Nr. 23 - 2010

BFW

BFW Praxis Information

Naturgefahren und Klimawandel

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich

http://bfw.ac.at/naturgefahren

Inhalt

Karl Hagen, Peter Andrecs
Klimawandel: Anpassungsstrategien im Bereich alpiner Naturgefahren 3

Gerhard Markart, Frank Perzl, Markus Hochleitner, Klaus Klebinder, Bernhard Kohl, Hubert Siegel, Bernadette Sotier, Klaus Suntinger
Klimawandel – Auswirkungen auf Wasserqualität und Hochwasservorbeugung 5

Frank Perzl und Johannes Kammerlander
Schneehöhe und Lawinengefahr einst und im Jahre Schnee? 8

Jan-Christoph Otto, Barbara Ebohon, Markus Keuschnig, Lothar Schrott
Das Phänomen Permafrost in Österreich – meist unsichtbar, aber nicht unbedeutend 11

Paul Dobesberger, Antonia Zeidler
Klimawandel und Naturgefahrenmanagement im Energiesektor 14

Marc Adams, Andreas Huber
Risikomanagementstrategien zum Schutz von Verkehrswegen vor Naturgefahren im Alpenraum 17

Titelbild: PIXELIO/Kurt Michel

Impressum

ISSN 1815-3895

© November 2010

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Presserechtlich für den Inhalt verantwortlich:
Peter Mayer
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: Christian Lackner, Karl Kleemayr
Layout: Johanna Kohl
Bezugsquelle: Bibliothek
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)
Tel.: +43 1 87838 1216

Naturgefahren und Klimawandel

Dass der Klimawandel in den Alpen einen signifikanten Einfluss hat, lässt sich alleine an Hand der Katastrophenereignisse der vergangenen zehn Jahre zeigen. Dabei ist es zweitrangig, zu welchem Anteil die monetären Auswirkungen tatsächlich auf den Klimawandel selbst oder auf sozio-ökonomische Änderungen zurückzuführen sind. Die erhöhte Schadensanfälligkeit und Sensitivität der Gesellschaft im Alpenraum stellt in Verbindung mit der steigenden Unsicherheit eine wissenschaftliche und steuerungstechnische Herausforderung dar.

Das BFW ist in zweifacher Weise gefordert: Einerseits steht die Naturgefahrenforschung in ihrer gesamten Breite – Monitoring von Gefahrenprozessen, Prozessforschung und Entwicklung sowie Optimierung von Schutzmaßnahmen und Schutzstrategien – verstärkt im Blickpunkt der Öffentlichkeit, die konkrete Fragen stellt und Lösungskompetenz erwartet. Andererseits gewinnt die integrale Betrachtung von Wald und Naturgefahren als Grundlage für eine nachhaltig effiziente Steuerung wieder verstärkt an Bedeutung.

Anhand einiger Beispiele möchten wir Ihnen mit der vorliegenden BFW-Praxisinformation zeigen, welche Themen das BFW aktuell im Bereich Klimawandel und Naturgefahren bearbeitet. Neben einigen grundlegenden Arbeiten, wie etwa der Änderung der Schneehöhen, den Permafrostböden (Gastbeitrag der Universität Salzburg) oder der Untersuchung der generellen Umgestaltung von Planungsgrundlagen, werden in den Projekten konkrete Fragen wie die Auswirkung des Klimawandels auf Infrastruktureinrichtungen und Energieversorgungsunternehmen bearbeitet.

Der Bericht zeigt aber auch deutlich die Entwicklung des BFW seit der Ausgliederung: Der überwiegende Anteil der aktuellen Forschungsprojekte wird über nationale und internationale Förderungen und Kooperationen abgewickelt. Dadurch ergeben sich neue Chancen und eine volkswirtschaftlich effizientere Ressourcenausnutzung.

Dipl.-Ing. Dr. Peter Mayer
Leiter des BFW

Dipl.-Ing. Dr. Karl Kleemayr
Leiter des Institutes für Naturgefahren und Waldgrenzregionen

Karl Hagen, Peter Andrecs

Klimawandel: Anpassungsstrategien im Bereich alpiner Naturgefahren

Das Thema Klimawandel und seine Auswirkungen sind in öffentlichen Diskussionen immer wieder präsent, dementsprechend sind Fragen nach den Auswirkungen neuer klimatischer Rahmenbedingungen auf den Ablauf von Hochwässern, Muren, Rutschungen und Lawinen nahe liegend. Der derzeitige Wissenstand zu diesen Fragen ist allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet.

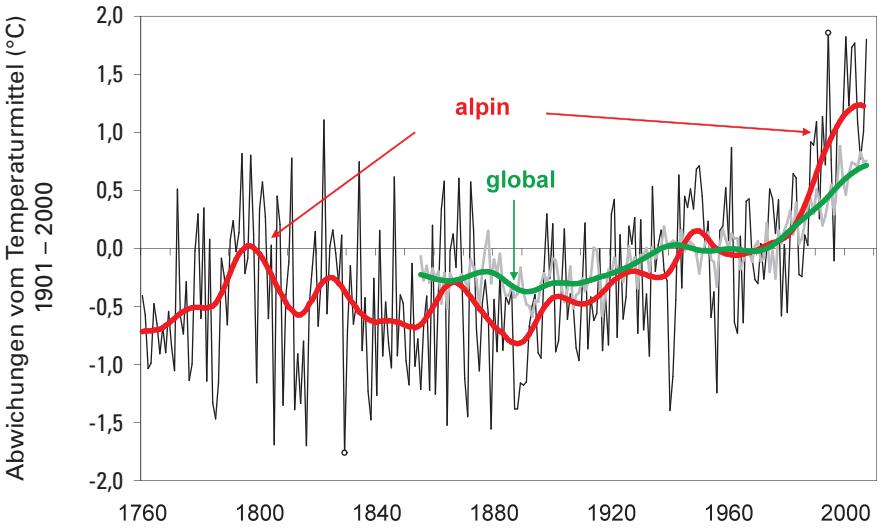


Abbildung 1: Der Alpenraum scheint sensibel auf die Klimaeinflüsse zu reagieren, die Temperatur-Schwankungen sind stärker ausgeprägt als im globalen Durchschnitt, HISTALP (Auer et al. 2007 & Böhm et al. 2009)

Nachdem anfangs teilweise stark divergierende Standpunkte hinsichtlich des künftigen Klimas proklamiert wurden, zeichnen sich inzwischen in mehreren Bereichen Bandbreiten möglicher Entwicklungen ab. Weitgehende Einigkeit besteht darin, dass die Temperaturen in den nächsten Jahrzehnten global gesehen weiter deutlich steigen werden; der Alpenraum wird davon wahrscheinlich überproportional betroffen sein (Abbildung 1).
Die Zunahme der Temperatur hat auf Naturgefahren in erster Linie indirekte Auswirkungen. Besonders wichtig ist die Frage nach dem Einfluss auf das Niederschlagsgeschehen und insbesondere auf Extremereignisse, die in Österreich häufig Schäden bis hin zu Katastrophenereignissen verursachen. Soweit es sich derzeit sagen lässt, werden die Niederschläge im Sommer ab- und im Winter zunehmen. Trotzdem ist auch im Sommer mit häufiger auftretenden extremen Starkniederschlägen zu rechnen (Christensen et al. 2007), bei der Zunahme der Winterniederschläge werden weniger Niederschläge in fester Form (Schnee) fallen.

Trotz unsicherer Entwicklungen Wunsch nach Prognosen

Trotz dieser Unsicherheiten wird der Ruf nach konkreten Aussagen über mögliche Wirkungen, Auswirkungen und Anpassungsstrategien laut. Besonders bei Naturgefahren wie Lawinenabgängen, Muren, Hochwasser und Rutschungen, die ein hohes mediales Echo hervorrufen, werden auch gerne ad hoc Zusammenhänge mit dem Klimawandel unterstellt, ohne diese Fragen aber zu vertiefen. Das BFW wurde daher vom BMLFUW beauftragt, die Wirkungsketten verschiedener Naturgefahrenprozesse zu untersuchen, um die Effekte geänderter Klimabedingungen auf diese Prozesse objektiv beurteilen zu können. Diese umfangreichen Arbeiten sind bereits fertig gestellt, die erzielten Ergebnisse werden Gegenstand mehrerer Publikationen sein.
Im Rahmen dieser Arbeiten wurden zunächst einmal wichtige Einflussfaktoren für die Prozesstypen Hochwasser in Wildbächen, Muren, Rutschungen und Lawinen festgelegt und die Qualität der für diese Faktoren vorhandenen Datengrundlagen beurteilt. Denn nur wer die aktuelle Gefahr nachvollziehbar und ausreichend genau darstellen kann, wird auch mögliche Veränderungen dieser Gefährdungen aufzeigen können.

Müssen wir mit mehr Schadensereignissen rechnen?

Klimaänderungen wirken sich auf die verschiedenen Arten der Naturgefahren wie Hochwasser, Mure, Rutschung, Steinschlag und Lawine regional unterschiedlich aus. Pauschalaussagen sind für den konkreten Anlassfall vor Ort daher wenig hilfreich. Generell ist zu hinterfragen, ob sich ein Naturgefahrenprozess aufgrund eines angenommenen Klimawandels überhaupt ändern wird. Wenn ja: Mit welchen Auswirkungen ist zu rechnen?
Ob mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen die derzeit vorhandenen Unsicherheiten bei der Ermittlung prozessspezifischer Kenngrößen überschreiten oder nicht, ist im Moment noch schwer zu beurteilen. Es können mögliche Veränderungen jedoch auch innerhalb der vorhandenen Unschärfen tendenziell bewertet werden (Beispiel Hochwasser, Abbildung 2). Wird etwa aufgrund von Klimaänderungen ein höherer Abfluss unterstellt, so

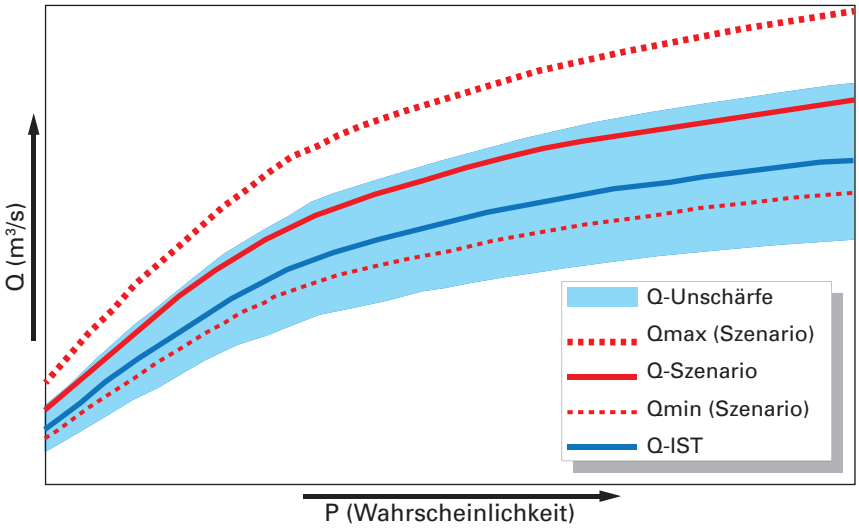


Abbildung 2: Schematische Darstellung der aktuellen Unsicherheiten einer Hochwasserabschätzung und Auswirkungen auf diese bei einem Szenario, das einen höheren Abfluss unterstellt.

verändert dieser, auch wenn er innerhalb des für den Ist-Zustand existierenden Unsicherheitsbereichs liegt, die obere Grenze des Unsicherheitsbereiches (Qmax-Szenario) und damit oft auch die Gefahrenbereiche.

