

Inhalt

Nr. 8 - 2005

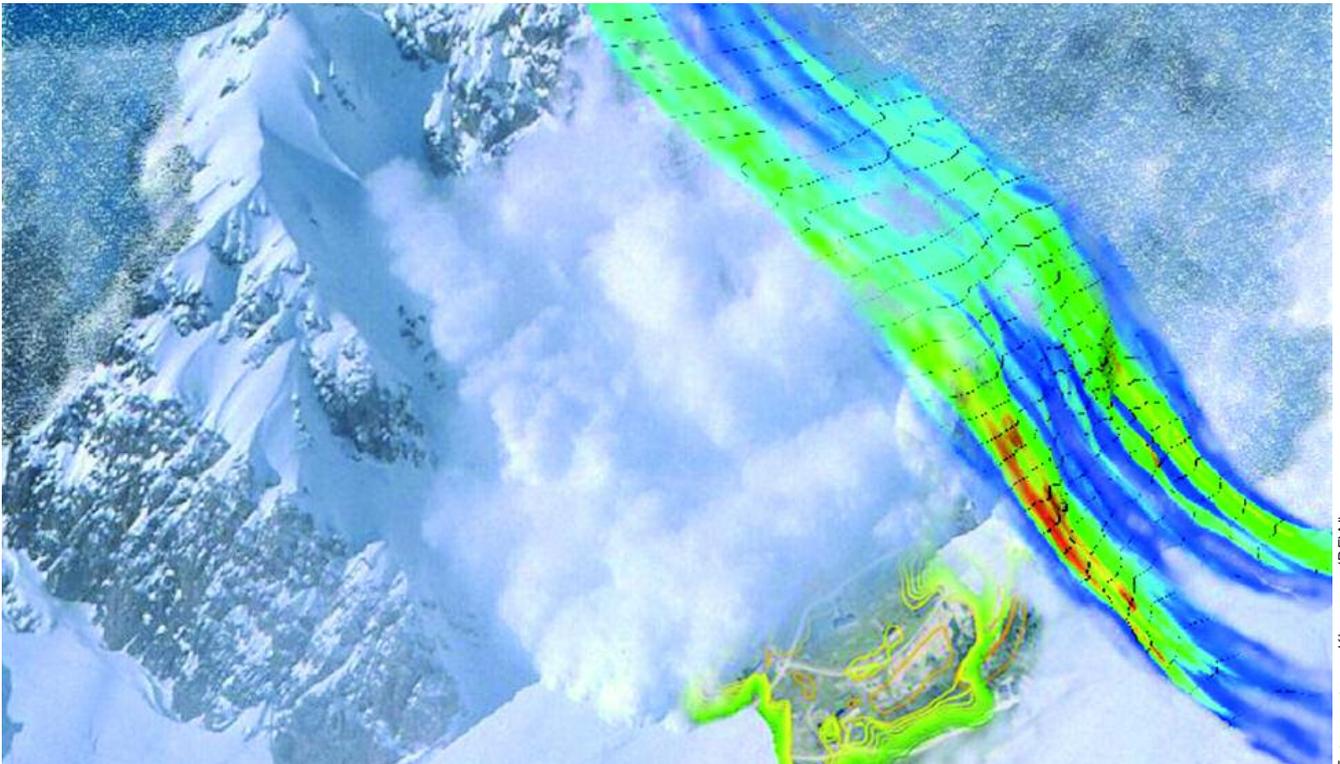
Natur - Gefahren - Sicherheit

LAMBERT RAMMER Lawinen aufgepasst! Radar misst Geschwindigkeit.....	3
RUDOLF SAILER, KARL KLEEMAYR SAMOS-04: Das österreichische Lawinensimulationsmodell	5
KARL KLEEMAYR, REINHARD FROMM Lawindiagnose ADS – oder wie groß ist die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabgangs.....	7
LAMBERT RAMMER, ELISABETH RAINER, PETER HÖLLER Richtlinien für Schneesetze in Ausarbeitung	9
ROLAND LUZIAN, MARTINA ELLER Schadlawinen-Datenbank für Österreich	11
ROLAND LUZIAN Lawinenspuren aus der Steinzeit	13
ULRIKE STARY Auswirkungen von Hitze und Trockenheit auf die Verfügbarkeit von Bodenwasser - ein Vergleich der Jahre 2003 und 2004.....	16
KARL HAGEN Bemessungshilfen für Hochwasserabflüsse in Wildbächen.....	18
BERNHARD KOHL, LEOPOLD STEPANEK ZEMOKOST - neues Programm für die Abschätzung von Hochwasserabflüssen.....	21
GERHARD MARKART, HERBERT PIRKL, BERNHARD KOHL, ANDREAS REITERER UND KLAUS MOTSCHKA Vom Hubschrauber aus Daten für die Naturraumanalyse erhalten	23
PETER ANDRECS, ROBERT HACKER Faustformel für die Abschätzung der Volumen von Rutschungen.....	25
FRANK PERZL Beurteilung der Lawinen-Schutzwirkung des Waldes.....	27

Der Umgang der Menschen mit Naturgefahren wird immer widersprüchlicher: Dem Reiz des individuellen Risikos – etwa wenn Skifahrer trotz hoher Lawinengefahr in gesperrte Tiefschneehänge fahren – steht der Wunsch nach totaler Sicherheit gegenüber. Dem ersten kann durch Aufklärung über die Gefahren entgegengewirkt werden, dem zweiten durch mehr Forschung und genauere Prognosemodelle. In dieser BFW-Praxisinformation stellen wir Ihnen aktuelle (Zwischen-)Ergebnisse aus Untersuchungen des BFW-Institutes für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Innsbruck, vor: Radar misst die Geschwindigkeit von Lawinen, SAMOS-04 – das weiterentwickelte Lawinensimulationsmodell, Tests zur Produktqualität von Schneesetzen sowie mehrere Faustformeln und Programme für die Wildbach- und Lawinenverbauung.

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich
<http://bfw.ac.at>





Zwischen Innovation und Tradition

Das Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen (INW), Innsbruck, des BFW hat in den letzten Jahren innovative Arbeiten zur Beurteilung alpiner Naturgefahren durchgeführt: zum Beispiel durch die Entwicklung der Lawinensimulationsmodelle

SAMOS und ELBA sowie des hydrologischen Simulationsmodells ZEMOCOST. Gemeinsam mit der TU-Graz wurde ein weltweit einzigartiges Lawinenradar entwickelt, mit dem gleichzeitig die Geschwindigkeiten des Fließ- und Staubanteils einer Lawine gemessen werden können. Weniger spektakulär vielleicht, aber für die Erforschung der Kräfte, die von Lawinen ausgehen, ebenso wichtig, sind dreidimensionale Druckmessplatten, mit denen die Dynamik von Lawinen untersucht wird.

Moderne automatische Messstationen, der Einsatz von Laserscannern, der Betrieb eines Bodenlabors und einer eigenen Berechnungsanlage sind weitere Beispiele für zeitgemäße Forschungsausstattung und -methoden.

Um den aktuellen Bedürfnissen zum Schutz vor Naturgefahren gerecht zu werden, werden am INW daher künftig folgende Schwerpunkte forciert werden: Entwicklung von Methoden zur prozessorientierten Schutzwaldbeurteilung, von Entscheidungsunterstützungsinstrumenten für temporäre Maßnahmen, von Beobachtungsmethoden unter Verwendung modernster Sensortechnik sowie neuer Abflussmodelle; darüber hinaus die Untersuchung und Modellierung der mechanischen Eigenschaften der Schneedecke und die Verbesserung von technischen Schutzmaßnahmen. Von besonderem Interesse sind die Optimierung und Entwicklung von neuen Risikomanagementkonzepten unter Verwendung der gesamten Erfahrung und des vorhandenen Prozesswissens.

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit Naturgefahren am INW begann 1954 in Tirol. Trotz stark wechselnder Bedingungen bezüglich Standort und organisatorischer Zugehörigkeit ist dieser lange Zeitraum durch drei Eigenschaften des Institutes geprägt:

Erstens, die Kontinuität der Forschung, die sich in Datensätzen für lange Zeiträume und großer Erfahrung niederschlägt. Jahrzehntelange Forschungen zur Ökologie der Waldgrenze, Arbeiten zur Wirksamkeit von Wildbachsperrern und langjährigen Messreihen in den Wildbachmustereinzugsgebieten begründeten den nationalen und internationalen Ruf des Institutes.

Zweitens, der integrale Ansatz der Forschung. Die Untersuchungen von Wildbächen und Lawinen wurden am INW von Beginn an im Kontext zum ländlichen Raum im Allgemeinen und zum Wald im Speziellen gesehen.

Und drittens, die Nähe zur Praxis. Alle Arbeiten am Institut tragen in direkter oder indirekter Weise zur Lösung konkreter Probleme bei.

In Zukunft werden wir nicht nur die gemeinsamen Arbeiten mit dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung intensivieren (zum Beispiel bei der Optimierung von Schneenetzen oder der Standardisierung von Schutzmaßnahmen). Wir werden auch den Kontakt mit anderen Entscheidungsträgern im Bereich Naturgefahren (z.B. mit Betreibern von Skigebieten, Vertretern von Infrastruktureinrichtungen und Bürgermeistern) verstärkt suchen.

Eine besonders zukunftsreiche Kooperation ist das BFW gerade mit dem österreichischen Bundesheer eingegangen (die Kooperation Wissenschaft – Heer ist international gesehen eine sehr bewährte Achse). Am Truppenübungsplatz Wattener Lizum (Tirol) werden Naturgefahren gemeinsam beobachtet (Schneedecken-, Radar- und Abflussmessungen) und analysiert werden.

Ein spannendes Lesevergnügen wünscht

Dipl.-Ing. Dr. Harald Mauser
Leiter des BFW

Impressum

ISSN 1815-3895

© September 2005

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Presserechtlich für den Inhalt verantwortlich:

Harald Mauser

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich

Tel.: +43 1 87838 0

Fax: +43 1 87838 1250

<http://bfw.ac.at>

Redaktion: Karl Kleemayr, Christian Lackner

Grafik und Layout: Johanna Kohl

Druck: Druckerei

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

Bezugsquelle: Bibliothek

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

Tel.: +43 1 87838 1216

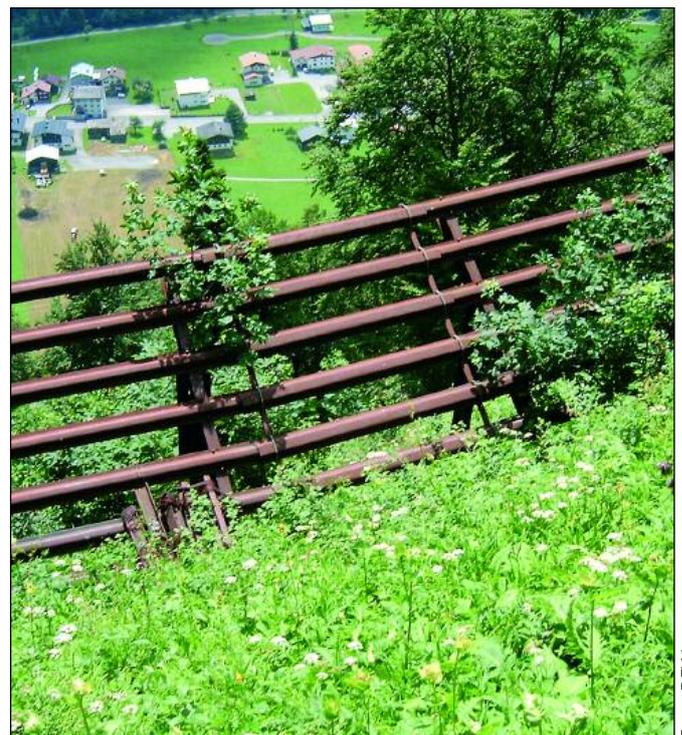


Foto: BFW

Lawinen aufgepasst! Radar misst Geschwindigkeit

Lambert RAMMER

Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten von Lawinenabgängen sind äußerst komplex. Zum besseren Verständnis der Prozesse werden am Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW verschiedene Experimente durchgeführt, unter anderem Geschwindigkeitsmessungen von Lawinen mittels Radar.

Vallée de la Sionne in der Schweiz im Winter 2004: Ein Hubschrauber fliegt zum Bergkamm. Dort werden 15 Kilo Sprengstoff positioniert und entzündet. Innerhalb kürzester Zeit löst sich ein großes Schneebrett, das mit Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h den Lawenzug Creta Besse runter donnert. Und an diesen Geschwindigkeiten sind Wissenschaftler, unter anderem vom BFW, interessiert.

Denn für die Entwicklung guter Berechnungsmodelle benötigt man nicht nur Anriss- und Ablagerungsdaten, sondern auch Informationen über die Geschwindigkeiten und Druckwirkungen von Lawinen. In diesem speziellen Fall wird die Geschwindigkeit der Lawinen mittels Radartechnologie erfasst. In der Sturzbahn der Lawine stehen Hindernisse, die mit Messinstrumenten bestückt sind und Informationen über die Druckwirkung liefern. Die Resultate sämtlicher Experimente werden dazu benutzt, Modelle zur Simulation von Lawinenabgängen zu verifizieren und zu verbessern. Insbesondere für die Gefahrenzonenplanung ist die Weiterentwicklung zuverlässiger Computermodelle von Fließ- und Staublawinen von großer Bedeutung, weil man mit den Informationen über die Druckwirkung die gelbe und rote Gefahrenzone ausscheiden kann.

Wie funktioniert das Lawinenradar?

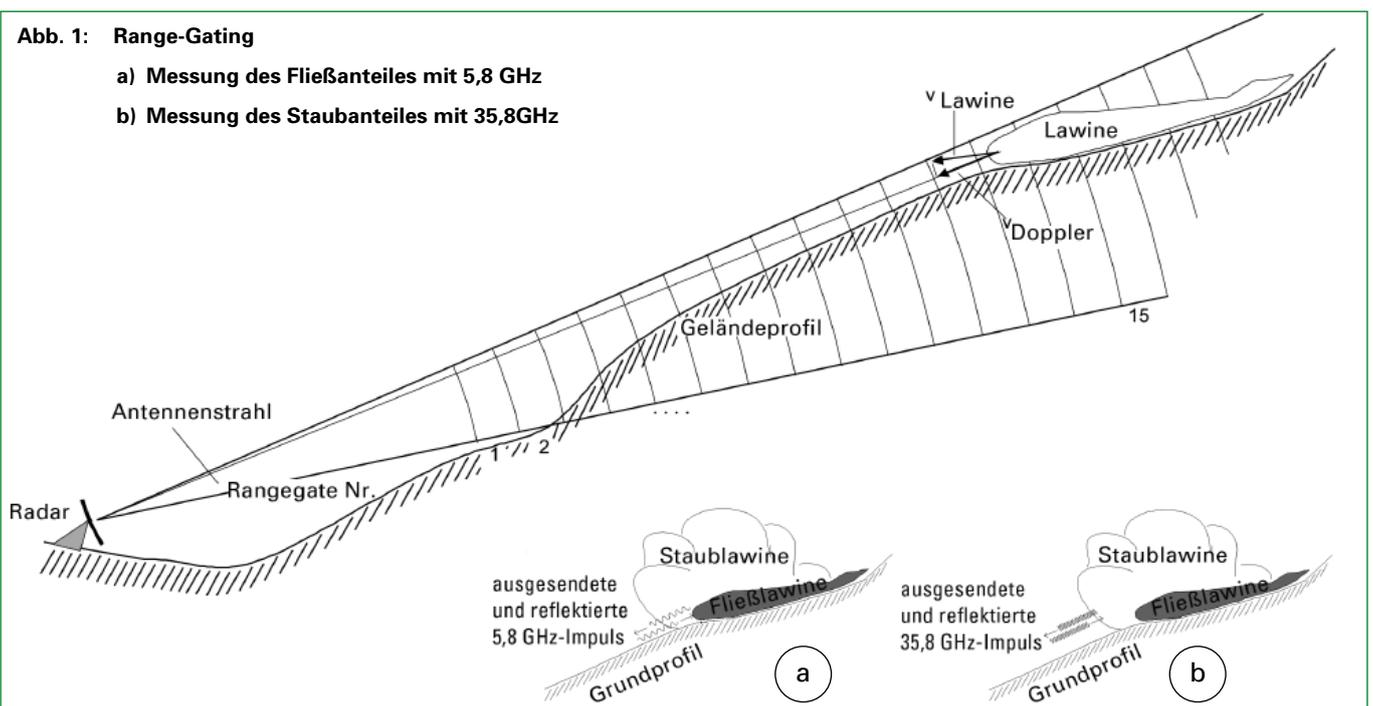
Für die Geschwindigkeitsmessung von Lawinen wird am BFW ein gepulstes Doppler-Lawinenradar verwendet. Mit ihm können räumlich und zeitlich aufgelöst Geschwindigkeits- und Turbulenzparameter bestimmt werden. Das Radarsystem sendet kurze Mikrowellenimpulse aus und analysiert die Echos, die von den vom Antennenstrahl getroffenen Objekten reflektiert werden, in unserem Fall entweder von der ruhenden Schneedecke oder von der Lawine. Mit dem Lawinenradar können somit nicht nur Geschwindigkeiten, sondern auch die dazugehörigen Entfernungen von der Antenne gemessen werden.

Dies erfolgt durch eine quasi gleichzeitige Auswertung von Doppler-Frequenzen von einer Anzahl aneinander gereihter Abschnitte der Lawinenbahn. Dieser Vorgang wird Range-Gating genannt und ermöglicht eine räumliche und zeitliche Zuordnung der gemessenen Echointensität, Geschwindigkeits- und Turbulenzparameter entlang der Lawinenbahn während des Lawinenabganges.

Das Lawinenradar ist mit zwei Antennen für unterschiedliche Frequenzen (5,8 GHz und 35,8 GHz) ausgestattet. Warum werden zwei verschiedene Frequenzen verwendet? Weil die niedrigere Frequenz den Staubanteil der Lawine durchdringt und Reflexionen nur vom Fließanteil bringt, während die hohe Frequenz wegen der kürzeren Wellenlänge von den kleinen Schnee- und Eispartikeln der Staubwolke reflektiert wird. So wird simultan eine nach Fließ- und Staubanteil getrennte Geschwindigkeitsmessung erzielt (Abbildung 1).

