



# Agenda

**FAN**

**1/2009**

**März / Mars**

**GRAVITATIVE NATURGEFAHREN  
WIRKUNGEN VON BÄUMEN UND WALD**

**Herausgeber / Editeur**

FAN Fachleute Naturgefahren Schweiz

**Offizielle Adresse / Adresse officielle**

Willi Eyer, Service des forêts et de la faune,  
1762 Givisiez FR.

Tel. 026 305 23 23, E-Mail: [eyerw@fr.ch](mailto:eyerw@fr.ch)

**Sekretariat, Administration, Kurswesen /  
Secrétariat, administration, cours**

Ingenieure Bart AG, Rolf Bart, Waisenhaus-  
strasse 15, 9000 St. Gallen

Tel. 071 /228 01 70, Fax 071/228 01 71

**Internet:** <http://www.FAN-Info.ch>

**Redaktion FAN-Agenda /  
Rédaction Agenda-FAN**

Jean-Jacques Thormann, SHL, Zollikofen ;  
Bernhard Perren, IMPULS, Seestr.2, 3600  
Thun ;

Alexandre Badoux, WSL, Birmensdorf und Sion

**Meldungen, Beiträge und Anfragen FAN  
Agenda an: /****Informations, contributions et demandes à  
l'adresse suivante:**

Jean-Jacques Thormann, Schweizerische  
Hochschule für Landwirtschaft SHL, Studien-  
gang Forstwirtschaft

Länggasse 85, 3052 Zollikofen,

Tel. 031 910 21 47, Fax 910 22 99, E-Mail:

[jean-jacques.thormann@bfh.ch](mailto:jean-jacques.thormann@bfh.ch)

**Redaktionsschluss FAN-Agenda 2/09 /  
Fermeture de la rédaction Agenda-FAN 2/09:**

**15. Oktober 09 / 15. Octobre 09**

**Die FAN-Agenda erscheint 1-3 mal jährlich /  
L'Agenda-FAN paraît 1-3 fois par an.**

**Zielsetzung der FAN**

Die Tätigkeit der FAN steht im Dienste der Walderhaltung und dem Schutz vor Naturgefahren. Sie widmet sich insbesondere dem Thema Weiterbildung bezüglich Lawinen-, Erosions-, Wildbach-, Hangrutsch- und Steinschlaggefahren. Die ganzheitliche, interdisziplinäre Beurteilung und Erfassung von gefährlichen Prozessen sowie die Möglichkeiten raumplanerischer und baulicher Massnahmen stehen im Zentrum.

**Mitgliedschaft bei der FAN**

Die Mitglieder der FAN sind Fachleute, welche sich mit Naturgefahren gemäss Zielsetzung der Arbeitsgruppe befassen. Total umfasst die FAN über 200 Mitglieder aus der ganzen Schweiz. Mitgliedschaftsanträge sind an den Präsidenten oder Sekretär zu richten.

Die Mitgliedschaft in der FAN kostet Fr. 80.-/Jahr und steht allen Fachleuten aus dem Bereich Naturgefahren offen. Bedingung ist zudem, dass jeweils innerhalb von drei Jahren einmal vom Kursangebot Gebrauch gemacht wird.

**Objectif de la FAN**

La FAN est au service de la conservation des forêts et de la protection contre les dangers naturels. Elle se consacre en particulier au thème du perfectionnement dans le domaine des dangers que représentent les avalanches, l'érosion, les torrents, les glissements de terrain et les chutes de pierres. Elle met aussi l'accent sur deux aspects importants: des évaluations et des relevés globaux et interdisciplinaires des processus dangereux, et les mesures possibles en matière d'aménagement du territoire et de génie forestier.

**Adhésion à la FAN**

Les membres de la FAN sont des spécialistes qui s'occupent de dangers naturels conformément aux objectifs du groupe de travail. La FAN comprend au total plus de 200 membres, répartis dans toute la Suisse. Les demandes d'adhésion doivent être adressées au président ou au secrétaire.

L'adhésion à la FAN coûte fr. 80.-/an. Elle est ouverte à tous les spécialistes des dangers naturels. Une seule condition imposée est de fréquenter tous les trois ans au moins l'un des cours proposés

**Was ist Wo in dieser Agenda?**

			<b>Seite</b>
		<b>Vorwort</b>	04
<b>FAN-FORUM 2009</b> GRAVITATIVE NATURGEFAHREN: WIRKUNGEN VON BÄUMEN UND WALD	Ueli Ryter	<b>Lawinen:</b> Der lange Weg von Hochlagenaufforstungen zum Lawinenschutzwald	05
	Matthias Kalberer Martin Jonsson	<b>Stein- und Blockschlag:</b> Energieaufnahme von Einzelbäumen	08
	Dominik Ehret Joachim Rohn	<b>Gastreferat:</b> Untersuchung prähistorischer Massenbewegungen in der Weltkulturerbe-Region Hallstatt-Dachstein, Österreich	12
	Massimiliano Schwarz	<b>Rutschung:</b> Neue Ansätze zur Quantifizierung des Wurzeinflusses auf die Hangstabilität und die Auslösung von Hangrutschungen	in Agenda 2/08 (S. 11)
	Benjamin Lange Peter Lüscher Peter F. Germann	<b>Hydrologie:</b> Durchwurzelung von Waldböden und Wasserhaushaltparameter	16
	Monika Frehner	Anforderungen an <b>wirksamen Schutzwald</b> und dessen Berücksichtigung in <b>Protect</b>	20
	André Wehrli Stéphane Losey	<b>SilvaProtect-CH:</b> Einblick in laufende Arbeiten des BAFU (mit Hinweis auf <b>Aqua-Protect</b> )	23
<b>Meinungen</b>	Rolf Bart	<b>EconoMe – Verirrungen:</b> offener Brief	27

Liebe Leserinnen und Leser

Diese FAN-Agenda ist dem Schwerpunktthema **Wirkungen von Bäumen und Wald** gegenüber gravitativen Naturgefahrenprozessen gewidmet.

Seit über 100 Jahren untersucht, manchmal glorifiziert, manchmal verschrien, ist die Bedeutung der Vegetation auf die verschiedenen Prozessarten nicht nur für Förster oder für Grüne von Interesse. Die Boden- und Ressourcennutzung ist im Wesentlichen vom Menschen bestimmt, und sie hat - im Gegensatz etwa zu Klimaänderungsfaktoren - meist am gleichen Ort positive oder negative Folgen auf Naturgefahrenprozesse. Verschiedene aktuelle Beiträge beleuchten einige Aspekte, deren Kenntnis für alle Fachleute nützlich ist.

Im Weiteren haben wir eine neue Rubrik „**Meinungen**“ eingeführt. Hier sollen FAN-Mitglieder und Mitgliederinnen zu Wort kommen und Ihre Meinungen offen kundtun können. Einzige Bedingung ist, die Beiträge müssen „fair“ und ausgewogen sein. Selbstverständlich sind auch Gegendarstellungen erwünscht. Wir hoffen, dass die Agenda auf diese Weise etwas lebendiger wird. Der Anfang macht ein offener Brief von Rolf Bart an Andreas Götz, Vizedirektor, BAFU, unter dem Titel „EconoMe – Verirrungen“.

Nils Hählen ist aus dem Redaktionsteam zurückgetreten weil er zukünftig als Vizepräsident der FAN tätig sein wird. Wir wünschen ihm viel Erfolg und danken Ihm herzlich für die Arbeit, die er in den letzten Jahren geleistet hat.

Wir wünschen allen wiederum eine spannende Lektüre!

Mit den besten Wünschen

Das Redaktionsteam J.J. Thormann, A. Badoux, B. Perren



Effizienter Steinschlagschutzwald, Snowy Mountains, NSW, Australien (JJ Thormann)

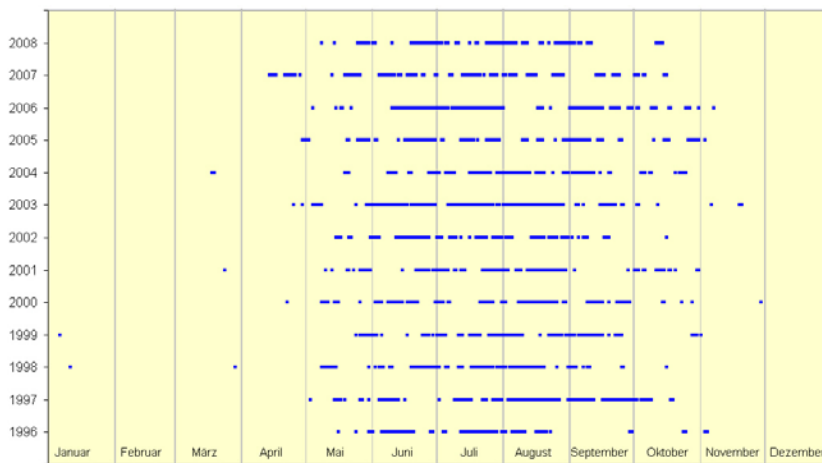
## Der lange Weg von Hochlagenaufforstungen zum Lawinenschutzwald

von Ueli Ryter, Abteilung Naturgefahren, Interlaken

Seit Mitte der Fünfzigerjahre sind im Berner Oberland zum Schutz von Siedlungen und Verkehrswegen zahlreiche Lawinenverbauungen ausgeführt worden. Im Wissen, dass technische Schutzwerke eine beschränkte Lebensdauer aufweisen, wurden in den allermeisten Projekten auch Aufforstungen begründet. Lawinenschutzwälder verhindern die Entstehung von Lawinen in deren Anrissgebieten nachhaltig und vergleichsweise sehr günstig.

Seit 1995 werden von der Abteilung Naturgefahren im forstlichen Verbauungs- und Aufforstungsprojekt Brienzler Wildbäche systematisch Messungen durchgeführt und ausgewertet, welche über die extremen Standortverhältnisse im Bereich der Waldgrenze Auskunft geben. Diese werden mit denjenigen in tieferen Lagen verglichen. Die Unterschiede sind frappant; bei verschiedenen gemessenen Grössen liegen sie im Bereich von „Faktor 2“. Die im Sommerhalbjahr gemessene Regenmenge beispielsweise ist im Einzugsgebiet der Brienzler Wildbäche fast doppelt so gross wie im Tal (Brienz-Kienholz). Die Jahres-Durchschnittstemperatur ist im Bereich der Waldgrenze mit 4.5°C nur halb so hoch wie in tiefen Lagen (Interlaken 9.1°C).

Mit einer automatischen Kamera konnte das Triebwachstum während der Vegetationsperiode dokumentiert werden. Dabei hat sich gezeigt, dass dieses erst nach Mitte Juni einsetzt und bereits Ende Juli abgeschlossen ist. Selbst während dieser kurzen Periode treten Phasen mit deutlich reduziertem oder sogar keinem Zuwachs auf. Die Korrelation mit der Temperatur ist offensichtlich: Bei Tages-Durchschnittstemperaturen von weniger als 10°C wird das Triebwachstum sehr stark verlangsamt oder eingestellt. In der ersten Julihälfte tritt regelmässig ein markanter Temperatursturz auf.



**Abb. 1** Tage mit durchschnittlicher Lufttemperatur von mindestens 10°C

Im Durchschnitt der Jahre 1996-2008 liegt die Tages-Durchschnittstemperatur auf 1800 m ü.M. an 86 Tagen über 10°C, wobei die jährlichen Unterschiede sehr gross sind: Das Minimum betrug 66 Tage, das Maximum 113.

Im Vergleich dazu zeigt die Auswertung für Interlaken auf 560 m ü.M. einen Durchschnittswert von 174 Tagen und nur geringe Schwankungen (164 - 182 Tage).

Frost ist ein weiterer Faktor, der die Vegetationszeit in hohen Lagen stark einschränkt. Die Messungen haben gezeigt, dass nur gerade die Monate Juli und August in der Regel frostfrei sind, und bereits im September regelmässig Temperaturen unter dem Gefrierpunkt auftreten. Den Pflanzen bleibt somit nach Abschluss des Triebwachstums für die Verholzung wenig Zeit. Der Vergleich

genetisch angepasster Hochlagenpflanzen mit einer Herkunft aus dem Mittelland zeigt eindrücklich, dass nur standortgerechte Pflanzen eine Überlebenschance haben.



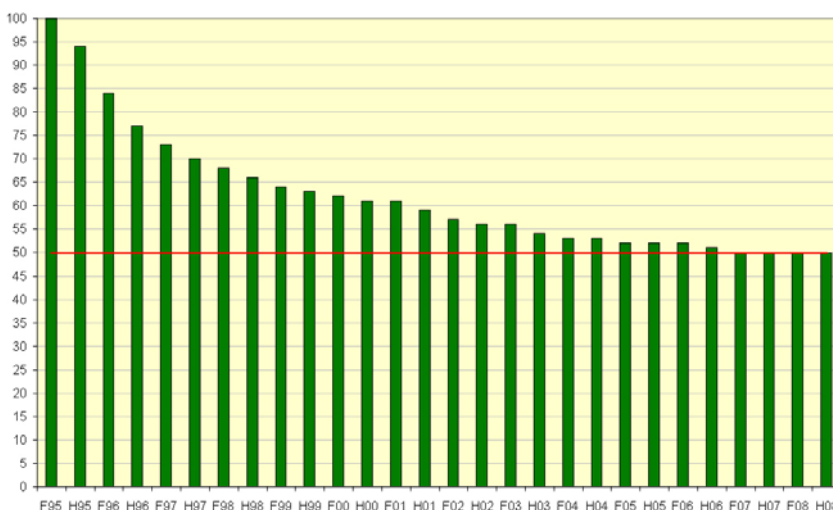
**Abb. 2** Stand der Verholzung am 9.9.2004:  
Standortgerechte Hochlagenherkunft



**Abb. 3** Stand der Verholzung am 9.9.2004:  
Tieflagenherkunft

Enorm gross sind die mechanischen Belastungen im Winter durch den Schnee (Auflast, Setzung und Gleiten). Die Schneebedeckung variiert von Winter zu Winter sehr stark. Schneefreie Perioden im Hochwinter führen nachweislich zu vermehrtem Wildverbiss und können auch zu Schäden durch Frosttrocknis führen. Der Befall durch den schwarzen Schneeschimmel ist abhängig vom Zeitpunkt der Ausaperung; der Kleinstandort (Mulde, Kuppe, Exposition) spielt grundsätzlich eine wichtige Rolle.

Die Ausfälle sind in den ersten Jahren nach der Pflanzung besonders gross: Nach 2 Jahren lebten in der Versuchsfläche noch 73% der gepflanzten Fichten, nach 5 Jahren 62% und nach 10 Jahren 52%; seither haben die Ausfälle nicht mehr zugenommen.