Wie kann bestehendes Wissen trotz Unsicherheiten in Planungsarbeiten einfließen?

Grundsätzlich scheint es noch zu früh zu sein, um mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Naturgefahren in konkrete Planungsarbeiten mit lokaler Gültigkeit einfließen zu lassen, da in vielen Bereichen derzeit noch große Unsicherheiten bei der Abschätzung aktueller Ereignisse bestehen. Die Einbeziehung von unsicheren künftigen Entwicklungen maßgeblicher klimatischer Einflussgrößen würde diese Unsicherheiten noch weiter erhöhen.

Bei Muren und Rutschungen sind diese Unsicherheiten gegenüber anderen Prozesstypen besonders hoch. Gleichzeitig wirkt sich ein verändertes Klima auf diese zwei Prozesstypen weniger stark aus als bei den anderen untersuchten. Allfällige Auswirkungen von Klimaänderungen sollten daher für diese Prozesstypen bei Planungen vor Ort vergleichsweise weniger bedeutsam sein.

Vorsorgemaßnahmen treffen

Um im Bedarfsfall rasch und gezielt Maßnahmen ergreifen zu können, ist es sinnvoll, Vorsorge zu treffen. Zunächst ist danach zu trachten, die Bestimmung von aktuellen Gefährdungen (ohne Einfluss des Klimawandels) bei den verschiedenen Naturgefahren zu verbessern. Die Beurteilung möglicher, lokaler Auswirkungen der regionalen Klimaänderungen muss nach transparenten, nachvollziehbaren und Prozesstypen gegliederten Richtlinien erfolgen. Grundlagen für solche erst zu entwickelnde Richtlinien müssen Auswertungen objektiver Datengrundlagen sein, die den Ermessensspielraum des Anwenders klar abstecken.

Wichtig ist die laufende Überprüfung neuer Erkenntnisse in der Praxis (zum Beispiel durch Monitoringsysteme). Dabei gilt es zu klären, welche Relevanz sie für die Bewertung der Naturgefahren haben und was sie konkret für die planenden und ausführenden Institutionen, wie etwa die Wildbach- und Lawinenverbauung, bedeuten.

Nur eine Gesellschaft, die im Umgang mit Gefährdungspotenzialen geschult ist und damit entsprechend umzugehen weis, wird auf Änderungen von Bedrohungsszenarien flexibel und angepasst reagieren können.

Literatur

Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, Ch., Briffa, K., Jones, Ph., Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Kveton, V., Bochnicek, O., Stastny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Majstorovic, Z., Nieplova, E. (2007): HISTALP – historical instrumental cliatological surface time series of the Greater Alpine Region. In: Interational Jounal of Climatiology 27:17-46

Böhm, R., Jones, P.D., Hiebl, J., Frank, D., Brunetti, M., Maugeri, M. (2009): The early instrumental warm-bias: a solution for long central european temperature series 1760-2007. Climatic Change DOI 10.1007/s10584-009-9649-. Publ. online: 30 Sep 2009.

Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R., Kwon, K., Laprise, W.T., Magana R., Rueda, V., Mearns, L., Menendez, C.G., Räisänen, A., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P. (2007): Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK und New York USA.

Linktipp

http://bfw.ac.at/naturgefahren

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

wald wissen .net Informationen für die Forstpraxis

Rund 80 Artikel zum Thema Naturgefahren
www.waldwissen.net/themen/naturgefahren

Mehr als 20 Hintergrundartikel zum Themenkomplex "Schnee und Lawinen"
www.waldwissen.net/dossier/wsl_dossier_schnee_lawinen_DE

Gerhard Markart, Frank Perzl, Markus Hochleitner, Klaus Klebinder,
Bernhard Kohl, Hubert Siegel, Bernadette Sotier, Klaus Suntinger

Klimawandel – Auswirkungen auf Wasserqualität und Hochwasservorbeugung

Die Wasserwerke Waidhofen an der Ybbs versorgen über 20.000 Menschen mit Trinkwasser. Daher lag es nahe, diese Region für eine Untersuchung heranzuziehen, wie sich die Waldvegetation und eine optimale Waldbewirtschaftung auf den Trink- und Hochwasserschutz auswirken.

Die ausgewählten Einzugsgebiete der Trinkwasserquellen Lugerbach, Weißenbach und Glashüttenberg-Steinbrüche sind zu über 80 % bewaldet. Buchen- und Buchen-Nadelholz-Mischwälder stocken auf flachgründigen Böden der Rendzina-Braunlehm-Gruppe auf Hauptdolomit (Abbildung 1). Auf solchen Standorten ist ein guter Bodenschutz durch den Wald unbedingt erforderlich, um das hydrologische Regulationspotenzial des Bodens zu erhalten.

Abbildung 1: Überwiegend flachgründige Rendzina- und Lehmrendzina-Böden im Untersuchungsgebiet

Umfangreiche Felderhebungen

Die Forschungsarbeiten umfassen die Kartierung hydrologischer Einheiten (Bodenverhältnisse, Vegetationseinheit, Waldstruktur, Abflussbeiwerte, Rauigkeit) mit Ableitung von Wald-Behandlungseinheiten sowie Starkregensimulationen in verschiedenen Waldbeständen. Dabei wurden 50 m² große Testflächen, die für große Bereiche der drei Einzugsgebiete repräsentativ sind, mit Intensitäten von 100 mm pro Stunde beregnet (Abbildung 2). Die Feldmessungen zeigen, dass die beregneten Einheiten über ein sehr gutes Niederschlagsaufnahmevermögen verfügen.

Bodenanalysen zur Ermittlung wichtiger physikalischer Kennwerte (Porenvolumen, Korngrößenverteilung, Leitfähigkeit) helfen, die Ergebnisse der Beregnungsversuche einzuordnen und mit Hilfe der Daten aus den Feldkartierungen auf größere Bereiche zu übertragen.

Unter Anwendung der Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes (Markart et al. 2004) kann man diese „Punktdaten" – als solche sind die Beregnungsflächen bei 15 km² Gesamtfläche des Untersuchungsareals zu betrachten – auf größere Testgebiete übertragen. Zur Abschätzung des hydrologischen Regulationspotenzials von Waldstandorten werden auch die mit der Geländeanleitung abgestimm-

Projekt CC-WaterS: Klimawandel und Auswirkungen auf die Wasserversorgung

Seit Anfang 2010 ist das Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen am BFW im Interreg-ETZ-Projekt „CC-WaterS" (Climate Change and Impacts on Water Supply) engagiert. In das Projekt sind Wasserversorgungsunternehmen und Forschungsinstitutionen aus Österreich, Ungarn, Rumänien, Bulgarien, Griechenland, Italien, Serbien, Kroatien und Slowenien eingebunden. CC-WaterS setzt sich mit möglichen Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Wasserversorgung auseinander. Zentrales Thema: wie können verschiedene Landnutzungsformen und -intensitäten im Zusammenhang mit Klimaänderungen die Wasserversorgung beeinflussen? Österreichische Projektpartner sind die Wiener Wasserwerke (Lead-Partner), die Stadt Waidhofen an der Ybbs (Wasserwerk) und das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Abteilung Forstliche Raumplanung und Waldschutz). Im Auftrag der Stadt Waidhofen und des Ministeriums ist das BFW in den Arbeitsbereichen „Wasserressourcen-Verfügbarkeit" und „Landnutzung und die Sicherheit von Wasserressourcen" eingebunden.

Abbildung 2: Starkregensimulation in einem Mischwald (Einzugsgebiet Weißenbach) zur Bestimmung des Oberflächenabflusses und der Infiltrationsleistung

Abbildung 3: Abflussschleppe am Stammfuß einer Buche

ten ISDW-Bodenklassen verwendet (Perzl & Markart 2007). Anhand dieser einfach anzuwendenden Bodenklassifikation kann die forstliche Praxis die hydrologischen Anforderungen an die Waldbewirtschaftung definieren.
Im Zuge der Feldkartierungen wurden wichtige Gebietseigenschaften erhoben: Waldzustand, die Bereitschaft zur Bildung von Oberflächenabfluss, die Abfluss bremsende oder fördernde Wirkung des Bestandes und der Bodenvegetation (Rauigkeit), Angaben zu Gerinnen und Bachläufen, Art und Auswirkungen eventueller Zusatznutzungen. Dabei wurden drei Verfahren kombiniert:

- Fernerkundung: Kartierung der Landnutzungseinheiten und hydrologisch relevanter Waldmerkmale durch einfache (nicht-stereoskopische) Interpretation von Echtfarben-Luftbildern mit einer groben Klassifikation in Nadelwald (>70 % Nadelholz), Laubwald (>70 % Laubholz) und Laub-Nadel-Mischwald.
- Terrestrische Stichprobenerhebung, um die ISDW-Bodenklasse zu erfassen und die Waldbestandeskarte und die Waldstrukturmerkmale aus der Fernerkundung im Lugergraben zu überprüfen.
- Terrestrische Kartierung: Flächendeckende Kartierung der Oberflächenabflussbeiwerte und Oberflächenrauigkeit.

Die Feldkarten werden im Geographischen Informationssystem (GIS) digitalisiert und die Ergebnisse für die hydrologische Modellierung aufbereitet.

Klimawandel verschiebt Gefahrenpotenziale

Basierend auf den Ergebnissen sollen

a) kritische Bereiche für Überschwemmungen und Geschiebebildung sowie -ablagerung ausgewiesen werden, die als Folge durch den Klimawandel verschlechterter Umgebungsbedingungen entstehen;
b) Bandbreiten möglicher Änderungen der hydrologischen Charakteristika in Abhängigkeit von Landnutzung und Klimabedingungen abgeschätzt werden;
c) methodische Erkenntnisse zur Erhebung hydrologischer Gefahrenbereiche im Wald gewonnen werden.