Abb. 1: Range-Gating

- a) Messung des Fließanteiles mit 5,8 GHz
- b) Messung des Staubanteiles mit 35,8 GHz



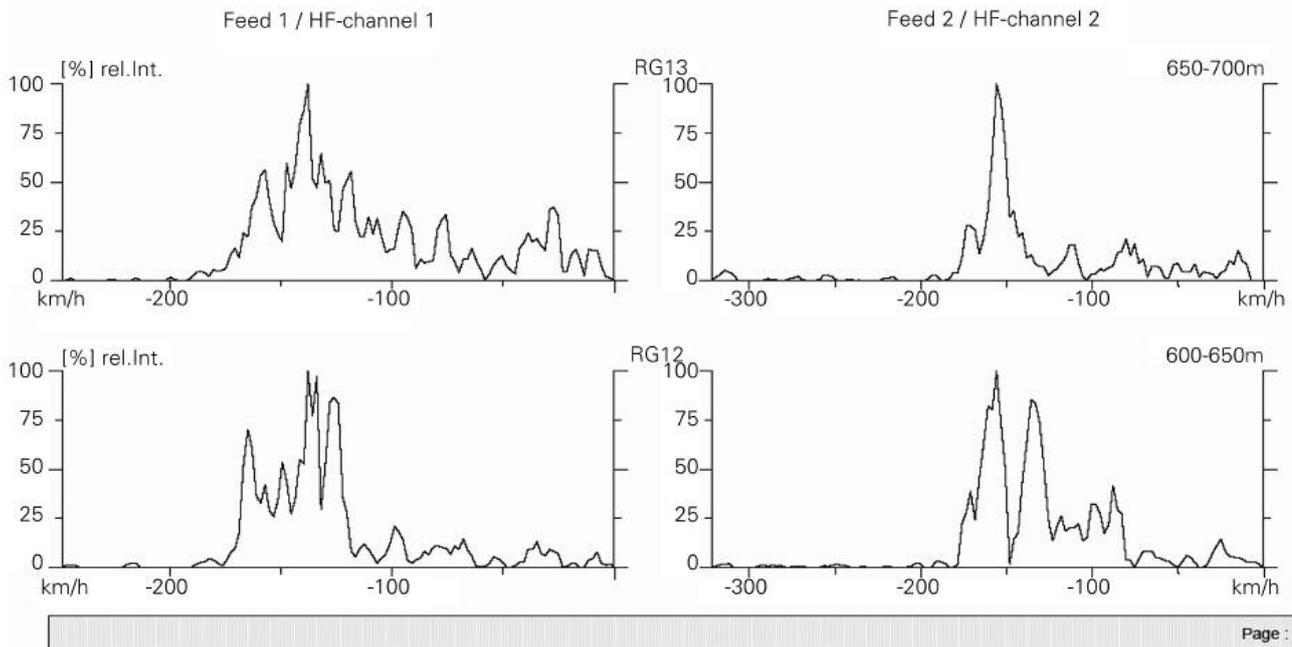
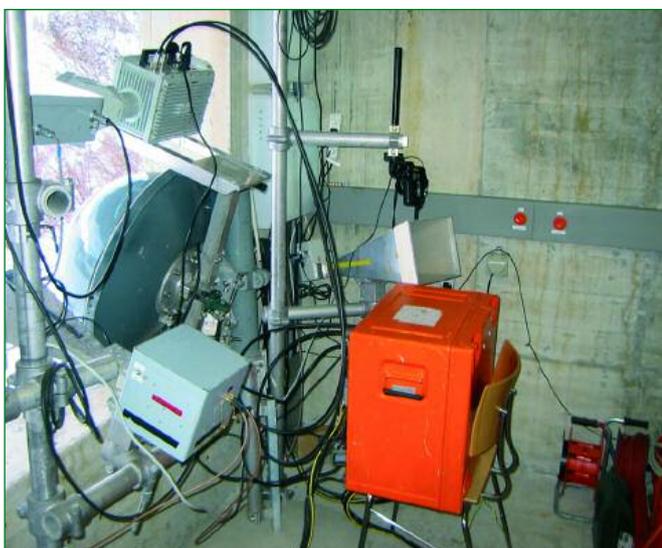


Abb. 2: Mittels Software wird die zeitabhängige Geschwindigkeit für jeden Abschnitt (Range-Gate) ermittelt

Europaweit einzigartiges Gerät

Das Radar misst Doppler-Spektren für jedes Range-Gate jeweils zu den verschiedenen Messzeitpunkten. Mittels Software wird die zeitabhängige Geschwindigkeit für jedes Range-Gate ermittelt (Abbildung 2). Da das Lawinenradar des BFW ein europaweit einzigartiges Gerät ist, werden auch im Ausland, zum Beispiel Schweiz und Norwegen, Messungen durchgeführt (Abbildung 3).

Abb. 3: Radarmessung in Ryggfjonn, Norwegen (rechts) und Vallée de la Sionne, Schweiz (links)



Dipl.-Ing. Dr. Lambert Rammer
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
 Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Rennweg 1, Hofburg, 6020 Innsbruck
 E-Mail: lambert.rammer@uibk.ac.at

SAMOS-04: Das österreichische Lawinensimulationsmodell

Rudolf SAILER, Karl KLEEMAYR

Lawindynamische Modelle sind heute Stand der Technik in der Beurteilung von Lawinengefahren. Sie werden überwiegend in der Gefahrenzonenplanung und bei der Optimierung von Schutzmaßnahmen verwendet. Mit SAMOS-04 liegt nun das Nachfolgemodell des bewährten Lawinensimulationsmodells SAMOS-99 vor.

Mit SAMOS-99 (**S**now **A**valanche **M**odelling and **S**imulation) stand zum ersten Mal ein Modell zur Verfügung, das die Kräfte von Katastrophenlawinen dreidimensional berechnet. SAMOS-99 wurde für über 100 Lawinenstriche angewendet und hat maßgeblich zu einer Verbesserung der Schutzmaßnahmen beigetragen. Mit SAMOS-04 gibt es nun das Nachfolgemodell des bewährten Lawinensimulationsmodells.¹

Wie funktioniert SAMOS?

Richtungweisend war die Annahme, dass eine Staublawine im Großen und Ganzen nichts anderes ist als ein sich turbulent bewegendes Feststoff-Luft-Gemisch. Für einen ähnlichen Anwendungszweck, nämlich die Berechnung von Diesel-Einspritzmotoren (Kraftstoff-Luft-Gemisch), hatte die AVL Computersimulationsmodelle entwickelt. Basierend auf diesen Erfahrungen

konnte das erste dreidimensionale Lawinenmodell entwickelt werden.

SAMOS berechnet als einziges Modell den Fließ- und Staubanteil einer Lawine (Abb. 1). Der Fließanteil wird mit den so genannten Flachwassergleichungen in Verbindung mit einem Euler-Gitter gelöst. Die numerische Beschreibung der Staublawine erfolgt mit dem „homogenen Mehrphasenmodell“ von SWIFT, wobei angenommen wird, dass sich beide Phasen – Schnee und Luft – mit derselben Geschwindigkeit bewegen. Das **K-ε**-Modell wird zur Turbulenzmodellierung verwendet.

Lawinen erodieren und nehmen während des Hinunterströmens sehr viel Schnee aus der Sturzbahn auf. In manchen Fällen kann die so erodierte Schneemasse sogar größer sein als die eigentliche Abbruchmasse. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wird im SAMOS-Modell die Schnee-Erosion (E) und die damit verbundene Massenzunahme berechnet.

Weiters gibt es im SAMOS-Modell die so genannte Resuspensionschicht: Je schneller der Fließanteil einer Lawine und je kleiner die Lawinenpartikel, umso höher ist der Anteil, der in den Staubanteil übergeht (und umgekehrt auch wieder absinken kann). Dieser Mechanismus wird in der Resuspensionschicht gesteuert.

Was ist neu in SAMOS 04?

Skalierung des Raumgitters: Im Bereich von Schutzbauten kann die räumliche Genauigkeit der Berechnung erhöht werden. Dies bringt vor allem bei der Dimensionierung von Lawinendämmen oder der Optimierung von Gebäuden enorme Vorteile.

Variabler Bettreibungswinkel: Gerade bei kleinen Lawinen war die bisherige Annahme einer konstanten Reibung (Bettreibungswinkel) problematisch. In SAMOS-04 können über einen variablen Bettreibungswinkel auch kleine Lawinen realitätsnäher nachgestellt werden.

Sekundäre Anrissgebiete: In vielen Fällen lösen Lawinen während der Bewegungen weitere Lawinen aus (sekundäre Anbruchgebiete). In SAMOS-04 können nun sekundäre Anbruchgebiete definiert und bei der Simulation berücksichtigt werden.

Benutzeroberfläche verbessert: Auch die graphische Benutzeroberfläche von SWIFT wurde für SAMOS-04 angepasst. Als neue Import- und Exportfilter kommen das SHAPE-Format und das E00-Format (beide Fa. ESRI) hinzu. Die maßgeblichste Erweiterung der Benutzeroberfläche betrifft die Analyse der Berechnungsdaten, wie etwa die Darstellung der Geschwindigkeit und der Drücke entlang benutzerdefinierter Profillinien.

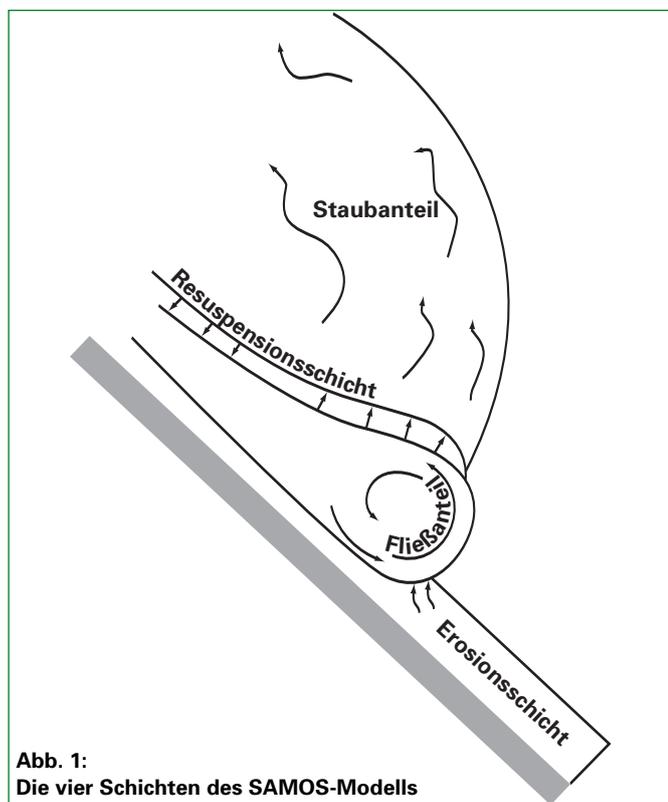


Abb. 1:
Die vier Schichten des SAMOS-Modells

¹ Die Modelle sind eine Entwicklung von AVL-List, Graz, im Auftrag des BMLFUW in Zusammenarbeit mit dem Forsttechnischen Dienst der Lawinen- und Wildbachverbauung und dem BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft).

Was liefert SAMOS?

Abbildung 2 zeigt, wie Simulationsergebnisse üblicherweise dargestellt werden. Im Detail können aber viel mehr Informationen aus jeder einzelnen Simulation erhalten werden:

- maximale Geschwindigkeit, Dichte und Druck an jedem Punkt im Gelände
- Fließhöhen und bewegte Massen an jedem Punkt im Gelände
- Geschwindigkeit-, Dichte- und Druckverteilung in verschiedenen Höhen über dem Boden (dies ist vor allem bei Staublawinen wichtig, die ihre größte Kraft nicht am Boden besitzen)
- Geschwindigkeit, Dichte und Druck entlang von wichtigen Profilen.

Alle Informationen können dabei sowohl für den Staub als auch den Fließanteil geliefert werden (mit Ausnahme der Druckverteilung über die Höhe bei Fließlawinen).

SAMOS wird am BFW derzeit in dreierlei Hinsicht optimiert:

Mit dem institutseigenen Lawinenradar und den Druckplatten können die Front- und Partikelgeschwindigkeiten, aber auch die Kräfte von echten Lawinen gemessen werden. Diese werden mit den simulierten

Größen verglichen, um Rückschlüsse auf die Realität snähe zu ziehen.

Ein großes Problem stellen derzeit noch Simulationen von Lawinen dar, die in einen Wald einstoßen. Gemeinsam mit der WLV und der Landesforstdirektion Tirol werden gerade die Daten von interessanten Einzelfällen gesammelt, um die Reibungsparameter bei diesen schwierigen Bedingungen zu optimieren.

Ab dem Winter 2005/2006 können mit dem neuen Laserscanner des Institutes außerdem die Ablagerungsvolumina und die Schnee-Erosion mit hoher Genauigkeit gemessen und wiederum mit den Simulationen verglichen werden.

Mag. Dr. Rudolf Sailer
Dipl.-Ing. Dr. Karl Kleemayr
Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
Naturgefahren und Landschaft
Hofburg-Rennweg 1, 6020 Innsbruck
E-Mail: rudolf.sailer@uibk.ac.at, karl.kleemayr@uibk.ac.at

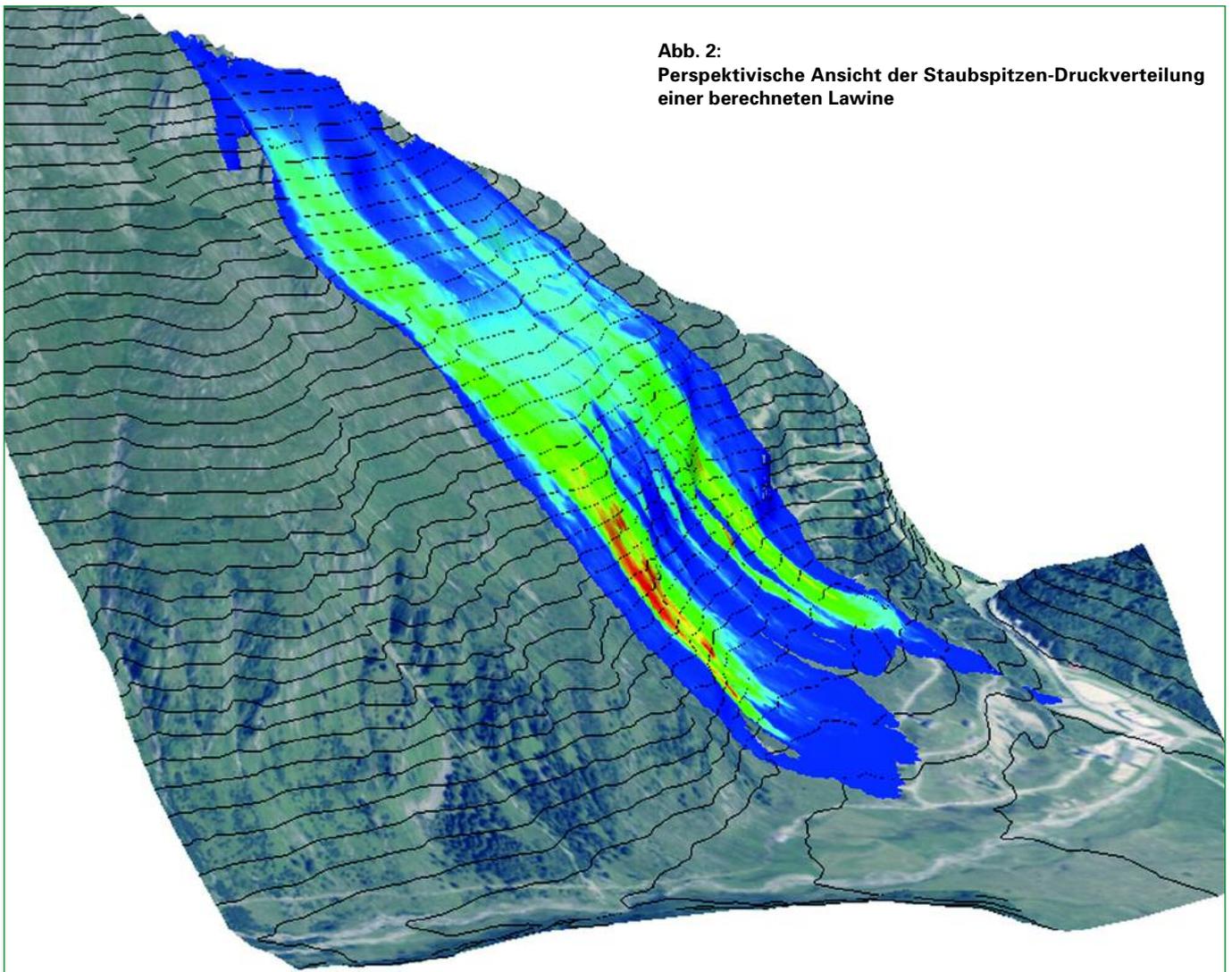


Abb. 2:
Perspektivische Ansicht der Staubspitzen-Druckverteilung
einer berechneten Lawine

Lawindiagnose ADS – oder wie groß ist die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabgangs

Karl KLEEMAYR, Reinhard FROMM

Schönes Winterwinter, viele Touristen im Ort, in den vorangegangenen Tagen fiel aber viel Schnee: Welche Hänge darf der Betreiber eines Skigebietes frei geben? Das BFW entwickelt jetzt dafür ein Diagnose-Werkzeug. Es soll dem Verantwortlichen Informationen liefern, wie groß die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabgangs zu einem bestimmten Zeitpunkt ist.

Mit steigender Intensität des Wintertourismus steigt auch der Bedarf, die Gefahr durch Lawinen verlässlicher zu beurteilen. Neben den seit längerer Zeit bewährten technischen Schutzmaßnahmen oder der Gefahrenzonenplanung gewinnen Prognose- und Diagnosewerkzeuge zunehmend an Bedeutung. Ziel dieser Instrumente ist es, die Gefahr eines Lawinenabganges für einen bestimmten Zeitpunkt möglichst genau vorauszusagen. Sie helfen beispielsweise dem Betriebsleiter eines Skigebietes oder dem Sicherheitsverantwortlichen eines gefährdeten Straßenabschnittes zu entscheiden, ob er je nach Schneedeckenaufbau und Witterung das Gebiet frei geben kann, eine Sperrung oder andere Sicherheitsmaßnahmen einleiten soll. Es wird also konkret die Frage beantwortet, wie groß ist die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabgangs zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Das Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Innsbruck, des BFW entwickelt in einem Kooperationsprojekt mit dem Skigebiet Lech, dem Land Vorarlberg und dem BMVIT das Diagnose-Werkzeug ADS (**A**valanche **D**iagnosis **S**ystem), das genau diese Frage klären soll. Mit dem Programm wird erstmals in einem Skigebiet die Gefahr einer Lawinenauslösung für einzelne Hangabschnitte angegeben.

Die Berechnung der Lawinengefahr in ADS erfolgt durch vier unabhängige Verfahren: Expertenmodelle, datenbasierte Modelle (statistische Methoden, Ähnlichkeitsuntersuchungen) und physikalische Modelle.

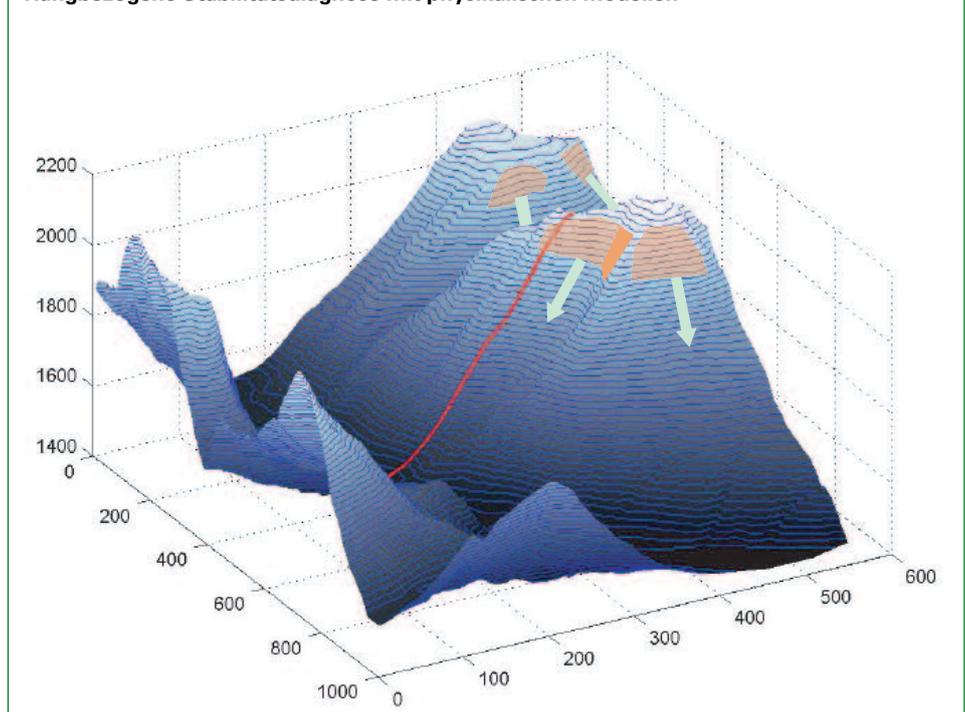
Warum vier Methoden?