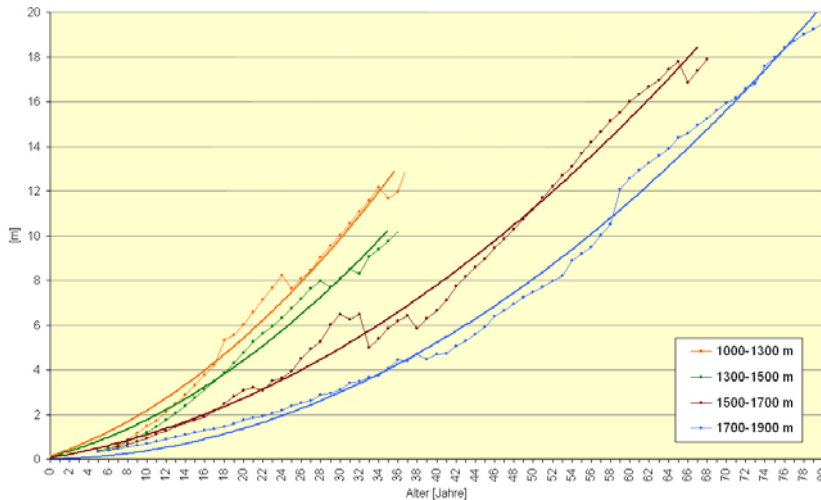


**Abb. 4** Überlebensrate in % der gepflanzten Fichten (F=Frühjahr, H=Herbst)

Das Wachstum verläuft in der Jungwuchsphase sehr langsam. Die Fichten erreichten in der Versuchsfläche 14 Jahre nach der Pflanzung eine durchschnittliche Grösse von 90 cm. Die entspricht

einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 5 cm (die Fichten waren bei der Pflanzung 20 cm gross).

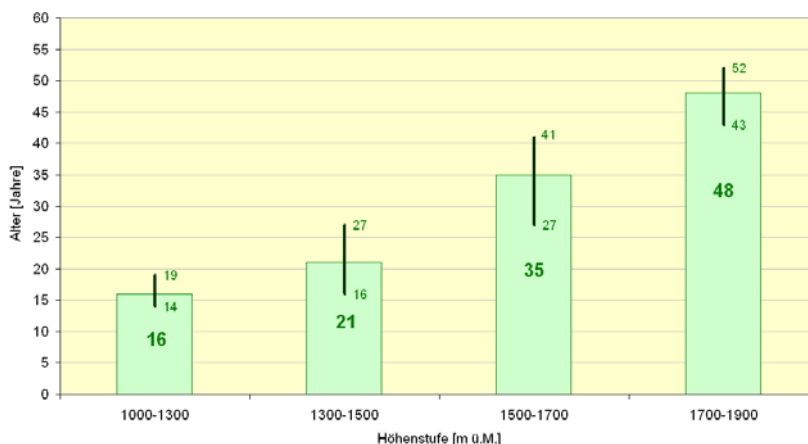
2005 wurden in 24 Lawinenverbauungs- und Aufforstungsprojekten insgesamt 112 Bäume gefällt und vermessen, die in den Jahren 1928 bis 1998 gepflanzt worden sind. Dadurch konnte das Wuchsverhalten von Fichten in verschiedenen Höhenlagen rekonstruiert werden.



**Abb. 5** Wachstumsverlauf in verschiedenen Höhenlagen

Die Untersuchungen bestätigen die Abhängigkeit des Wachstums von der Höhenlage sehr deutlich. Die Jahrestriebe sind in Höhenlagen von 1000-1300 m ü.M. 2.5 bis 4-mal so lang wie auf 1800 m.

Von besonderem Interesse ist die Frage, ab wann Aufforstungen das Anreissen von Lawinen verhindern können. In der Literatur sind verschiedene „Faustregeln“ für die wechselseitigen Beziehungen zwischen Schnee und Pflanze zitiert. Die Angaben für eine notwendige Baumhöhe gehen somit weit auseinander. Unbestritten scheint gemäss SLF und NAIS-Ordner die Tatsache, dass ab einer Baumhöhe, welche 1.5-mal der extremen Schneehöhe entspricht, in jedem Fall eine stabilisierende Wirkung der Bäume auf die Schneedecke besteht. Das bedeutet, dass die Aufforstungen in Abhängigkeit der Höhenlage im Berner Oberland etwa die folgenden Grössen erreichen müssen: 1000-1300m: 4m, 1300-1500 m: 5m, 1500-1700 m: 6m, 1700-1900 m: 7m. Die extremen Schneehöhen nehmen mit der Höhe über Meer zu, das Wachstum der Pflanzen jedoch ab. Das bedeutet, dass es überproportional lange dauert, bis Aufforstungen in hohen Lagen die Schutzfunktion übernehmen können.



**Abb. 6** Wann übernehmen die Aufforstungen die Funktion der Lawinenverbauungen?  
Durchschnittswerte und Spannweite (2/3 der untersuchten Pflanzen)

Im Bereich der Waldgrenze dauert es also im Berner Oberland rund 50 Jahre, bis der aufwachsende Wald die Funktion der Lawinenverbauungen übernehmen kann; in der Höhenlage 1300-1500 m ü.M. nur gerade 20 Jahre.

Der Bericht über die Untersuchungen kann in gedruckter Form oder als PDF-Datei bei der Abteilung Naturgefahren bezogen werden: [naturgefahren@vol.be.ch](mailto:naturgefahren@vol.be.ch)

Ueli Ryter  
Amt für Wald des Kantons Bern  
Abteilung Naturgefahren  
Schloss 5  
3800 Interlaken  
[ueli.ryter@vol.be.ch](mailto:ueli.ryter@vol.be.ch)

### Stein- und Blockschlag: Energieaufnahme von Einzelbäumen

von Matthias Kalberer und Martin Jonsson

Bäume und Wald vermögen die Auswirkungen von Naturereignissen wesentlich einzuschränken. Gleichzeitig sind sie aber selber durch Naturereignisse gefährdet und somit in ihren Funktionen in Frage gestellt. Insbesondere nach verheerenden Naturereignissen wie zum Beispiel nach dem Felssturz von Gurtellen vom 31. Mai 2006, bei dem auf der Gotthardautobahn N2 zwei Autos durch einen oder zwei Blocktreffer im Auto starben, wird die Waldwirkung in Frage gestellt. Hat die Waldwirkung versagt? Besitzt der Wald überhaupt eine Wirkung? Und wenn ja, wie gross ist sein Einfluss?

Die Gefährdung für Menschen, Sachwerte und Infrastrukturen wird dabei im Wesentlichen durch die mechanische Stabilität der Bäume gegenüber Naturereignissen bestimmt. Trotz dieser grossen Bedeutung sind die mechanischen Wechselwirkungen zwischen Bäumen, Wald und den Naturgefahrenprozessen Wind, Lawinen, Steinschlag und Rutschungen nur ansatzweise bekannt. Über die Schutzwirkung von Wäldern gegen Naturgefahren und im Speziellen über die Stabilität von Einzelbäumen existierte bis vor kurzem nur qualitatives Wissen.

Zur Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Naturereignissen und Wald wurde im Jahr 2000 das Projekt „Naturereignisse und Baumstabilität“ am Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) lanciert. Mit der Fokussierung auf Steinschlag wurde gleichzeitig in Zusammenarbeit mit dem CEMAGREF in Grenoble und den Universitäten Bern, Barcelona und Wien das Projekt Rockfor („Efficiency of the Protective Function of Mountain Forest Against Rockfall“) durchgeführt.

Mit verschiedenen Experimenten an stehenden Bäumen im Wald oder an Baumteilen im Labor und mit numerischen Simulationen wurde versucht, die mechanischen Eigenschaften von Bäumen und Waldbeständen zu beschreiben und zu quantifizieren. Die gewonnenen Erkenntnisse konnten in Bezug auf den Steinschlagprozess umgesetzt werden. Sie dienen als Grundlage zur Bewertung der Schutzwaldleistung gegenüber Naturgefahren (Jonsson 2007; Kalberer 2006).

#### Experimente

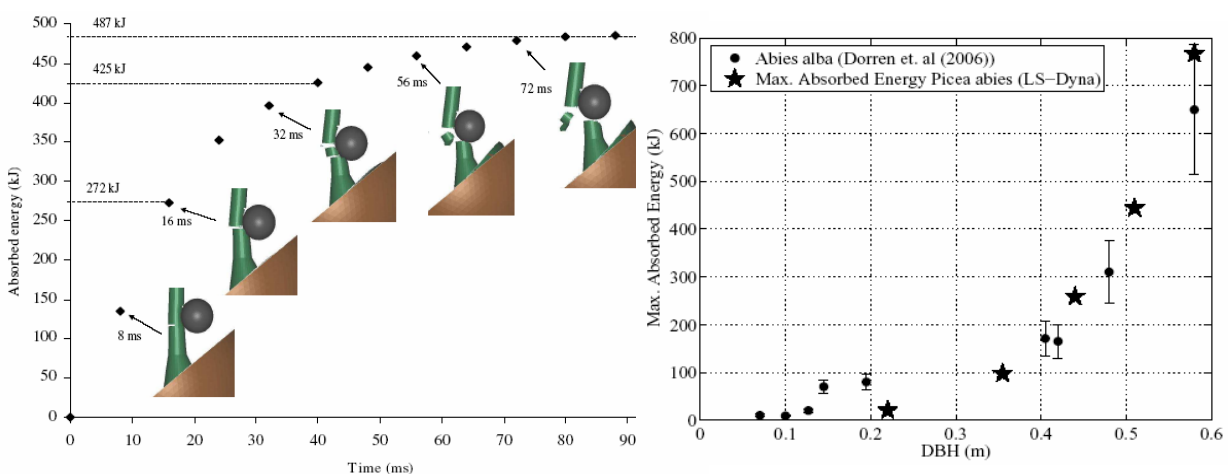
Die Baum-Stein-Interaktion beim Steinschlagprozess ist hochkomplex. Um diesen Teilprozess der Interaktion genau beschreiben zu können, müssen die Reaktion eines Baumes und die Reaktion der einzelnen Baumteile (Wurzel, Stamm und Krone) bei einem Steintreffer bekannt sein. Dazu muss man die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Baumteile kennen. Sind diese bekannt, kann mit physikalischen Berechnungsmodellen die Energieabsorption eines Baumes bei einem Steinschlagtreffer berechnet werden. Dazu wurden am SLF und in den umliegenden Wäldern von Davos verschiedene Versuche zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften der Fichte durchgeführt. Mit quasistatischen Umziehversuchen wurde das Verankerungsmoment in Abhängigkeit der Stammfussrotation analysiert. Die Biegesteifigkeit und das Spannungsdehnungsverhalten an Stammabschnitten frisch gefällter Fichten wurden mit statischen Vierpunktbiegeversuchen unter-



sucht. Auf einer Anprallanlage im Labor wurde die Bruchschlagarbeit an zersetzten und unzersetzten Totholzstämmen und an Stammabschnitten von frisch gefällten, lebenden Fichten bestimmt. Schliesslich wurden im Feld mit Anpralltests Steinschlagtreffer an stehenden Bäumen insitu simuliert und dabei die Energieabsorption der Bäume gemessen. Die Resultate der einzelnen Experimente können im Bericht Eigenschaften der Fichte als Eingangsgrössen zur Modellierung von Naturgefahren (Kalberer et al 2007) nachgelesen werden.



**Abb.1: Anprallversuch:** Auf den zwei Führungseilen frei fahrender Anprallwagen unmittelbar nach dem Test. Der 517 kg schwere Anprallwagen prallte mit einer Geschwindigkeit von 21,4 m/s auf den Testbaum mit einem Durchmesser DBH = 0.43 m. Die Energie von 118 kJ reichte aus, um den Baum zu brechen. Dank dieses realitätsnahen dynamischen Tests kann das Energieabsorptionsvermögen von Bäumen bei Steinschlag berechnet werden.

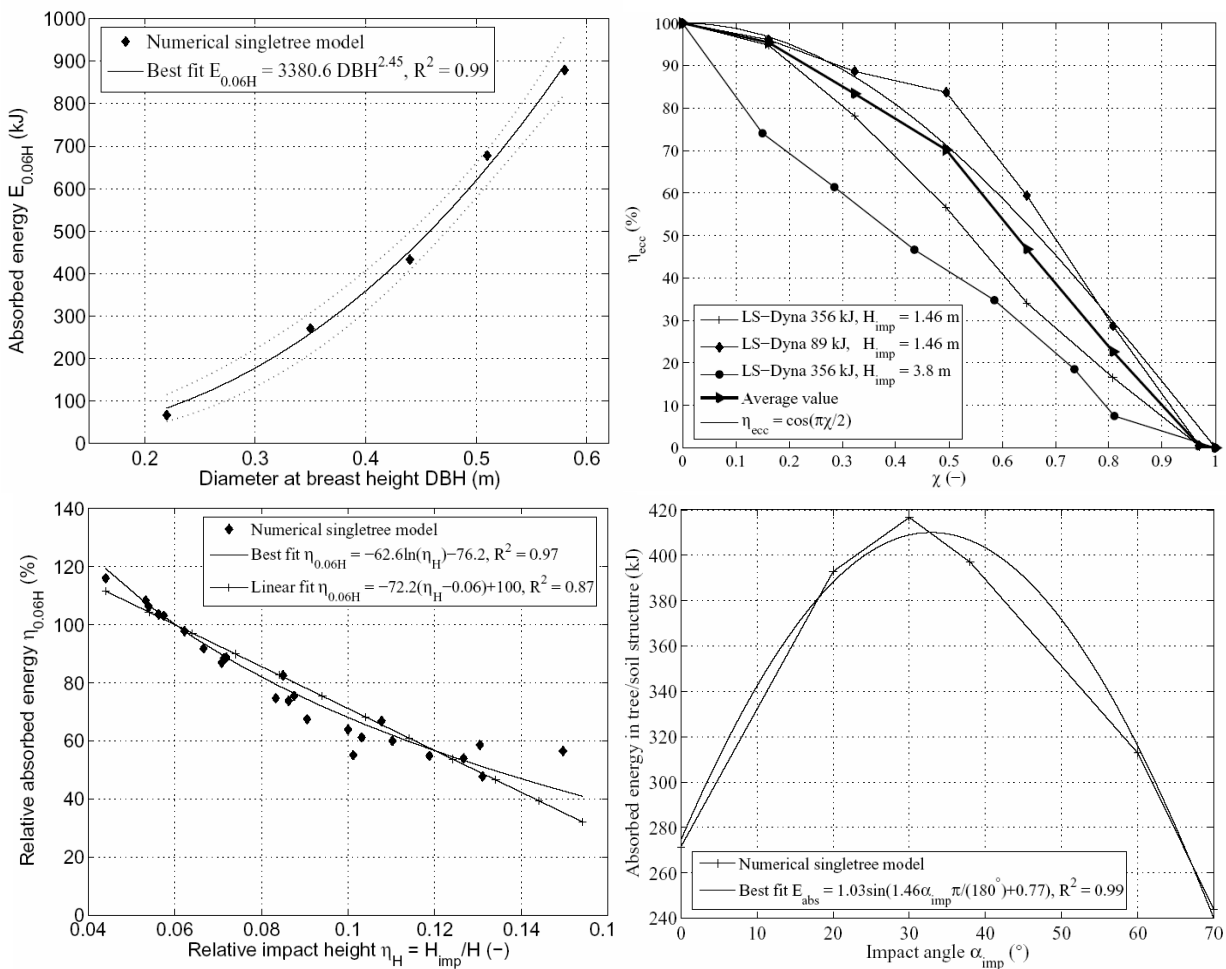


**Abb.2: Modellierung Steinschlagtreffer:** linke Seite: Kinetische Energie eines Steinschlagtreffers als Funktion der Zeit (Anprallhöhe 1.75 m, Baumdurchmesser 0:51 m, Anprallgeschwindigkeit 28.9 m/s, Gesteinsdurchmesser = 0.95 m, Anprallwinkel 38°). Bereits nach 16 ms wurden 56% der Energie absorbiert. Rechte Seite: Vergleich der Modellresultate (Sterne) mit den Ergebnissen aus der Analyse von realen Steinschlagtreffern (Punkte). Aus Jonsson (2007).