Die ersten Analysen zeigen folgende hydrologische Gefahrenpotenziale:

- In den geschlossenen Laub- und Laub-Nadelholz-Mischbeständen dominiert die Buche. Aufgrund der geringen Interzeptionskapazität und des hohen Stammabflusses kann es in steilen Hanglagen – trotz generell sehr hoher Infiltrationskapazität der Böden – zu Abflussschleppen am Stammfuß kommen (Abbildung 3). Konzentrierter Oberflächenabfluss kann auf den flachgründigen Rendzinen den Eintrag organischer Substanz in die Gewässer erhöhen und Erosion in steilen Gräben bewirken.
- Kleinflächige Verjüngungsverfahren sollten gegenüber Saum- und Streifenkahlschlägen forciert werden.
- Windwurfgefahr: Aufgrund der sehr flachgründigen Böden und

der schwachen Verankerung kommt es zu Einzel- und Gruppenwürfe von bis zu 30 % des Vorrats in den Laubholz-Altbeständen (Buche und Esche), besonders in den kammnahen Bereichen der sehr steilen Seitengräben (Abbildung 4).

- Es gibt lokale Schäden an der Verjüngung durch Wildverbiss; ausgeprägte Krankheitsbilder bei einzelnen Baumarten (Eschentriebsterben, Lärchensterben) machen eine differenzierte Waldbewirtschaftung notwendig.

Ausblick

Die Waidhofener Resultate sollen in eine transnationale hydrologische Datenbasis einfließen. Zusammen mit Informationen aus anderen BFW-Testgebieten sollen Standards für die hydrologisch optimierte Landnutzung in Wasserschutzgebieten sowie hochwassergefährdeten Bereichen und mögliche Klimaanpassungsstrategien abgeleitet werden.

Abbildung 4: Laubholz-Windwurf in kammnahen Bereichen der Gräben

Literatur

Markart, G., Kohl, B.,Sotier, B., Schauer, T.,Bunza, G., Stern, R. (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Anschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). BFW-Dokumentation, Nr.3.

Perzl, F., Markart, G. (2007): ISDW Bildertafel „Hydrologische Bodenklasse". Beilage zur Anleitung für die Stichprobenerhebung im Rahmen der Tiroler Schutzwald-Projektsteuerung. Landesforstdirektion Tirol, Innsbruck. Unveröffentlicht.

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Markart, Dipl.-Ing. Frank Perzl, Mag. Klaus Klebinder, Mag. Bernhard Kohl, Dipl.-Geogr. Bernadette Sotier MSc und Klaus Suntinger, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Hofburg, Rennweg 1, 6020 Innsbruck, E-Mail: gerhard.markart@uibk.ac.at

Ing. Markus Hochleitner, Wasserwerk, Hammergasse 5, 3340 Waidhofen a.d. Ybbs, E-Mail: markus.hochleitner@magistrat.waidhofen.at

Dipl.-Ing. Hubert Siegel, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Forstliche Raumplanung und Waldschutz, Marxergasse 2, 1030 Wien, E-Mail: hubert.siegel@lebensministerium.at

BFW-Praxistag 2011
Österreichische Waldinventur 2007/09

- Bundesergebnisse
- Länderergebnisse
- Interpretation der Ergebnisse
- Trends und Entwicklungen

Anlässlich des BFW-Praxistages 2011 werden zu drei Terminen die aktuellen Bundes- und Länderergebnisse der Österreichischen Waldinventur der Erhebungsperiode 2007 - 2009 vorgestellt.

Termine:

- 20. Jänner 2011
  Forstliche Ausbildungsstätte Ossiach **www.fastossiach.at**
- 27. Jänner 2011
  Forstliche Ausbildungsstätte Ort bei Gmunden **www.fastort.at**
- 1. Februar 2011
  BFW, Mariabrunn, 1140 Wien **http://bfw.ac.at**

Frank Perzl und Johannes Kammerlander

Schneehöhe und Lawinengefahr einst und im Jahre Schnee?

Lawinen treten meist bei Schneehöhen von einem Meter und mehr auf (Schaerer, 1983). Bäume leisten einen Beitrag gegen das Anreißen von Lawinen, wenn sie die Schneehöhe um mindestens das Doppelte überragen (Frehner et al., 2005). Aber welche Schneehöhe ist vor Ort möglich? Und wird der vorhergesagte Anstieg der Lufttemperatur bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu geringeren Schneehöhen führen und somit die Lawinengefahr verringern?

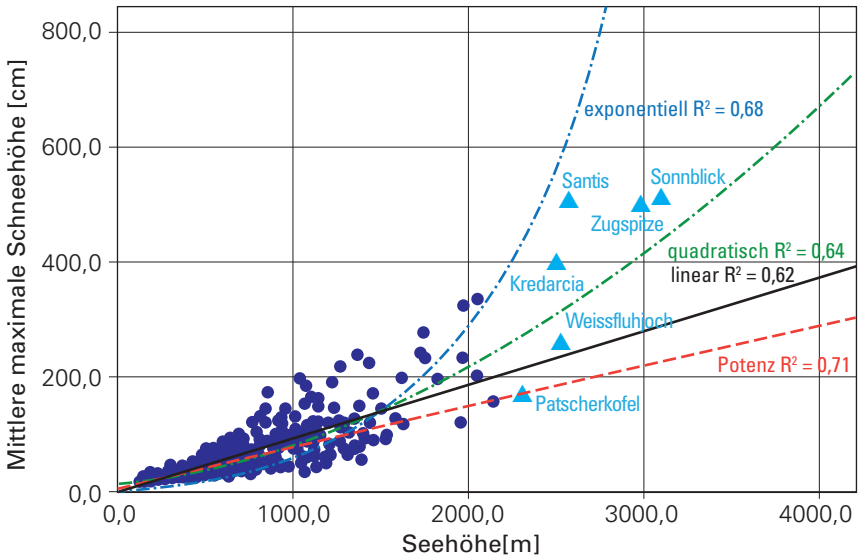


Abbildung 1: Die mittlere maximale Schneehöhe (1961-1990) als Funktion der Seehöhe für ganz Österreich. Kreise: für die Kurvenanpassung verwendete Stationen. Dreiecke: Hochlagenstationen aus Österreich und den Nachbarländern. Die Punktwolke lässt einen nicht linearen Trendbruch vermuten.

Für viele Fragestellungen sind digitale Karten der Schneehöhe hilfreich. Die Schneehöhe korreliert meist signifikant hoch mit der Seehöhe. Schneehöhen können daher als regionales Flächenmittel mit Höhenkorrektur aus Messungen an Klimastationen berechnet werden. Für eine großflächige Modellierung der Schneehöhe unter Beachtung der kleinräumig wirksamen Verteilungsfaktoren fehlen aber Daten. Solche Modellierungen erfordern viele punktuelle Messungen entlang von Transekten oder Oberflächenmodelle aus der Fernerkundung. Die ermittelten Zusammenhänge zwischen Schneehöhe und Relief lassen sich nicht auf andere Gebiete übertragen (McKay & Gray 1981, zit. aus Schmidt, 2006).

Mittlere maximale Schneehöhe als Kenngröße

Eine häufig benutzte Kenngröße für die Schneehöhe in einer bestimmten Region und Höhenlage ist die mittlere maximale Schneehöhe. Sie ist ein Indikator für die Häufigkeit großer Schneehöhen und die Dauer der Schneebedeckung.

Eine digitale Karte der mittleren maximalen Schneehöhe Österreichs als Durchschnittswert mit Höhenkorrektur bietet der Digitale Hydrologische Atlas Österreichs DIGHAÖ (Fürst, 2007). Der Bezugszeitraum ist die Klimanormalperiode 1961-1990. Die Karte wurde auf der Grundlage linearer regionaler Regressionen und eines digitalen Höhenmodells von 250 m Auflösung mit der Regression-Kriging-Methode erstellt (Schöner & Mohnl, 2007). Die räumliche Auflösung und digitale Repräsentation der Karte führt auf größeren Maßstabsebenen zu unbefriedigenden Derivaten.

ISDW-Projekt zur Abschätzung der Schutzwirkung des Waldes

Im Rahmen der „Initiative Schutz durch Wald" (ISDW) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft wurde in Österreich eine Leitlinie zur Abschätzung der Schutzwirkung des Waldes geschaffen (Perzl, 2008). Sie sieht als Beurteilungskriterien die mittlere maximale und die maximale Schneehöhe vor. Für ihre Abschätzung war ein Schneehöhenmodell notwendig. Das wurde auch für die Ableitung von Lawinen-Dispositionskarten und die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit von Schutzbauten benötigt.

Daher wurden mit regionalen Regressionen und GIS-Interpolationstechniken flächendeckende 30-Meter Rastermodelle der mittleren maximalen Schneehöhe (1961-1990) und der 150-jährigen maximalen Schneehöhe Österreichs erstellt. Dabei wurden auch nicht lineare Funktionen für den Zusammenhang von Schnee- und Seehöhe verwendet. Nicht konstante Varianzen der Residuen sind ein Hinweis auf Nichtlinearität oder Trendänderung des Gradienten in den höheren Lagen. Durch Regionalisierung kann diese ungleichmäßige, mit der Seehöhe zunehmende Streuung vermindert, aber auch ein linearer Trend erzwungen werden. Die Schätzung des Flächenmittels der Schneehöhe aus Regressionen ist ab etwa 1.500 bis 1.800 m Seehöhe unsicher, da wenige Beobachterstationen einer starken räumlichen Variabilität der Schneehöhe gegenüber stehen (Abbildung 1).

Mit einem Vergleichsansatz wurde die Schneehöhe bei einem Temperaturanstieg um +4° C (ausgehend

vom Mittel 1961-1990) für 2071-2100 geschätzt. Nach dem von Klebinder et al. (2009) und Perzl (2009) für GIS modifizierten ISDW-Ansatz wurden die Flächen mit einer Grunddisposition für Lawinenanbruch für 1961-1990 und 2071-2100 bestimmt. Die Grunddisposition ist die Möglichkeit eines Lawinenanbruchs ohne Berücksichtigung der Bewaldung und von Schutzbauten. Eingangsgrößen sind die Hangneigung, die Hangform und die mittlere maximale Schneehöhe. Der Ansatz geht davon aus, dass bei den heutigen Klimabedingungen in Österreich Lawinen vor allem in einem Bereich von 28 bis 55° Hangneigung und in Lagen ab einer mittleren maximalen Schneehöhe von 50 cm anbrechen. Dabei wurden für tiefere Lagen höhere Grenzwerte der Hangneigung als für schneereiche Hochlagen angenommen. Die sich mit der Hangneigung und Seehöhe verändernde Anbruchs-Wahrscheinlichkeit und die Raumrelevanz der Lawinen wurden außer Acht gelassen. Wenn, wie prognostiziert, der Niederschlag im Winter künftig vermehrt in Form von Regen fallen sollte, könnten nasse Schneedecken häufiger vorkommen. Für Sulz- und Nassschnee-Lawinen werden niedrigere Grenzwerte der Hangneigung genannt (20 bis 25°). Es wurde daher auch die Veränderung der Grunddisposition für ein Nassschnee-Szenario bestimmt.