Verschiedene Verfahren wurden in den letzten Jahren bereits entwickelt und getestet. Im Modell ADS wird erstmals versucht, die Vorteile der verschiedenen Konzepte zu kom-

binieren. Eine Stabilitätsbeurteilung mit einem Expertensystem bedeutet, die Erfahrung der Personen vor Ort in das System zu integrieren. Datenbasierte Modelle entstehen durch statistische Untersuchungen. Auch das bisher am weitest verbreitete Modell, das NXD-Modell, gehört in diesen Bereich. Ihr Vorteil ist, dass sie echte Wahrscheinlichkeitswerte liefern und relativ genau die Gefahr angeben. Der Nachteil ist jedoch, dass schwierige und vor allem seltene Bedingungen nicht mit diesen Verfahren beschrieben werden können und die Ergebnisse unzuverlässig werden. Mit dem vierten Typ, den physikalischen Modellen werden der Schneedeckenaufbau und die schneemechanischen Eigenschaften für bestimmte vorher ausgewählte Hangabschnitte gerechnet.

Gerade der Winter 2004/2005 zeigte, wie wichtig die schneemechanischen Eigenschaften der Schneedecke sind. Obwohl die Schneemengen im langjährigen Durchschnitt blieben, konnte in diesem Winter ein Spitzenwert an Lawinenabgängen und Todesfällen verzeichnet werden. Der Grund ist einfach und trotzdem kompliziert: Die ungünstige Schneedeckenentwicklung sorgte für ein sehr schwaches Fundament und damit eine geringe Stabilität. Auch wenn dieser Zusammenhang einfach ist, bleibt es jedoch eine echte wissenschaftliche Herausforderung, die Stabilität der Schneedecke und die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabgangs mit ausreichender Genauigkeit zu berechnen.

Abb. 1:
Hangbezogene Stabilitätsdiagnose mit physikalischen Modellen



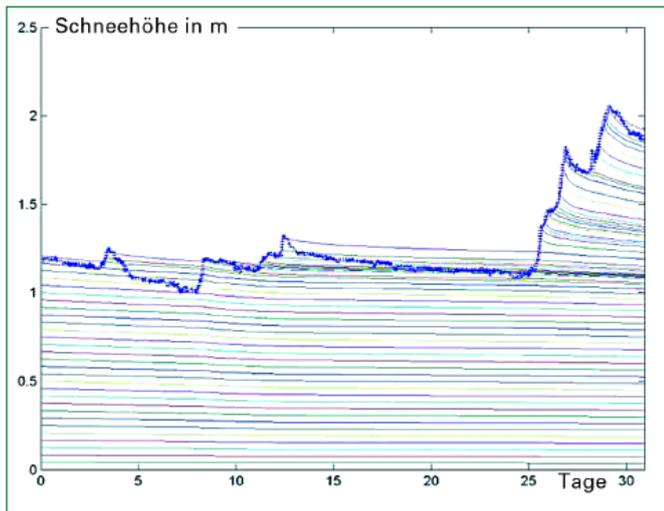


Abb. 2:
Berechnung der Setzung der Schneedecke

Mit den physikalischen Modellen kann zum Beispiel die Temperaturverteilung in der Schneedecke, die Dichte und der Schichtaufbau berechnet werden. Die Unterschiedlichkeit des Schneedeckenaufbaus im Gelände setzt der Berechnung erwartungsgemäß Grenzen. Die vier Methoden sind voneinander unabhängig und verwenden alle verfügbaren Informationen: Aufzeichnungen aus der Vergangenheit bis hin zum Expertenwissen der Personen, die vor Ort seit vielen Jahren die Gefahr beurteilen; die Informationen des Lawinenwarndienstes; die laufenden Daten der automatischen Wettermessstationen und manuelle Beobachtungen. Um wichtige Punkte, wie die Einwehung von Schnee oder die flächige Oberflächentemperatur, berücksichtigen zu können, werden auch neuere Messgeräte wie Laserscanner verwendet.

Woraus besteht ADS?

Der wichtigste Teil des ADS-Systems ist die Diagnoseseite. Dort werden alle wichtigen Informationen übersichtlich dargestellt: Wetterentwicklungen in den letzten fünf Tagen, Gefahr und Lawinenabgänge an den letzten Tagen und die aktuell berechnete Gefahr. Im Hintergrund liefern verschiedene Datenbanken (wie Wetter- und Lawinendatenbank) die notwendigen Informationen. Den Kern des Systems bilden die vier eigentlichen Programme, mit denen die Gefahr berechnet wird.

Die neuen Computerhilfsmittel sollen in der Zukunft die Verantwortungsträger bei ihren manchmal sehr schwierigen Entscheidungen unterstützen. Zu betonen ist jedoch, dass diese Hilfsmittel nie den Menschen werden ersetzt können (so wie der Arzt von keinem Blutbildbefund ersetzt werden kann). Sie sollen dazu beitragen,

- Informationen systematisch zu sammeln (alleine die Dokumentation wird in Zukunft bei schwierigen Situationen helfen) und
- Entscheidungen durch Berechnungen zu unterstützen und im besten Fall sicherer zu machen.

Dipl.-Ing. Dr. Karl Kleemayr
Mag. Ing. Reinhard Fromm
Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen,
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
Naturgefahren und Landschaft
Hofburg-Rennweg 1, 6020 Innsbruck
E-Mail: karl.kleemayr@uibk.ac.at, reinhard.fromm@uibk.ac.at



Abb. 3:
Das neue Lawindiagnosewerkzeug ADS soll helfen die Gefahren des Lawinenabganges für einen bestimmten Zeitpunkt vorauszusagen

Foto: www.diesalpen.at

Richtlinien für Schneenetze in Ausarbeitung

Lambert RAMMER, Elisabeth RAINER, Peter HÖLLER

Für den Schutz vor Lawinen werden großteils Schneebrücken eingesetzt, Schneenetze noch eher selten. Netze haben jedoch in bestimmten Lagen zahlreiche Vorzüge, es fehlt aber noch an klaren Richtlinien für die Dimensionierung. Diese werden jetzt erstellt.

Schneebrücken und Schneenetze haben die Aufgabe, das Anbrechen von Lawinen zu verhindern. Es ist jedoch schwierig, die Wirksamkeit der verschiedenen Schneestützkonstruktionen zu beurteilen. Je nach den Rahmenbedingungen eignet sich ein Konstruktionstyp besser oder ist ein anderes Material zu bevorzugen.

Im Rahmen des Projektes „Schneenetze“ werden ein Anforderungsprofil und ein Standard für Schneenetze erarbeitet. Nach einer ersten Projektphase soll eine vorläufige Typenempfehlung abgegeben werden. Dieses Vorhaben ist der erste Schritt für die Erstellung österreichischer Planungs-, Überprüfungs- und Dimensionierungsrichtlinien von Schneenetzen. Am Projekt beteiligt sind die Wildbach- und Lawinenverbauung Tirol, das Bundes- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft - BFW (Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen), die Universität Innsbruck (Institut für Baustoffe und Bauphysik) und die Universität für Bodenkultur Wien (Institut für Konstruktives Ingenieurwesen).

Vorteile von Schneenetzen gegenüber Schneebrücken

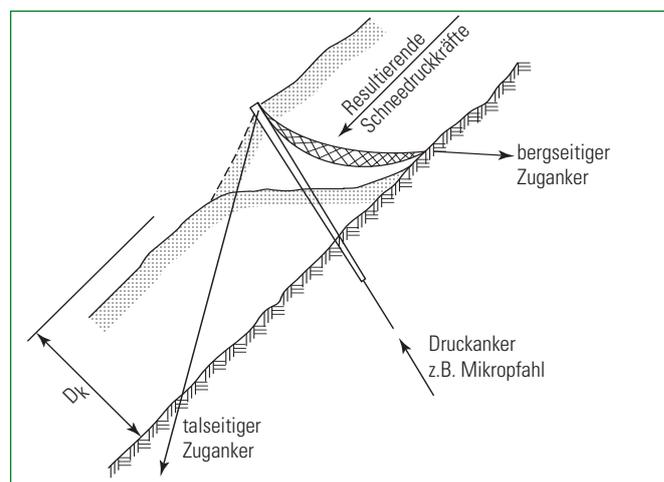
Die Entscheidung für oder gegen Schneenetze sollte aufgrund der Schutzwirkung, des technischen Standards, der Sicherheit des Systems, der Nachhaltigkeit, der Kosten und der Vereinbarkeit mit den anderen Zielen (zum Beispiel Natur- und Landschaftsschutz) getroffen werden.

Schneenetze haben den Vorteil, dass sie gegenüber Steinschlag weniger empfindlich und leichter und somit

einfacher zu transportieren sind. Außerdem können sie landschaftsschonender eingesetzt werden. Der Schneerückhalt bei Lockerschneeanrissen ist jedoch bei zu großen Maschenweiten mangelhaft.

Schneenetze statisch schwerer zu berechnen

Während die starren Stahlschneebrücken nach klassischen baustatischen Methoden entworfen und berechnet werden, fällt das für das flexible System Schneenetze schwieriger: Infolge der Verformbarkeit der Stützfläche kommt es im Schneenetze zu räumlichen Kraftwirkungen und großen Verformungen. Eine theoretische Grundlage für die vereinfachte, ebene 2D-Statik der Schneenetze hat Haefeli (1954) geschaffen, die auch heute noch verwendet wird.



Projekt soll Klarheit über Produktqualität verschaffen

Für Schneenetze gibt es darüber hinaus keine klaren Richtlinien für die Produktprüfung und keine vollständigen Dimensionierungsgrundlagen. Auch bestehen Unklarheiten bezüglich ihrer Beständigkeit und Lebensdauer. Es stellt sich daher die Frage, welches Bautyp von



Foto: Trumer Schutzbauten



BFW

Schneenetzen zur Verwendung kommen soll. Die verschiedenen Typen unterscheiden sich hinsichtlich der verwendeten Netze (beispielsweise Dreiecksnetze, Omeganetze, Rechtecknetze), Stützensausformung und der Kräfteinleitungen.

Im Rahmen des Projektes werden also Grundlagen für die

- Dimensionierung von Schneenetzen,
- Beurteilung der unterschiedlichen Netztypen und
- Prüfung von neuen Produkten geschaffen.

Dazu werden Kraftnachweise für die verschiedenen Netztypen geführt, die Kräfte und Spannungen anhand einfacher Methoden analysiert und der Stand der Technik des Stützverbau im Anbruchgebiet erfasst. Daran anschließend soll eine Schadensanalyse durchgeführt und eine Typenempfehlung ausgearbeitet werden.



Geobruigg



Geobruigg

Statische Untersuchungen

Messungen an Schneenetzen im Gelände ermöglichen einen Vergleich mit den Ergebnissen der theoretischen Untersuchungen. An drei verschiedenen Netztypen (Geobruigg, Trumer und IE-Montagne) in Hochfügen im Zillertal werden die Kräfte in den Seilen, aber auch die Neigung der Stützen und Seile gemessen. Durch einfache statische Voranalysen wird die Verteilung der Kräfte in den Seilen realitätsnah berechnet. Besonders wichtig ist die Frage: Was passiert, wenn einzelne Bauwerksteile versagen? Deshalb wird auch die Gesamtstabilität von Schneenetzen betrachtet.



Geobruigg

Zusätzlich werden die verschiedenen Materialfestigkeiten einbezogen. Dies soll Rückschlüsse auf die langfristige Schutzwirkung, Lebensdauer und den Aufwand der Instandhaltung der unterschiedlichen Schneenetzen ermöglichen.

Bewertung der Typen

Was ist der Nutzen des Projektes? Der Praktiker soll eine Typenempfehlung erhalten. Basierend auf den Ergebnissen sollen Schlussfolgerungen zu der Lebenserwartung der verschiedenen Schneenetzen, den Gesamtkosten der Errichtung und Instandhaltung möglich werden.

Vorteile von Schneenetzen

- unempfindlicher gegen Steinschlag, weil hohe Flexibilität, dadurch können hohe dynamische Energien schadlos aufgenommen werden
- geringeres Transportgewicht
- landschaftsschonender, geringe Auswirkungen auf das Landschaftsbild, filigrane Bauweise, daher besonders geeignet für den Schutz in Fremdenverkehrs- und Erholungsgebieten
- kostengünstige, rasche Montage, auch in schwierigen topographischen Verhältnissen

Dipl.-Ing. Dr. Lambert Rammer
 Dipl.-Ing. Elisabeth Rainer
 Dipl.-Ing. Dr. Peter Höller
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
 Naturgefahren und Landschaft
 Rennweg 1, Hofburg, 6020 Innsbruck
 E-Mail: lambert.rammer@uibk.ac.at,
elisabeth.rainer@uibk.ac.at, peter.hoeller@uibk.ac.at

Schadlawinen-Datenbank für Österreich

Roland LUZIAN, Martina ELLER

Über 950 Tote, mehr als 750 zerstörte Bauwerke und über 320.000 Festmeter Schadholz – dies ist die Bilanz von Lawinenabgängen im Zeitraum von 1967 bis 2004. Das BFW sammelt und analysiert diese Informationen in einer Datenbank.

Seit 1967 werden vom Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) Lawinenereignisse erfasst; 4350 Datensätze von 5500 Lawinenereignissen sind in der österreichischen Schadlawinen-Datenbank des Institutes für Naturgefahren und Waldgrenzregionen gespeichert und werden derzeit für genauere Auswertungen aufbereitet. Diese Daten sind Grundlage für deren monetäre Bewertung sowie die Einschätzung allgemeiner und lokal begrenzter Gefahrensituationen. Pro Ereignis stehen bis zu 40 Parameter zur Verfügung. Den Grundstock dieses Datenpools bilden die von der Gendarmerie bis zum Jahre 1993 erhobenen und an das BFW weitergeleiteten Meldungen.

Zahlreiche Anfragen

Die große Zahl an Informationen zu Aspekten des Lawinengeschehens sollen vermehrt für Ereignis- und Risikoanalysen, alpines Naturgefahrenmanagement sowie Erstellung integraler Schutzkonzepte genutzt werden. Dabei ist den Schäden in den Schutzwaldgürteln besonderes Augenmerk zu widmen.

Die Datenbank wird für zahlreiche Anfragen genutzt: etwa wenn Versicherungen wissen wollen, wie oft bestimmte Straßenabschnitte von Lawinen verschüttet wurden. Oder wenn gerichtliche Gutachter nachfragen, ob das Ausmaß eines Ereignisses der letzten Jahrzehnte bekannt war.

Zusammenarbeit mit dem Forsttechnischen Dienst

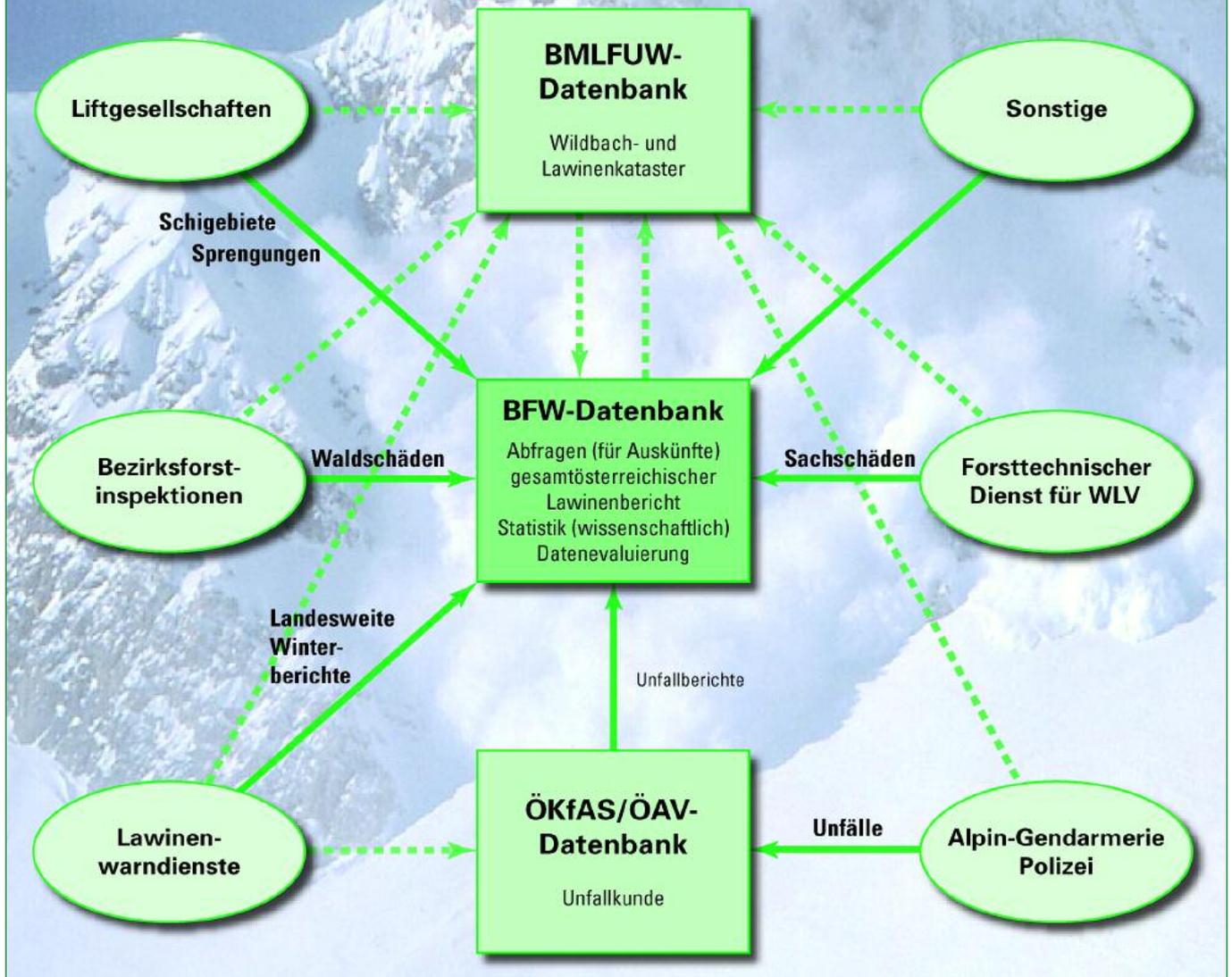
Es erfolgt auch die Einspeisung dieser Daten in den Wildbach- und Lawinenkataster des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie die Evaluierung der dort aus anderen Quellen einlangenden Daten. So



Arlberg-Westrampe (ÖBB) zwischen Wald am Arlberg und Dalaas: Bundesheertruppen schaufeln einen von Lawinen verschütteten Güterzug frei (Ereignistag: 29. Jänner 1982).

Foto: Lothar Brunner, Klösterle

Informationsfluss



war zum Beispiel für das Ministerium von Interesse, wie viele Lawinentote es seit in Kraft-Setzung des Lawinenerlasses auf Skipisten gab.

Literatur:

LUZIAN, R. (2002): Die österreichische Schadenslawinen-Datenbank. Forschungsanliegen – Aufbau – erste Ergebnisse (mit Kartenbeilage „gemeindeweise Lawinendichte“), Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien (FBVA), Nr. 175/2002, 51 S., Wien.

Der Band ist um 5,1 Euro bei der BFW-Bibliothek erhältlich (Tel. 01/878 38-1216, gudrun.csikos@bfw.gv.at).

