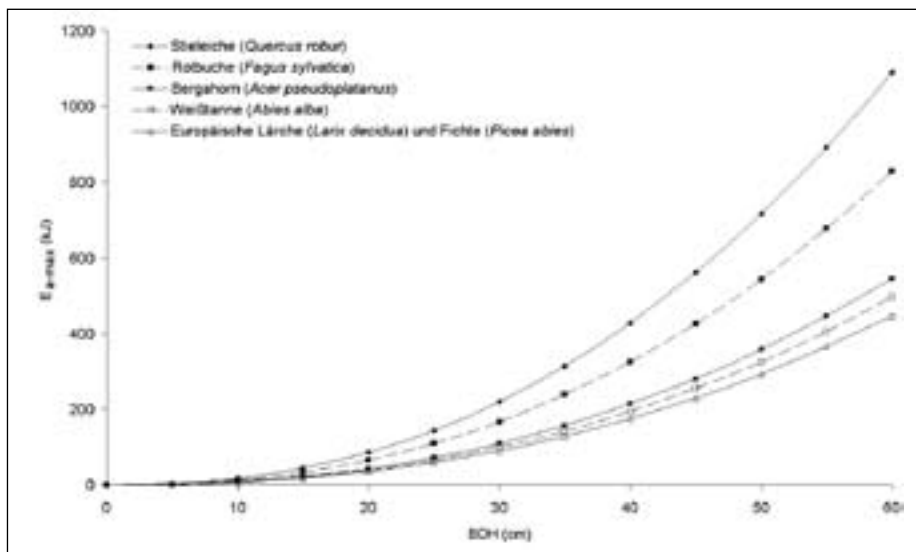


Abbildung 2: Beziehung zwischen Durchmesser (BHD) und der maximalen Energieaufnahme (Ea-max) während eines Kontaktes zwischen Stein und Baum für verschiedene Baumarten.

tragen werden. Für weitere Details und Resultate siehe Dorren et al. (2005, im Druck). Im bewaldeten Testgelände war die mittlere Sprunghöhe der Steine mit zwei Metern relativ klein. Der Hang ist 38 Grad steil und relativ gleichförmig, es gibt keine steilen Absätze, keine Steilwände und auch keine grösseren Bodenunebenheiten. In Tabelle 1 sind weitere Resultate dargestellt. Die Experimente zeigten ausserdem, dass auch kleine Bäume mit BHD unter 12,5 cm Blöcke bis ca. 1 m<sup>3</sup> stoppen können, sofern ein Grossteil der Energie bereits zuvor durch Kontakte mit grösseren Bäumen abgebaut wurde. Einmal mehr wird damit bestätigt, wie wichtig ein guter Nebenbestand in diesen Steinschlagschutzwäldern ist.

Die Ergebnisse erlaubten es, die Computermodelle des Cemagref weiterzuentwickeln und zu verifizieren. Die Schutzwirkung einzelner Bäume, ganzer Bestände und sogar von Wäldern mit einem Mosaik verschiedener Bestände

kann heute bereits gut simuliert werden. Ausserdem können mit den Modellen auch die einzelnen Absturzbahnen der Blöcke simuliert und die Steinschlagrisikozonen mit oder ohne Waldwirkung modelliert werden.

### RockFor<sup>NET</sup>

Das kostenlose und öffentlich zugängliche Werkzeug RockFor<sup>NET</sup> (www.rockfor.net) entstand aus den Computermodellen des Cemagref und erlaubt jedem Benutzer und jeder Benutzerin, die wahrscheinliche Steinschlaggefahr am Fuss eines Steinschlagschutzwaldes zu berechnen. Als «Steinschlaggefahr» wird der Prozentsatz jener Steine angenommen, die den bewaldeten Hang durchlaufen und nicht am Hang bzw. im Wald gestoppt werden. RockFor<sup>NET</sup> bezieht den bestehenden Wald vereinfacht so in die Berechnungen ein, wie wenn er aus räumlich verteilten Steinschlagnetzen bestehen würde. Das Modell überträgt die beste-

|  | Nicht-bewaldeter Sektor (n=100) | Bewaldeter Sektor (n=102) |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| Mittlere maximale Geschwindigkeit (m s <sup>-1</sup> )                   | 15,4                            | 11,7                      |
| Maximale Geschwindigkeit (m s <sup>-1</sup> )                            | 30,6                            | 24,2                      |
| Prozentsatz der gestoppten Blöcke nach 223,5 m (%)                       | 5                               | 66                        |
| Prozentsatz der gestoppten Blöcke auf der Forststrasse (%)               | 15                              | 13                        |
| Prozentsatz der Blöcke, die den Wald durchlaufen (%)                     | n.a.                            | 34                        |
| Mittlere Sprunghöhe (m)  | 1,5                             | 1                         |
| Maximale Sprunghöhe (m)  | 8                               | 2                         |
| Anzahl der notwendigen Blöcke bis eine Steinschlag-Schneise entsteht (-) | n. a.                           | 72                        |

Tabelle 1: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Experimente in Vaujany.