Schlussfolgerungen

Das Modell ergibt einen Mittelwert der mittleren maximalen Schneehöhe (1961-1990) von 90 cm (3 bis 750 cm, Abbildung 2). Die niedrigsten Werte treten im Donau- und Kamptal sowie am Ostrand Österreichs, die höchsten im Bereich um die Wildspitze (Tirol, Seehöhe 3.768 m) auf. Das Modell des DIGHAÖ ergab Werte zwischen 14 (bei Krems, Seehöhe 202 m) und 410 cm im Silvrettagebiet (Piz Buin, 3.303 m). Die nicht linearen Funktionen führen zu einem höheren Anteil mit über 250 cm Schneehöhe, als der DIGHAÖ angibt (Tabelle 1). Das 150-jährige Maximum der Schneehöhe beträgt im Mittel 203 cm (11 bis 1278 cm, Abbildung 3). Die größte

Tabelle 1: Modellvergleich

Mittlere maximale Schneehöhe [cm]	Flächenanteil [%]	
	DIGHAÖ	Modell
0 - 30	25	23,46
> 30 - 50	20	21,32
> 50 - 100	20	22,37
> 100 - 150	16	13,21
> 150 - 250	16	13,62
> 250	3	6,02
> 500	0	0,03

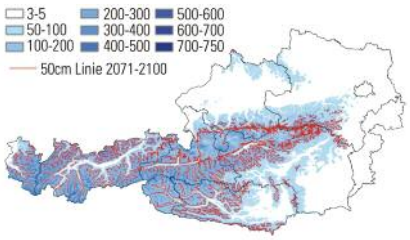


Abbildung 2: Karte der mittleren maximalen Schneehöhe Österreichs (1961-1990).

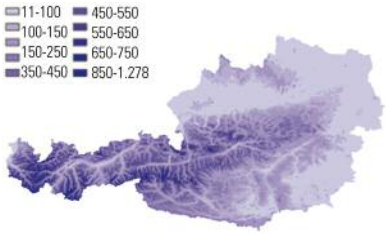


Abbildung 3: Karte der maximalen Schneehöhe Österreichs Wiederholzeit 150 Jahre.

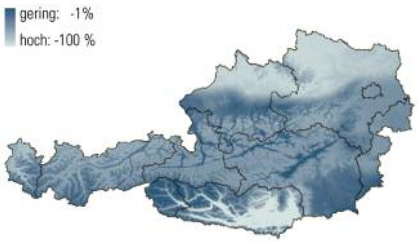


Abbildung 4: Relative Abnahme der mittleren maximalen Schneehöhe von 1961-1990 bis 2071-2100

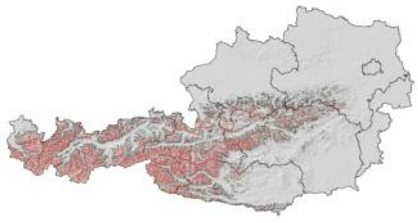


Abbildung 5: Änderung der Grunddisposition Lawinenanbruch 1961-1990 (schwarz) bis 2071-2100 (rot)

bisher in Österreich gemessene Schneehöhe beträgt 1190 cm (auf 2.990 m Seehöhe im Sonnblickgebiet, Schöner & Mohnl, zit. aus Fürst 2007).

Das Modell dürfte die Schneehöhen über 3.000 m Seehöhe überschätzen. Mittlere Maxima von über 5 m in schneearmen und von über 6 m in schneereicheren Gebieten sind nicht realistisch. Der Grund dafür ist die exponentielle Funktion, die ab 3.000 m Seehöhe einen zu steilen Gradienten ergibt. Es waren jedoch keine Stationsdaten zur Optimierung der Funktion vorhanden. Unterhalb von 3.000 m Seehöhe ergaben sich realistische Werte.

Modelle auf der Basis von linearen Funktionen und Geländemodellen mit grober Auflösung könnten die Schneehöhen in den Hochlagen ab 1.800 bis 2.000 m Seehöhe unterschätzen. Eine optimale Lösung kann nur durch eine Analyse des gesamten Alpenraumes und seiner Peripherie mit den Stationsdaten aller Länder und Institutionen erarbeitet werden.

Der indirekte Ansatz zur Abschätzung der Veränderung der Schneehöhe von 1961-1990 bis 2071-2100 ergab für eine Zunahme der Lufttemperatur von +4° C eine durchschnittliche Abnahme der mittleren Dauer der Winterdecke um 78 % (Spannweite 6 bis 100 %). Aus der Änderung der Dauer der Winterschneedecke resultierte eine durchschnittliche Abnahme der mittleren maximalen Schneehöhe um 59 % (1 bis 100 %, Abbildung 4). Die relative Abnahme der Schneehöhe wäre in manchen Tal- und Beckenlagen geringer als an den angrenzenden Berghängen. Die Abnahme geht jedoch in den Hochlagen wieder stark zurück.

Die angenommene unterste Grenzlinie der Lawinen-Grunddisposition von 50 cm Schneehöhe verschob sich von durchschnittlich 700 m (350 bis 1.290 m) auf 1.250 m (410 bis 2.020 m) Seehöhe (Abbildung 2). Die Fläche mit Lawinenanbruch-Grunddisposition beträgt bezogen auf die Schneeverhältnisse von 1961-1990 9.414,1 km². Das sind 11 % der Landesfläche (Tabelle 2). Durch den Anstieg der Lufttemperatur würde

Tabelle 2: Szenarien: Änderung der Grunddisposition.		
Fläche mit Lawinenanbruch-Grunddisposition in Österreich		
Zeitraum / Variante	[km²]	[%]
1961-1990	9.414,1	11,2
2071-2100 ohne „Nassschnee-Bedingungen“	4.710,8	5,5
2071-2100 mit „Nassschnee-Bedingungen“	6.690,4	7,5

dieser Anteil beim Szenario „ohne Nassschnee“ auf 5,5 % absinken (Abbildung 5, Tabelle 2). Mit Nassschnee-Bedingungen sinkt der Flächenanteil mit Grunddisposition weniger stark auf 7,5 % ab.

Klimawandel verändert Potenzial an Lawinenanbrüchen

Der Anstieg der Lufttemperatur und die Abnahme des Schneeanteils am Niederschlag haben nach diesem Modell flächenmäßige Auswirkungen auf das Potenzial von Lawinenanbrüchen. Das Potenzial des Anbruchs von Großlawinen in den Hochlagen würde sich nur in einigen Regionen verringern. Die heutigen „Kerngebiete“ der Lawinengefahr wären weiterhin gleich gefährdet. Ganz entscheidend würde sich jedoch eine qualitative Komponente der Veränderungen der Schneedecke auswirken. Beim „Nassschnee-Szenario“ könnten neue Anbruchsflächen in den Hochlagen relevant werden, die bisher nicht zu Lawinen geführt haben.

In tieferen Lagen geht Lawinengefahr zurück

Zu starken Veränderungen würde es in den heute überwiegend bewaldeten submontanen und montanen Hangregionen kommen. Das Lawinenpotenzial verschiebt sich nach oben. Viele kleinere, tiefer gelegene Potenziale, die heute vor allem Verkehrswege bedrohen, wie zum Beispiel Steilböschungen, würden verschwinden. Beim Nassschnee-Szenario könnte der Wald in den hochmontanen und tiefsubalpinen Regionen Schutzwirkung verlieren.

Kronendach bewirkt weniger Schwachstellen

Das Kronendach ist der zentrale Faktor, der die Schutzwirkung des Waldes vor Lawinenanbruch hervorruft: Die Schneedecke wird inhomogen und der Temperaturgradient in der Schneedecke abgeschwächt. Dadurch werden die aufbauende Metamorphose und die Reifbildung vermindert. Das verhindert Schwachschichten in der Schneedecke. Für Anbrüche durch Festigkeitsverlust aufgrund der Durchfeuchtung der Schneedecke spielt das eine untergeordnete Rolle. Nicht zu starke Regenfälle könnten stabilisierend wirken. In den meisten Fällen würde aber Regen eher die Lawinenbildung fördern (vgl. Nairz, 2008).

Die Verringerung der Schneehöhe durch Interzeption ist nur in dichten Beständen mit über 50 % Deckungsgrad oder in schneearmen Lagen ein schutzwirksamer Mechanismus. Mit zunehmender Seehöhe nimmt bei gleichem Deckungsgrad der Baumkronen die Schneeinterzeption ab (D'Eon, 2004). Geringere Schneehöhen führen auch zu einer geringeren Isolations- und Retentionswirkung der Schneedecke (Stadler et al. 1999). Sie begünstigen die Bildung von basalen Eisschichten, die das Absickern des Wassers behindern. Auch wenn es durchschnittlich wärmer wird, gibt es trotzdem noch Frostperioden. Die Bodenrauigkeit, die Stammzahl und die Baumarten werden in Relation zur Beschirmung für die Lawinen-Schutzwirkung wichtiger. Es könnten auch vermehrt Verjüngungsschäden durch Schneegleiten auftreten.

Trendanalysen widersprechen den Modellergebnissen

Gegen diese Ergebnisse und die Methodik spricht, dass bei Trendanalysen bislang wenige signifikante Abnahmen der maximalen Schneehöhen festgestellt worden sind. Auch muss eine Abnahme des Schneeniederschlags nicht bedeuten, dass es keine Starkschneefälle mehr geben würde. Allerdings sind die Zeitreihen der Trendanalysen im Verhältnis zur hohen zeitlichen Variabilität der Maxima der Schneehöhen relativ kurz. Die maximale Gesamtschneehöhe resultiert zu einem erheblichen Teil aus Schneefällen geringer Intensität. Ein abnehmender Schneeanteil am Niederschlag würde zu geringeren mittleren und maximalen Schneehöhen führen. Damit wären quantitative und qualitative Veränderungen verbunden, die zu Änderungen der Lawinendisposition und der Schutzwirkung des Waldes führen.

Literatur

D'Eon, R.C. (2004): Snow depth as a function of canopy cover and other site attributes in a forested ungulate winter range in southeast British Columbia. BC Journal of Ecosystem and Management Vol. 3 2/2004.

Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Fürst, J. (2007): DIGHAÖ. Hydrologischer Atlas Österreichs. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktivem Wasserbau (IWHW), BOKU Wien; BMLFUW. DVD.

Klebinder, K., Fromm, R., Perzl, F. (2009): Ausweisung von Lawinenschutzwald mittels GIS und einfachen Modellrechnungen. Angewandte Geoinformatik 2009. Beiträge zum 21. AGIT-Symposium Salzburg: 94-103.

Nairz, P. (2008): Lawinen-Muster. In: Schnee- und Lawinen 2007-2008. Amt der Tiroler Landesregierung Lawinenwarndienst (Hrsg.), Innsbruck.

Perzl, F. (2008): Ein Minimalstandard für die Dokumentation der Schutzwirkungen des Waldes im Rahmen der Österreichischen „Initiative Schutz durch Wald". In: Interpraevent 26-30 Mai 2008 Dornbirn, Vorarlberg, Austria. Conference proceedings Vol. 2: 551-563.

Perzl, F. (2009): GIS-Modellierung des Lawinen-Schutzwalds. Newsletter des Instituts für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW, Innsbruck. http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=8102

Schaerer, P. A. (1981): Avalanches. In: Gray, D.M. & Male, D.H. (1981): Handbook of snow. Principles, management & use. Blackburn Press. Caldwell, New Jersey.