Eckdaten der Winter 1967/68 – 2003/04 aus der Schadlawinen-Datenbank

- ▶ Über 950 Tote
- ▶ Über 750 Bauwerke zerstört
- ▶ Über 200.000 Laufmeter Verkehrswege verschüttet
- ▶ Über 300 Fahrzeuge zerstört
- ▶ Über 320.000 Festmeter Schadholz
- ▶ Über 2.000 Hektar Wald- und Flurschäden
- ▶ Über 30.000 Laufmeter Verbindungsleitungen zerstört

Mag. Roland Luzian, Martina Eller
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
 Naturgefahren und Landschaft
 Rennweg 1, Hofburg, 6020 Innsbruck
 E-Mail: roland.luzian@uibk.ac.at, martina.eller@uibk.ac.at

Lawinenspuren aus der Steinzeit

Roland LUZIAN

Chroniken über Naturgeschehnisse enthalten wichtige Informationen über Katastropheneignisse. Sie decken jedoch nur einen kurzen Zeitraum ab. Besonders interessant ist aber, wie das Lawinengeschehen vor Jahrtausenden abgelaufen ist. Um das klar sagen zu können, versucht man die aus dieser Zeit in der Natur erhaltenen „stummen Zeugen“ zu befragen.

Am Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW läuft in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck seit zwei Jahren das Forschungsprojekt „HOLA – Nachweis und Analyse von holozänen Lawineneignissen“. Ziel ist die Rekonstruktion prähistorischer Lawineneignisse über den Zeitraum der letzten Jahrtausende, um die Auswirkung wichtiger Eingangsgrößen für die Gefahrenzonenplanung unter dem Einfluss im Holozän (die letzten 11.000 Jahre) bereits stattgefundener und möglicher weiterer Klimaschwankungen abschätzen zu können.

„Stumme Zeugen“ reden über Lawinen

Moderne Lawinenforschungsmethoden (Lawinensimulationsmodell SAMOS) gemeinsam mit Methoden

der klimageschichtlichen Forschung (Jahrringanalyse, Pollenanalyse, C-14 Datierung) ermöglichen eine verbesserte Analyse und Bewertung stummer Zeugen und damit der Bestimmung des Lawinengeschehens unter verschiedenen Klimaszenarien. Wichtige Hinweise auf die Häufigkeit extremer Situationen, auf das Bemessungsereignis, dessen Wirkungsbereich und Periodizität können erwartet werden.

- Kennt man das vorgeschichtliche Lawinengeschehen, kann dies nutzbringend in der Raum- und Gefahrenzonenplanung sowie im Risiko- und Krisenmanagement eingesetzt werden.
- Für die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Gefahrenpotenzials liefert die Betrachtung bereits stattgefundener Schadereignisse die wichtigsten Grundlagen.

Beispiel Zillertaler Alpen

In einem Moor oberhalb der Berliner Hütte in den Zillertaler Alpen entdeckten Forscher Spuren extremer Lawineneignisse (Pindur et. al., 2001). Diese führen bis in die Steinzeit zurück.

Vor 9000 Jahren begann nach dem Rückzug der Eiszeitgletscher das Moor zu wachsen und nach und nach gelangten Baumstämme sowie Blütenstaub und andere

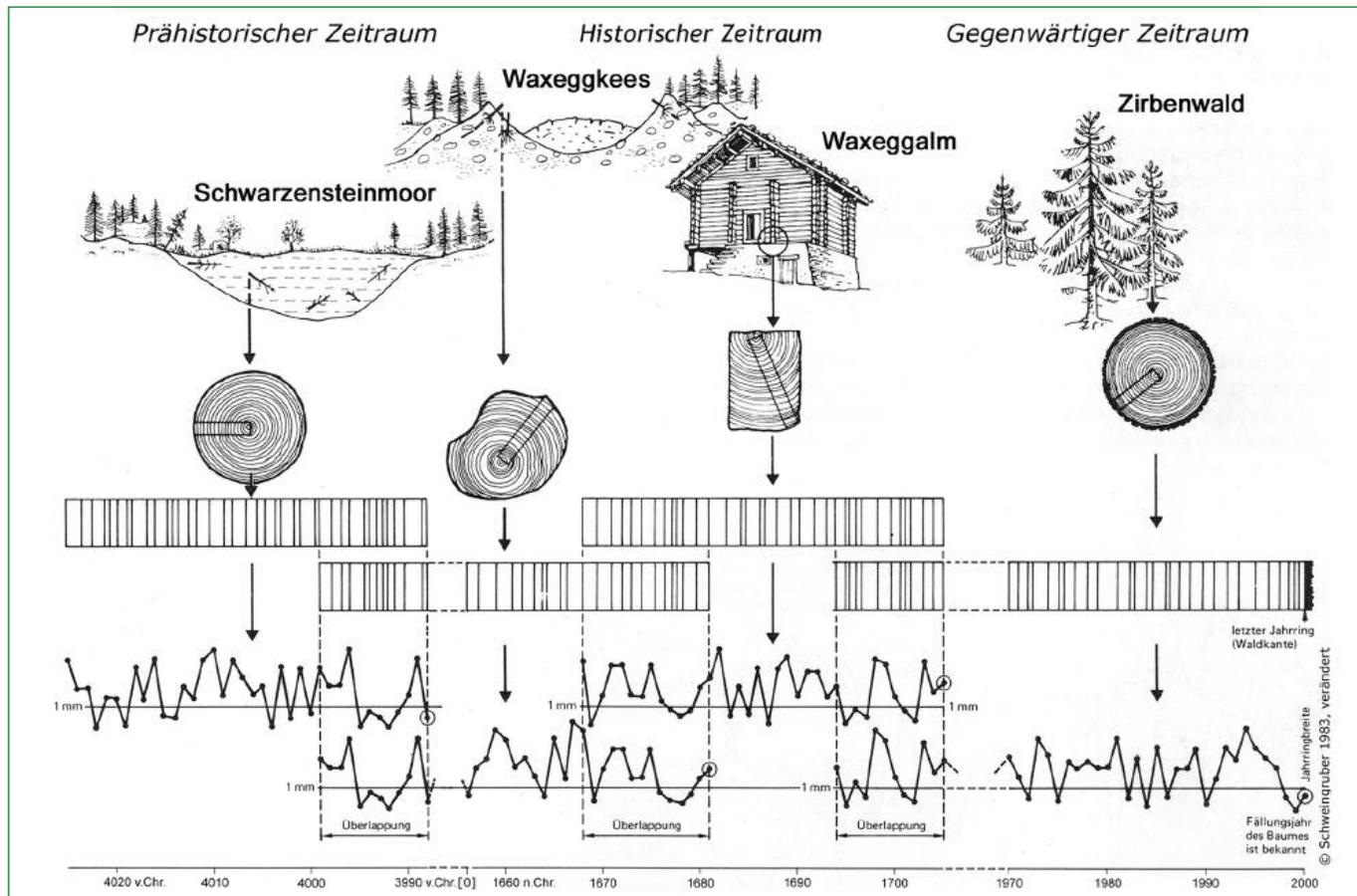


Abb.1: Jahrringchronologien werden durch Überlappung von unbekanntem Jahrringserien erstellt.

Teilchen in das Moor und somit unter Luftabschluss. Dadurch wurden sie konserviert und blieben als so genannte „stumme Zeugen“ zur Erstellung von Jahrringchronologien erhalten.

Wie geht man dabei vor? Beginnend mit lebenden Bäumen werden durch Überlappung unbekannte Jahrringserien (aus historischen Bauhölzern, Gletschermoränen, Mooren) mit den bekannten, absolut datierten in Synchronlage gebracht (Abb. 1). Dadurch können die absolut datierten Jahrringserien in die Vergangenheit verlängert werden. Das auf diese Weise jahresscharf ermittelte Absterbedatum eines Baumes kann noch durch die Analyse der Frühholz-Spättholzstellen unterschieden werden. In den Jahrringen sind Wachstumsbedingungen (Klima, Beschädigungen, Absterbeursachen) gespeichert. Besonders viele und genaue Informationen enthalten die Bäume aus der alpinen Waldgrenzregion.

Was sagen uns diese stummen Zeugen? Sie geben Auskunft über:

- die stark schwankenden klimatischen Verhältnisse,
- die dadurch erfolgten Änderungen im Pflanzenwachstum,
- das Auftreten und Wirken der Menschen in diesem Raum
- und, in diesem ganz speziellen Fall, das Lawinengeschehen.

Bedingungen für Waldwachstum ableitbar

So lassen sich nun mit Methoden verschiedener Wissenschaftsdisziplinen die Bedingungen für das Waldwachstum erklären und das Lawinengeschehen über einen sehr langen Zeitraum nachvollziehen.

Aus der Klimageschichte weiß man, dass der größere Teil dieses Zeitraumes wärmer war als gegenwärtig. Daher verschob sich die Waldgrenze während dieser



Foto: W. K. Nicolussi

Abb. 2 und 3:
Der Wald am Hang der Schwarzensteinalm (Zillertal) wurde häufig durch Lawinen geschädigt. Solche Ereignisse können mit Hilfe der Jahrringanalyse nachgewiesen werden.

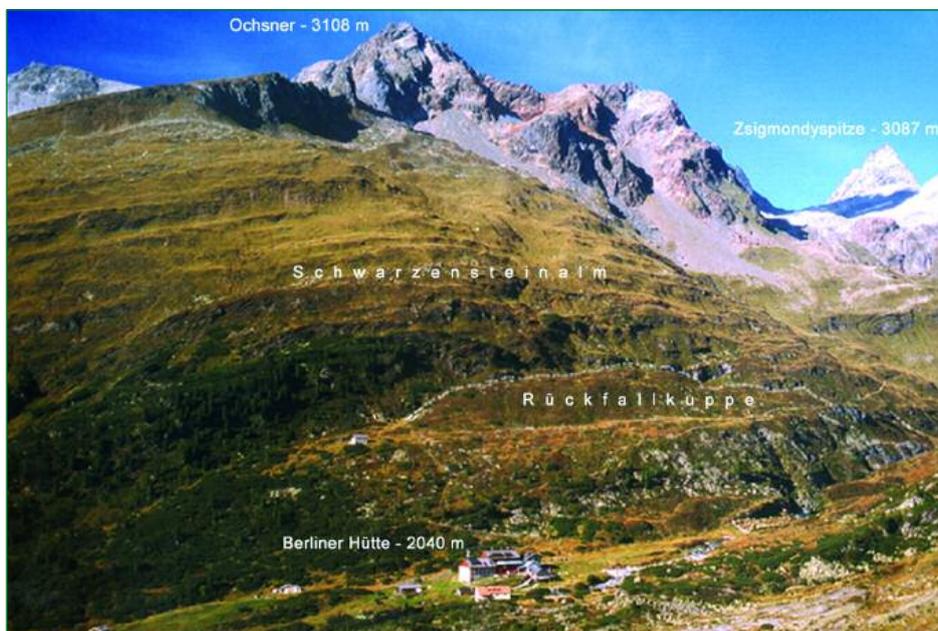


Foto: W. Ungerank, 2003.

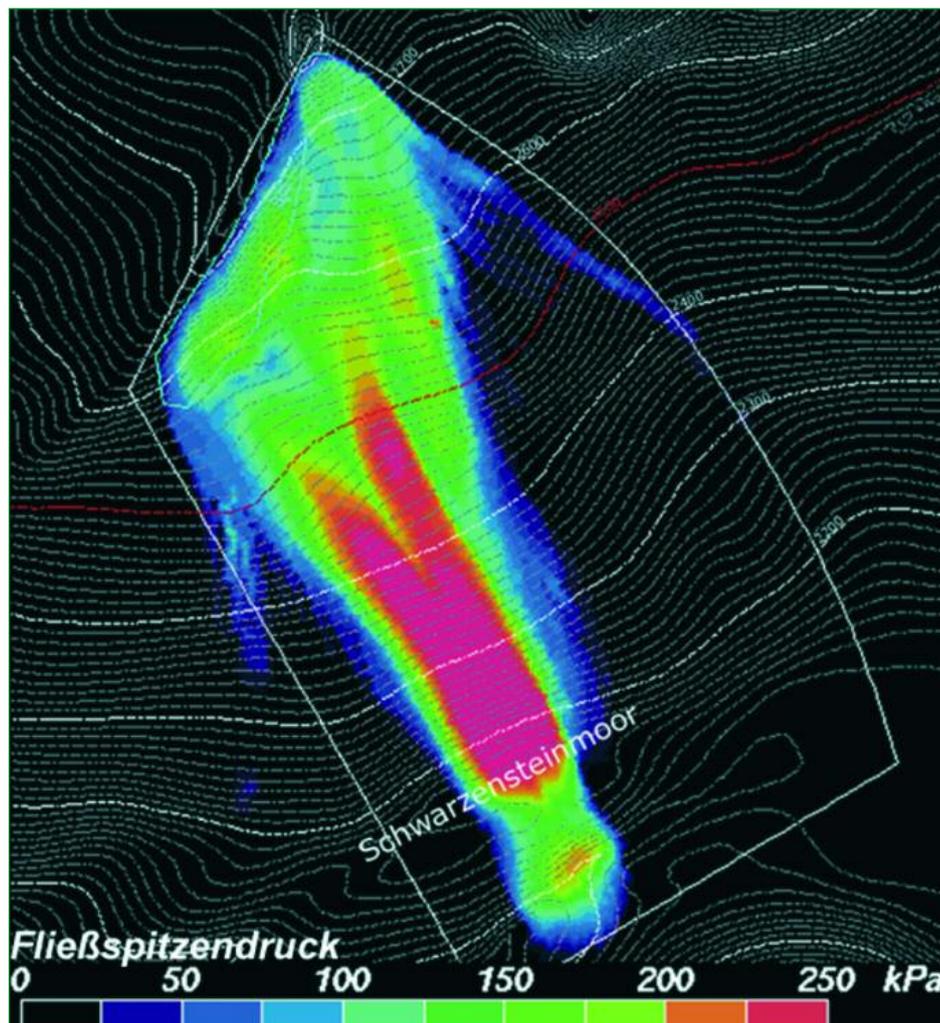
Zeitabschnitte nach oben in Bereiche, die jetzt waldfrei sind oder wo sich nur spärlicher und kümmerlicher Jungwuchs zeigt (Patzelt, 1999). Die Blütenstaubanalyse belegt, dass bereits mehr als tausend Jahre vor „Ötzi“ (in der Jungsteinzeit) Menschen sich mit ihren Weidetieren im Gebiet aufhielten (Walde und Haas, 2004; Wild, 2005).

Obwohl sich der Wald am Hang der Schwarzensteinalm bis in das Mittelalter hinauf immer wieder entwickeln konnte, wurde er doch häufig durch Lawinen geschädigt, in Extremfällen sogar ganz zerstört. Diese Ereignisse können mit Hilfe der Jahrringanalyse nachgewiesen und an Hand der Ostalpen-Zirbenchronologie von Prof. Nicolussi (Nicolussi und Schießling, 2002) auf das Jahr genau datiert werden (Abb. 2 und 3).

SAMOS – weltweit einziges dreidimensionales Lawinen-Simulationsmodell

Das Lawinengeschehen soll nun mit Hilfe des in Österreich entwickelten und am BFW-Institut eingesetzten Lawinen-Simulationsmodelles SAMOS (Snow Avalanche Modelling and Simulation) (Sailer et al., 2002) nachgerechnet werden mit dem Ziel, realistische Grundlagen für die Abschätzung künftiger Entwicklungen zu erarbeiten – unter Berücksichtigung der ständig wiederkehrenden Schwankun-

gen des Klimas. SAMOS wurde am Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen in Kooperation mit der AVL List GmbH, der TU Wien und dem forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung entwickelt. Es ist ein physikalisches Modell zur dreidimensionalen Simulation von Trockenschneelawinen. Durch die Koppelung eines granularen Fließlawinenmodells mit einem gasdynamischen Modell lassen sich Ereignisse simulieren, die von Fließlawinen bis hin zu reinen Staublawinen reichen. SAMOS ist weltweit das einzige dreidimensionale Lawinensimulationsmodell, das bei der WLW in Anwendung ist (sh. Seite 5).



Simulation der prähistorischen Lawinenereignisse mit dem Computerprogramm SAMOS

Zitierte Literatur:

- NICOLUSSI, K.; SCHIEßLING, P. (2002): A 7000-year-long continuous tree-ring chronology from high-elevation sites in the central eastern Alps. In: Dendrochronology, Environmental Change and Human History, Abstracts: 251-252. 6th International, Conference on Dendrochronology, Quebec City, Canada, August 22nd-27th 2002.
- PATZELT, G. (1999): Werden und Vergehen der Gletscher und die nacheiszeitliche Klimaentwicklung in den Alpen. In: Nova Acta Leopoldina, N.F. 81, 314: 231-246. Leipzig.
- PINDUR, P.; SCHIEßLING, P.; NICOLUSSI, K. (2001): Mid- and Late-Holocene avalanche events indicated by subfossil logs. In: EURODENDRO 2001 - Book of Abstracts: 37. Gozd Martuljek, Slovenia.
- SAILER, R.; SCHAFFHAUSER, H.; RAMMER, L. (2001): Recalculation of two Catastrophic Avalanches by the SAMOS avalanche Model. In: Proceedings of the II International Conference on Avalanches and Related Subjects „The contribution of theory and practice to avalanche safety“, 3.-7. September 2001. Kirovsk, Russia.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1983): Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. 234 S., Bern/Stuttgart
- WALDE, C.; HAAS, J.-N. (2004): Pollenanalytische Untersuchungen im Schwarzensteinmoor, Zillertal, Tirol, Österreich. Bericht zum Teilprojekt Palynologie. HOLA – Nachweis und Analyse von holozänen Lawinenereignissen. Neue Untersuchungsmöglichkeiten zur Bestimmung des Lawinengeschehens. Universität Innsbruck, Institut für Botanik. Unveröffentlicht
- WILD, V. (2005): Anthropogener Einfluss auf das spätholozäne Waldgrenzökoton im Oberen Zemmgrund (Zillertaler Alpen, Österreich), Diplomarbeit, Universität Innsbruck, Institut für Botanik. Unveröffentlicht

Mag. Roland Luzian
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
 Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Rennweg 1, Hofburg, 6020 Innsbruck
 E-Mail: roland.luzian@uibk.ac.at

Auswirkungen von Hitze und Trockenheit auf die Verfügbarkeit von Bodenwasser – ein Vergleich der Jahre 2003 und 2004

Ulrike STARY

Niederschlag und Temperatur des Jahres 2003 wichen wesentlich von den Mittelwerten langjähriger Messungen ab. Der Sommer dieses Jahres war laut Angaben der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik der wärmste seit Beginn der klimatologischen Messungen.

Das Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des Bundesforschungs- und Ausbildungszentrums für Wald, Naturgefahren und Landschaft betreibt am Berchtoldshang/Kärnten im Tal des Gradenbaches, eines Seitenarmes der Möll, Messstellen für Wasserhaushaltsuntersuchungen. Zwei Messstellen wurden ausgewählt, um die Auswirkungen des Extremsommers 2003 auf die Wasserversorgung des Waldes zu zeigen. Dazu wurden die Messdaten des Jahres 2003 mit jenen von 2004 und den langjährigen Durchschnittswerten verglichen.

Temperatur und Niederschläge

Es zeigt sich, dass die Temperaturen ab März 2003 teilweise beträchtlich über dem langjährigen Mittel lagen und bis einschließlich September ohne Unterbrechung

Abb. 1:
Saftstrommessungen in Fürstenfeld zeigten, dass lang anhaltende Hitze und Trockenheit zu Stress bei Bäumen führt.



über diesem blieben. Die maximale Abweichung wurde im Juni mit $+4,6^{\circ}\text{C}$ verzeichnet (Abbildung 2), im August lagen die Temperaturen um $4,2^{\circ}\text{C}$ höher als der Durchschnitt. Im Vergleich dazu entsprach die Temperaturkurve des Jahres 2004 fast dem Verlauf des langjährigen Mittels, lediglich in den letzten drei Monaten war es deutlich wärmer.