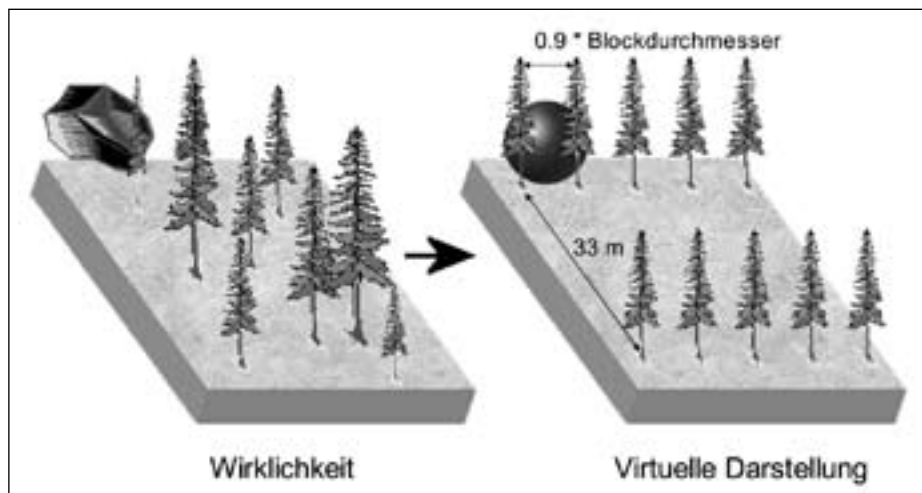


Abbildung 3: Erklärung des Grundprinzips von RockForNET.

hende Waldstruktur in virtuelle Reihen nebeneinanderstehender Bäume. Dabei beträgt der Abstand zwischen zwei Bäumen in einer Reihe 90% des durchschnittlichen Steindurchmessers und der Abstand zwischen zwei Reihen 33 m (Abb. 3). Diese Distanz wurde von der mittleren baumfreien Strecke auf unserem Testgelände abgeleitet. Dieses Werkzeug ist auch auf anderem Gelände anwendbar.

RockFor<sup>NET</sup> wurde im Rahmen des Projektes INTERREG III A «Nachhaltige Pflege des Gebirgsschutzwaldes» im Wallis praktisch getestet. Zwei Varianten mit unterschiedlichen Blockgrößen von 0,2 und 0,5 m<sup>3</sup> wurden analysiert. Dem verantwortlichen Waldpfleger helfen die Ergebnisse von RockFor<sup>NET</sup>, die Bewirtschaftung des betroffenen Waldes noch besser auf das konkrete Ziel, nämlich die bestmögliche, nachhaltige Schutzwirkung, auszurichten.

Die Zahlen sprechen für sich. Das Computermodell zeigt, dass für 0,2 m<sup>3</sup> grosse Blöcke bei einer Durchlaufstrecke von 550 m im analysierten Waldstück 475 Bäume mit einem mittleren Durchmesser von 24 cm notwendig sind, um

alle Steine aufzuhalten. Für 0,5 m<sup>3</sup> grosse Blöcke würde es dagegen 2000 Stämme mit gleichem durchschnittlichem Durchmesser brauchen, um das gleiche Resultat zu erzielen. Solche Blöcke könnten aber auch von 344 Stämmen mit einem mittleren Durchmesser von 36 cm aufgehalten werden. Gemäss dem geologischen Rapport muss man im Wallis im Durchschnitt mit Steinblöcken von etwa 0,5 m<sup>3</sup> Grösse rechnen. Mit diesen Angaben kann der Bewirtschafter für ein bestimmtes Waldstück mit Schutzfunktion die Ziele besser definieren, das heisst zum Beispiel:

- grosse stabile Bäume bewahren;
- einen maximalen Durchmesser je nach Baumart bestimmen;
- Eine realistische Umlaufzeit festlegen;
- Den minimal notwendigen Flächenanteil der Verjüngung abschätzen.

### Kurze Synthese

Die Experimente haben gezeigt, dass in Steinschlagschutzwäldern neben dem Hauptbestand aus dicken, grossen Bäumen auch ein gut ausgebildeter Nebenbestand wichtig ist. Gut strukturierte

Bestände mit einem breiten Durchmesserpektrum und einem Mosaik unterschiedlicher Waldentwicklungsphasen bieten langfristig den besten Steinschlagschutz. Es zeigte sich auch, dass Laubholz beim Aufprall von Blöcken mehr Energie aufnehmen kann als Nadelholz. Insbesondere die Rotbuche und der Bergahorn sollen darum auch in Zukunft eine wesentliche Stütze für stabile Bergmischwälder sein.

Die Anforderungen an die Struktur von Gebirgswäldern können je nach der gewünschten Funktion, die der Wald erfüllen soll, sehr unterschiedlich sein. Die Bewirtschaftung der Gebirgswälder sollte sich darum vermehrt auf diese spezifischen Anforderungen ausrichten. Die zahlreichen Vorteile der Schutzwaldbewirtschaftung als Basis der multifunktionalen Dienstleistung des Waldes können so noch vermehrt zum Tragen kommen. Vielleicht versteht sich Bergwaldbewirtschaftung in Zukunft zum Teil auch als Eco-Engineering. Werkzeuge wie beispielsweise RockForNET können in diesem Zusammenhang dem Praktiker eine wertvolle Hilfestellung bieten.

### Literatur

- Dorren, L.K.A., Berger, F., LE HIR, C., Mermin, E. Aand Tardif P., 2005. Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. *Forest Ecology and Management* 215 (1-3), 183-195.
- Dorren, L.K.A., Berger, F. 2005. Stem breakage of trees and energy dissipation during rockfall impacts. *Tree Physiology* (in Druck).
- Gsteiger, P. 1993. Steinschlagschutzwald. Ein Beitrag zur Abgrenzung, Beurteilung und Bewirtschaftung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 144, S. 115-132.
- SCHwitter, R., ET AL. 1998. Dokumentation der 14. Arbeitstagung der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe mit der FAN 1998, Grafenort/Engelberg.