Schmidt, S. (2006): Die reliefabhängige Schneedeckenverteilung im Hochgebirge. Ein multiskaliger Methodenverbund am Beispiel des Löschentales (Schweiz). Dissertation. Rheinische Friederichs-Wilhelms-Universität, Bonn.

Schöner, W., Mohnl, H., (2007): Schneedecke und Winterdecke. In: Hydrologischer Atlas Österreichs. 1. Lieferung. Hrsg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Stadler, D., Bründl, M., Schneebeli, M., Meyer-Grass, M., Flühler, H. (1998): Hydrologische Prozesse im subalpinen Wald im Winter. Projektschlussbericht im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen und Naturkatastrophen" , NFP 31. Hochschulverlag an der ETH, Zürich.

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

Jan-Christoph Otto, Barbara Ebohon, Markus Keuschnig, Lothar Schrott

Das Phänomen Permafrost in Österreich – meist unsichtbar, aber nicht unbedeutend

Die durchschnittliche Jahrestemperatur ist in Österreich seit dem 19. Jahrhundert um rund 2 °C gestiegen (Böhm, 2009). Diese Temperaturerhöhung liegt laut IPCC-Bericht 2007 weit über dem globalen Durchschnitt im 20. Jahrhundert von 0,76 °C. Auch künftig ist im Alpenraum eine stärkere Temperaturerhöhung als im weltweiten Mittel zu erwarten. Eine Folgeerscheinung ist das partielle Auftauen des Permafrostes, der in den Alpen im Fels oder Schutt etwa ab 2500 m Höhe auftritt.

Eine Schutthalde im Einflussbereich von Permafrostbedingungen kann zur Bildung von Blockgletschern im Hochgebirge führen. Die steile Front des Blockgletscher, an der man deutlich grobe Blöcken an der Oberfläche und Feinmaterial im Innern unterscheiden kann, sowie Schuttwälle auf dem Blockgletscher sind Zeichen der Kriechbewegung dieses Schutt-Eis-Gemisches (Dösental, Kärnten, Foto: J. Götz)

Eine erste Studie (Ebohon & Schrott, 2008) hat ergeben, dass für Gesamtösterreich mit einer Permafrostfläche von 1600 km² gerechnet werden sollte. Dies entspricht in etwa 2 % der Landesfläche. Für Österreich als Kernalpenland ist es dringend nötig, sich diesem Themenkomplex anzunehmen, da prozessuale Zusammenhänge und zukünftige Entwicklungen noch einer genauen wissenschaftlichen Analyse bedürfen.

Die Arbeitsgruppe Geomorphologie und Umweltsysteme der Universität Salzburg untersucht deshalb im Rahmen des Forschungsprojektes „permalp.at", dass von mehreren Partnern unterstützt wird, die räumliche Verbreitung des Permafrostes im Bereich der Hohen Tauern (www.permalp.at).

Ziel der Permafrostmodellierung ist die Anpassung der bestehenden, bewährten Ansätze des topoklimatischen Schlüssels (vergl. PERMAKART; Keller, 1992) auf die lokalen Bedingungen des Untersuchungsgebietes unter Einbeziehung vorliegender Daten aus Österreich. Die Erstellung eines Schlüssels für die Permafrostverbreitung in den Hohen Tauern, etwa im Sinne von Faustregeln und Untergrenzen, steht daher im Zentrum der Betrachtung.

Permafrostdetektion – warum?

Permafrost tritt in den Alpen in unterschiedlicher Mächtigkeit und Tiefe unter der Erdoberfläche in Böden, Schutt und Festgestein auf. Permafrost wird thermisch definiert als Untergrund, der mindestens zwei Jahre ununterbrochen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt aufweist.

Eine Erhöhung der Temperatur kann Hänge und steile Felsflanken destabilisieren, wenn der Permafrost (und somit auch Eis in Klüften) abschmilzt oder die Permafrosttemperatur nahe am Gefrierpunkt liegt. Aus diesen „sensiblen" Bereichen können sich zunehmend Felsstürze, Rutschungen oder Murgänge lösen und so möglicherweise zu Schäden an Infrastruktur wie Verkehrswegen, Bergbahnen, Hochspannungsleitungen und Gebäuden führen. Geplante Bauvorhaben im Gebirge sind folglich auf Informationen über das Vorhandensein von Permafrost sowie seine künftige Entwicklung angewiesen. Schließlich hat diese Entwicklung auch Auswirkungen auf den Bergsport, denn viele Wege und klassische Routen sind bereits heute nicht mehr oder nur noch mit erhöhtem Risiko begehbar.

Permafrostforschung in den Hohen Tauern

Die gesamte Region der Hohen Tauern, die eine Fläche von 2477 km² umfasst, ist Untersuchungsraum des Projektes. Der Faustregel folgend, dass Permafrost grundsätzlich auf Höhen über 2500 m Seehöhe auftreten kann, muss in den Hohen Tauern mit einer Permafrostfläche von ungefähr 800 km² gerechnet

werden. Um die Verbreitung des Permafrostes genauer visualisieren zu können, wird ein angepasstes Modell mit Hilfe eines sogenannten „topoklimatischen Schlüssels" entwickelt. Dieser enthält empirische Werte zur wahrscheinlichen Permafrostverbreitung unter Berücksichtigung der Höhe, Exposition und Hanglage bzw. -neigung. Die einfließenden Daten stammen aus lokalen Testgebieten (Abbildung 1), die unterschiedliche Geländeeigenschaften bezüglich der Gletscher-, Vegetations-, Schutt- und Felsanteile aufweisen. Zudem werden Temperatur-, Gelände- und Untergrunddaten mit geomorphologisch-geophysikalischen Methoden erhoben, um die gegenwärtige Permafrostverbreitung mit möglichst hoher räumlicher Auflösung und Genauigkeit zu erfassen.

Seit 2008 sind ca. 600 Messungen der Basistemperatur der winterlichen Schneedecke (BTS) in den Hohen Tauern durchgeführt und 25 Temperatur-Datalogger installiert worden, um Zeitreihen der Bodentemperaturveränderungen zu erhalten. Bei der BTS-Messung wird die Temperatur der Bodenoberfläche an der Basis der spätwinterlichen Schneedecke erhoben; vorausgesetzt die Schneedecke ist ausreichend mächtig (80 cm bis 1 m) und kann die Bodenoberfläche vor äußeren Einflüssen (kurzfristige Temperaturschwankungen der Luft, Solarstrahlung) schützen. Mit langen Temperatursonden wird durch die Schneedecke hindurch die Temperatur direkt am Übergang von Schneedecke und Boden-/Felsoberfläche gemessen.

Erfahrungsgemäß kann davon ausgegangen werden, dass BTS-Werte von -3 °C und darunter auf wahrscheinliches Auftreten von Permafrost hindeuten. Liegen die Werte über -2 °C, ist die Existenz von Permafrost im Untergrund unwahrscheinlich. Dazwischen befindet sich ein Unsicherheitsbereich, in dem Permafrost vorkommen kann.

An weiteren 19 Standorten wurden bislang Geoelektrikmessungen durchgeführt, die es ermöglichen, lokale Eisvorkommen indirekt über hohe Widerstandswerte zu bestimmen. Um die elektrischen Leitfähigkeiten respektive Widerstände im Untergrund zu ermitteln, wird bei der Gleichstrom-Geoelektrik über Primärelektroden ein elektrisches Feld im Untergrund aufgebaut. Mit Potenzial- oder Sekundärelektroden kann dann der Potenzialunterschied (Spannungsabfall) gemessen werden. Aus diesem Unterschied sowie der Stromstärke des elektrischen Feldes lassen sich dann Rückschlüsse auf die spezifischen elektrischen Widerstände im Untergrund ableiten. Da Eis im Gegensatz zu Wasser ein schlechter Leiter ist und hohe Widerstandswerte aufweist, können Rückschlüsse zwischen gefrorenem und ungefrorenem Zustand mit Hilfe der spezifischen Widerstandswerte gezogen werden. Für die Erkundung des Permafrostes ist dieses Messverfahren daher sehr gut geeignet (Schrott & Sass 2008). Geomorphologische Kartierungen in einigen lokalen Untersuchungsgebieten sollen die Hinweise auf Permafrostvorkommen verdichten, da hierbei geomorphologische Zeigerphänomene (z.B. aktive Blockgletscher) kartiert werden. Auch die Daten von Blockgletscherinventaren werden miteinbezogen (vgl. Lieb, 1996; Kellerer-Pirklbauer et al., 2010). Dies ermöglicht eine verbesserte Anpassung des „topoklimatischen Verbreitungsschlüssels" für das Untersuchungsgebiet der Hohen Tauern.

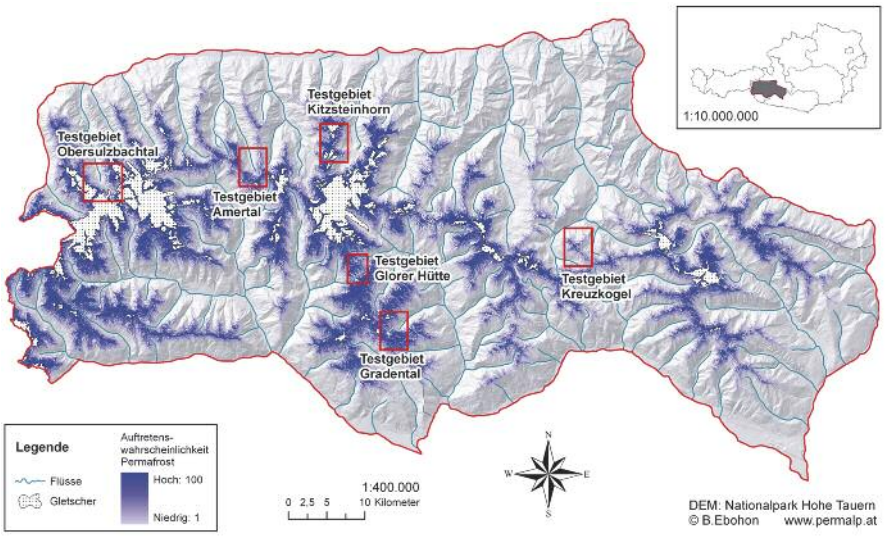


Abbildung 1: Karte der Permafrostwahrscheinlichkeit im Untersuchungsgebiet Hohe Tauern. In den sechs Testgebieten des Projektes permalp.at wird das Modell kalibriert und die Ergebnisse durch empirische Daten validiert.