**Modellierungen**

Aufbauend auf den Experimenten wurde zur Analyse der Energieabsorption von Bäumen bei Steinschlagtreffern ein numerisches Einzelbaummodell entwickelt (Jonsson 2007). Trotz der natürlichen Variation der Holzeigenschaften, des Bodens und der komplexen Interaktion zwischen Wurzeln und Boden ist das numerische Einzelbaummodell in der Lage, die Anpralltest übereinstimmend zu simulieren. Der Vergleich mit realen Steinschlagtreffern aus den Versuchen von Dorren (2006) hat ergeben, dass das Modell auch für Steinschlagtreffer übereinstimmende Resultate liefert (siehe Abb.2).

Mit dem Einzelbaummodell konnten schliesslich Parameterstudien durchgeführt werden. So konnte der Einfluss des Baumdurchmessers, der Anprallhöhe, der Exzentrizität und des Anprallwinkels auf die Energieabsorption analysiert und quantifiziert werden (siehe Abb. 3).



$$E_{cap} = E_{0.06H}(DBH) \cdot \eta_{0.06H}(\eta_H) \cdot \eta_{ecc}(\chi) \cdot \eta_{\alpha_{imp}}(\alpha_{imp})$$

**Abb.3: Energieabsorptionskapazität:** Die Energieabsorptionskapazität  $E_{cap}$  eines Baumes in Abhängigkeit des Baumdurchmessers  $DBH$ , der Anprallhöhe  $\eta_H$ , der Exzentrizität  $\chi$  und des Anprallwinkels  $\alpha_{imp}$ . Aus Jonsson (2007).

**Ausblick und Schlussfolgerungen**

Die Umsetzung der Ergebnisse des Einzelbaums erfolgt mit Steinschlagmodellen. Es existiert eine Vielzahl von unterschiedlich komplexen Modellen zur Simulation von Steinschlagereignissen. Bei einfacheren Modellen werden statistische Methoden angewandt. Es wird anhand der Durchmes-

serverteilung eines Bestandes eine Trefferwahrscheinlichkeit ermittelt und diese mit einem „durchschnittlichen“ Wert für die Energieabsorption multipliziert. Solche Modelle liefern ohne grossen Rechenaufwand zuverlässige Abschätzungen der Waldwirkung. Deterministisch rechnende räumliche Modelle sind in der Lage verschiedene Arten von Bewegungen (Rutschen, Rollen, Springen) der Steine zu berechnen. Sie berücksichtigen die räumliche Verteilung der einzelnen Bäume im Wald und berechnen die zurückgelegte Bahn eines Steines zwischen den Bäumen räumlich exakt. Die Energieabsorption kann somit in Abhängigkeit des Baumdurchmessers, der Anprallhöhe, der Exzentrizität und des Anprallwinkels ermittelt werden. Weiter wird die Ablenkung eines Steines nach einem Baumtreffer aufgrund des Anprallwinkels berechnet. Eine solche Modellierung ist sehr zeit- und rechenintensiv und daher nur für Forschungszwecke geeignet. So kann zum Beispiel der Einfluss der Waldstruktur – Rottenstruktur versus gleichmässigen Bestand – oder der Einfluss von Bestandesöffnung zur Förderung der Verjüngung analysiert werden. An der Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft (WSL) wird im Rahmen des Projekts RAMMS (Rapid Mass Movements) ein optimiertes Modell entwickelt, welches deterministische und statistische Ansätze vereint. Mit diesem Modell können die Flugbahnen des Steinschlags im komplexen Gelände mit vernünftigem Aufwand berechnet werden.

Grundlage für eine zuverlässige Steinschlagmodellierung bildet aber in jedem Fall eine korrekte Berücksichtigung der Energieabsorption eines Einzelbaumes. Je nach verwendeten Grundlagen unterscheiden sich diese Werte enorm. Wie Tabelle 1 veranschaulicht liegen die Werte für eine Fichte mit einem Durchmesser von 45 cm zwischen 8 kJ und 450 kJ. Holzkennwerte und Berechnungen aus quasi-statischen Umziehversuchen werden dem dynamischem Stossprozess beim Steinschlag nicht gerecht. Mit den Steinschlagexperimenten und der Modellierung des Einzelbaumes konnten wichtige mechanische Grundlagen eines Baumes ermittelt werden, welche nun bei der Modellierung von Steinschlag auch umgesetzt werden müssen.

<b>Methode</b>	<b>Energieabsorption</b>
Holzkennwerte	8 kJ
Umziehversuche	125 kJ
Steinschlagversuche	230 kJ
Numerisches Einzelbaummodell	450 kJ

**Tab. 1: Methoden zur Ermittlung der maximalen Energieabsorption:** *Energieabsorption in Abhängigkeit der Untersuchungsmethode für eine Fichte mit ein Durchmesser von 45 cm. Ergänzt aus Dorren et al. (2007).*

Beim Felssturzereignis „Wilerwald“ bei Gurnellen wurde die Waldwirkung eingehend analysiert (Thali 2006). Die Modellanalysen mit den Energieabsorptionswerten des numerischen Einzelbaummodells deckten sich mit den Beobachtungen vor Ort. Der Wilerwald besass für 8 m<sup>3</sup> grosse Steine eine sehr gute und für 20 m<sup>3</sup> immer noch eine mässige Schutzwirkung. Erst bei 50 m<sup>3</sup> grossen Blöcken war die Waldwirkung nur noch marginal. Der Wald besitzt folglich auch für grosse Blöcke eine grosse Wirkung. Diese Waldwirkung ist jedoch nicht nachhaltig, da der Wald beim Niedergang von grossen Blöcken zerstört wird. Zur Herleitung von waldbaulichen Zielgrössen können daher nicht die maximalen Werte der Energieabsorption gemäss numerischem Einzelbaummodell herbeigezogen werden. Die „nachhaltigen“ Werte für die Energieabsorption, bei denen die Bäume nicht zerstört werden, liegen bei rund einem Drittel der maximalen Energieabsorption.

Mit der Kombination von ausgeklügelten Experimenten an Bäumen und Baumteilen mit der numerischen Modellierung des Einzelbaumes, konnten neuartige Grundlagen für die Analyse der Interaktionen von Bäumen mit Naturgefahren geschaffen werden. Es liegen Ergebnisse für die Fichte in Bezug auf Steinschlag vor. Für weitere Baumarten und Naturgefahren besteht noch Forschungsbedarf.

## Literatur

Dorren L., Berger F. Jonsson M. et al. (2007). State of the art in rockfall – forest interactions. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 6/2007: 128-141.

Dorren L.K.A. and Berger F. (2006). Stem breakage of trees and energy dissipation at rockfall impacts. *Tree Physiology*, 26:63-71.

Jonsson M. (2007). Energy absorption of trees in a rockfall protection forest. Diss. ETH Nr.17214. ETH Zürich.

Kalberer M. (2006). Quantifizierung und Optimierung der Schutzwaldleistung gegenüber Stein-schlag. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.

Kalberer M., Ammann M. and Jonsson M. (2007). Mechanische Eigenschaften der Fichte: Experimente zur Analyse von Naturgefahren. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 6/2007: 166-175.

Thali U. (2006). Spurensicherung Wilerwald, Gurtellen, Felssturzereignis vom 31. Mai 2006. Schweiz. Nationalstrassen N2, Ingenieurbüro Thali.

Dr. Matthias Kalberer,  
tur gmbh, Davos,  
kalberer@tur.ch

## Untersuchung prähistorischer Massenbewegungen in der Weltkulturerbe-Region Hallstatt-Dachstein, Österreich

Gastreferat von Dominik Ehret\* und Joachim Rohn, Universität Erlangen

### Einleitung

In diesem Artikel werden Ergebnisse aus langjährigen geotechnischen Kartierungen und ingenieurgeologischen Untersuchungen von großräumigen Massenbewegungen vom Typ „Hart auf Weich“ im österreichischen Salzkammergut vorgestellt. Im ersten Teil werden häufig vorkommende Prozesse erläutert, im zweiten Teil werden Ergebnisse aus der UNESCO Weltkultur- und Naturerberegion Hallstatt-Dachstein vorgestellt.

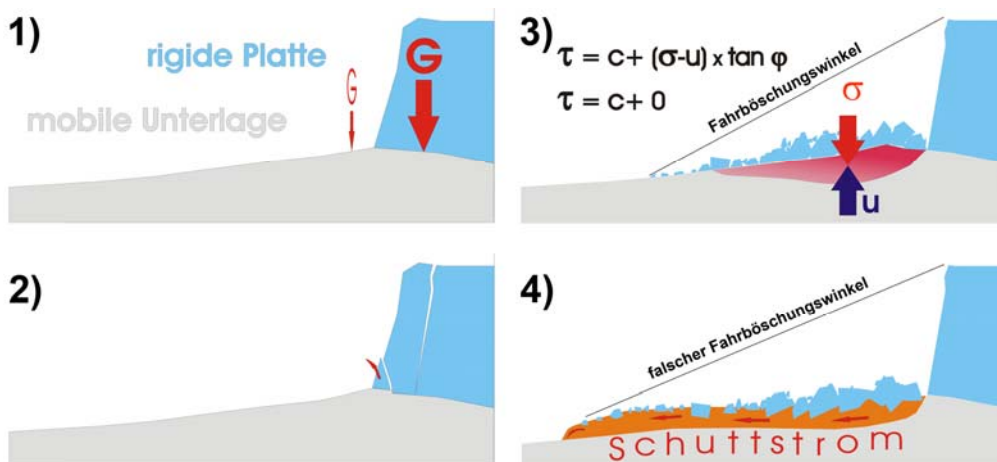


Abbildung 1: Geotechnische Prozesse am Rand einer rigiden Platte, die auf einer mobilen Unterlage ruht.

### Massenbewegungen vom Typ „Hart auf Weich“

Vorkommen von Massenbewegungen, deren Bewegungsmechanismus sowie die Größe des durch die Massenbewegung beeinflussten Bereichs hängen stark von den geotechnischen Eigenschaften des vorhandenen Gesteins sowie von den Lagerungsverhältnissen ab. Bei Vorhandensein einer mindestens mehrere Zehnermeter mächtigen weichen, mobilen Unterlage (wie z. B. Tonstein oder Tuffit) und einer ebenfalls mächtigen harten, rigiden Deckplatte (wie z. B. Kalkstein oder Ba-

salt) lassen sich häufig folgende Prozesse beobachten: Lateral Spreading/Driften, Felsturmbildung und Toppling, Felsstürze und Schuttströme (von der Mitte der harten Deckplatte nach außen).

Infolge unterschiedlich starker Setzung (vgl. Abbildung 1-1) kommt es zu einem Zerschneiden der Deckplatte entlang von präexistierenden Trennflächen. Dies ermöglicht eine laterale Bewegung von einzelnen Schollen in Richtung des steilsten Gefälles. Durch Zunahme der Freiheitsgrade ist am Rand der Deckplatte darüber hinaus auch eine Rotation von kleineren Felstürmen („Toppling“) möglich (vgl. Abbildung 1-2). Diese Rotationsbewegung beschleunigt sich in der Regel mit der Zeit und führt zu einem Kollaps des Felsturms, d. h. einem Felssturz, dessen Reichweite anhand des Fahrböschungswinkels empirisch abgeschätzt werden kann (vgl. Abbildung 1-3). Der Winkel beträgt bei Felsstürzen in der Regel maximal  $30^\circ$ . Weist die weiche Unterlage eine geringe Wasserdurchlässigkeit auf (wie dies z. B. bei Tonsteinen der Fall ist), wird durch die plötzliche Auflast durch das Felssturzmaterial ein zusätzlicher Porenwasserdruck  $u$  aufgebaut, der die effektive Normalkraft  $\sigma'$  verringert, so dass im Extremfall die Scherfestigkeit  $\tau$  nur noch der reinen Kohäsion  $c$  entspricht und – teilweise erst mit mehreren Wochen oder Monaten Verzögerung – ein Schuttstrom mobilisiert wird, der die Felssturzblöcke weiter transportiert und einen falschen Fahrböschungswinkel „vortäuscht“ (vgl. Abbildung 1-4). Diese Prozesse wiederholen sich in hundert- bis tausendjährigen Intervallen und führen zu einer kontinuierlichen Zerlegung und Verkleinerung der Deckplatte.