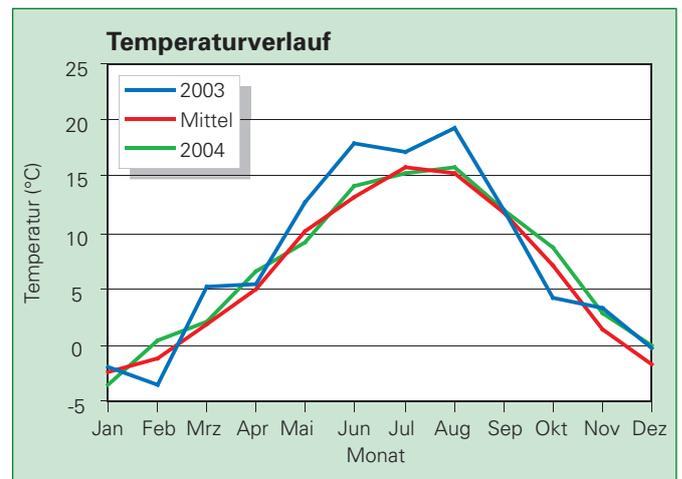
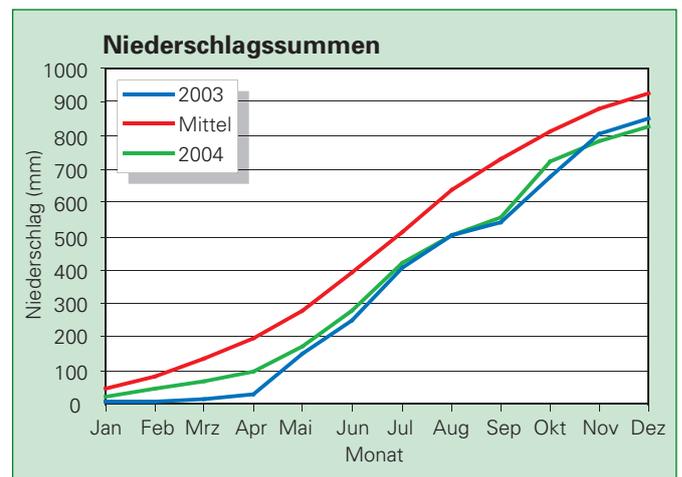


Abb. 2:
Monatsmittelwerte der Temperaturen der Jahre 2003, 2004 und des langjährigen Durchschnittes; Messstation Fleissner (Seehöhe: 1210 m; Messbeginn: 1969)

Zu den hohen Temperaturen des Jahres 2003 kam noch eine außergewöhnliche Trockenheit hinzu. Die Verteilung der Niederschlagssummen des Sommerquartals zeigte, dass der Norden und Osten Niederösterreichs, Wien, das nördliche Burgenland und der Südosten der Steiermark die geringsten Regen-

Abb. 3:
Die aufsummierten, monatlichen Niederschläge der Jahre 2003 und 2004 sowie des langjährigen Durchschnittes; Messstation Fleissner (Seehöhe: 1210 m; Messbeginn: 1969)



mengen erhielten. Aber auch an der meteorologischen Station Fleissner im Einzugsgebiet des Gradenbaches lag die Niederschlagssumme deutlich unter jener des langjährigen Durchschnittes (Abbildung 3). Das absolut größte Defizit wurde im September mit 191,5 mm verzeichnet (minus 26 %). Aber schon im April lagen die Niederschläge um 161,7 mm zurück. Relativ gesehen war das Niederschlagsdefizit zu diesem Zeitpunkt sogar weit größer als im September (minus 83 %).

Die Niederschlagssumme des Jahres 2004 lag geringfügig unter jener des Vorjahres. Die gegenüber 2003 etwas höheren, aber trotzdem unter dem Durchschnitt liegenden Niederschläge der Monate Jänner bis April wurden durch eine deutlich niedrigere Niederschlagssumme im Mai weitestgehend kompensiert (Abbildung 4). Ab diesem Zeitpunkt verlaufen die Summenlinien beider Jahre beinahe deckungsgleich. Das größte absolute Defizit wurde 2004 im September mit 171,1 mm gegenüber dem langjährigen Mittelwert verzeichnet. Im Oktober verringerte sich der Abstand der Summenlinien durch weit über dem Durchschnitt liegende Niederschläge wie auch im Jahr 2003 erheblich.

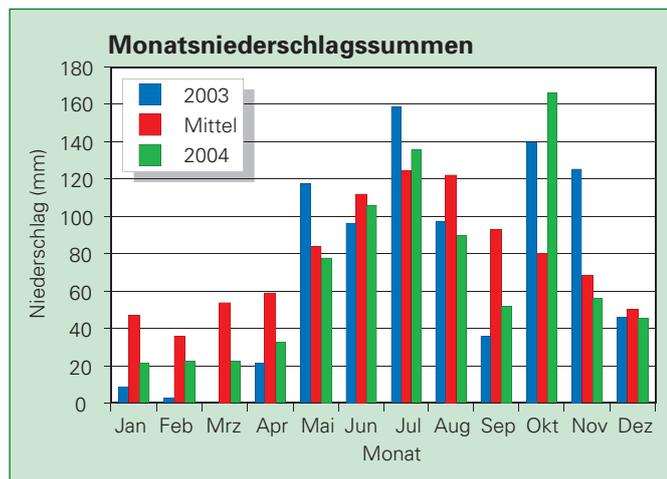


Abb. 4: Monatsniederschlagssummen der Jahre 2003, 2004 und des langjährigen Durchschnittes; Messstation Fleissner (Seehöhe: 1210 m; Messbeginn: 1969)

Auswirkungen auf den Grund- und Bodenwasserspeicher

Die geringen Niederschläge sowie die außergewöhnlich hohen Temperaturen des Jahres 2003 verringerten die Verfügbarkeit von Wasser in den tieferen Bodenschichten. Messungen zeigten, dass die Grundwasserspiegeln am Berchtoldshang um mehrere Meter unter das gewohnte Maß absanken. Wie die Daten von Bohrloch 03a (in 1630 m Seehöhe) belegen, wies der aus dem Vorjahr gut gefüllte Grundwasserkörper bis März 2003 noch einen überdurchschnittlich hohen Wasserstand auf. Danach machten sich jedoch die fehlenden Niederschläge dramatisch bemerkbar (Abbildung 5). Der Bergwasserspiegel fiel bis zum Mai 2003 um mehr als 5 m unter den langjährigen Durchschnittswert. Bis Ende November blieb der Hangwasserstand unter der „Sohle“ des Bohrloches, rund 17,25 m unter Geländeniveau, und erholte sich erst

danach infolge der vergleichsweise hohen Herbstniederschläge. Die Hangwasserstandskurve von 2004 verlief – trotz hoher Ähnlichkeit der Niederschlagssummenlinien – spätestens ab April völlig anders: Im Vergleich zum Beginn des Jahres 2003 war auf Grund des weniger gut gefüllten Grundwasserkörpers der Hangwasserspiegel bereits im Jänner rund 1,7 m unter jenem des Jahres 2003. Bis zum Monat März sank er weiter bis zu seinem Tiefststand bei 16,7 m, und stieg dann mit beginnender Schneeschmelze – im Gegensatz zu 2003 – wieder erheblich an.

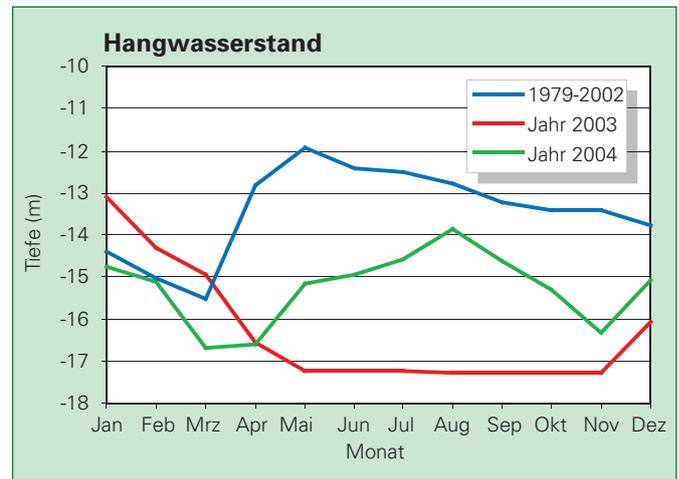


Abb. 5: Monatsmittelwerte der Hangwasserstände der Jahre 2003, 2004 und des langjährigen Durchschnittes; Messstation Bohrloch 03a (Seehöhe 1630 m; Messbeginn: 1979)

Hauptursachen dieses gänzlich anderen Verhaltens sind die höheren Niederschläge und das Abschmelzen größerer Schneerücklagen im Frühjahr 2004. Ein weiterer Grund liegt in den geringeren Temperaturen und damit Verdunstungsraten der Vegetation von Mai bis August dieses Jahres.

Vegetation schränkt Transpirationsleistung stark ein

Im Jahr 2003 führte die lang anhaltende Hitze und Trockenheit zu Stresszuständen bei der Vegetation. In den für die Pflanzen erreichbaren Bodenschichten war nicht mehr genügend Wasser verfügbar, um ihren erhöhten Wasserbedarf zu decken. Daher mussten die Bäume die Transpirationsleistung einschränken. Schon im Juli dieses Jahres kam es zu ersten Restriktionen, wie unter anderem Saftstrommessungen an Birken und Fichten in Fürstenfeld belegen.

Eine weiterführende Publikation findet sich als Download auf

waldwissen.net
 Informationen für die Forstpraxis

Dipl.-Ing. Ulrike Stary
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Hauptstraße 7, 1140 Wien
 E-Mail: ulrike.stary@bfw.gv.at

Bemessungshilfen für Hochwasserabflüsse in Wildbächen

Karl HAGEN

Bei Planungen im Bereich von Wildbächen steht der Praktiker vor der Frage, ob und wie stark Objekte durch Hochwässer gefährdet sind oder wie Querprofile (wie z.B. Rohrdurchlässe oder Brücken von Forststraßen) richtig zu dimensionieren sind. Ihm stehen sowohl einfache empirische Formeln als auch komplexe Modellansätze zur Verfügung, jetzt wurde eine Entscheidungshilfe für die Auswahl der Berechnungsmethode erarbeitet.

Vorausgeschickt wird, dass ohne Grundkenntnisse der Abläufe in Wildbacheinzugsgebieten während eines Hochwasserereignisses Formel- und Modellansätze weder sinnvoll ausgewählt noch deren Ergebnisse richtig interpretiert werden können.

Folgende Fragen sind vor der Auswahl zu klären:

1) Sind Personen gefährdet? Wie groß ist der Wert des zu schützenden Gutes? Wie wirkt sich ein Funktionsausfall des Gutes aus? Danach hat sich der Aufwand zu richten, mit dem die Bemessungsereignisse ermittelt werden. Bei Objekten mit geringerem Wert, deren Ausfall das Wirtschaftsgeschehen nicht wesentlich beeinträchtigen (etwa Nebenstraßen), ist es vertretbar, zu Bemessungszwecken nur einfache Faustformeln heranzuziehen. Sind Menschenleben oder hohe zu schützende Werte gefährdet, müssen aufwendigere Methoden zur Anwendung kommen (vgl. Abb.1).

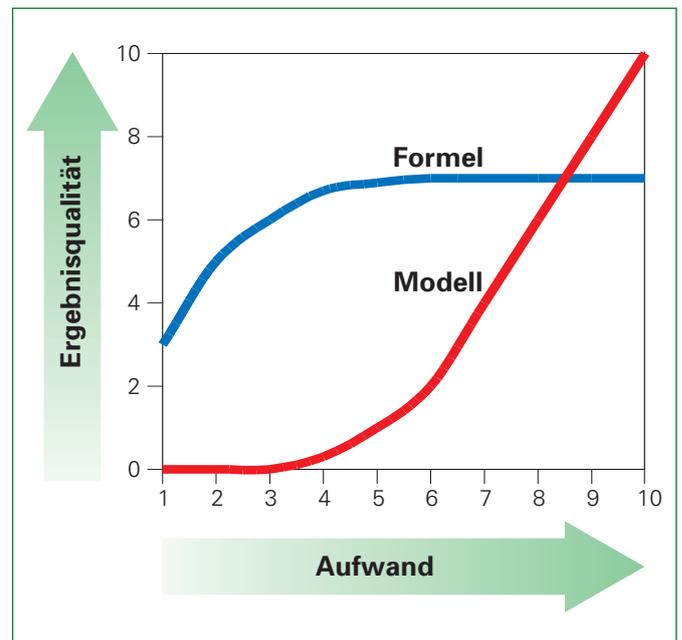


Abb. 1: Vergleich von Aufwand und möglicher Ergebnisqualität: Je größer der Aufwand, umso eher liefern Modellansätze ein besseres Ergebnis

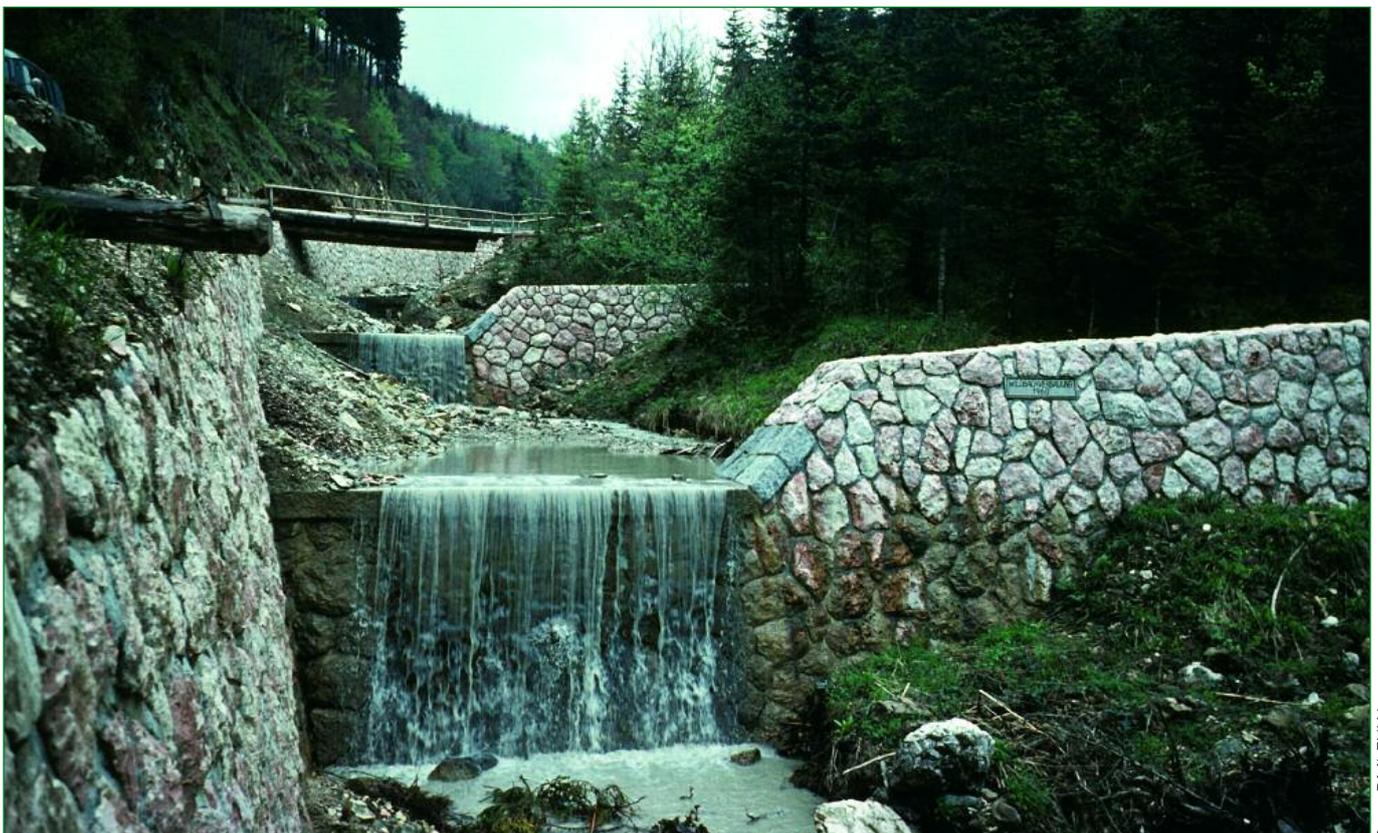


Foto: BMLFUW

2) Welcher Art ist die Gefährdung? Im Wildbachbereich wird das Abflussgeschehen durch den Geschiebetrieb oft entscheidend beeinflusst. Die vorgestellten Berechnungsverfahren geben aber nur die Abflussspitzen von (relativ) ungestörten Abflüssen nach extremen Niederschlägen wider. Daher eignen sich Hochwasserformeln nicht zur Abschätzung stark geschiebelasteter, murartiger Ereignisse.

Wahl der Ansätze

Ob ein Ansatz geeignet ist, hängt davon ab, auf welcher Datenbasis er entwickelt wurde. So sind Ansätze, die in Flusseinzugsgebieten erarbeitet wurden, für die meist kleinen, steilen Einzugsgebiete von Wildbächen nur sehr beschränkt verwendbar. Entscheidend ist, ob die benötigten Gebietsinformationen in ausreichender Qualität zu Verfügung stehen – eine Voraussetzung für den Einsatz anspruchsvollerer Ansätze.

1. Ansätze ohne Adaptierungskoeffizienten

Einfache Ansätze, die auf Hüllkurven über den Wertepaaren Abflussspitze (m³/s) und Einzugsgebietsfläche beobachteter Ereignisse basieren, werden seit langem angewandt (z.B. Wundt, 1953). Die Jährlichkeit der so ermittelten Spitzenabflüsse ist häufig nicht definiert. Ansätze ohne Anpassungsmöglichkeiten für Gebiets-eigenschaften (z.B. über Gebietsparameter, Zu- und Abschläge) sind zwar sehr einfach anzuwenden, können aber kaum genaue Ergebnisse liefern. Die in den Tabellen angeführte Robustheit ist ein Maß für die Reaktion der Ansätze (Ergebnisqualität) gegenüber Unschärfen in der Parameterabschätzung.

Abflussformel nach Wundt (1953)

$$HQ = 13,8 \cdot A_E^{0,6} \quad (\text{Hüllkurve } 90 \%)$$

A_E = Einzugsgebietsfläche (km²)

Ansatz:	Wundt (90% Richtkurve)
Anpassungsmöglichkeit:	keine
Robustheit:	(hoch)
Bemerkung:	starke Überschätzung

Ergebnisevaluierung Wundt. In allen Testgebieten liegt der Ansatz „weit auf der sicheren Seite“, Anwendung jedenfalls nur für Einzugsgebiete >1 km².

2) Ansätze mit Adaptierungskoeffizienten

Einzelne Ansätze erreichen trotz diffuser Definition der Adaptierungskoeffizienten und teilweise fragwürdiger Rückschlüsse von Gebietseigenschaften auf deren Abflussverhalten vergleichsweise gute Rechenergebnisse (z.B. Wundt modifiziert nach Länger). Die Anpassungsmöglichkeiten an Gebietseigenschaften sind noch gering. Die Anwendung ist einfach und mit geringem Aufwand verbunden, verlangt aber zumindest Grundkenntnisse über Wirkungszusammenhänge und Gebietseigenschaften. Die Formeln reagieren nur gering auf Änderungen der Eingangsgrößen.