Die Berechnungen werden auf Basis eines digitalen Geländemodells mit einer Auflösung von 10 m umgesetzt, um das stark strukturierte Gelände des Hochgebirges möglichst genau abzubilden. Zur Verbesserung der Modellierung werden zusätzliche Einflüsse auf die Verbreitung des Permafrostes, zum Beispiel die Oberflächenbedeckung oder die Solarstrahlung, miteinbezogen. Als Modelloutput ersetzt eine indexbasierte Darstellung des Permafrostvorkommens die bisher verwendeten „scharfen" Untergrenzen von möglichem und wahrscheinlichem Permafrost. Durch den fließenden Übergang und die Angabe von einem Indexwert der Auftretenswahrscheinlichkeit von Permafrost zwischen 0 und 100 wird die Qualität der Karte deutlich verbessert (Abbildung 2).

Erste Ergebnisse

Eine erste Abschätzung der Permafrostverbreitung in den Hohen Tauern lässt auf eine Fläche von 760 km² (ca. 18 % des Untersuchungsgebietes) schließen, wobei auf 260 km² mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von über 50 % zu rechnen ist (Abbildung 1).

Die BTS-Werte zeigen eine hohe Variabilität in Zusammenhang mit dem Oberflächenmaterial der Messstandorte (Vegetation, Blockschutt, Feinschutt). Die Auswertungen bestätigen, dass Blockschutt die Auf-

tretenswahrscheinlichkeit von Permafrost erhöht, während Vegetation diese stark senkt. Im Testgebiet Kreuzkogel wurden die BTS-Werte bereits gut durch das Modell reproduziert.

Die endgültige Permafrostverbreitungskarte mit Erläuterungen wird voraussichtlich im Herbst 2011 erscheinen. Diese Karte ist nicht nur wissenschaftlich interessant, sondern soll auch Entscheidungsträgern bei der Planung und beim Bau von Infrastruktur im Hochgebirge unterstützen. Nicht zuletzt werden auch die breite Öffentlichkeit und besonders Gäste des Nationalparks von solch einer Karte profitieren und das in der Regel nicht sichtbare Phänomen Permafrost besser verstehen.

Weitere Forschungsprojekte zu Permafrost

Außer dem Projekt „permalp.at" sind im Jahr 2010 zwei weitere Forschungsprojekte zum Thema Hochgebirgspermafrost in unserer Arbeitsgruppe initiiert worden.

Das Projekt „MOREXPERT" erfasst und analysiert relevante Faktoren zur Permafrostverbreitung im Fels (Felstemperaturen, Gesteinseigenschaften, Klüftigkeit, Felsbewegungen, Kluftwasser, Lufttemperatur u.a.) und identifiziert kritische Schwellenwerte und deren Sensitivität gegenüber Veränderungen. Das Hauptziel ist die Entwicklung eines innovativen Expertensystems, basierend auf einer kombinierten Überwachung (Monitoring) der Oberflächen- und Untergrundbedingungen. Verwendet werden terrestrisches Laserscanning und geophysikalische, geothermische, geotechnische und klimatologische Methoden. Durchgeführt wird das Projekt am Kitzsteinhorn (www.alp-s.at).

Im Projekt „P-Glint – Permafrost-Gletscher Interaktion" der Austrian Permafrost Research Initiative (PermAfrost) der Österreichischen Akademie der Wissenschaft wird die Verbreitung von Permafrost in eisfrei gewordenen, ehemaligen Gletscherarealen untersucht. Im Fokus der Studie steht die Degradation und Neubildung von Permafrost sowie die Dynamik von Temperatur und Bodenfeuchte in Moränen und Schutthalden im Gletschervorfeld (www.oeaw.ac.at/permAfrost/WP3000.html).

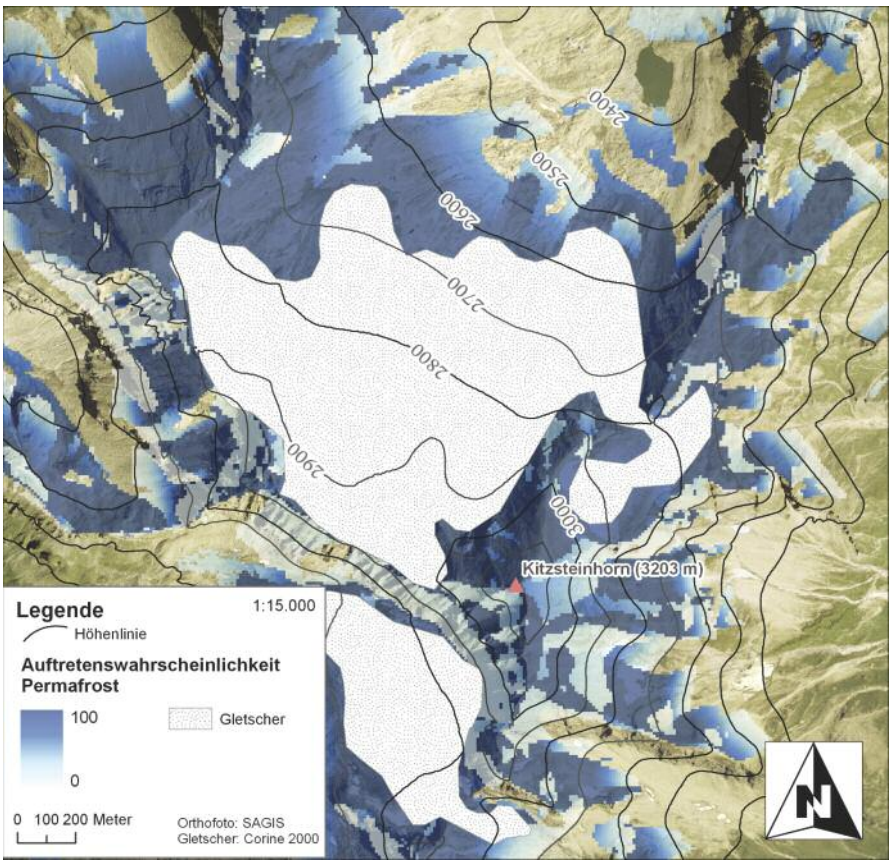


Abbildung 2: Indexierte Wahrscheinlichkeit für Permafrostvorkommen im Bereich Kitzsteinhorn. Die Modellierung zeigt, dass ab 2600 m auf nordexponierten Hängen und Felsflanken großflächig mit Permafrost gerechnet werden muss. (Luftbildbasis: Nationalpark Hohe Tauern).

Danksagung

Das Projekt permalp.at, MOREXPERT und P-Glint wäre ohne die finanzielle Unterstützung unserer Partner nicht zu realisieren (siehe Projektauftritte im Internet). Besonderer Dank gilt dem Nationalpark Hohe Tauern sowie der Gletscherbahnen Kaprun AG, die uns darüber hinaus in vielfältiger Weise unterstützen. Die Projekte MOREXPERT und P-Glint werden von der Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gefördert.

Literatur

Böhm, R. (2009): Geändertes Umfeld durch Klimawandel? Wildbach und Lawinenverbau 163, 46-50

Ebohon, B.; Schrott L. (2008): Modeling Mountain Permafrost Distribution. A New Permafrost Map of Austria. – In: Kane, D. & K. Hinkel (Eds.): Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, 397-402.

Keller, F. (1992): Automated Mapping of Mountain Permafrost Using the Program PERMAKART within the Geographical Information System ARC INFO, Permafrost and Periglacial Processes, Vol. 3, 133-138.

Kellerer-Pirklbauer, A., Lieb, G.K., Kleinferchner, H. (2010): A new rock glacier inventory at the eastern margin of the European Alps – In: EGU 2010 (Vienna, Austria), Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-13110.

Lieb, G.K. (1996): Beiträge zur Permafrostforschung in Österreich, Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz, Band 33, 223p.

Schrott, L., Sass, O. (2008): Application of field geophysics in geomorphology: advances and limitations exemplified by case studies. – In: Geomorphology 93, 55-73.

Jan-Christoph Otto[1], Barbara Ebohon[1], Markus Keuschnig[1,2] und Lothar Schrott[1]

[1]Arbeitsgruppe Geomorphologie und Umweltsysteme, Fachbereich Geographie und Geologie, Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34, 5020 Salzburg

[2]alpS – Centre for Natural Hazard and Risk Management, Grabenweg 3, 6020 Innsbruck, E-Mail: Keuschnig@alps-gmbh.com

Paul Dobesberger, Antonia Zeidler

Klimawandel und Naturgefahrenmanagement im Energiesektor

Ein möglicher Klimawandel trifft den Energiesektor doppelt: Die Wasserverfügbarkeit wird sich ändern, ebenso die Intensität und das zeitliche und räumliche Auftreten von Naturgefahrenereignissen. In Österreich gibt es keine standardisierte Methode zur Risikoabschätzung von Naturgefahren auf die Energieerzeugung und -bereitstellung. Die gängigen Verfahren basieren hauptsächlich auf Kosten-Nutzen-Analysen, dabei fehlen eine Gefahren- und Schadenspotenzialanalyse gänzlich.

Speichersee im hochalpinen Gelände

In Österreich ist es üblich, das Gefahrenpotenzial eines Naturgefahrenprozesses, wie Lawinen oder Muren, in Zusammenhang mit einem Bemessungsereignis zu bestimmen. Für Siedlungsgebiete wurde das Bemessungsereignis für Lawinen und Muren per Gesetz auf eine 150-jährige Wiederkehrdauer ausgelegt. Dieses Gesetz ist jedoch für die Infrastruktureinrichtungen im Energiesektor nicht bindend. Somit gewinnen die Risikoanalyse und das Risikomanagement zunehmend an Bedeutung, um das Restrisiko auf eine akzeptable Dimension zu reduzieren.

Umwelt verändert sich

Abgesehen davon bezieht sich die Wiederkehrdauer eines Ereignisses auf ein gleichbleibendes Umweltsystem und ist auf ein System mit sich ändernden Klimabedingungen nur bedingt anwendbar. Naturgefahren-Managementstrategien müssen zusätzlich zu statistischen Informationen, die auf Werten aus der Vergangenheit basieren, in einem lang vorausschauenden Zeitrahmen gesehen werden. Somit können Prozesse, wie das sich ändernde Klima oder die daraus resultierenden Änderungen im Boden, der Schneedecke und der Vegetation, berücksichtigt werden.

Bei der Gefahrenpotenzialanalyse werden die Wiederkehrdauer, der Wirkungsbereich und die Intensität von Naturgefahrenprozessen bestimmt. Im Zuge einer Schadenspotenzialanalyse wird unter Berücksichtigung von wichtigen Objektparametern, wie etwa verwendete Baumaterialien oder bestehende Schutzmaßnahmen, das Schadensausmaß ermittelt, welches die einzelnen Naturgefahrenprozesse an Objekten verursachen können. Im Rahmen des Risikomanagements kann anhand der Ergebnisse der Gefahren- und Schadenspotenzialanalyse das Restrisiko eines Systems gegenüber mehreren Naturgefahrenprozessen errechnet werden.
Des Weiteren können im Zuge einer Risikobeurteilung nicht nur primäre Schäden an Objekten, sondern auch sekundäre Schäden, verursacht beispielsweise durch die Unterbrechung des Leitungssystems, bewertet werden. Mit einer vereinheitlichten Methode zur Bestimmung des Risikos können verschiedene permanente (wie Lawinenverbauung) und temporäre Schutzmaßnahmen (zum Beispiel Lawinensprengung) objektiv verglichen werden. Das sich ändernde Gefahrenpotenzial und das Risiko aufgrund des sich ändernden Klimas können ebenfalls beurteilt werden.