### Prähistorische Massenbewegungen bei Hallstatt

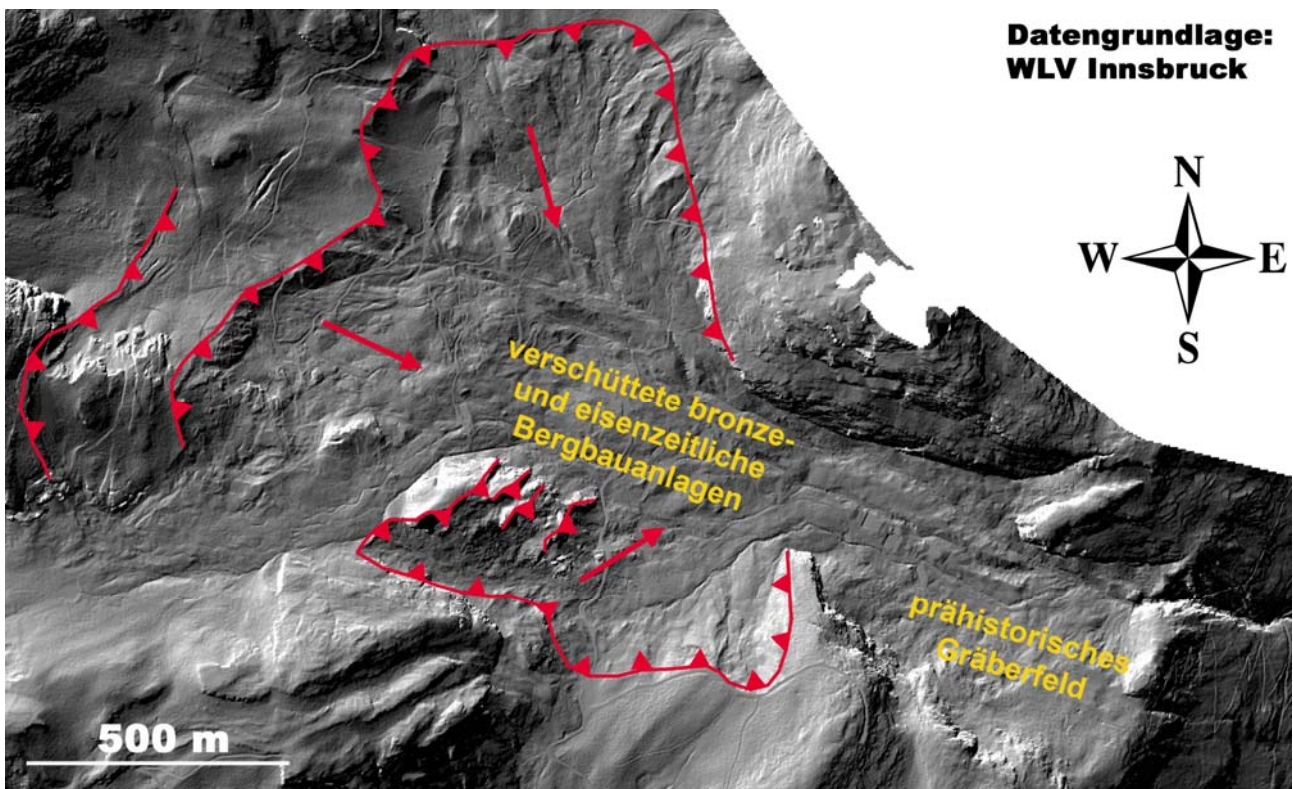


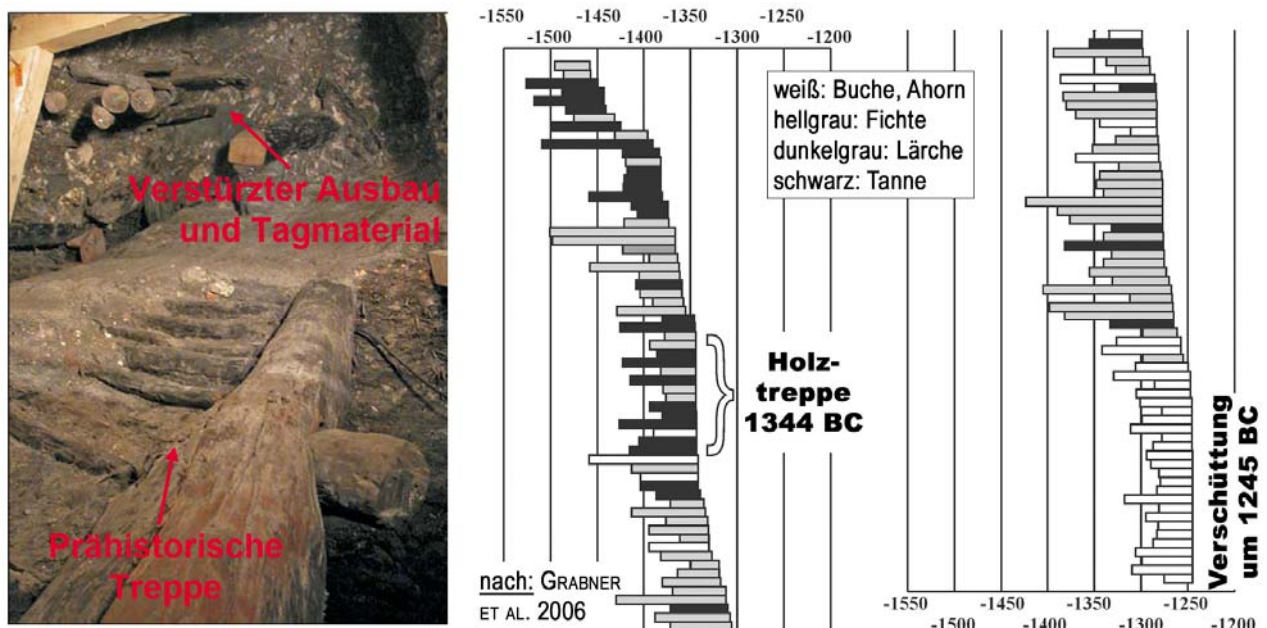
Abbildung 2: Laserscan des Hallstätter Hochtals aus dem Jahr 2006 (verändert nach Kern et al. (2008)).

Bereits seit mehreren Jahrtausenden wird im Hallstätter Hochtal Salzbergbau betrieben. Die Salzvorkommen befinden sich in der permotriassischen Haselgebirge-Formation, die als Salz-Ton-Gestein charakterisiert wird und geotechnisch sehr weich ist. Überlagert wird diese weiche Unterlage von zwei verschiedenen großen jüngeren karbonatischen Schollen der Hallstätter Fazies (Trias) und der Plassen Formation (Jura). Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Prozesse lassen sich hier im Gelände gut beobachten (Rohn et al., 2005). Zahlreiche Abrisskanten, Felstürme, Fels-

sturzhalde und Schuttstrom-Ablagerungen sind auch im Laserscan deutlich zu erkennen (vgl. Abbildung 2). Langjährige Messungen zeigen aktive Bewegung (überwiegend horizontal, meist jedoch mit vertikalem Anteil) der einzelnen Teilschollen von mehreren cm bis zu etwa 80 cm pro Jahr.

Durch den historischen, aber auch durch den modernen Bergbau in Hallstatt wurden an mindestens 9 Stellen untertage Reste prähistorischer Bergbauanlagen angefahren. Diese prähistorischen Bergbauanlagen, die sich bis in über 100 m Tiefe erstrecken, sind nahezu vollständig durch Tagmaterial (Material von der Erdoberfläche) verfüllt: in einer feinkörnigen Matrix aus ungeschichtetem Ton und Schluff befinden sich regellos verteilt kantige Steine und Blöcke, die teilweise mehrere m<sup>3</sup> Größe erreichen.

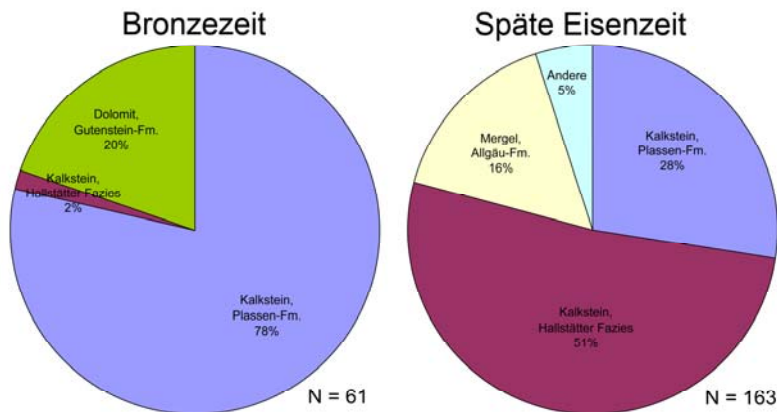
Sechs der Fundstellen liegen räumlich eng beieinander in einem etwa 300 m langen und 100 m breiten Bereich (vgl. Abbildung 2). Archäologische Untersuchungen des Naturhistorischen Museums Wien ließen jedoch schon länger vermuten, dass diese Fundstellen aus verschiedenen prähistorischen Zeitabschnitten stammen. Bestätigt wurde dies durch dendrochronologische Untersuchungen an zahlreichen Baumstämmen und Kienspänen, die damals als Ausbau der Bergbauanlagen bzw. als Leuchtmittel verwendet wurden. An einer Fundstelle, an der auch eine 3.350 Jahre alte Holzterrappe gefunden wurde, konnte eine durchgehende Nutzung von etwa 1450 v. Chr. bis 1245 v. Chr. (Bronzezeit) nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 3). Alle anderen Fundstellen lassen eine durchgehende Nutzung von etwa 800 v. Chr. bis 311 v. Chr. (Späte Eisenzeit) erkennen. Diese Untersuchungen belegen, dass die prähistorischen Bergbauanlagen durch zwei verschiedene Ereignisse zerstört wurden.



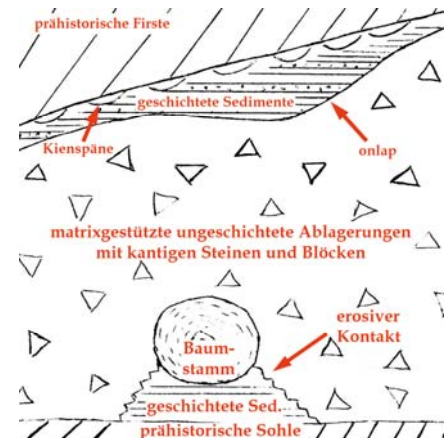
**Abbildung 3:** Teilweise ausgegrabene, durch Tagmaterial verschüttete bronzezeitliche Holzterrappe (links) und Altersdatierung der gefundenen Hölzer (rechts; verändert nach Grabner et al. (2006)).

Geotechnische und sedimentologische Untersuchungen sollten dazu beitragen, die Ursache der Zerstörung und Verschüttung der prähistorischen Bergbauanlagen zu ermitteln. Hierzu wurden an den verschiedenen Fundstellen Steine und Blöcke aus dem Tagmaterial entnommen und sowohl makro- als auch mikroskopisch untersucht (vgl. Abbildung 4). Es konnte klar gezeigt werden, dass sich die bronzezeitlichen Ablagerungen deutlich von den späteisenzeitlichen Ablagerungen hinsichtlich ihrer Herkunft unterscheiden. Während die bronzezeitlichen Ablagerungen aus nordwestlicher Richtung stammen, kommen die späteisenzeitlichen Ablagerungen überwiegend aus südwestlicher Richtung (vgl. Abbildung 2). Dies wurde auch durch tonmineralogische Untersuchungen des Feinmaterials bestätigt.

Die sedimentologischen Analysen ergeben folgendes Bild: die bis über 13 m mächtigen Ablagerungen weisen in der Regel keine Schichtung auf. Lediglich an manchen Fundorten befinden sich unter dem Tagmaterial Reste von geschichteten Sedimenten (vgl. Abbildung 5). Dies weist darauf hin, dass an diesen Fundorten zu Beginn der Katastrophe Wasser als Transportmedium eine große Rolle spielte. Der überwiegende Anteil der Ablagerungen ist jedoch ungeschichtet und unsortiert, wie dies von Schuttstrom-Ablagerungen bekannt ist. Die Schuttstrom-Ablagerungen reichen jedoch nicht überall bis zur Firste der prähistorischen Bergbauanlagen. Stellenweise befinden sich darüber erneut gering mächtige geschichtete Ablagerungen, die darauf hindeuten, dass die verbliebenen Hohlräume in einer letzten Phase durch eingeschwemmtes Feinmaterial verfüllt wurden (vgl. Abbildung 5).



**Abbildung 4:** Lithologisches Spektrum der bronze- und spätereisenzeitlichen Lagerungsbedingungen.



**Abbildung 5:** Schematische Darstellung spätereisenzeitlicher Ablagerungen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Durch die interdisziplinären Untersuchungen konnte eindrucksvoll nachgewiesen, dass die prähistorischen Bergbauanlagen in Hallstatt sowohl um 1245 v. Chr. als auch um 311 v. Chr. durch große Massenbewegungen zerstört wurden, die dem System „Hart auf Weich“ zuzuordnen sind. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die untertage gefundenen Ablagerungen von Schuttströmen stammen, die verschiedene Ausgangsgebiete hatten.

Offen sind bislang noch die Fragen (1) wo die Eingänge zu den prähistorischen Schächten und Stollen waren, durch die das Material eindrang, (2) wie das Material bis in über 100 m Tiefe gelangte und (3) ob es weitere katastrophale Ereignisse gab, die die (prä-)historischen Bergbauanlagen in Hallstatt zerstörte?

### Dank

Wir möchten uns ganz besonders für die spannende Zusammenarbeit bedanken bei Hans Reschreiter und Dr. Eckhart Barth und allen anderen Archäologen vom Naturhistorischen Museum Wien. Weiterer Dank geht auch an Prof. Michael Moser (Uni Erlangen) und Dr. Michael Lotter (ehemals Uni Erlangen) sowie Stefanie Lang, Natascha Rumpler und PD Dr. Stefan Götz (alle ehemals Uni Karlsruhe).

### Literatur

- Grabner, M., Reschreiter, H., Barth, F. E., Klein, A., Geihofer, D., & Wimmer, R. (2006): Dendrochronologie in Hallstatt. - *Archäologie Österreichs*, 17 (1): 40-49.
- Kern, A., Kowarik, K., Rausch, A. W., & Reschreiter, H. (2008): *SALZ-REICH - 7000 Jahre Hallstatt*. Wien, Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.
- Rohn, J., Ehret, D., Moser, M. & Czurda, K. (2005): Prehistoric and recent mass movements of the world cultural heritage site Hallstatt, Austria. - *Environmental Geology*, 47 (5): 702-714.

Dominik Ehret\*, Joachim Rohn, Professur für Angewandte Geologie, GeoZentrum Nordbayern, Universität Erlangen, \* Kontakt: [ehret@geol.uni-erlangen.de](mailto:ehret@geol.uni-erlangen.de)

## Durchwurzelung von Waldböden und Wasserhaushaltsparameter

von Benjamin Lange, Peter Lüscher, WSL, und Peter F. Germann, GIUB

### Einleitung

Seit Ende des 19. Jahrhunderts beschäftigt sich die Forsthydrologie mit dem Beitrag des Waldes zum Hochwasserschutz. Als einer der Pioniere dieses Forschungsfeldes gilt A. Engler, der im Jahre 1919 sein Werk über die Abflussbildung in Abhängigkeit der Bewaldung im Sperbel- und Rappengraben (Emmental) veröffentlichte und dabei feststellte, dass Abflussspitzen infolge von Starkniederschlägen bei stärker bewaldeten Standorten signifikant kleiner waren als bei weniger dicht bewaldeten (Engler, 1919). Andere Untersuchungen dagegen konnten keinen eindeutigen Einfluss der Walddichte auf die Hochwasserrückhaltewirkung feststellen (z.B. Burch et al. 1996). Hegg et al. (2004) zeigten, dass verschiedene Waldstandortstypen einerseits unterschiedliche Wasserspeicherleistungen erzielten, andererseits auch die Bandbreite der Speicherung innerhalb der einzelnen Waldstandortstypen variierten. Insbesondere Standorte, welche durch eine Stauschicht im Boden geprägt sind, zeigten eine hohe Abhängigkeit der Infiltrationskapazität vom Zustand des Waldes. Je naturnaher der Waldzustand war, desto grösser war die Speicherwirkung. Es wird vermutet, dass dem durch Wurzeln gebildeten Porensystem eine zentrale Bedeutung für die Infiltrationsleistung zukommt. Vermögen die Wurzeln in die Stauschicht einzudringen oder diese gar zu durchstossen, wird der für die Infiltration nutzbare Porenraum entscheidend ausgedehnt. Die Leitlinien bezüglich einer Bewertung der Hochwasserschutzleistung und der Waldbehandlung werden aus den Anforderungsprofilen für die einzelnen Waldstandortstypen und einem "Ist-Soll-Vergleich" nach NaiS (BUWAL, 2005) hergeleitet.

Im Rahmen der Cost Action E 38 (Woody root processes) wurde baumartenspezifisch den Einfluss von Baumwurzeln auf die Infiltration vernässter Böden bei unterschiedlichen Ausgangswassergehalten im Boden untersucht. Resultate aus diesen Untersuchungen werden hier präsentiert. In den nächsten drei Jahren wird zudem der Versuch unternommen, die Skalenebene auf grössere Flächen zu erweitern (Cost Forman).

### Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im "Unter Scheidwald" in der Gemeinde Rüscheegg, ca. 30 km südlich von Bern auf 1000 m ü. M. Die Waldgesellschaft entspricht nach Ellenberg und Klötzli (1972) einem Heidelbeer-Fichten-Tannenwald (Bazzanio-Abietetum). Die Böden wurden als Gleye, Pseudogleye bzw. vergleyte und pseudovergleyte Braunerden klassifiziert (vgl. Zimmermann et al., 2006).

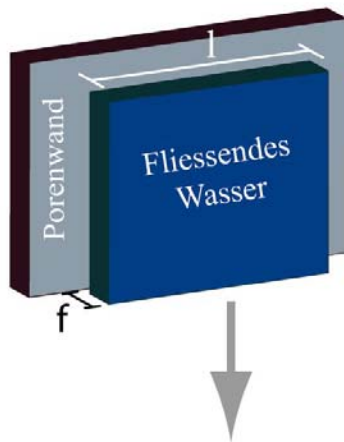
Im Abstand von einem Meter zur Stammbasis von Fichten (*Picea abies*), Tannen (*Abies alba*) und Buchen (*Fagus sylvatica*) sind Beregnungsversuche durchgeführt worden. Dabei wurde eine Fläche von einem Quadratmeter während einer Stunde mit einer Intensität von 70 mm/h beregnet. Die Beregnung wurde pro Standort im Abstand von 23 Stunden drei Mal wiederholt. Somit sind Daten mit unterschiedlicher Bodenfeuchte bei Beregnungsbeginn vorhanden. Im Verlaufe des Experimentes sind die volumetrischen Wassergehalte mittels TDR-Sonden horizontweise alle 60 s aufgezeichnet worden. Nach der Beregnung wurden an den Stellen, an welchen die TDR-Sonden platziert waren, Bohrproben (10 cm Durchmesser, bis in mindestens 50 cm Tiefe) entnommen. Daraus wurden die Wurzeln horizontweise separiert und anschliessend mittels der Software "winRHIZO" digital ausgemessen. Als Mass für die Wurzeldichte dient die Wurzellänge pro Bodenvolumen (cm cm<sup>-3</sup>). Der Stichprobenumfang betrug 80 Horizonte aus 16 verschiedenen Profilen.

### Theorie

Die Wassergehaltsmessungen wurde nach einem Ansatz von Germann et al. (2007) ausgewertet. Dabei wird angenommen, dass das Wasser im Boden in Form dünner Filme fliesst. Als einzige antreibende Kraft wirkt die Gravitation, während die Viskosität des Wassers bremsend wirkt. Die Geschwindigkeit der Wasserfront ist, nebst der als konstant angenommenen Gravitation und Viskosität, einzig abhängig von der Dicke der Wasserfilme. In der horizontalen Ebene ist der gemess-



sene Wassergehalt damit abhängig von der Filmdicke  $f$  und der Kontaktlänge  $l$  zwischen dem fließenden Wasser und den festen Bodenbestandteilen (siehe Abbildung 1).

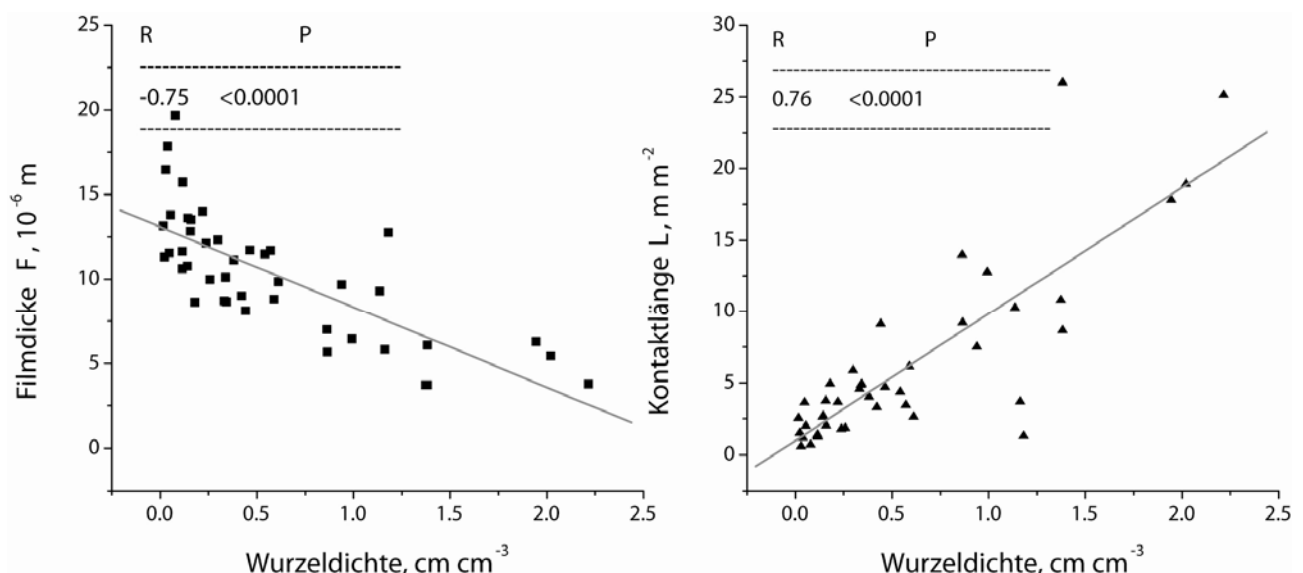


**Abbildung 1:** Modellvorstellung des Wasserflusses in Form eines dünnen Wasserfilmes entlang einer Pore.  
 $l$ : Kontaktlänge zwischen dem fließenden Wasser und den festen Bodenbestandteilen in der horizontalen Ebene.  
 $f$ : Filmdicke des Wasserfilmes.

Die Filmdicke und Kontaktlänge genügen, um die Infiltration vollständig zu beschreiben. Als Mass für den aufgezeichneten Bodenwassergehalt dient die durchschnittliche Filmdicke  $F$  (m) sowie die Summe der Kontaktlängen  $L$  (m) pro Fläche ( $m^2$ ). Das Produkt dieser zwei Größen entspricht dem Wassergehalt, welcher mit den Wassergehaltssensoren erfasst werden kann. Mit diesem Ansatz kann die "Geometrie" des Wasserflusses mit der Geometrie der Wurzeln verglichen werden.

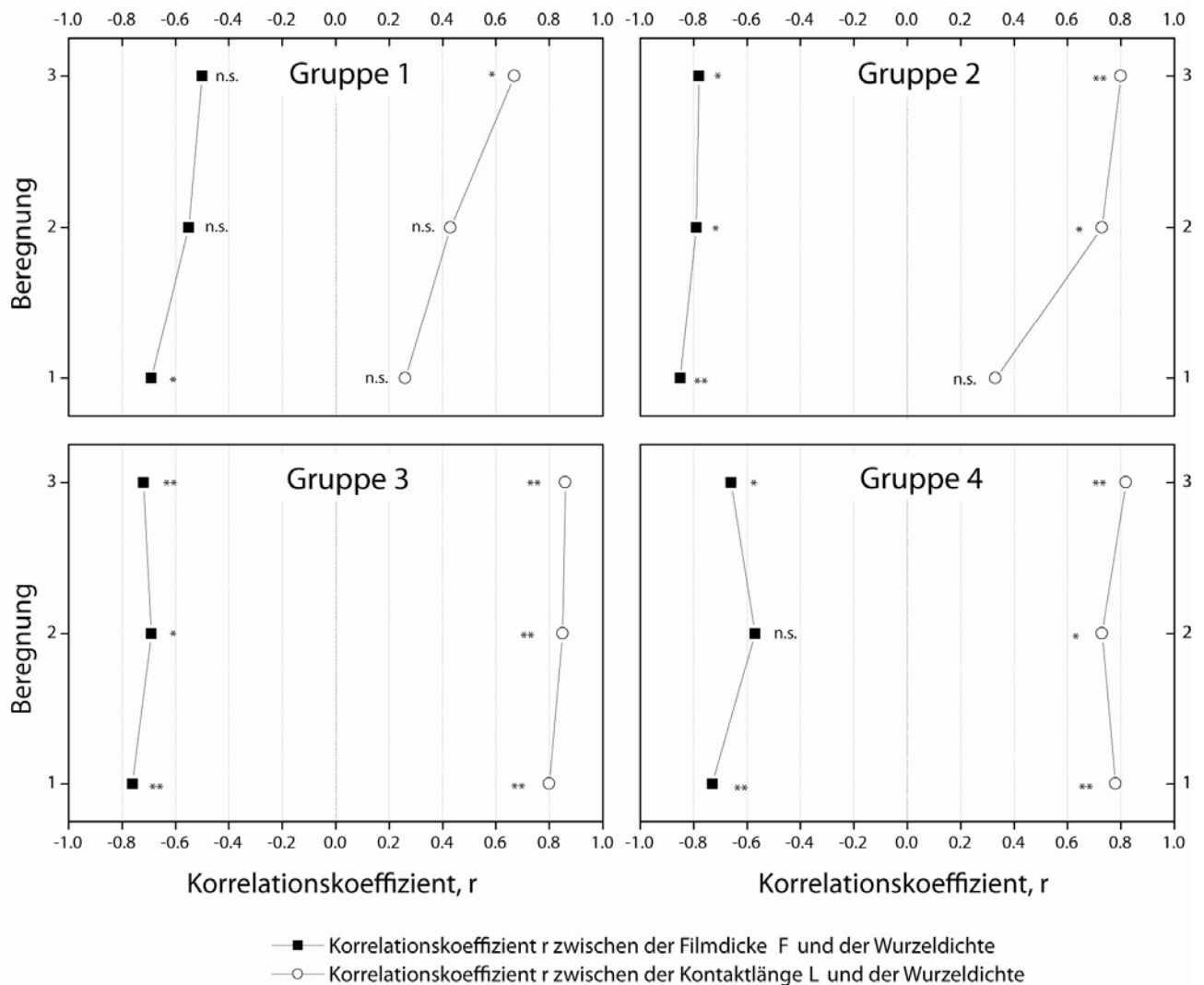
### Resultate

Generell führt eine höhere Wurzeldichte zu einer Abnahme der Filmdicke  $F$ , aber zu einer Erhöhung der Kontaktlänge  $L$ , unabhängig vom Ausgangswassergehalt. Im stark durchwurzelten Oberboden fließt das Wasser in dünnen, aber zahlreichen Filmen, während in den Unterböden die Filme mächtiger sind, dafür aber die Kontaktlängen geringer ausfallen. Über die gesamte Bodentiefe betrachtet, entsteht somit eine Art Trichtereffekt. Abbildung 2 zeigt die Regressionsgeraden zwischen der Wurzeldichte und  $L$  bzw.  $F$  der dritten Berechnung.



**Abbildung 2:** Zusammenhang zwischen der Wurzeldichte, der Filmdicke  $F$  und der Kontaktlänge  $L$  bei der dritten Berechnung, d.h. beim höchsten Ausgangswassergehalt. Alle Horizonte sind berücksichtigt. R: Korrelationskoeffizient; P: Signifikanzniveau. Graue Linien: Korrelationsgeraden.

Der Initialwassergehalt beeinflusst den Zusammenhang zwischen den Filmdicken  $F$  und der Wurzel-dichte nicht, die Korrelationsgeraden der drei Berechnungen weisen sehr ähnliche Neigungen auf. Demgegenüber variiert die Stärke des Zusammenhanges zwischen der Kontaktlänge  $L$  und der Wurzel-dichte in Abhängigkeit des Ausgangswassergehaltes. Der Korrelationskoeffizient  $R$  steigt von der ersten zur dritten Berechnung von 0.65 auf 0.76 an. Alle Zusammenhänge sind signifikant. Damit kann nachgewiesen werden, dass über das ganze Bodenprofil betrachtet die Wurzeln die Infiltration insbesondere durch die potentielle Kontaktlänge beeinflussen.



**Abbildung 3:** Korrelationskoeffizienten zwischen der Filmdicke  $F$  bzw. der Kontaktlänge  $L$  und der Wurzel-dichte bei unterschiedlichen initialen Wassergehalten (Berechnungen 1 bis 3), gruppiert nach unterschiedlichen Vernässungsgraden der Horizonte. Gruppe 1: nicht vernässte Oberböden. Gruppe 2: nicht vernässte Unterböden. Gruppe 3: leicht vernässte Unterböden. Gruppe 4: vernässte Unterböden. \*: signifikant bei  $P < 0.05$ . \*\*: signifikant bei  $P < 0.01$ . n.s.: nicht signifikant.

Um die Wirkung der Wurzeln auf die Infiltration detaillierter zu betrachten, wurden die untersuchten Horizonte gemäss ihrer Stärke der morphologisch sichtbaren Vernässungsmerkmale gruppiert. Gruppe 1 umfasst die nicht vernässten Oberböden (z. B. Ah Horizonte), Gruppe 2 besteht aus den nicht vernässten Unterbodenhorizonten (z. B. B Horizonte), Gruppe 3 beinhaltet die schwach vernässten Unterbodenhorizonte (z. B. Bcn) und Gruppe 4 umfasst die vernässten Unterbodenhorizonte (z. B. Go Horizonte). Für diese vier Horizontgruppen wurden Korrelationskoeffizienten der drei Berechnungen zwischen der Geometrie des mobilen Wassers,  $L$  und  $F$ , sowie zwischen der

Wurzeldichte berechnet. In nicht vernässten Oberböden hat die Wurzeldichte nur bei sehr hoher Bodenfeuchte eine Bedeutung für die Infiltrationskapazität. In nicht vernässten Unterböden ist die Korrelation zwischen L und der Wurzeldichte nur bei der zweiten und dritten Berechnung signifikant. Bei den schwach vernässten und vernässten Horizonten ist die Wirkung der Baumwurzeln bei jedem Ausgangswassergehalt gegeben (Abbildung 3).

Wie in der Theorie erwähnt, ist der Wassergehalt durch das Produkt von der Kontaktlänge L und der Filmdicke F definiert. Aufgrund der Korrelation von L, F und der Wurzeldichte, lässt sich das Infiltrationsvolumen bei unterschiedlichen Wurzeldichten berechnen. Durch die positiven Korrelationen zwischen der Durchwurzelung und L, aber einer negativen zwischen der Wurzeldichte und F führt ein dichteres Wurzelwerk nicht zwangsläufig zu einer erhöhten Infiltration, sondern es existiert eine ideale Wurzelmenge mit maximalem Infiltrationsvolumen. Diese Wurzeldichte liegt bei rund 1.5 cm cm<sup>-3</sup> und wurde im Untersuchungsgebiet nur in Oberböden erreicht.

### Schlussfolgerungen

Es existiert ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dichte der Durchwurzelung und der Infiltration vernässter Böden, allerdings weisen Wurzeln nicht in allen Bodentiefen eine gleich grosse Bedeutung auf. Insbesondere die Infiltration vernässter Horizonte ist eng an das durch die Wurzeln repräsentierte Porensystem gebunden, unabhängig der Bodenfeuchte. Das Wasseraufnahmevermögen nicht vernässter Horizonte dagegen ist erst bei höheren Bodenwassergehalten durch die Wurzeln beeinflusst.