Abflussformel nach Hofbauer (1916)

$$(Q_{max})HQ = 60 \cdot \alpha \cdot \sqrt{A_E}$$

α = gebietsabhängiger Adaptierungskoeffizient [-]

Ansatz:	Hofbauer
Anpassungsmöglichkeit:	mittel
Robustheit:	mittel
Bemerkung:	sehr starke Überschätzung

Ergebnisevaluierung Hofbauer: In allen Testgebieten werden unrealistisch hohe Ergebnisse errechnet.

Modifizierung von Hüll-/Richtkurven von Wundt nach Länger (1981)

Zu- und Abschläge für mittleren Jahresniederschlag, Starkregeneneigung, Interzeption, Infiltration und Retention (werden einer Tabelle entnommen)

Ansatz:	Länger (Wundt)
Anpassungsmöglichkeit:	hoch
Robustheit:	mittel
Bemerkung:	geringe – mäßige Überschätzung

Ergebnisevaluierung Modifizierung Wundt nach Länger: In allen Testgebieten werden durchwegs brauchbare Ergebnisse erzielt, Anwendung primär für Einzugsgebiete <10 km².

3. Ansätze mit Adaptierungskoeffizienten und Niederschlagskennwerten

Viele neue Ansätze erfordern Angaben zum Niederschlagsinput im Ereignisfall. Sie wurden oft in bestimmten Regionen entwickelt, ohne dass diese hinreichend genau beschrieben sind, um detaillierte Rückschlüsse auf den Einsatzbereich zu ermöglichen. Die Abschätzung des maßgeblichen Niederschlagsereignisses erfolgte entsprechend dem Diktat der zur Zeit der Entwicklung verfügbaren Datengrundlagen oft auf wenig geeignete Art.

Die Anwendung dieser Ansätze ist noch immer recht einfach, die verfügbaren Werte zum maximalen Niederschlagsinput sollten aber insbesondere für kürzere Zeiträume (<= 1 Tag) nicht unkritisch übernommen



Foto: www.diealpen.at

werden (zum Beispiel Kontrolle Nachbarstationen, Erfahrungen). Die Ansätze reagieren überwiegend eher robust gegenüber unterschiedlichen Einschätzungen der Rahmenbedingungen.

Abflussformel nach Iszkowski (1886)

$$HQ = \frac{C_{ISZ} \cdot \beta_1 \cdot h_{N,Y} \cdot A_E}{1000}$$

C_{ISZ} = Mischkoeffizient, der Bodenart, Vegetation und Topografie berücksichtigt [-]

β_1 = Flächenreduktionskoeffizient [-]

$h_{N,Y}$ = mittlere Jahresniederschlagssumme [mm]

Ansatz:	Iszkowski
Anpassungsmöglichkeit:	hoch
Robustheit:	mittel
Bemerkung:	mäßige Unterschätzung bis mäßige Überschätzung

Ergebnisevaluierung Iszkowski: In den Testgebieten werden brauchbare Ergebnisse erzielt, allerdings besteht die Gefahr der Unterschätzung von Spitzenabflüssen.

Abflussformel nach Hampel (1968/1970) für alpine Randgebiete - allgemein

$$HQ = 0,25 \cdot h_{100} \cdot \sqrt{A_E}$$

h_{100} = hundertjähriger Tagesniederschlag [mm]

Ansatz:	Hampel (allgemein)
Anpassungsmöglichkeit:	(mittel)
Robustheit:	mittel
Bemerkung:	sehr starke Überschätzung

Ergebnisevaluierung Hampel: In allen Testgebieten errechnen sich unrealistisch hohe Abflusswerte.

4) Laufzeitverfahren

Laufzeitverfahren messen dem Niederschlagsgeschehen hohe Bedeutung zu. Sie versuchen, das maßgebliche Niederschlagsereignis hinsichtlich Dauer und Intensität über Konzentrationszeiten (t_C) abzuschätzen. Die Modellannahmen (gleich verteilter Blockregen der Dauer t_C) stellen einen nachvollziehbaren Zusammenhang zwischen Niederschlagsintensität und Dauer in Abhängigkeit der Flächengröße dar. Tatsächlich entspricht dieser bei kleinräumigen Extremereignissen (wie Gewittern) aber selten der Realität. Zudem ist die Ermittlung der Konzentrationszeit stark abhängig vom gewählten Verfahren, die darauf basierenden Angaben für die Niederschlagsereignisse sind entsprechend unsicher. Die notwendigen Niederschlags-Intensitätsangaben standen in Österreich bisher kaum zur Verfügung, eine Annäherung liefert die Abschätzungshilfe für Starkniederschlagsereignisse kurzer Dauer nach Lorenz/Skoda (Auskunft dazu bei den hydrologischen Landesdienststellen). Überwiegend sind die Modellparameter klar definiert, ihre Werte jedoch zum Teil stark von der Qualität der Gebietsinformationen abhängig.

Der Aufwand für den Einsatz dieser Verfahren ist unterschiedlich, meist aber bereits deutlich höher als bei den zuvor genannten Ansätzen. Fachspezifisches Grundwissen ist Voraussetzung.

Fließzeitverfahren nach Zeller (1981)

$$HQ_n = 0,278 \cdot A_E \cdot C_{ZE} \cdot i_{n,tN}$$

C_{ZE} = Reduktionskoeffizient in Abhängigkeit von Infiltrationseigenschaften

$i_{n,tN}$ = iterativ ermittelte Niederschlagsintensität der Konzentrationszeitdauer

Ansatz:	Zeller
Anpassungsmöglichkeit:	hoch
Robustheit:	gering
Bemerkung:	geringe bis starke Unterschätzung

Ergebnisevaluierung Zeller: In den Testgebieten ergeben sich durch die rechnerische Unterschätzung der Konzentrationszeiten durchwegs zu geringe Spitzenabflüsse.

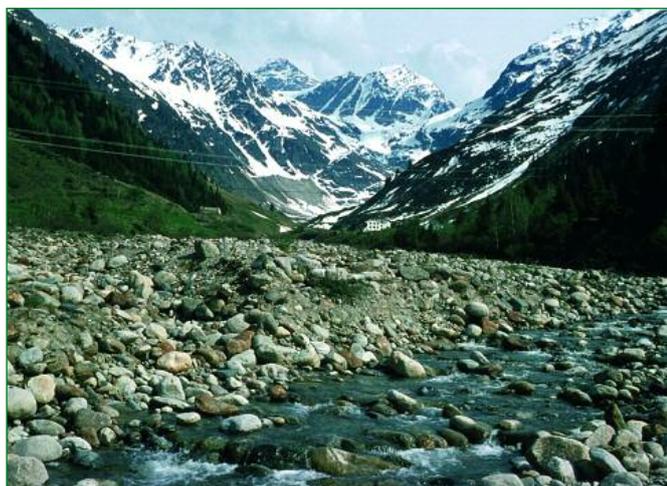


Foto: www.diealpen.at

Dipl.-Ing. Karl Hagen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
 Naturgefahren und Landschaft
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Hauptstraße 7, 1140 Wien
 E-Mail: karl.hagen@bfw.gv.at

ZEMOKOST - neues Programm für die Abschätzung von Hochwasserabflüssen

Bernhard KOHL, Leopold STEPANEK

Das Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW entwickelt und testet unter dem Titel ZEMOKOST gemeinsam mit Praktikern der Wildbach- und Lawinenverbauung ein neues Modell zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten.

Für die Bemessung von Hochwasserabflüssen existieren viele Faustformeln und hydrologische Modelle. Während erstere zwar eine schnelle Abschätzung erlauben, sind sie jedoch wenig verlässlich. Die Mehrzahl der hydrologischen Modelle wiederum eignet sich meist nicht für den praktischen Einsatz in kleinen Einzugsgebieten. Zum einen fehlen oft Hard- und Software, zum anderen sind häufig die für die Modellläufe notwendigen Parameter nicht einfach zu bekommen oder mangels Messwerten können die Modelle nicht kalibriert werden.

Faustformeln kontra hydrologische Modellierung

ZEMOKOST ist als Bindeglied zwischen schneller Abschätzung mittels Faustformeln und Modellen gedacht und basiert auf Excel. Unter Verwendung

nachvollziehbarer, einfach zu erhebender Parameter ermöglicht es die Berechnung und Visualisierung von Hochwasserganglinien für die Bemessung. ZEMOKOST ist ein modifiziertes Laufzeitverfahren. Die zugeführte Niederschlagsmenge erzeugt für definierte Teileinzugsgebiete Abflussganglinien, die anhand ihrer Fließzeiten (Laufzeiten) an der Oberfläche und im Gerinne berechnet werden können. Die abflusswirksame Regenmenge ergibt sich aus dem Produkt von Abflussbeiwert und gesamter Niederschlagsmenge. Mit gängigen Fließformeln (IZZARD-Formel für den Oberflächenabfluss, MANNING-STRICKLER für den Gerinneabfluss) werden die Laufzeiten berechnet.

Niederschlagsdaten als wichtige Einflussgrößen

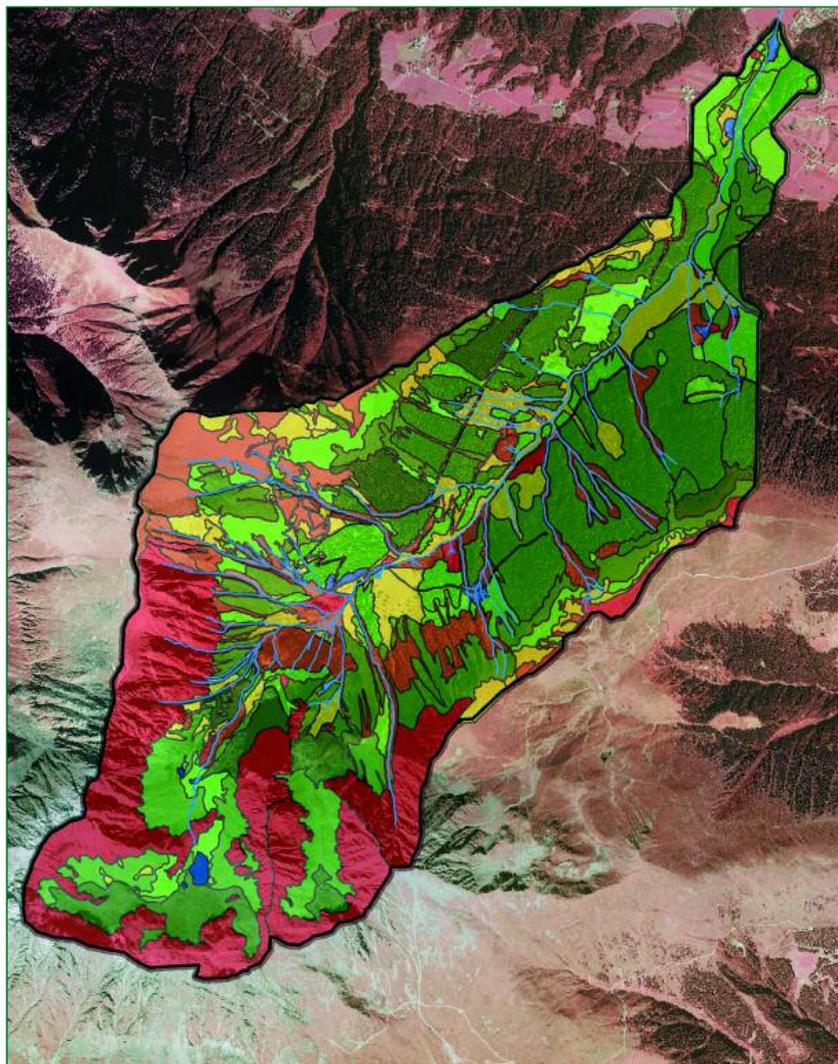
Der Niederschlag ist die entscheidende Steuergröße für hydrologische Prozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Niederschlagswerte sind jedoch Schätzwerte, die mit mehr oder weniger großen Messfehlern behaftet sind. ZEMOKOST kann sowohl mit ausgewerteten Niederschlagsregistrierungen als auch Modellrechnungen („inadäquate Daten“ nach LORENZ & SKODA) als Eingangsdaten arbeiten.

Trotz der seit einiger Zeit schwelenden Diskussion über



Beregnungsversuche auf der Koralpe

Foto: BFW



messungsereignis in Wildbacheinzugsgebieten. Neben den Erläuterungen zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes enthält sie auch einen Ansatz zur Abschätzung der für die Ermittlung der Fließzeiten notwendigen Rauigkeit der Oberfläche (Dokument als Download unter <http://bfw.ac.at/040/2313.html> oder zu bestellen bei Gudrun Csikos, Tel. 01/878 38-1216, Preis 9,68 Euro).

Höchsthochwasser als Bemessungsereignis

ZEMOKOST ermittelt für eine gewählte Jährlichkeit die jeweils kritischen Dauerstufen und die dazugehörigen Abflussspitzen selbstständig, indem im Halfsplit-Verfahren Dauerstufen zwischen fünf Minuten und 24 Stunden durchgerechnet, die jeweiligen Abflussspitzen herausgeschrieben und gegenübergestellt werden. In einem abschließenden Rechengang wird jene Dauerstufe, die das Höchsthochwasser erzeugt hat, errechnet und graphisch dargestellt. Zusätzlich bietet das Programm dem Anwender einige nützliche Werkzeuge: Innerhalb der Teileinzugsgebiete können die Auswirkungen von Speicher- oder Retentionswerken berücksichtigt, am Pegel selbst kann der Staubedarf einer gewählten Durchlassmenge kalkuliert werden. Zu den Stärken des Programms zählt weiters die Möglichkeit zur Simulation unterschiedlicher Szenarien (zum Beispiel: Wie wirkt sich eine Änderung der Landnutzung aus?).

die ungewohnt hohen Intensitäten von Starkniederschlägen (wie sie die „inadäquaten Daten“ wiedergeben), wird ihre Verwendung für die Berechnung von Bemessungsabflüssen empfohlen. Einerseits steht dieser Datensatz für das gesamte Bundesgebiet zur Verfügung, andererseits belegt eine große Zahl von Fallbeispielen, dass die inadäquaten Daten nach LORENZ & SKODA besonders für betroffene Kleineinzugsgebiete hinsichtlich der Menge und Dauer (angenommene Wiederkehrzeit: 100 Jahre) im Bereich der rekonstruierten Niederschlagsangaben lagen.

Geländeanleitung zur Ermittlung von Abflussbeiwerten

Seit drei Jahrzehnten werden am Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW und am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft in München Starkregensimulationen und begleitende Untersuchungen (wie Boden und Vegetation) durchgeführt, um damit das Abflussverhalten in Wildbacheinzugsgebieten zu charakterisieren. Die Ergebnisse von über 700 Einzelberechnungen wurden in einer Datenbank zusammengeführt. Ein erstes Produkt der Auswertungen ist die „Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes bei konvektiven Starkregen“ (BFW-Dokumentation Nr. 3 – 2004). Mit Hilfe dieses Manuals erstellt der Praktiker Abflussbeiwertkarten zur Berechnung von Abflussspitze und -fracht beim Be-

messungsereignis in Wildbacheinzugsgebieten. Neben den Erläuterungen zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes enthält sie auch einen Ansatz zur Abschätzung der für die Ermittlung der Fließzeiten notwendigen Rauigkeit der Oberfläche (Dokument als Download unter <http://bfw.ac.at/040/2313.html> oder zu bestellen bei Gudrun Csikos, Tel. 01/878 38-1216, Preis 9,68 Euro).

Programm auf Anfrage erhältlich

Immer mehr Wildbach- und Lawinenverbauer verwenden ZEMOKOST für ihre Einzugsgebietsberechnungen. Das Programm ist auf Anfrage erhältlich, das BFW bietet dazu Schulungen und Anwender-Workshops an. In einer nächsten Version des Modells wird angestrebt, die MANNING-STRICKLER-Formel für den Gerinneabfluss durch einen im alpinen Raum praxistauglicheren und moderneren Ansatz zu ersetzen (z.B. ABERLE, RICKENMANN oder RUF).

Oberrat Mag. Bernhard KOHL
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
Naturgefahren und Landschaft
Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
Rennweg 1 – Hofburg, 6020 Innsbruck
E-Mail: bernhard.kohl@uibk.ac.at

Dipl.-Ing. Leopold Stepanek
Forsttechnischer Dienst für
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Mittleres Inntal
Liebeneggstraße 11, 6010 Innsbruck
E-Mail: leopold.stepanek@die-wildbach.at

Vom Hubschrauber aus Daten für die Naturraumanalyse erhalten

Gerhard MARKART, Herbert PIRKL, Bernhard KOHL,
Andreas REITERER UND Klaus MOTSCHKA

Rasch und flächenhaft für große Gebiete wichtige Informationen erfassen. Was bereits bei der Erkundung von Rohstofflagerstätten möglich ist, soll jetzt für die Naturraumanalyse verwendet werden: die Aeroeophysik.

Mitarbeiter der Fachabteilung Geophysik der Geologischen Bundesanstalt in Wien (GBA) haben speziell für diesen Anwendungsfall Messmethoden für den Hubschraubereinsatz adaptiert (elektromagnetische Sonde – Bird, Infrarotsensor und L-Band-Antenne zur Messung der Bodenfeuchte im Oberboden, Gamma-Strahlen-Spektrometer, Magnetometer). Mit dieser Messausrüstung können Daten gewonnen werden, wie zum Beispiel das Vorhandensein von Grundwasserstauern, oberflächennahen Wasserbewegungen, die flächenhafte Verteilung der Bodenfeuchte im Oberboden oder Hinweise auf Massenbewegungen.



Foto: GBA, Wien

Praxistest – Parallelmessungen aus der Luft und am Boden

Es war naheliegend, diese Methode in einem alpinen Einzugsgebiet auf ihre Anwendbarkeit in der Naturraum- und Naturgefahrenanalyse zu testen. In Kooperation mit dem Büro für Geoökologie Dr. Pirkl in Wien, dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Vorarlberg, und der Fachabteilung Geophysik der Geologischen Bundesanstalt in Wien (GBA) wurde ein Untersuchungsprogramm zur Prüfung dieser Methode auf ihre Tauglichkeit zur Naturgefahrenanalyse gestartet.

So wurden vom Hubschrauber aus geophysikalische Messungen unter anderem am Golmerhang bei Tschaggung (Vlbg.) durchgeführt. Parallel dazu erfolgten vor Ort Bodenfeuchtemessungen auf den wichtigsten Vegetations- und Nutzungseinheiten. Zusätzlich wurden an gebietstypischen Einheiten Starkregen mit unterschiedlichen Niederschlagsintensitäten simuliert, um die Abflussbereitschaft auf diesen Referenzflächen unter definierten Randbedingungen möglichst genau zu erfassen.

Abflussbildung bei Starkregen

Die Felddaten stellen in Kombination mit der „Provisorischen Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen“ von Markart et al. (2004) die Basis für eine Abflussbeiwertkarte dar (Abb.1, Seite 24). Dunkelgrüne Flächen liefern bei Starkregen keinen bzw. minimalen Oberflächenabfluss (< 10% des Niederschlages), rote Einheiten zeigen sehr hohe Oberflächenabflussbereitschaft an (über 75% des Niederschlages fließen an der Oberfläche ab).