Das RIMES-Projekt

Das Ziel des RIMES-Projektes ist die Entwicklung einer vereinheitlichten Methode zur Beurteilung des Gefahrenpotenzials, des Schadenspotenzials und des Risikos von Energienetzwerken gegenüber Naturgefahrenprozessen. Des Weiteren werden die Auswirkungen eines sich ändernden Klimas auf die Naturgefahrenprozesse und die damit verbundenen Unsicherheiten untersucht. Im Rahmen des Projektes werden Empfehlungen ausgearbeitet, wie diese Informationen in ein ganzheitliches Risikomanagementsystem übernommen werden kön-

nen. RIMES steht für Climate Change and Natural Hazards Risk Management in Energy Systems, das Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Austrian Climate Research Programme (ACRP) durchgeführt.

Im Rahmen von RIMES werden die ausgearbeiteten Methoden in Zusammenarbeit mit der Verbund AG im Zillertal und Kapruner Tal auf ihre Praxistauglichkeit getestet. Die Verbund AG betreibt in den beiden Testgebieten mehrere Wasserkraftwerke, die mit ihren Speicherseen, Bachfassungen, Gebäuden und dem ausgedehnten Leitungssystem in exponierten Lagen ideale Testobjekte sind.

In einem ersten Schritt wurden aus der Literatur Informationen zum vergangenen Klima sowie zu künftigen Klimaszenarien von einem globalen hin zu einem regionalen Maßstab zusammengestellt. Da regionale Klimaszenarien zurzeit noch mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet sind, ist es nicht möglich, diese Daten direkt in Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels zu verwenden.

Deshalb werden im Rahmen von RIMES künftige Szenarien der Klimaentwicklung für die beiden Testgebiete anhand von Daten der gängigen Klimamodellierungen ausgearbeitet. Dabei soll eine Gruppe die Bandbreite der wahrscheinlichen Änderungen des regionalen Klimas abdecken und eine zweite Gruppe die „Worst Case"-Entwicklungen darstellen. Das im Rahmen des RIMES-Projektes entwickelte Konzept zur Bestimmung der Auswirkungen des Klimawandels auf Naturgefahrenprozesse wird in Abbildung 1 veranschaulicht.

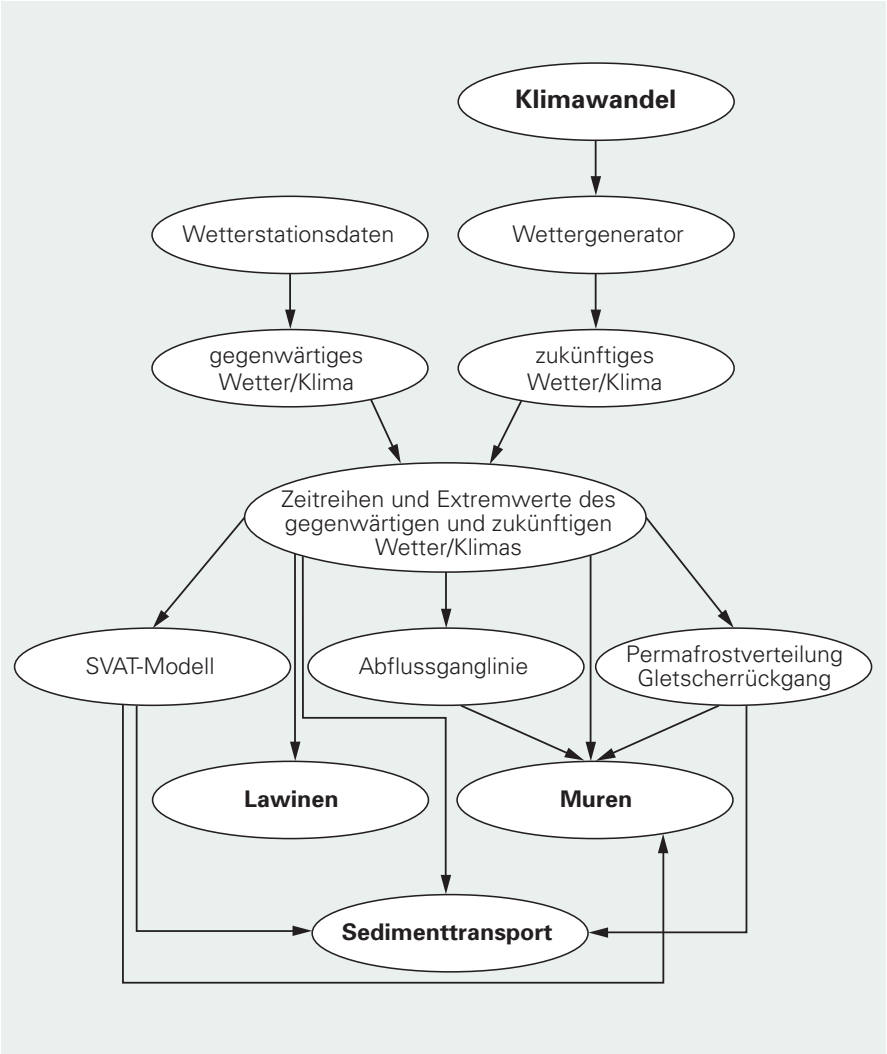
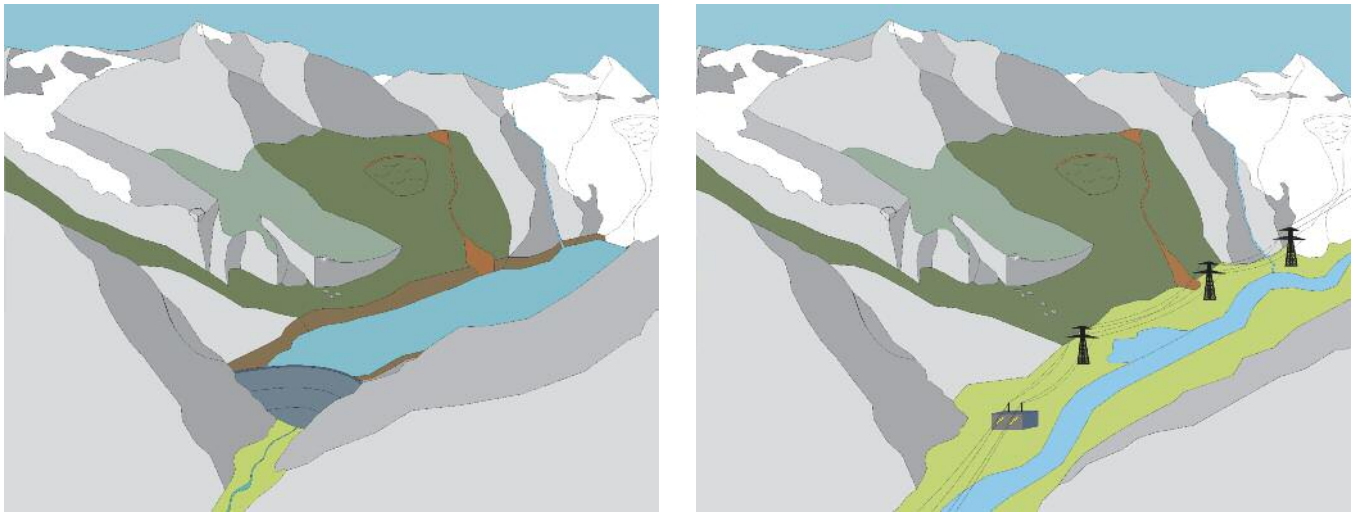


Abbildung 1: Arbeitsschritte im Rahmen des RIMES-Projektes, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Lawinen, Muren und den Sedimenttransport zu bestimmen



Eine Wasserkraftanlage im alpinen Raum ist an vielen Stellen durch Naturgefahren betroffen.

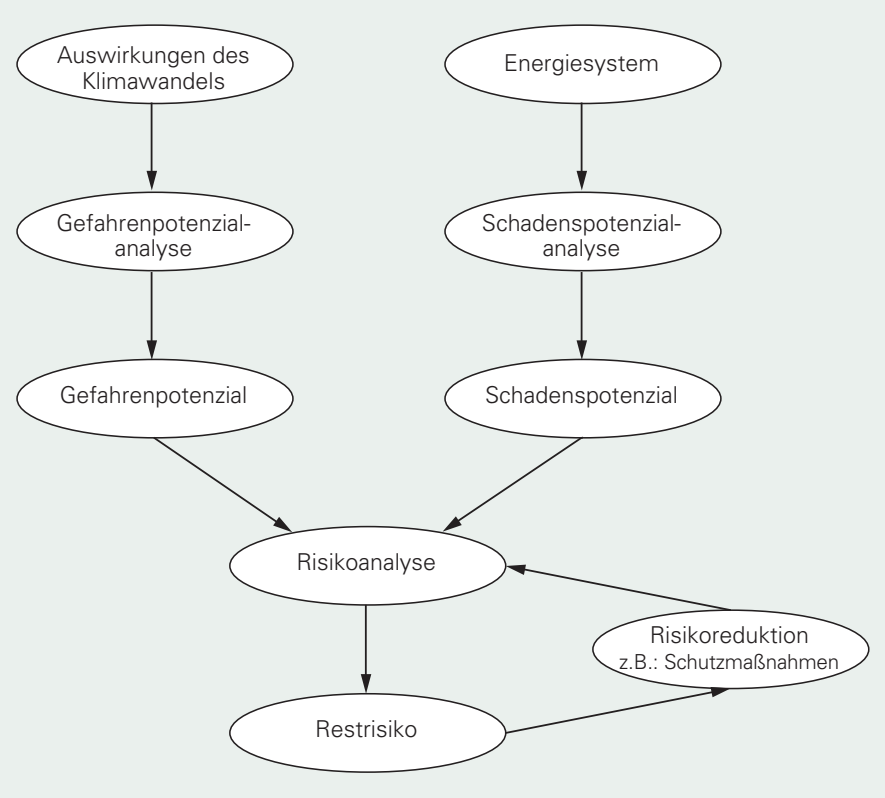


Abbildung 2: Ablaufdiagram des ganzheitlichen Risikomanagementsystems im Rahmen des RIMES-Projektes

Klimawandel und Naturgefahren

Mit Hilfe eines Wettergenerators werden anhand der Klimaentwicklungsszenarien und Daten von repräsentativen Wetterstationen im Testgebiet kontinuierliche Datenreihen meteorologischer Messgrößen erstellt. Die Besonderheit dabei: Die generierten, künftigen Wetterdaten weisen dieselbe statistische Verteilung auf wie die zugrundeliegenden Wetter-Daten. Aus den Daten der Wetterstation sowie des Wettergenerators werden die gegenwärtigen und zukünftigen Extremwerte der Dreitagesneuschneehöhen und der Niederschlagsmengen verschiedener Dauerstufen ermittelt; in weiterer Folge die daraus resultierenden Abflussganglinien der einzelnen Einzugsgebiete. Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden, die Vegetation und die Schneedecke werden mit Hilfe eines SVAT-(Surface Vegetation Atmosphere Transfer)-Modells generiert und in Hinblick auf Wechselwirkungen mit den einzelnen Naturgefahrenprozessen untersucht. Ein weiteres Thema im RIMES-Projekt sind der Permafrost- und Gletscherrückgang und damit in Verbindung stehende Prozesse mit Auswirkungen auf die einzelnen Naturgefahren. Hierbei spielen Prozesse, die einen erhöhten Sedimenttransport verursachen, eine wichtige Rolle. So werden der Gletscherrückgang in Hinblick auf Gletscherschliff und der damit verbundene Feinmaterialtransport untersucht, der zu einem erhöhten Feststofftransport in die Speicher führt. Zudem steht mehr Material an Moränen zur Verfügung, das in eine erhöhte Muraktivität führen könnte.