Aus bodenkundlicher Sicht sind an einen Hochwasserschutzwald folgende waldbauliche Anforderungen zu stellen:

1. Der Wurzelraum soll möglichst über die gesamte Tiefe und den gesamten Raum erschlossen werden. Anzustreben ist eine stufige Bestandesstruktur, wenige Lücken, ein stufiges Wurzelwerk und die Förderung von Arten, welche vernässte Horizonte durchwurzeln können.
2. Der Bestand soll stabil und nachhaltig aufgebaut sein, um auch bei Störungen seine Funktion gewährleisten zu können. Zudem soll die Verjüngung dauerhaft sein.
3. Physikalischer Bodenschutz: Bodenverdichtungen sollen - beispielsweise im Zusammenhang mit Waldbehandlungsmassnahmen - verhindert werden um die bereits in natürlichem Zustand eher geringe Speicherkapazität nicht weiter zu limitieren.

### Literatur

- Burch, H., Forster, F. und Schleppi, P. (1996): Zum Einfluss des Waldes auf die Hydrologie der Flysch-Einzugsgebiete des Alptals. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147 (12), 925-938.
- BUWAL, 2005.: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- Engler, A. (1919): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen. 12. Band, 1-626.
- Germann, P., Helbling, A. and Vadilonga, T. (2007): Rivulet approach to rates of preferential infiltration, Vadose Zone J., 6, 207-220.
- Hegg, C., Thormann, J.-J., Böll, A., Germann, P., Kienholz, H., Lüscher, P. und Weingartner, R. (Hrsg) (2004): Lothar und Wildbäche. Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms "Lothar Evaluations- und Grundlagenprojekte", Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Zimmermann, S., Luster, J., Blaser, P., Walthert, L., Lüscher, P., 2006. Waldböden der Schweiz. Band 3. Region Mittelland und Voralpen. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, Hep Verlag, Bern; 848 S.

Benjamin Lange\*, Peter Lüscher, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf  
 Peter F. Germann, GIUB, Abteilung Bodenkunde, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern  
 \*Kontakt: benjamin.lange@wsl.ch

## Anforderungen an wirksamen Schutzwald und dessen Berücksichtigung in Protect

von Monika Frehner, Sargans

### Was ist NaiS?

Im Auftrag des Bundes wurde unter dem Titel „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald“ (NaiS) eine Wegleitung entwickelt, welche für die Behandlung der Schutzwälder einen einheitlichen Qualitätsstandard vorgibt, um damit eine auf die Schutzwirkung ausgerichtete Pflege sicher zu stellen. Die Wegleitung „NaiS“ ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit der Autoren mit Spezialisten aus der Forschung und Vertretern der Praxis.

Die moderne Schutzwaldpflege orientiert sich nicht an Massnahmen sondern an Zielen. Es stellt sich zuerst die Frage, wie der Wald aussehen soll, damit er eine hohe Schutzwirkung erbringt und erst in zweiter Linie, ob zur Erreichung dieses Zustandes Massnahmen erforderlich sind. Der angestrebte Waldzustand orientiert sich an den Kenntnissen über die Naturgefahren und an den lokalen Standortverhältnissen. Zu diesem Zweck wurden für die verschiedenen Naturgefahren und die unterschiedlichen Standortstypen Anforderungsprofile formuliert.

Das minimale Anforderungsprofil dient als Messlatte für den Entscheid, ob Handlungsbedarf besteht. Die Bezeichnung „minimal“ umschreibt einen minimal erforderlichen Waldzustand für eine nachhaltige Schutzwirkung und sagt noch nichts aus über die Notwendigkeit und die Intensität von Massnahmen. Das ideale Anforderungsprofil entspricht in der Regel dem langfristig erwünschten Waldbauziel.

Der Entscheid, ob Massnahmen erforderlich sind, erfolgt im Wald auf Grund eines Vergleiches des aktuellen Waldzustandes mit dem minimalen Anforderungsprofil. Dabei wird auch die erwartete natürliche Entwicklung des Waldes beurteilt. Massnahmen sind dann gerechtfertigt, wenn die minimalen Anforderungen nicht erfüllt sind, und wenn auch die natürliche Entwicklung keine genügende Verbesserung erwarten lässt oder wenn eine drastische Verschlechterung des Zustandes befürchtet werden muss. Mit der Berücksichtigung der natürlichen Dynamik des Waldes können die Wirksamkeit der Massnahmen verbessert und die Kosten gesenkt werden. Ausserdem soll immer auch überdacht werden, ob die erwartete Wirkung der vorgeschlagenen Massnahmen in einem angemessenen Verhältnis zum Aufwand steht. Das Resultat dieser Beurteilung aus der Sicht der Schutzwirkung kann auch „kein Handlungsbedarf“ sein.

Mit den Etappenzielen wird der mittelfristig erwartete Waldzustand beschrieben. Sie zeigen, ob die Entwicklung des Bestandes in die erwartete Richtung läuft. Damit können später die Auswirkungen der Massnahmen oder auch der Unterlassungen auf die Waldentwicklung überprüft werden. Diese Wirkungsanalyse ist ein zentraler Bestandteil der Erfolgskontrolle.

**Die Erfolgskontrolle umfasst mehrere Ebenen** (vgl. Abb.1):

**Vollzugskontrolle:** Wurden die geplanten Massnahmen am richtigen Ort und fachgerecht ausgeführt?

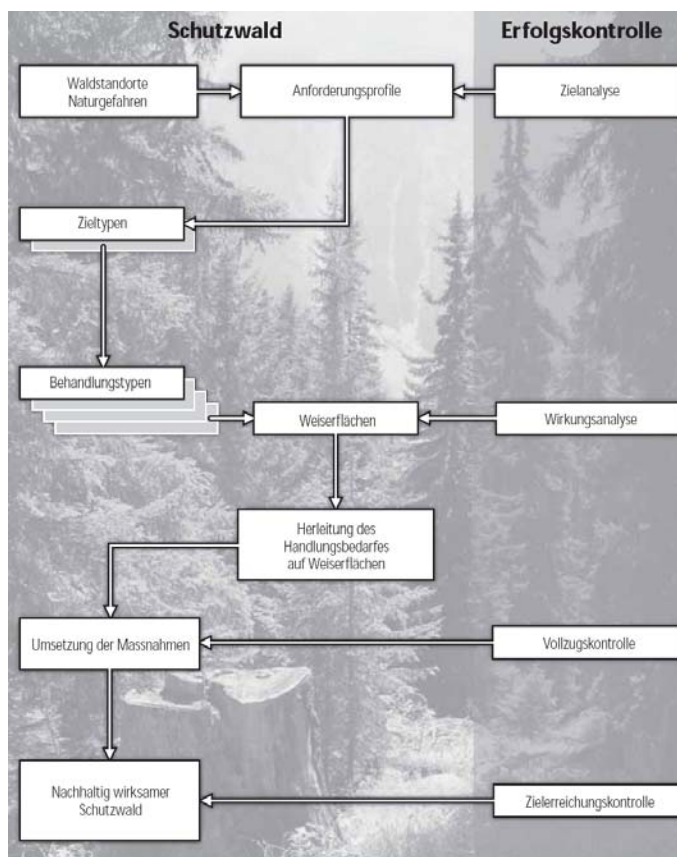


Abb. 1: Übersicht von NaiS

**Wirkungsanalyse:** Welches ist die Wirkung der ausgeführten Massnahmen oder der gezielten Unterlassungen auf den Waldzustand?

**Zielerreichungskontrolle:** Inwieweit entspricht der Waldzustand den Anforderungsprofilen?

**Zielanalyse:** Sind die festgelegten Anforderungsprofile angemessen und zweckmässig?

Die Anforderungsprofile haben für die Schutzwaldpflege einen sehr hohen Stellenwert und sind für die Praxis verbindlich. Sie stützen sich auf Forschungsergebnisse und Erfahrungswerte aus der Praxis. Es wird allerdings nicht der Anspruch erhoben, dass diese Anforderungsprofile absolut richtig und vollständig seien. Es bestehen noch zahlreiche Wissenslücken zu den Wechselwirkungen zwischen Wald und Naturgefahrenprozessen und zur Dynamik unserer Wälder. Es ist deshalb sehr wichtig, dass die Bereitschaft besteht, neue Erkenntnisse und Erfahrungen im Sinne einer Zielanalyse periodisch zu prüfen und in die Wegleitung aufzunehmen. Laufende und zukünftige Forschungsarbeiten sowie Erfahrungen aus der Praxis (Wirkungsanalyse) sollen helfen, die Vorgaben für die Schutzwaldpflege laufend zu verbessern. Es ist Aufgabe des Bundes, diese Zielanalyse sicher zu stellen.

### **Umsetzung von Nais**

In den letzten 4 Jahren wurden in den Kantonen mit Unterstützung des Bundes Kurse zur Einführung der Wegleitung in der Praxis durchgeführt. Im Rahmen der neuen Leistungsvereinbarungen zwischen Bund und Kanton wird festgelegt, in welchem Umfang Schutzwälder behandelt werden sollen und wie viele öffentliche Mittel dafür zur Verfügung gestellt werden. Grundsätzlich sind die Nais-Anforderungsprofile auf der ganzen von den Kantonen ausgeschiedenen Schutzwaldfläche verbindlich, zusätzlich müssen die Kantone ein Weiserflächenkonzept einrichten.

### **Protect: Schutzwald und die Grundsätze zur Berücksichtigung von Schutzmassnahmen**

Die folgenden Angaben sind als waldspezifische Ergänzungen zu den Grundsätzen von Protect zu betrachten (vgl. FAN-Agenda 1/08: Seite 15).

#### **Quantifizierbare Wirkung (Grundsatz 1)**

Unterschiedlich je nach Naturgefahr, z. B. bei Lawinen im Anrissgebiet ist die Waldwirkung gut quantifizierbar, bei tiefgründigen Rutschungen ist sie schlecht quantifizierbar.

Bei allen Methoden, die stumme Zeugen oder Abflussmessungen als Grundlage verwenden, ist der Waldzustand automatisch in der Berechnung drin. Dabei sind folgende Fragen zu berücksichtigen: Ist der aktuelle Waldzustand nachhaltig? War der Waldzustand zur Zeit des Ereignisses, das die stummen Zeugen verursacht hat gleich? Wie gross ist der Beitrag des Waldes, abhängig vom Waldzustand?

Bei Modellen ist die Integration des Waldzustandes unterschiedlich weit entwickelt.

#### **Unsicherheiten (Grundsatz 2)**

In vielen Fällen (z. B. Wald im Anrissgebiet von Lawinen, Wald im Transitgebiet von Steinschlag) sind die Unsicherheiten im Vergleich zur Wirkung des Waldes klein. Es gibt aber auch andere Fälle, z. B. bei Hochwasser ist heute die Unsicherheit bei der Berechnung des Abflusses hoch im Vergleich zur quantifizierbaren Wirkung des Waldzustandes auf den Abfluss.

#### **Szenarien (Grundsatz 3)**

Mögliche Szenarien, die den Schutzwald schädigen können, sind auch zu berücksichtigen.

#### **Systemabgrenzung (Grundsatz 4)**

Der relevante Schutzwald ist bei der Systemabgrenzung zu berücksichtigen

#### **Permanente Verfügbarkeit (Grundsatz 5)**

Die flächenmässige Ausdehnung des Schutzwaldes ist durch das Rodungsverbot geschützt. Schutzwald ist einer der wenigen Schutzmassnahmen, bei der im günstigsten Fall die Schutzwirkung von selbst erhalten bleibt, sonst wird mit der Schutzwaldpflege nachgeholfen. Zudem hat er oft auch noch andere wichtige Funktionen (z. B. Erholung, Lebensraum, Holznutzung). In extremen Fällen (z. B. grossflächiger Windwurf, Brand) kann die Verfügbarkeit rasch abnehmen.

#### **Überwachung und Unterhalt (Grundsatz 6)**

Schutzwaldpflege ist vom BAFU verbindlich geregelt, mit Vereinbarungen mit den Kantonen.

#### **Temporäre Massnahme (Grundsatz 7)**

Der Schutzwald ist keine temporäre Massnahme

#### **Geplante Werke (Grundsatz 8)**

Schutzwald wird nur im Ausnahmefall neu geplant (Aufforstungen). Es dauert oft lange, bis sich die gewünschte Schutzwirkung einstellt.

#### **Zeit (Grundsatz 9)**

Die Erfolgskontrolle ist im Schutzwald klar geregelt. Bei bedeutenden Veränderungen des Waldzustandes muss die Gefahrensituation überprüft werden (z. B. nach grossflächigem Sturmschaden/Brand)

### 3 Beispiele zur Beurteilung von Schutzwald im Rahmen von Protect

#### Beispiel 1: Schutzwald im Lawinenanrissgebiet:

Grobbeurteilung: die Wirkung ist nicht relevant falls der Wald durch Lawinen, Steinschlag oder Rutschung gefährdet ist, falls der Wald weniger als 20 % des potentiellen Anrissgebietes bedeckt oder falls die Bäume kleiner als die 2-fache extreme Schneehöhe sind und einen Durchmesser von weniger als 8 cm haben (meist Legföhren, Grünerlen).

Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit: erfüllt falls Anforderungen Nais für Merkmal horizontales Gefüge und Mischung erfüllt, das heisst, der Wald verhindert das Anreissen von Lawinen, sonst teilweise erfüllt.

Dauerhaftigkeit: erfüllt, falls Anforderungen Nais für alle Merkmale erfüllt, sonst teilweise erfüllt. Bei aussergewöhnlichem Totalschaden (z. B. grossflächiger Windwurf oder Brand) können temporäre Lawinenverbauungen die Schutzwirkung übernehmen, bis der Wald wieder nachgewachsen ist.

Bei einem guten Waldzustand kann Wald im Anrissgebiet von Lawinen eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, bei einem schlechten Waldzustand ist die Zuverlässigkeit meistens eingeschränkt. Für eine geringe Zuverlässigkeit braucht es sehr extreme Waldzustände (keine Bäume, keine hohen Baumstrünke, kein liegendes Holz).

#### Beispiel 2: Schutzwald im Anrissgebiet von flachgründigen Rutschungen

Grobbeurteilung: bei flachgründigen Rutschungen und Hangmuren kann geprüft werden, ob der Wald den Wasserhaushalt beeinflusst. Eine Armierung durch das Wurzelwerk ist potenziell wirksam. Die Wirkung ist nicht relevant falls der Wald durch Lawinen, Steinschlag, mittel- bis tiefgründige Rutschung oder Ufererosion gefährdet ist oder falls der Wald nur einen kleinen Teil des potentiellen Anrissgebietes bedeckt.

Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit: Erfüllt falls Anforderungen Nais für Merkmal horizontales Gefüge und Mischung erfüllt, das heisst der Wald verhindert Häufigkeit und Ausmass von flachgründigen Rutschungen, sonst teilweise erfüllt.