Felddaten und daraus abgeleitete Karten können zum Beispiel mit den über die L-Bandantenne ermittelten Bodenfeuchtedaten oder mit den radiometrischen Messdaten aus der Hubschrauberbefliegung in Be-

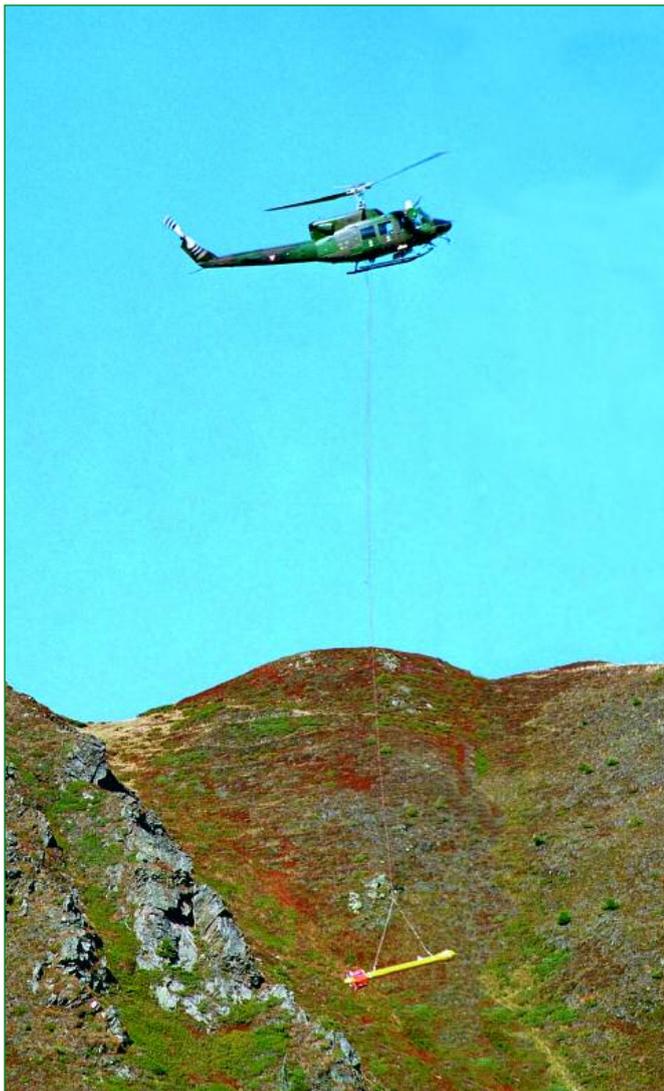
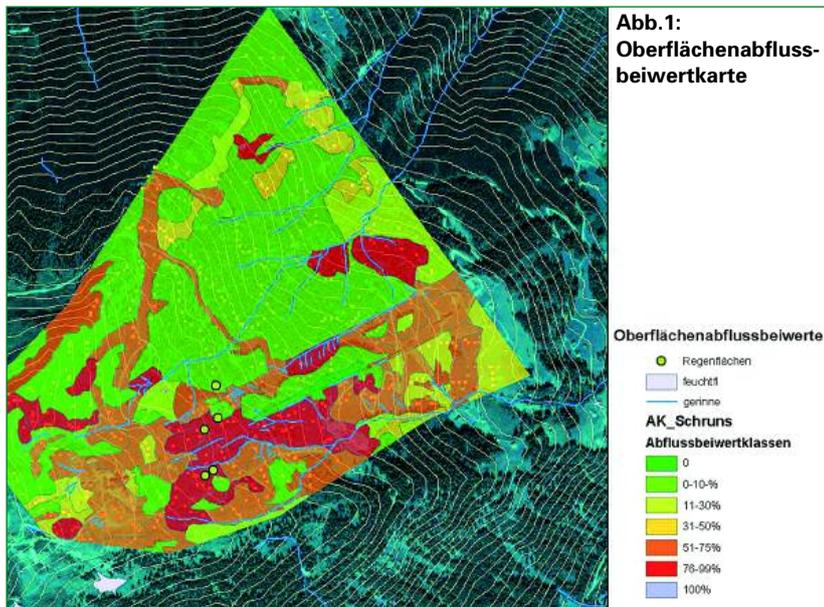


Foto: GBA, Wien



werten zu können, wurden in der GBA neue Modelle entwickelt, mit denen aus der Elektromagnetik abgeleitete Strukturen tiefgründiger Massenbewegungen durch Vergleich mit vorhandenen Kartierungen überprüfbar werden. Somit steht eine weitere Methodenkombination für die Naturraumanalyse in Wildbacheinzugsgebieten zur Verfügung.

Noch einige Änderungen notwendig

Für den künftigen Einsatz des Verfahrens in der Naturgefahrenanalyse ist eine Reihe von Modifikationen notwendig:

- Einsatz eines interdisziplinären Teams bereits in der Planungsphase: Es begleitet das Messprogramm in der Vorbereitung, über die Messphase, die Dateneditierung, Auswertung bis zur Interpretation. Diese Teamarbeit

ziehung gesetzt werden. Deren räumliche Verteilung getrennt nach Kalium, Thorium und Uran ermöglicht Aussagen über die Beschaffenheit des bodennahen Untergrundes. So lässt beispielsweise ein höherer Kalium-Anteil auch auf höhere Tonmineralführung in Böden und damit bei schlechtem Systemzustand (z.B. hohe Vorbefeuchtung) auf eine höhere Abflussbereitschaft schließen.

Die Aussagesicherheit und -dichte aerogeophysikalischer Messdaten ist jedoch durch bestimmte Randbedingungen begrenzt, nämlich durch

- die starke Bodenabstands-Abhängigkeit des Messsystems
- Dämpfungseffekte durch dichte Vegetation
- Dämpfungseffekte durch hohe Bodenfeuchtigkeit bei der Messung.

In jedem Fall sind somit Niederschlagsverhältnisse und Vegetationsverteilung im Messgebiet vor der Interpretation zu erfassen.

Erste Ergebnisse

Die über die Hubschraubermessungen gewonnenen Daten sind noch nicht direkt verwendbar. So muss etwa die abschirmende Wirkung der Vegetation rechnerisch korrigiert werden. Für verschiedene niederwüchsige Vegetationsformen (wie alpine Rasen oder Mähwiesen) konnten schon gute Übereinstimmungen zwischen Aeromessungen und Feldergebnissen erzielt werden. Für die Waldvegetation wird an der GBA an der Entwicklung der entsprechenden Korrektursoftware gearbeitet.

Ist die Verteilung der Untergrundlithologie im Untersuchungsgebiet bekannt, stellen die Ergebnisse der radiometrischen Messungen aus dem Hubschrauber eine gute Ergänzung zu flächenhaften Messungen der Bodenfeuchte dar. Insbesondere die Verteilung von Kalium kann dabei ein Indikator für höhere Gehalte an Tonmineralen in den Böden sein – somit sind höhere Kalium-Konzentrationen ein indirekter Hinweis auf die höhere Disposition für Oberflächenabfluss bei Starkniederschlägen.

Um die Messungen der Hubschrauber-geophysik aus-

garantiert Datenqualität und Auswertesicherheit.

- Ausreichende geologische und pedologische Grundlagen und zumindest lokale terrestrische Referenzmessungen während des Messfluges.
- GIS-kompatible Dokumentation: Die Kontrolle der Radiometriedaten auf Störungen durch Vegetationsdeckung und Verfälschung durch Kulturlandschaftstypen (etwa Dämpfung durch dichte Waldvegetation oder Feucht-/Moorflächen) erfordert die Verknüpfung mit Vegetationskarten oder wenigstens einen Waldflächenauszug. Auch die Verknüpfung mit anderen geowissenschaftlichen Informationen – wie Geologie oder hydrogeologische, geomorphologische Kartierungen – kann im GIS problemlos ausgeführt werden.

Für die Bewertung der Messparameter ist die Kenntnis der hydrologischen Randbedingungen während der Messflüge wichtig. Darüber hinaus erscheint der Messparameter Bodenfeuchte als die zentrale Aussage für die Bewertung von Wildbacheinzugsgebieten.

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Markart
 Mag. Bernhard Kohl
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
 Naturgefahren und Landschaft
 Rennweg 1 – Hofburg, 6020 Innsbruck
 E-Mail: gerhard.markart@uibk.ac.at, bernhard.kohl@uibk.ac.at

Dr. Herbert Pirkl
 Büro für Geologie und Geoökologie
 Gentszgasse 17/1/6, 1190 Wien

SL Dipl.-Ing. Andreas Reiterer
 Leiter der Sektion Vorarlberg des Forsttechnischen
 Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung
 Rheinstraße 32/4, 6900 Bregenz

Mag. Klaus Motschka
 Leiter der Fachabteilung Geophysik
 Geologische Bundesanstalt
 Rasumofskygasse 23, 1031 Wien

Faustformel für die Abschätzung der Volumen von Rutschungen

Peter ANDRECS, Robert HACKER

Angaben über Rutschungsvolumina beruhen meist auf visuellen Schätzungen und sind mit Unsicherheiten verbunden. Vom Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW wurde deshalb eine Faustformel zur Volumsbestimmung entwickelt.

Ausgelöst durch enorme Regenmengen (223 mm in 24 Stunden bei der Station Innerlaterns) kam es im Laternsertal in Vorarlberg am 20. und 21. Mai 1999 zu zahlreichen Rutschungen, die von Mitarbeitern des Bundesforschungs- und Ausbildungszentrums für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) detailliert erfasst wurden (Aufnahmeverfahren und Ergebnisse siehe BFW-Bericht Nr. 127). Bei den Geländeerhebungen wurden Quer- und Längsprofile und dabei die maximale Länge, Breite und Tiefe jeder Rutschung aufgenommen (Abb. 1).

Tab. 1: Überblick über einige Ergebnisse der Auswertungen der Rutschungsabmessungen

Parameter	Mittelwert	Auswertungsergebnisse
maximale Länge	17,6 m	69 % aller Rutschungen < 20 m, nur 10 % > 30 m
maximale Breite	12,5 m	62 % aller Rutschungen < 12 m, nur 10 % > 20 m
maximale Tiefe	2,1 m	60 % aller Rutschungen < 2 m, nur 15 % > 3 m
mittlere Tiefe	0,8 m	93 % aller Rutschungen < 1,5 m
Fläche	206 m ²	46 % aller Rutschungen < 100m ² , 83 % < 300m ² , nur 2 % > 500 m ²
Volumen	241 m ³	75 % aller Rutschungen < 200 m ³ , nur 4 % > 1000 m ³

wurde geprüft, ob das Volumen über einen einfach zu erhebenden Parameter mit Hilfe einer Regressionsgleichung berechnet werden kann. Es zeigte sich, dass die maximale Breite für die Volumsbestimmung am besten geeignet ist (sh. Gleichung 1).

Fragen der Genauigkeit

Für die Beurteilung der praktischen Anwendungsmöglichkeiten dieser Faustformel ist neben deren statistischen Absicherung auch entscheidend, wie genau die Bezugsgröße (die maximale Breite einer Rutschung) im Gelände erhoben werden kann. Hier bietet die maximale Breite viele Vorteile:

- Sie ist der am leichtesten zu messende Parameter einer Rutschung.
- Im Gegensatz zur Bestimmung der maximalen Länge kann die Horizontalstrecke gemessen werden.
- Rutschungen sind zumeist weniger breit als lang.



Foto: BFW

Foto: BFW



Abb. 1: Aufnahme eines Querprofils

Auf Basis von durchschnittlich 12 Tiefenmessungen je Rutschung wurde die mittlere Tiefe berechnet und das Volumen durch Multiplikation dieser Werte mit den digitalisierten Flächengrößen bestimmt.

Maximale Breite als Eingangsparameter für Faustformel

Auf Basis des Zahlenmaterials wurden nun komplexe statistische Zusammenhänge zwischen den einzelnen Abmessungen der Rutschungen durchgeführt. Dabei

$$\log(V) = -0,608 + 2,148 \log(B_{\max})$$

V...Volumen, B_{max}...maximale Breite

Gleichung 1: gültig für Rutschungen mit maximalen Breiten zwischen 3,5 und 45 m.

- Für die Bestimmung der maximalen Länge ist es notwendig das Rutschungsende zu definieren (insbesondere bei hangmurenartigen Prozessen oft schwierig).
- Die größte Tiefe erhält man meist erst nach mehreren Messungen, außerdem muss eine Geländeoberfläche vor dem Rutschungsvorgang angenommen werden.

Praxisorientierte Faustformel

Die Faustformel soll den Praktiker bei der Aufnahme und Analyse von Rutschungsvorgängen unterstützen. Sie wurde in einem bestimmten Gebiet entwickelt, Einsatzmöglichkeiten in anderen Regionen müssen noch durch Folgeuntersuchungen verifiziert werden. Die Autoren sind daher an Rückmeldungen und Praxiserfahrungen sehr interessiert.

Dipl.-Ing. Dr. Peter Andrecs
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
 Naturgefahren und Landschaft (BFW)
 Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
 Hauptstraße 7, 1140 Wien
 E-Mail: peter.andrecs@bfw.gv.at

Dr. Robert Hacker
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
 Naturgefahren und Landschaft (BFW)
 IKT Dienste
 Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien
 E-Mail: robert.hacker@bfw.gv.at



waldwissen.net

Fundierte Wissen aus der Waldforschung, aufbereitet für die Praxis

ECKDATEN

Informationen aus der
 Forschung für die Praxis
 Internetplattform mit
 Redaktionen in Österreich,
 Deutschland und der
 Schweiz



This projekt has received
 European Regional
 Development Funding
 through the INTERREG III B
 Community Initiative



Interreg III B



Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
 für Wald, Naturgefahren und Landschaft
 Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien
 Tel.: 01/87838-0
 bfw@waldwissen.net

Ob Kalkulationshilfen für die Holzernte, Ratgeber für waldbauliche Maßnahmen, ob Neues aus Forstschutz und Forsttechnik – unter

www.waldwissen.net

finden Sie dazu leicht verständliche und attraktiv aufbereitete Informationen.

THEMEN

- Betriebsführung
- Forsttechnik
- Holz und Markt
- Inventur und Monitoring
- Naturgefahren
- Umwelt und Landschaft
- Wald und Gesellschaft
- Wald und Wild
- Waldbau und Planung
- Waldökologie
- Waldschutz



Experten aus folgenden vier
 Waldforschungszentren liefern
 verdichtetes und aufbereitetes
 forstliches Wissen aus
 elf Fachgebieten:
 • LWF, Freising (D)
 • WSL, Birmensdorf (CH)
 • BFW, Wien (A)
 • FVA, Freiburg (D)

Für besondere Themenschwer-
 punkte oder aktuelle Ereignisse
 werden Dossiers zusammen-
 gestellt, die Hintergrund-
 informationen und den aktuellen
 Stand des Wissens vermitteln.

Nachrichten über besonders
 wichtige Ereignisse

Beiträge in fünf Sprachen



Beurteilung der Lawinen-Schutzwirkung des Waldes

Frank PERZL

In der Praxis gibt es keine klare Anleitung, wie Wald bei der Abschätzung von Lawinengefahr zu behandeln ist. Vergleicht man gutachtliche Beurteilungen der Lawinengefahr etwa bei Waldinventuren, zeigen sich sehr widersprüchliche Ergebnisse. Am BFW werden deshalb institutsübergreifend praxisnahe Faustformeln zur Bemessung der Disposition und Schutzwirkung erarbeitet.

Die entscheidende Schutzwirkung des Waldes gegen Lawinen ist die Verhinderung von Lawinenanbrüchen. Deshalb gilt es zuerst festzustellen, wo Waldlawinen potenziell anbrechen können. Dort muss dann beurteilt werden, ob der vorhandene Wald einen Lawinenanbruch verhindern kann.

Abschätzung des Gefahrenpotenzials

Zur Einstufung eines Waldes als „Lawinen-Schutzwald“ muss die Grunddisposition für die Naturgefahr bestimmt werden: Die Grunddisposition ist „die grundsätzliche, über längere Zeit gleichbleibende Anlage oder

Bereitschaft zu gefährlichen Prozessen“ (BUWAL/EFD 1998). Sie wird durch über längere Zeit konstant bleibende Parameter, also durch Standortmerkmale bestimmt. Dies sind im Wesentlichen:

- Hangneigung,
- Hangform (Wölbung) und Hanglänge,
- Schneedeckenhöhe und Schneedichte,
- Bodenrauigkeit.

Hangneigung

In der Literatur gibt es verschiedene Angaben zum unteren Grenzwert, der für Lawinenanbrüche noch entscheidend ist. Die Autoren neigen dazu, entweder Lawinengefahr ab 20° (15-25°, z.B. SAEKI & MATSUOKA 1970, DE QUERVAIN 1972) oder weniger vorsichtig ab 30° (28-33°) anzugeben. Das Problem bei der Festlegung von Grenzwerten ist, dass die Hangneigung nicht isoliert als Grenzfaktor betrachtet werden kann, sondern in Wechselwirkung mit anderen Faktoren zu sehen ist. Statistische Grundlagen zur Abschätzung der Häufigkeit von Anbrüchen in Abhängigkeit von all diesen Faktoren gibt es nicht. Die meisten Ansätze zur Beurteilung der Schutzwirkungen des Waldes geben

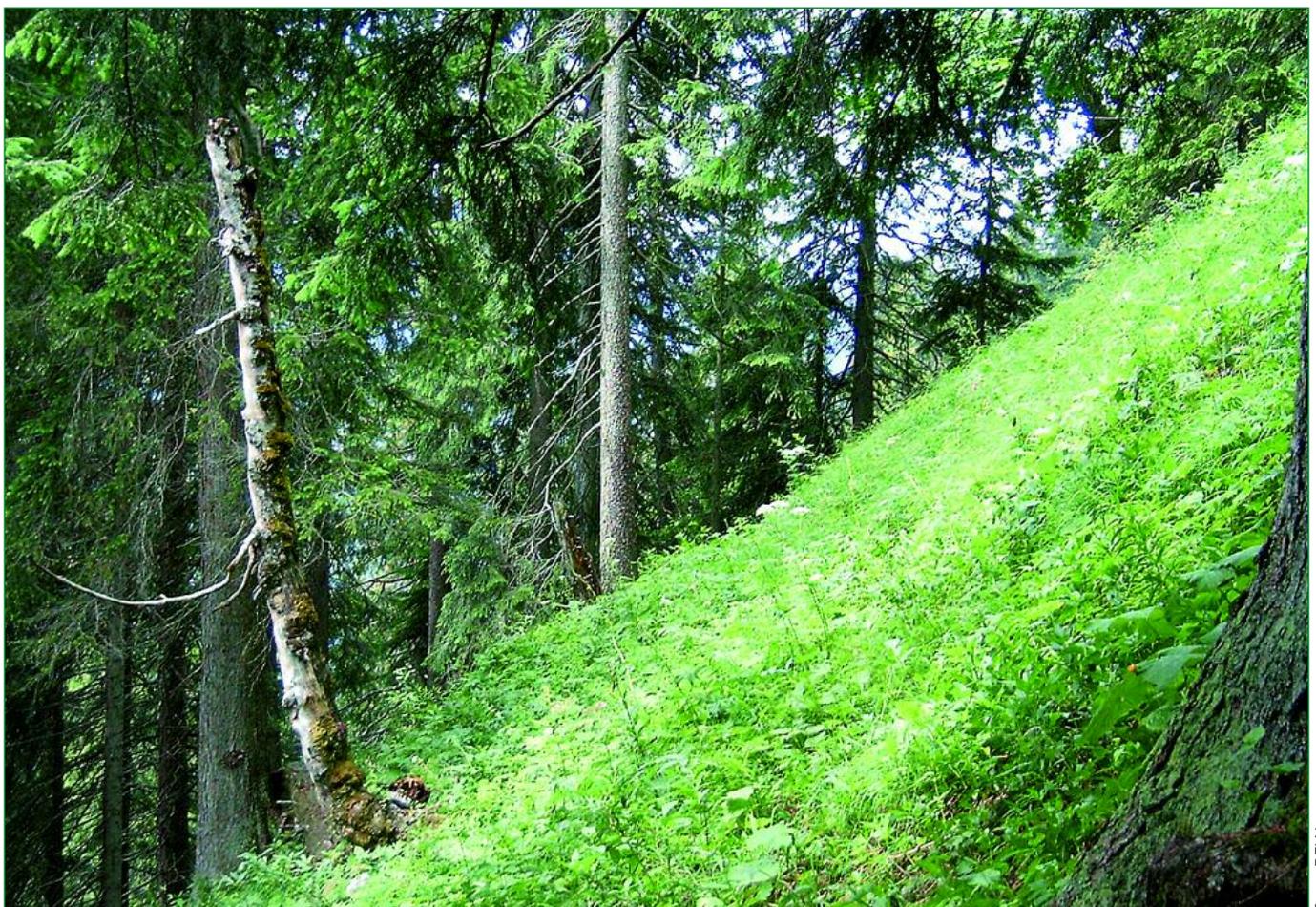


Foto: BFW

Bestandeslücke über der kritischen Breite auf einen 42° geneigten Hang in 1.600 m Seehöhe

30° als Grenzneigung an. Wenngleich nach SALM et al. (1990) die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabganges bei einer Hangneigung kleiner 28° sehr gering ist, darf sie nicht unberücksichtigt bleiben (KLEEMAYR, 1991). LIED & BAKKEHOI (1980) weisen darauf hin, dass mit zunehmender Flachheit des Anbruchgebietes die Wiederkehrdauer, aber auch die Lawinenreichweite steigt (KLEEMAYR, 1991). Zudem können von flacheren Teilabschnitten im Lawinengelände Sekundär-anbrüche gelöst oder Schneemassen mittransportiert werden. Ein oberer Grenzwert der relevanten Hangneigung wird oft nicht angeführt. Da es im Steilgelände ab etwa 55° zur Selbstentlastung der Hänge durch kleine Lockerschneerutschungen kommt, nimmt die Bedeutung des forstlichen Lawinenschutzes in dem Bereich ab.