Dauerhaftigkeit: Erfüllt, falls Anforderungen Nais für alle Merkmale erfüllt, sonst teilweise erfüllt. Bei Windwurf in stufigen Beständen (entspricht Anforderungsprofil Nais) wird die Schutzwirkung nicht stark reduziert, in homogenen Baumhölzern (entspricht nicht Nais-Anforderungsprofil) jedoch schon. Bei Brand kann die Schutzwirkung sehr stark abnehmen. Bei aussergewöhnlichem Totalschaden (z. B. grossflächiger Windwurf oder Brand) gibt es meistens keine technischen Massnahmen, die die Schutzwirkung übernehmen können, bis der Wald wieder nachgewachsen ist.

Der Wald wird meistens eine eingeschränkte Zuverlässigkeit aufweisen, da der Wald die flachgründigen Rutschungen nicht verhindert, sondern Ausmass und Häufigkeit reduziert sowie wegen der Möglichkeit von aussergewöhnlichen Totalschäden, die nicht mit technischen Massnahmen aufgefangen werden können. Es ist z. B. möglich, dass im Einzugsgebiet eines Wildbaches davon ausgegangen werden, dass bei gutem Waldzustand weniger Geschiebe anfällt als bei schlechtem Waldzustand. Falls die Wahrscheinlichkeit von grossen Waldbränden im Gebiet sehr hoch ist, muss auch das Szenario ohne Waldwirkung betrachtet werden (geringe Zuverlässigkeit).

#### Beispiel 3: Schutzwald im Transitgebiet von Steinschlag

Das Steinschlag-Anforderungsprofil von Nais beschreibt Waldzustände mit möglichst vielen Stämmen, die auf wüchsigen Standorten nachhaltig erreichbar sind. Vom Prozess her betrachtet wären oft mehr Baumstämme wünschenswert.

Grobbeurteilung: eine differenzierte Betrachtung ist notwendig. Der Nachweis der Wirkung erfolgt mit Modellierungen, die die aktuellen Werte (siehe Vortrag M. Kalberer) zur Energieaufnahme von Bäumen bei Steinschlag berücksichtigen. Die Wirkung ist nicht relevant, falls der Wald durch Lawinen oder Rutschung gefährdet ist oder falls der Wald nur einen kleinen Teil des Transitgebietes bedeckt.

Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit: das Steinschlagmodell mit Berücksichtigung des aktuellen Waldzustandes zeigt, ob ganz, teilweise oder gar nicht erfüllt. Bei erfüllt ist zusätzlich abzuklären, ob nach Modell auch ein schlechterer Waldzustand genügen würde (= vom Modell geforderter Waldzustand).

Dauerhaftigkeit: ist erfüllt, falls der aktuelle Waldzustand die Anforderungen Nais für alle Merkmale eindeutig erfüllt oder falls der von Nais geforderte Waldzustand mit Berücksichtigen des vom Modell geforderten Waldzustandes erfüllbar, sonst teilweise. Oft weist der aktuelle Waldzustand im Moment eine günstige Wirkung auf (z. B. bei einem dichten Bestand mit vielen ähnlich alten Bäumen, entspricht nicht Nais-Anforderungsprofil) aber dieser Waldzustand ist nicht nachhaltig. Dann ist zu prüfen, ob es möglich ist, genügend Holz zu schlagen, dass sich der Bestand verjüngen kann oder ob dann die Schutzwirkung ungenügend wird.

Bei aussergewöhnlichem Totalschaden (z. Windwurf, Brand) können oft Steinschlagnetze oder Dämme die Schutzwirkung übernehmen, bis der Wald wieder nachgewachsen ist.

Der Wald kann eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen, oft wird er aber eine eingeschränkte Zuverlässigkeit aufweisen, in der Praxis sind deshalb bei Steinschlag Kombinationen von Schutzwald und Steinschlagnetzen häufig. Bei sehr intensivem Steinschlag oder grossen Steinen kann die Zuverlässigkeit auch gering sein.

Für die Beurteilung von Schutzwald im Rahmen von Protect ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Naturgefahrenfachleuten und Waldfachleuten notwendig.

Weitere Informationen zu NaiS: [www.gebirgswald.ch](http://www.gebirgswald.ch)

Dr. Monika Frehner  
Forstingenieurin ETH  
Sixer 9  
7320 Sargans  
monika.frehner@bluewin.ch  
www.monikafrehner.ch

## SilvaProtect-CH – Einblick in laufende Arbeiten des BAFU

von André Wehrli und Stéphane Losey, BAFU

### 1. Das Projekt SilvaProtect-CH – Aufbau und Projektziele

Die aktuellen kantonalen Schutzwaldausscheidungen sind über die Schweiz gesehen uneinheitlich. Dies erschwert gesamthafte Aussagen zu Schutzwaldthemen und macht den Vergleich der Schutzwälder zwischen den Kantonen schwierig. Objektive Grundlagen sind aber eine unerlässliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Schutzwaldpolitik und werden benötigt, um den zukünftigen Mittelbedarf zu rechtfertigen.

Aus diesem Grund hat das BAFU das Projekt SilvaProtect-CH gestartet. In einer ersten Projektphase (Phase I) wurden dabei verschiedene Naturgefahrenprozesse modelliert (Lawine, Sturz, Hangmure/Rutschung, Murgang, Schwemmholz und hydrologisch wirksamen Wäldern) und mit Daten zur Waldfläche und zum Schadenpotenzial verschnitten. Daraus resultierten die schadenrelevanten Prozessflächen im Wald, d.h. eine Übersicht über die Waldflächen, welche eine Schutzwirkung gegen Naturgefahren haben. Basierend auf den schadenrelevanten Prozessflächen im Wald wurde dann ein Schutzwaldindex SWI berechnet, welcher als Grundlage zur objektiven Zuteilung der Bundesmittel für die Schutzwaldpflege zuhanden der Kantone gebraucht wird. Phase I ist mittlerweile abgeschlossen, der SWI respektive der darauf basierende Zuteilschlüssel wurde im Herbst 2006 den Kantonen kommuniziert.

Um die Grundlagen für eine erfolgreiche Schutzwaldpolitik weiter zu objektivieren wurde sodann basierend auf den Resultaten von Phase I ein Folgeprojekt (Phase II) gestartet, in welchem zusammen mit den Kantonen harmonisierte Kriterien zur kantonalen Schutzwaldausscheidung erarbeitet wurden. Ziel von SilvaProtect-CH Phase II ist es, dass jeder Kanton einen ausgeschiedenen Schutzwaldperimeter hat, der in der forstlichen Planung verankert wird. Der „Schutzwald gemäss Bundeskriterien“, welcher den harmonisierten Kriterien zur Schutzwaldausscheidung entspricht, deckt dabei den kantonalen Schutzwaldperimeter grösstenteils oder gänzlich ab. Ab der 2. Periode

NFA (2012-2015) können die Bundesmittel für das Programm Schutzwald nur noch in den Waldflächen eingesetzt werden, die den harmonisierten Kriterien entsprechen.

Die harmonisierten Kriterien zur Schutzwaldausscheidung wurden Ende 2007 durch das BAFU verabschiedet (für den Synthesebericht mit den harmonisierten Kriterien siehe [www.umweltschweiz.ch/silvaprotect](http://www.umwelt-schweiz.ch/silvaprotect)) und sollen nun in den Kantonen umgesetzt werden. Vorgängig gilt es allerdings noch, das Prozedere zur Neuberechnung der Gerinne relevanten Schutzwälder zu klären.

## **2. Methode zur Neuberechnung der schadenrelevanten Prozessflächen im Wald für die Gerinne-relevanten Schutzwälder (GRS)**

Bei den in der ersten Phase von SilvaProtect-CH modellierten Prozessen Murgang, Mobilisierung von Schwemholz und Hydrologische Wirksamkeit (zusammengefasst als „Gerinne-relevante Prozesse“) zeigten sich anlässlich der Vergleiche in den Kantonen grosse Differenzen zwischen den schadenrelevanten Prozessflächen im Wald aus SilvaProtect-CH und den kantonalen Schutzwaldausscheidungen. Ursachen dafür sind:

1. eine unterschiedliche Ansprache der im Zusammenhang mit Gerinnen zu berücksichtigenden Prozesse (z.B. Übersarung, Hydrologische Wirkung, etc.)
2. Lücken beim relevanten Gerinnenetz für die Modellierung in SilvaProtect-CH Phase I
3. die Güte der Modellierung (idR. zurückzuführen auf ungenügende Eingangsdaten)

Aus diesem Grund werden die schadenrelevanten Prozessflächen im Wald für die Gerinneprozesse in SilvaProtect-CH Phase II mit einem neuen Ansatz überarbeitet. Dieser neue Ansatz soll den genannten Mängeln Rechnung tragen. Die Neuberechnung erfolgt in drei Schritten und ist im Synthesebericht SilvaProtect-CH im Detail erläutert.

### **Schritt 1:** Identifikation der relevanten Prozesse (durch die Begleitgruppe SilvaProtect-CH)

Folgende Prozesse werden unter dem Sammelbegriff „Gerinne-relevante Prozesse“ berücksichtigt:

- Murgang / Übersarung
- Mobilisierung Schwemholz / Verklausung
- Ufererosion / Destabilisierung des Ufers (durch Gerinneprozesse verursacht)
- Hangmure / Rutschung / Sturz / Lawine ins Gerinne

Zusätzlich wird mit dem Begriff versucht, der hydrologischen Wirkung des Waldes in den Gerinne-Einhängen Rechnung zu tragen, auch wenn der Prozess „Überschwemmung“ nicht explizit aufgeführt ist. In Phase I von SilvaProtect-CH sollte der Prozess durch die Modellierung von Waldgesellschaften und deren Klassierung bezüglich hydrologischer Wirkung gemäss Wegleitung NaiS (Anhang 1, Seite 21) angenähert werden, was aber nur sehr beschränkt gelang. Da aktuell zur Bestimmung der Wälder mit relevanter hydrologischer Wirkung (HWW) keine besseren Modellierungsansätze existieren und sich im Fall der Überschwemmung generell Abgrenzungsschwierigkeiten bezüglich möglicher Waldwirkungen ergeben, beschloss die Begleitgruppe SilvaProtect-CH, den Prozess „Überschwemmung“ vorderhand explizit wegzulassen und die HWW nur implizit im Bereich der Gerinne zu betrachten.

### **Schritt 2:** Identifikation der relevanten Gerinne (durch BAFU und Kantone)

In drei Teilschritten sollen die Gerinne bestimmt werden, welche bezüglich Naturgefahren und Schadenpotenzial relevant sind:

1. Modellierung von Übersarung/Murgang
2. Bestimmung des relevanten Gerinnenetzes im BAFU
3. Überprüfung des relevanten Gerinnenetzes durch die Kantone nach folgenden Kriterien:
  - a. Zusammenarbeit der kantonalen Experten von Forst und Wasserbau bei der Bestimmung der zu ergänzenden Gerinne
  - b. Das Gefahrenpotenzial ist mittels anerkannten Grundlagen zur Gefahrenbeurteilung belegt und trifft auf ein Schadenpotenzial, welches den harmonisierten Kriterien entspricht
  - c. Das relevante Gerinnenetz kann um Wildbäche ergänzt werden.

### **Schritt 3:** Identifikation der schadenrelevanten Prozessflächen im Wald für GRS (durch BAFU)

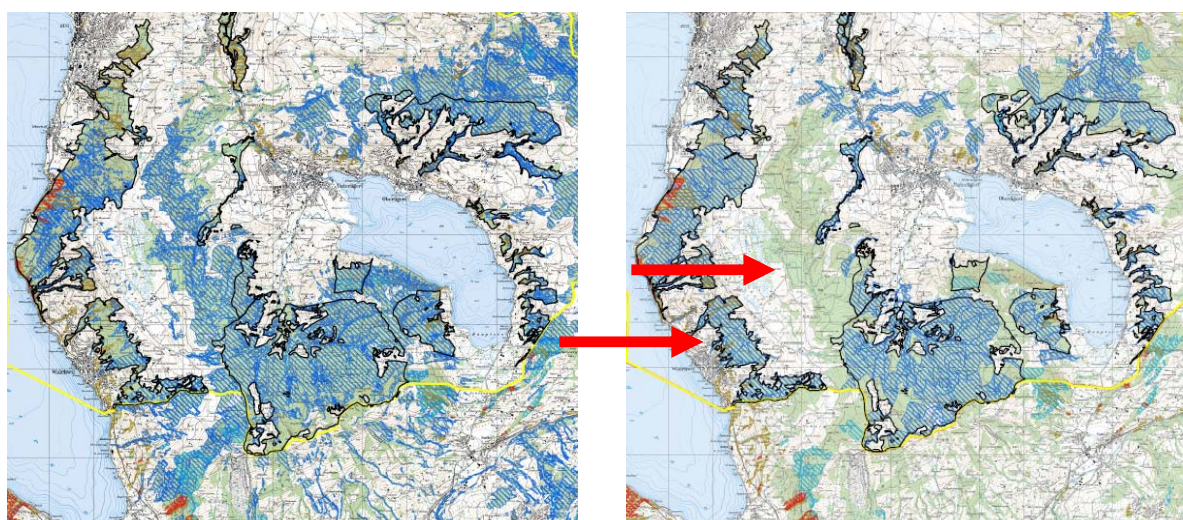


Die schadenrelevanten Prozessflächen im Wald für die Gerinneprozesse werden basierend auf den Grundlagen von SilvaProtect-CH, Phase I neu berechnet. Dies wird sich auch auf den SWI auswirken. Die Details zur Neuberechnung des SWI sind aber noch nicht bekannt.

Resultate aus vier Pilotkantonen (BE, LU, TI, ZG) haben gezeigt, dass die Methode zur Neuberechnung der schadenrelevanten Prozessflächen im Wald für die Gerinne-relevanten Schutzwälder (GRS) sinnvoll und der damit verbundene Aufwand vertretbar ist (siehe Tab. 1).

**Tabelle 1:** Übersicht über die Rückmeldungen aus den GRS-Pilotkantonen.

	BERN	LUZERN	TICINO	ZUG
Grundlagen BAFU	Gut (Hauptgerinne)	Gut (Hauptgerinne)	Gut	Gut
Prozedere für Neuberechnung	OK	OK	OK	OK
Aufwand	Vertretbar	Vertretbar	Vertretbar	Vertretbar
Übereinstimmung Schutzwald	Gut für <b>GRS</b> , Lücke bei <b>HWW</b>	Gut für <b>GRS</b> , teilweise auch für <b>HWW</b>	Gut	Gut
Fazit zum Vorgehen	OK, aber Antrag auf bessere Integration <b>HWW</b>	OK	OK	OK



**Abbildung 1:** Vergleich der schadenrelevanten Prozessflächen im Wald nach altem (links) und neuem (rechts) Ansatz im Gerinnebereich aus dem Pilotkanton Zug. Im alten Ansatz gibt es grosse Differenzen zwischen der kant. Schutzwaldausweisung (schwarz umrandet) und den schadenrelevanten Prozessflächen im Wald nach SilvaProtect-CH (farbige Flächen, davon blau: Murgänge, hydrologisch wirksame und schwemmholzrelevante Flächen). Im neuen Ansatz stimmen die kant. Schutzwaldausweisung (schwarz umrandet) und die Flächen nach SilvaProtect-CH (farbige Flächen, davon blau: *Gerinne-relevante Flächen*) deutlich besser überein (siehe Pfeile).

### 3. Ausblick

Durch den neuen Ansatz werden die Gerinne-relevanten Schutzwälder (GRS) sehr gut abgedeckt. Darüber hinaus werden auch die Wälder mit relevanter hydrologischer Wirkung (HWW) im Gerinnebereich teilweise gut abgedeckt (geographische Abdeckung, siehe Abb. 1). In gewissen Regionen war die Abdeckung der HWW allerdings ungenügend. Aus diesem Grund hat die Begleitgruppe SilvaProtect-CH auf Antrag des Kanton Bern beschlossen, dass weitere Schritte zur besseren Integration der HWW resp. des Prozesses Überschwemmung unternommen werden sollen, mit dem Ziel, die Harmonisierung der Kriterien auch in diesem Bereich bis spätestens zur 3. Periode NFA abzuschliessen. Das BAFU wird dazu 2009 ein neues Projekt starten.

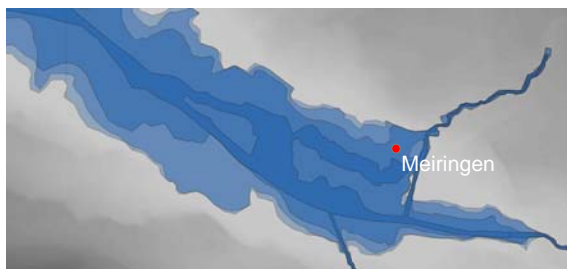
Die für die Neuberechnung der GRS nötigen Schritte wurden im Herbst 2008 gesamtschweizerisch in Angriff genommen. Dazu hat das BAFU den Kantonen die nötigen Grundlagendaten zum relevanten Gerinnenetz geliefert. Bis Ende April 2009 sollen die Kantone das relevante Gerinnenetz überprüfen und dem BAFU zurückmelden. Das BAFU wird daraufhin die neuen schadenrelevanten Prozessflächen im Bereich GRS berechnen und den Kantonen zustellen. Danach kann die Umsetzung der harmonisierten Kriterien zur Schutzwaldausscheidung in den Kantonen in Angriff genommen werden.

Weitere Informationen: [www.umwelt-schweiz.ch/silvaprotect](http://www.umwelt-schweiz.ch/silvaprotect)

Dr. André Wehrli,  
Bundesamt für Umwelt, 3003 Bern,  
[andre.wehrli@bafu.admin.ch](mailto:andre.wehrli@bafu.admin.ch)

## Flutzonen Aquaprotect

Mit den Resultaten aus dem Projekt Aquaprotect wurde erstmals eine schweizweite Übersicht über die potenzielle Hochwassergefährdung erarbeitet. Die digitalen Karten ermöglichen eine Beurteilung der Klumpenrisiken für die Überflutungsgefährdung.



### Public Private Partnership

Das Projekt entstand in enger Zusammenarbeit mit Fachexperten der Swiss Re in Zürich, Intermap in München und dem BAFU.

### Methodik

Bei den Flutzonen aus Aquaprotect werden die Wahrscheinlichkeiten visualisiert, dass ein gegebener Punkt überflutet werden kann.

Die von der Swiss Re patentierte Methode berücksichtigt für einen beliebigen Geländepunkt drei Parameter: die horizontale und vertikale Distanz eines Punktes zum Gewässer sowie die Grösse des Teileinzugsgebietes.

Bereits bestehende Schutzbauten sind dabei nicht berücksichtigt. Die Zonen widerspiegeln demzufolge die potentielle Überschwemmungsfläche, falls vorhandene Schutzbauten versagen sollten.

Sämtliche Flutzonen wurden nach der automatischen Erstellung durch die Firma Intermap kontrolliert und wo nötig von Hand überarbeitet.

### Mit dem Projekt wurden drei Ziele verfolgt

- Einheitliche Methode für die Darstellung einer potenziellen Überflutungsgefährdung über die ganze Schweiz
- Definition von möglichen Klumpenrisiken

- Abschätzung des relevanten Schadenpotenzials

### Datenzugang

Die erarbeiteten Karten können von jedermann mit Internetanschluss eingesehen werden:

<http://umweltzustand.admin.ch/>

↳ Naturgefahren

↳ Flutzonen Aquaprotect

Fachexperten können die Daten kostenlos beim BAFU bestellen und gemäss Nutzungsvereinbarung verwenden:

<http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/>

↳ Hochwasser und Murgänge

↳ Aquaprotect

### Aquaprotect versus Gefahrenkarten

Einige Kantone sind bereits im Besitz von flächendeckenden Gefahrenhinweiskarten und Gefahrenkarten. Beide Beurteilungsgrundlagen sind präziser. Hier beschränkt sich der Nutzen der neuen Flutzonen auf den Vergleich mit bestehenden Grundlagen und einer eventuell daraus resultierenden Nachuntersuchung.

Für Kantone ohne flächendeckende Gefahrenhinweiskarten oder Gefahrenkarten kann Aquaprotect Hinweise auf mögliche Überflutungsgefährdungen liefern, die es genauer zu untersuchen gilt. Aquaprotect kann jedoch die Gefahrenkarten und Gefahrenhinweiskarten nicht ersetzen.

### Kontaktadresse

Christian Schuler  
Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung Gefahrenprävention  
3003 Bern  
[christian.schuler@bafu.admin.ch](mailto:christian.schuler@bafu.admin.ch)

Dr. Aurel Schwerzmann, Swiss Reinsurance Company Ltd,  
Zürich. [Aurel\\_Schwerzmann@swissre.com](mailto:Aurel_Schwerzmann@swissre.com)

Ivo Banovsky, Intermap GmbH, München. [ibanovsky@intermap.com](mailto:ibanovsky@intermap.com)



## EconoMe - Verirrungen

Offener Brief von Rolf Bart an Andreas Götz, Vizedirektor BAFU

Sehr geehrter Herr Götz

Als Präsident der PLANAT und als für die Naturgefahrenprävention zuständiger Vize-Direktor des Bundesamts für Umwelt sind Sie massgeblich verantwortlich für die kommende Veranstaltung „Neue Instrumente für den Umgang mit Naturgefahren“ vom 24./25.3.2009 in Olten. Bei diesem Anlass steht das Thema „Risikodialog“ im Zentrum.

Als Mitverfasser der Publikation „Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, 1999“ und als Büroinhaber mit langer und breiter Erfahrung mit Naturgefahrenprozessen und den dort angewandten Methoden des Risikomanagements begrüsse ich, dass risikobasierte Entscheide zunehmend an Bedeutung gewinnen. Ebenfalls ist es wichtig, dass ökonomische Kriterien die Realisierung oder den Verzicht von Massnahmen stärker als bisher beeinflussen. Weiter ist evident, dass vergleichbare Grundlagen beizuziehen sind, um für die im Einzelnen betroffenen Projektträger wichtige Entscheidungen zu fällen.

Das BAFU hat in den letzten Jahren das Instrument „EconoMe“ erarbeitet und schreibt nun vor, dass die Nutzen-Kosten-Analyse von grösseren, zur Subventionierung beantragten Projekten auf dieser Plattform vorzunehmen sei. In der vom BAFU vorgesehenen Anwendungspraxis entscheidet die resultierende Zahl massgeblich über den weiteren Verlauf resp. über die Stellungnahme Ihres Amtes hinsichtlich eines möglichen Bundesbeitrags.

Die bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse soll erreicht werden, indem in der Risikoberechnung das Vorgehen und Standardwerte vorgegeben sind. Demgegenüber weisen die entscheidenden Eingangsgrössen aus der Gefahrenanalyse sehr grosse methodische und qualitative Unterschiede auf. Da die Gefahrenanalysen vor und nach Massnahmen ausgeführt werden, erhöhen sich die Unsicherheiten an der ausgewiesenen Veränderung. Die aus solchen methodischen Unterschieden resultierenden Streuungen in den Ergebnissen der Gefahrenanalyse sind so gross, dass die angepeilte bessere Vergleichbarkeit risikobasierter Aussagen zu verschiedenen Projekten unerreichbar bleibt. Diese Problematik ist so komplex, dass weitere Ausführungen hier nicht angebracht sind.

Die Entwicklung optimaler Massnahmen und die Beachtung der Kosteneffizienz sind ein Prozess. Die Überprüfung der Wirkungen von Massnahmen anhand der Gefahrenkarte und der Risikobeurteilung vor und nach Massnahmen wird oft mehrmals, mindestens jedoch für mehrere Varianten durchgeführt. EconoMe ist für diesen Prozess ein untaugliches und ein der Zielsetzung sogar schädliches Hilfsmittel. Das zentrale Problem liegt dabei nicht in der Leistungsfähigkeit des Hilfsmittels, sondern im gewählten Konzept. Zu dieser Einschätzung führen insbesondere nachstehende Aspekte:

- Die Anwender müssen zwingend sämtliche Daten bei sich haben, Auswertungen selber verarbeiten und in der ihnen richtig scheinenden Form darstellen können. Die Auftraggeber haben ein Anrecht darauf, moderne und verständliche Darstellungen von Risikoanalysen geliefert zu erhalten. Diese Unterlagen müssen künftig einen wesentlichen Bestandteil der Projekte bilden. Sie müssen mit Argumenten der Risikoanalyse und entsprechenden Darstellungen auch „verkauft“ werden können.
- Zurzeit errechnet EconoMe teils falsche Werte. Auch wenn diese Fehler behoben sind, schlummern weitere. Es existiert keine unabhängige Möglichkeit der Gegenkontrolle. Das eigene Nachrechnen ist nicht möglich, wenn nicht sämtliche Vorgaben, Standardwerte etc. vollständig offen gelegt werden. Falls sie offen gelegt werden, besteht kein

Anlass mehr, den Anwendern die Nutzung von EconoMe vorzuschreiben. Planungsbüros wären frei, leistungsstarke, transparente und kostengünstige Verfahren einzusetzen, welche dem Verarbeitungsweg jedes Einzelnen bestens und ohne staatliche Verordnung angepasst wären. Als Ingenieur will und darf ich niemals die Verantwortung übernehmen, um gestützt auf Berechnungen aus EconoMe weitreichende Entscheidungen zu empfehlen.

- In der Schweiz war es bisher undenkbar, ein einziges verfügbares Produkt vorzuschreiben. Man stelle sich bitte vor, der Bund würde zentrale Einheitslösungen auch in anderen Bereichen vorschreiben.
- Die den mit EconoMe ermittelten Werten zugemessene, überhöhte Bedeutung wird dazu führen, dass die verbleibenden Möglichkeiten bei der Beeinflussung der Resultate über die Gefahrenanalyse und die Kostenbestimmung voll ausgeschöpft werden.

Bisher konnten einzelne innovative und mit Spezialgebieten vertraute Fachleute Neuerungen einführen und den Fortschritt antreiben. Dies wird mit EconoMe künftig ausgeschlossen. Die Nivellierung nach unten wird zum verbindlichen Standard. Die zu verfolgenden Ziele verlieren an Bedeutung. Ein Hilfsmittel rückt ins Zentrum des Interesses und setzt damit auch die methodischen Grenzen Risikodaten zu nutzen. Gerade weil risikobasierte Entscheidungen in den Anfängen stecken, ist es innovationsfeindlich, praktisch als ersten Schritt unnötige Beschränkungen einzuführen.

Fazit:

- Die Ziele, welche mit EconoMe anvisiert sind, sollen weiterverfolgt werden. Dazu genügt es, methodische Vorgaben und Standardwerte offen zu legen und in geeigneter Form vorzugeben.
- Grundsätzlich soll die sachliche Fragestellung und nicht ein Hilfsmittel im Zentrum stehen.
- Die Durchsetzung risikobasierter Ansätze erfordert wesentlich weiter reichende Begleitung und Unterstützung der Beteiligten. Die zentralen Probleme liegen nicht im fachlichen Bereich der Risikoanalyse.
- Projekte und ähnliche Vorhaben gewinnen an Verbindlichkeit und Qualität, wenn sie breit abgestützt sind, die Konsequenzen aus verschiedenen Blickwinkeln beurteilen und die fachliche Diskussion rechtzeitig und offen geführt wird.
- In der vorliegenden Form ist das Produkt EconoMe ein Misstrauensvotum des BAFU an Planer, Ingenieure und Projektträgerschaften.
- Der mit EconoMe verordnete Lösungsweg für die Handhabung von Beurteilungs- und Qualitätskriterien ist ein gefährliches, unschweizerisches Präjudiz.

Leider wurden bislang solche Punkte nicht breit diskutiert. Möglicherweise ist die Brisanz, welche mit dem gewählten Konzept von EconoMe verbunden ist, noch nicht erkannt.

Sollte ich mit meiner Beurteilung nicht alleine dastehen, wäre eine mögliche Lösung denkbar einfach: EconoMe kann bestehen bleiben und allenfalls auch weiter entwickelt werden, der Zwang zu dessen Verwendung sollte wegfallen. Die Einhaltung der Vorgaben über eine Empfehlung oder Richtlinie (wie z.B. für die Gefahrenkarten) wäre erfolgreicher.

Mit freundlichen Grüßen

Rolf Bart



Der Gemeindeverband Wasserversorgung Saurehorn umfasst 14 Gemeinden bzw. 33 Ortschaften in den Ämtern Aarberg, Fraubrunnen, Büren und versorgt 11'300 Personen mit Trinkwasser.

Wir suchen per 1. Juli 2009 oder nach Vereinbarung

## Technische/n Leiter/in

### Ihr Aufgabengebiet

- Bearbeitung von Anschlussgesuchen
- Hausinstallationskontrollen
- Planung für Ausbau, Unterhalt und Betrieb unseres grossen Leitungsnetzes
- Projektabrechnungen
- Umsetzung und Überwachung der Qualitätssicherung
- Pikettdienst
- Technische Leitung des Wasserverbundes Grauholz AG (WAGRA) mit Wasserfassungen, Pumpwerken, Reservoirs und Transportleitungen

### Sie verfügen über

- eine abgeschlossene Ausbildung als Bauingenieur/in FH oder Bauführer/in
- Erfahrung im praktischen Rohrleitungs- und Tiefbau
- fundierte Kenntnisse der Wasserversorgung
- den Fachausweis Brunnenmeister oder die Bereitschaft diese Ausbildung zu absolvieren
- planerische Fähigkeiten
- betriebswirtschaftliches Denken
- Verhandlungsgeschick und Durchsetzungsvermögen
- sicheres Auftreten, selbständige Arbeitsweise und Teamfähigkeit
- Belastbarkeit und Flexibilität
- Gute Kenntnisse der Programme CAD/GIS/Bauadministration (NPK) und MS-Office

### Wir bieten

Eine vielseitige, interessante und weitgehend selbständige Tätigkeit, sowie ein gutes Arbeitsklima in einem kleinen Team.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Für Fragen stehen Ihnen unser Geschäftsführer, Jürg Bossi oder unser Technischer Leiter, Martin Frey, Tel. 031 879 13 31, gerne zur Verfügung oder besuchen Sie uns im Internet unter [www.wvsaurehorn.ch](http://www.wvsaurehorn.ch).

Ihre schriftliche Bewerbung mit Lebenslauf und Zeugniskopien senden Sie bitte bis 15. April 2009 an den **Gemeindeverband Wasserversorgung Saurehorn, Mühlacher 2, 3256 Dieterswil**.