Hanglänge und Hangform

Auch dafür liegen keine gesicherten Grundlagen vor. Es gibt Hinweise auf eine relevante Hanglänge von etwa 20 bis 50 m. Mit steigender Hangneigung und Schneehöhe nimmt die relevante Hanglänge ab. Häufiger sind Lawinenanbrüche an konvexen, sich nach unten verstellenden Stellen oder Geländeknicken (SOMMERHALDER & MEYER-GRASS, 1992; SCHNEEBELI & BEBI, 2004). Neigungsbrüche von 5° sind bereits relevant.

Schneedeckenhöhe

Dieser Faktor ist variabel, muss aber zur Ausscheidung von Lawinen-Schutzwald als Parameter der Grunddis-

position behandelt werden. Welches Maß der Schneedeckenhöhe ist als Indikator der Grunddisposition für Lawinenanbruch geeignet? Die mittlere maximale Schneedeckenhöhe, denn sie charakterisiert gut das allgemeine Niveau der Schneehöhe und Schneefälle in einer bestimmten Höhenlage eines Gebietes. Fehlt den Taxatoren die lokale Erfahrung, kann der höhenkorrelierte Wert regressionsanalytisch aus den Daten der Klimastationen in der Region brauchbar geschätzt werden. Zur Berücksichtigung von Extremen muss aber ein höherer Wert angesetzt werden. Die Auswertung von 412 Stationen in der BFW-Klimadatenbank für die Periode 1961-1990 ergab, dass das Verhältnis zwischen der extremen und der mittleren maximalen Schneedeckenhöhe im Mittel rund 2,2 ($s = +/-0,49$) beträgt. Die aus der Höhenregression ermittelte, mittlere maximale Schneedeckenhöhe multipliziert mit dem Faktor 2,2 ergibt eine brauchbare Schätzung des generellen Niveaus der vor Ort relevanten Schneedeckenhöhe.

Schneedichte

Die Schneedichte ist ein stark variabler Faktor und kann daher bei der Beurteilung der Grunddisposition nicht berücksichtigt werden. Es gilt aber zu beachten, dass in Lagen mit tendenziell höherer Schneedichte (Hochlagen, Mulden) auch größere relative Anbruchsmassen zu erwarten sind, vor allem aber, dass die Jungbäume durch den höheren Schneedruck eine geringere Lawinenschutzwirkung haben.



Foto: BFW

Lockerer Reitgras-Fichtenwald mit einer wintergrünen Überschirmung an der kritischen Grenze bei 38° Hangneigung

Bodenrauigkeit

Die Bodenrauigkeit ist ganz entscheidend, besonders in Bezug auf Gleitschneelawinen. Durchragen Rauigkeitselemente (z.B. Gesteinsblöcke) in genügender Dichte die Schneedecke, kommt es kaum zu Lawinenanbrüchen. Bei der Planung forstlicher Standortskartierungen sollte beachtet werden, dass metrische Angaben zur Bodenrauigkeit bzw. Rauigkeitshöhe eine wertvolle Grundlage für den Einsatz von Simulationsmodellen sind. Die vielfach noch verwendeten qualitativen Beschreibungen des Kleinreliefs wie „unruhig“ oder „Blockflur“ müssen überdacht werden. Zur Grobabschätzung der Anbruchs-Disposition kann von der Schneehöhe die Rauigkeitshöhe abgezogen werden.

Schutzwirkung der Bestände

Effektive Baumhöhe

Nach der Anschätzung des Gefahrenpotenzials stellt sich die Frage nach der Schutzwirkung der Bestände, die auf den potenziellen Anbruchsflächen stocken: SAEKI & MATSUOKA (1969) haben in Japan die Faustregel aufgestellt, dass die mittlere Baumhöhe etwa das Eineinhalb- bis Zweifache der Schneedeckenhöhe betragen muss, damit genügend viele Bäume (>50 %) die Schneedecke überragen und somit auch stabilisieren können. Das entspricht auch Beobachtungen in den Alpen. Allerdings wird auf flacheren Hängen mit weniger Schneedruck ein niedriger Baum mehr Wirkung haben als auf steilen Lehnen in Schneelöchern.

Ein erster Schritt zur Abschätzung der Lawinenschutzwirkung ist also die grobe Bestimmung der wirksamen Baumhöhe für den Lawinenanbruchschutz. Sie ergibt sich aus der effektiven Schneedeckenhöhe und wird infolge des zunehmenden Kriech- und Gleitdrucks auch mit der Hangneigung und Bodenrauigkeit zu- oder abnehmen. Bei Tabelle 1 handelt sich nicht um das Ergebnis einer physikalisch oder statistisch abgeleiteten Formel, sondern um einen induktiven Ansatz zur Umsetzung der Faustformel von SAEKI & MATSUOKA (1969), der noch empirischer Überprüfung bedarf. Für die effektive Schneedeckenhöhe wurde die mittlere maximale Schneedeckenhöhe multipliziert mit dem Faktor 2,2 angesetzt.

Mit zunehmender Hangneigung und Schneehöhe werden nur größere Bäume als voll schutzwirksam gewertet, da sie dem Schneedruck stärker entgegenwirken. Im Gegensatz zu Versuchen, einen wirksamen Grenzwert des Stammdurchmessers zu definieren (Tabelle 2, Seite 29), ist der Ansatz praktischer, da die Höhe des Jungwaldes oder der Jungbäume leichter abzuschätzen ist als der BHD.

20 Jahre alte Aufforstung beginnt die Schutzwirkung der Verbauung zu ersetzen

Tabelle 1:
Effektive Baumhöhe je nach effektiver Schneehöhe und Hangneigung

Hangneigung [Altgrad]	Effektive Baumhöhe je nach Schneehöhe		
	bei 1 m	bei 2 m	bei 3 m
30	1,1 m	2,1 m	3,2 m
35	1,1 m	2,2 m	3,3 m
40	1,1 m	2,3 m	3,4 m
45	1,2 m	2,3 m	3,5 m
50	1,2 m	2,4 m	3,7 m
55	1,3 m	2,5 m	3,8 m

Deckungsgrad

Der zweite wichtige Faktor beim Lawinenschutz ist die wintergrüne Überschilderung (Deckungsgrad). Als Faustregel kann aus der Literatur abgeleitet werden: Ein wintergrüner Deckungsgrad von 50-60 % mit Bäumen ab der effektiven Baumhöhe bei regelmäßiger Verteilung (ohne große Lücken in der Verteilungsstruktur und der Gesamtdichte des Bestandes) ist ausreichend, um einen gefährlichen Lawinenanbruch zu verhindern. Liegt der wintergrüne Deckungsgrad unter 50 % (z.B. Lärchen- und Laubholzbestände, Bestände mit starker Kronenverlichtung, Blößen), dann hängt die Schutzwirkung von der Stammzahl der Bestände ab. Dabei muss natürlich auch das Totholz berücksichtigt werden (Stöcke, Querfällungen).

Totholz

Totholz hat eine erhebliche Schutzwirkung (SCHWITZER, 2002; FREY & THEE, 2002; NOAK et al., 2004). Wird ein funktionsfähiger Schutzwald durch Sturm geworfen, geht dadurch die Schutzwirkung gegen Lawinenanrisse und Steinschlag vorerst nicht verloren, sondern verbessert sich sogar noch (NOAK et al., 2004). SAEKI et al. (1981) konnten in einem mehrjährigen Versuch auf einer Fläche mit 3 bis 5 m Schneedeckenhöhe feststellen, dass sich Grundlawinen erst dann bildeten, als die Anzahl der Stöcke unter 100 pro Hektar sank.

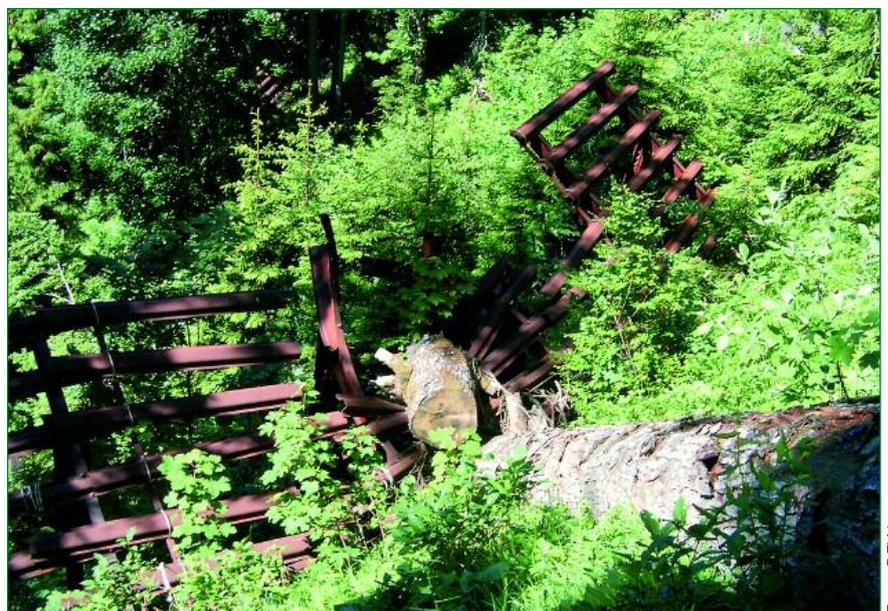


Foto: BFW

Tabelle 2:
Notwendige Stammzahlen (N in Stück/ha) gegen Lawinenanbruch

Lärche/Fichte: Ertagstafelbestände nach MARSCHALL (1992) Zirbe: nach LICK (1991)					~ N gegen Lawinenanbruch erforderlich		
					SALM	SAEKI	BUWAL
Baumart	Alter	Bonität	N	dg	bei 30° - 50°	bei 30° - 40°	bei 30° - 40°
Lärche	140	7	252	43,4	328-2349	200 - 900	450 (500) - 1000
Fichte	80	6	1072	22,8	402-3004	---	---
Zirbe	200	3,4	424	36	361-2539	---	---
Effektiver Durchmesser:						5 cm	16 (8) cm

Stützwirkung der Stämme

Zur Stützwirkung der Stämme gibt es mehrere unterschiedlich plausible Angaben. In Tabelle 2 ist die notwendige Stammzahl für 30 bis 50° Hangneigung nach SAEKI & MATSUOKA (1970), SALM (1978) und BUWAL (1996, Neufassung in Vorbereitung) angeführt.

Der formeltheoretische Ansatz von SALM (1978) geht vom Gleitschneedruck aus. Dabei entsteht die paradoxe Situation, dass unter sonst gleichen Bedingungen bei einer Zunahme von Schneehöhe und Gleitfaktor die notwendige Stammzahl wiederum sinkt. Unter Bedingungen ohne Schneegleiten ist der Ansatz nicht gültig. Der Stützbereich eines Stammes beträgt nach DE QUERVAIN (1978) für 2 m Schneehöhe und 35° Hangneigung etwa das Zehn- bis Fünzfache des Stammdurchmessers. Die Stützfläche eines Stammes oder Stockes kann daher näherungsweise als Kreisfläche aus dem BHD des Stammes oder Stocks geschätzt werden. Zu berücksichtigen ist:

- Bei bis zum Boden bekroten Nadelbäumen (z.B. Jungbäume, Rottenbäume) darf nicht der BHD zur Schätzung der Stützfläche verwendet werden; ihre Äste stecken in der Schneedecke und erweitern den Stützbereich auf ungefähr zwei Drittel der Kronenbreite.
- Überschneite und dem Schneedruck stark ausgesetzte Rauigkeitselemente wie die Gehölze der Strauchschicht, Stöcke und liegendes Totholz wirken nur im Verhältnis zur effektiven Höhe; ihre Stützwirkung nimmt progressiv mit diesem Verhältnis ab.

Der Stützbereich der am Hektar vorhandenen Rauigkeitselemente muss summarisch eine Fläche von 10.000 m² Schneedecke pro Hektar abstützen. Somit kann ein Index gebildet werden. Welche Stützelemente voll oder teilweise wirksam sind, hängt von ihrer Höhe im Verhältnis zur effektiven Höhe (Soll-Höhe) für den Lawinenschutz ab. Dabei können die Stützbereiche verschie-



Foto: BFW

dener Rauigkeitselemente addiert werden, sofern eine regelmäßige räumliche Verteilung vorliegt. Bei liegendem Totholz (Querfällungen, Windwürfe) muss man ihre Wirkungshöhe statt dem BHD in Ansatz bringen.

Ist nun der effektive (wintergrüne) Deckungsgrad kleiner als 50 %, kann die Schutzwirkung als Index geschätzt werden, z.B. in der Form:

$$SW_{LA} = \sum STF_{LA} / 10.000 [m^2/ha]$$

dabei ist

SW_{LA} = die Schutzwirkung gegen Lawinenanbruch
[Index: 0-1, (>1)]

STF_{LA} = die wirksame Stützfläche gegen Lawinenanbruch
[m²/ha]

„1“ bedeutet hohe und „0“ keine Schutzwirkung. Der Index SW_{LA} drückt den Anteil der „abgestützten“, gesicherten Schneedecke aus. Der Faktor kann auch über 1 liegen; das zeigt dann „mehr Lawinenschutz wie notwendig“ an. Allerdings gilt der Ansatz nur für regelmäßig bestockte Flächen. Bestände im Schutzwald sind oft unregelmäßig bestockt; die Stammabstände übersteigen dann den Stützbereich um ein Mehrfaches. Im Lärchenwald können Lücken ab 10 m Breite zu Schneerutschungen führen (HÖLLER, 1997). Über der kritischen Lückenbreite ist die aus Deckung und Stammzahl geschätzte Schutzwirkung nicht gültig.

SCHNEEBELI & BEBI (2004) geben eine regressionsanalytisch abgeleitete Beziehung zwischen der kritischen Lückenbreite und dem Deckungsgrad für mehrere Hangneigungen an, die auf der Analyse von 112 Anbrüchen in subalpinen Nadelwäldern beruht (Abbildung 1). Sie bietet eine Hilfe zur Schätzung zulässiger Lücken- und Schlagbreiten.

Praktikabler Ansatz

Der hier vorgestellte Ansatz zur Bewertung der Lawinenschutzwirkung beruht nicht oder nur zum Teil auf physikalischen oder empirischen Formeln. Es wurde versucht, induktiv Angaben aus der Literatur plausibel umzusetzen und in ein verknüpfbares Schema zu bringen. Der Ansatz ist relativ leicht über die Ansprache von

wenigen Parametern wie Standortmerkmalen, Übershirmungsgraden, Anteilen wintergrüner Arten und aus der „Schätzung“ von Stammzahlen umzusetzen und kann eine Hilfe bei der Bewertung der Lawinenschutzwirkungen in Grenzsituationen oder bei der Eichung von Taxatoren bieten. Das Konzept soll durch die Zusammenarbeit von Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen überprüft und konkretisiert werden. Beobachtungen von Praktikern wären hilfreich und werden gerne entgegengenommen.

Frank Perzl
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
Naturgefahren und Landschaft
Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
Rennweg 1, Hofburg, 6020 Innsbruck
E-Mail: frank.perzl@uibk.ac.at
Literaturhinweise beim Autor erhältlich

Abb. 1:
Kritische Lückenbereiche in Abhängigkeit von Deckungsgrad und Hangneigung (nach PFISTER in SCHNEEBELI & BEBI 2004)

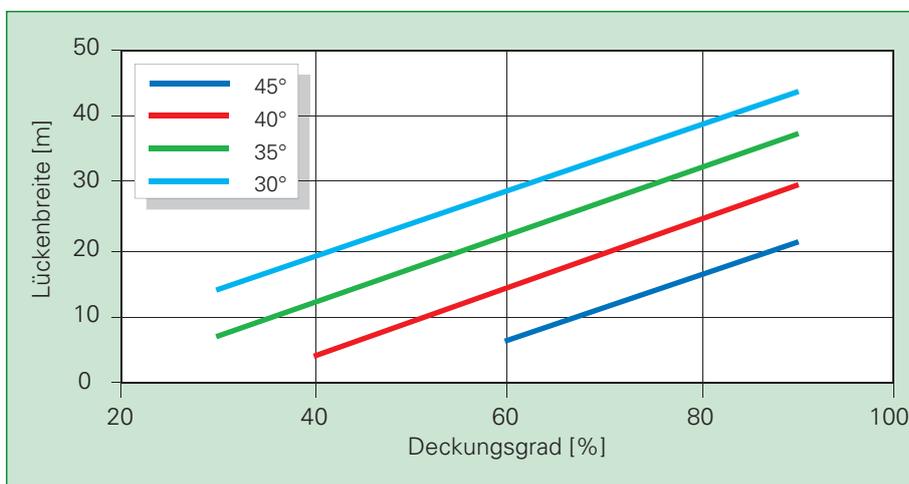


Foto: BFW



Lange Nacht der Forschung

1. Oktober 2005, 17 - 24 Uhr

Folgende Stationen können Sie in den Räumen des Institutes für Naturgefahren und Waldgrenzregionen in der Hofburg (Innsbruck) besichtigen

Station 1: Den Lawinen mit dem Radar auf der Spur

Station 2: 3D-Lawinensimulation mit Computern

Station 3: Die Lawine im Wassertank

Station 4: Künstliche Lawinenauslösung im Modell

Station 5: Schutzwald und Naturgefahren

Station 6: Starkregensimulation - Beregnungsversuche

Station 7: Vom Steinschlag zum Bergsturz



Innsbrucker Hofburggespräche Naturgefahren im Dialog

Alle Termine im Überblick

Dienstag	04. Oktober 2005	14:00 Uhr	Jugendgerechte Lawineninformation
Donnerstag	20. Oktober 2005	09:00 Uhr	Niederschlagsdaten in der Abflussbemessung
Donnerstag	10. November 2005	14:00 Uhr	Neue Entwicklung bei den Verschütteten-Suchgeräten
Donnerstag	24. November 2005	08:30 Uhr	50 Jahre subalpine Waldforschung - 75 Jahre Roland Stern

Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
Rennweg 1
6020 Innsbruck
Tel.: 0512/57 39 33
Fax: 0512/573933/5250



Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum
für Wald, Naturgefahren und Landschaft
Seckendorff-Gudent-Weg 8
1131 Wien
Tel.: 01/87838
Fax: 01/87838/1250