Lawinen, Muren und Sedimenttransport

Die Prozesse Lawinen und Muren werden mit Simulationsmodellen für das gegenwärtige und zukünftige Klima modelliert; darin fließen die Ergebnisse der SVAT-Simulationen sowie die Schlussfolgerungen aus den Permafrost- und Gletscheruntersuchungen ein. Aufgrund der Unterschiede in den Simulationen können Rückschlüsse auf die Auswirkungen eines sich ändernden Klimas auf Lawinen und Muren getroffen werden. Des Weiteren kann auf mögliche Änderungen im Sedimenttransport und damit verbundene Beeinträchtigungen im Kraftwerksbetrieb, wie zum Beispiel Verlandung von Speicherseen oder Bachfassungen, geschlossen werden.

Risikomanagementsystem

Das Risikomanagementkonzept wird in Abbildung 2 veranschaulicht. Das Gefahrenpotenzial wird für das gegenwärtige Klima und zukünftige Klimaszenarien bestimmt. Die Objekte des Energienetzwerkes werden im Rahmen der Schadenspotenzialanalyse in Hinblick auf ihre bauliche Ausführung, bestehende Schutzmaßnahmen, ihren Einfluss auf die Betriebsführung, Wiederherstellungs- sowie Ausfallskosten beurteilt.

Mittels Risikoanalyse lässt sich aus dem Gefahren- und Schadenspotenzial das Restrisiko einzelner Komponenten sowie des gesamten Energienetzwerkes gegenüber mehreren Naturgefahren bestimmen. Mit Hilfe dieses Risikomanagementsystems kann nicht nur die Effizienz einzelner Maßnahmen zur Risikoreduktion (z.B. Schutzmaßnahmen) festgestellt, sondern auch mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Kraftwerksbetrieb abgeschätzt werden. Durch den Einsatz eines solchen Risikomanagementsystems können dem Kraftwerksbetreiber unerwartete Mehrkosten erspart bleiben und Adaptionsmaßnahmen gegenüber Naturgefahren und den Auswirkungen des Klimawandels objektiv beurteilt werden.

Mag. Paul Dobesberger, Ph.D. Antonia Zeidler, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Hofburg, Rennweg 1, 6020 Innsbruck, E-Mail: paul.dobesberger@uibk.ac.at

Marc Adams, Andreas Huber

Risikomanagementstrategien zum Schutz von Verkehrswegen vor Naturgefahren im Alpenraum

Der alpine Raum verfügt über eine hoch entwickelte Transportinfrastruktur. Ist ein Verkehrsweg mal unterbrochen, gibt es oft kaum Alternativen, und großräumige Umfahrungen werden notwendig. Das BFW erarbeitet für das Stanzertal in Tirol eine Strategie, unter anderem für die Arlberg-Schnellstraße, mit der die Wahrscheinlichkeit und die Auswirkungen einer solchen Unterbrechung untersucht und effektive Gegenmaßnahmen geplant werden können. Diese wird als eine Risikomanagementstrategie bezeichnet.

www.panoramio.com/photos/ original/10317737.jpg – Stanzertal in Tirol

Für die Arlberg-Schnellstraße erarbeitet das BFW eine Risikomanagementstrategie

Durch die zunehmende Verkehrsfrequenz steigt auch der Schaden in Folge eines Naturgefahrenereignisses (z.B. Lawine, Mure oder Steinschlag): Neben den direkten Schäden (wie Todesfall oder finanzieller Schaden) entstehen indirekte Kosten, sowohl für die betroffene Lokalbevölkerung als auch für den Industrie- und Transportsektor (z.B. Imageschaden für Tourismusgebiet oder Produktionsausfall einer Fabrik).

Ziel des Projektes PARAmount ist es, die Strategien für einen Umgang mit Naturgefahren beim Schutz von bedrohten Verkehrswegen im Alpenraum zu verbessern, besonders im Hinblick auf den Klimawandel (siehe Kasten). Das Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) untersucht ein ca. 300 km² großes Gebiet im Stanzertal (Abbildung 1).

Die Arlberg-Schnellstraße (S-16), die Bundes- und Landesstraßen, sowie die Arlbergbahnstrecke der Österreichischen Bundesbahn (ÖBB) im Stanzertal sind über weite Strecken Lawinen, Hochwässern, Murgängen und Steinschlag ausgesetzt. Permasnente Maßnahmen (z.B. Rück-

Projekt PARAmount

Unter dem Vorsitz des Österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (BMLFUW) wird in den Jahren 2009 – 2012 das Projekt PARAmount durchgeführt. PARAmount steht für "imProved Accessibility: Reliability and security of Alpine transport and infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate" und ist Teil der Europäischen Territorialen Zusammenarbeit im Rahmen des Alpine Space-Programmes, kofinanziert vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE). Neben dem BFW sind 12 weitere Institutionen und 24 Beobachter aus fünf verschiedenen europäischen Ländern an dem Projekt beteiligt.

Dabei werden

- der aktuelle Stand und die Verbesserungspotenziale der existierenden Risikomanagementstrategie untersucht,
- das Gefahren- und Schadenspotenzial für das Stanzertal in Tirol ermittelt,
- Simulationsmodelle, die im Projekt entwickeltet wurden, für diese Ermittlung angewendet und
- Systeme, eingesetzt, welche die Entscheidungsfindung in kritischen Situationen erleichtern sollen (Beispiel: Ab wann soll eine Straße im Winter wegen Lawinengefahr gesperrt werden).

Die langfristige praktische Umsetzung dieser Projektziele soll durch die Bildung von regionalen Dialoggruppen mit Verantwortlichen aus den Gemeinden und Naturgefahrenexperten in den Testgebieten sichergestellt werden.

Projekt-Homepage: **www.paramount-project.eu**

Alpine Space Programm: **www.alpine-space.eu**

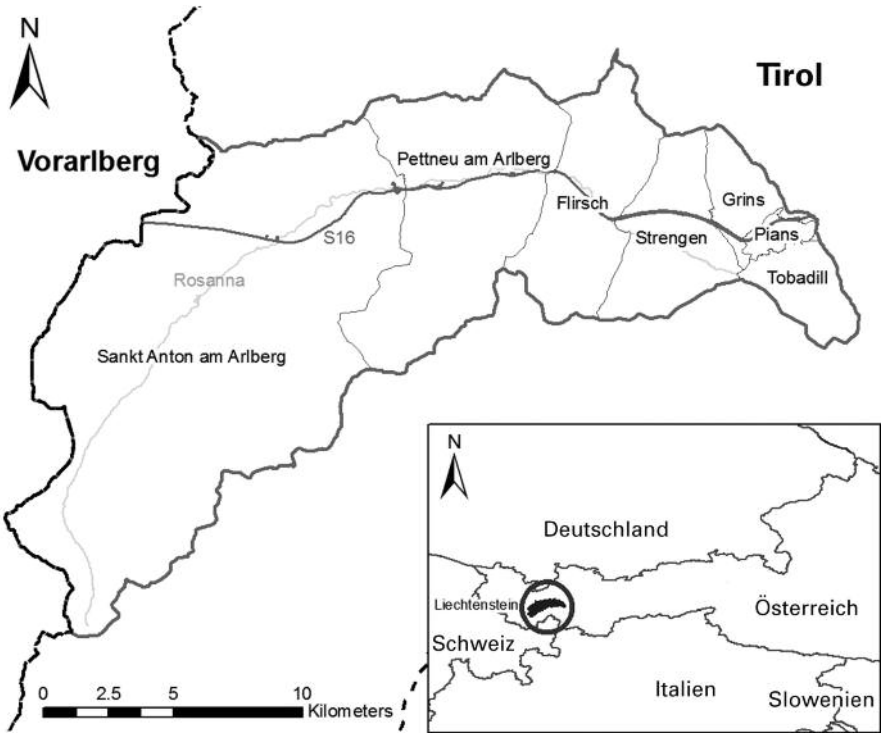


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet Stanzertal (eigene Darstellung)

haltebecken) und temporäre Maßnahmen (z.B. Straßensperren) (Abbildungen 2a und 2b) zum Schutz vor diesen Naturgefahren werden von der ÖBB, dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung (WLV) und anderen für die Sicherheit entlang der Verkehrslinien zuständigen Institutionen unterhalten (z.B. der ASFiNAG).

Das BFW arbeitet derzeit an zwei Schwerpunkten:

- Regionale Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren (SWOT) sowie des momentanen Zustandes der Risikomanagementstrategie im Stanzertal
- Regionale Analyse von Naturgefahren.

Der Projektpartner ÖBB deckt in PARAmount die Bahninfrastruktur ab, deshalb konzentriert sich das BFW auf die Erhebung, Analyse und Auswertung der Gefährdung der Straßeninfrastruktur durch Muren und Lawinen. Die Abteilung „Schnee und Lawinen" hat für das Stanzertal bereits mehrere Studien erstellt (BFW 2008, BFW 2009, Sailer 2001a, b, Sailer et al. 2004).

Regionale SWOT-Analyse und Erhebung des Status Quo

In diesem Arbeitsbereich werden die Risikowahrnehmung und das Risikobewusstsein auf lokaler und regionaler Ebene untersucht. Dazu werden persönliche Interviews geführt und eine Online-Umfrage in Kooperation mit der Europäischen Akademie Bozen (EURAC) gestartet. Weiters werden kritische Abschnitte entlang der Straßen anhand von bestehenden Datensätzen der Infrastrukturbetreiber festgelegt. Darüber hinaus erfolgt eine SWOT-Analyse von regionalen Risikomanagementtools, -systemen und -methoden sowie deren Anwendung zum Schutz der Transportinfrastruktur und Umsetzung auf lokaler und regionaler Ebene.
Besonderes Augenmerk liegt auf der Verbesserung der Kommunikation zwischen den Interessengruppen. Dazu werden regionale Risikodialoge mit allen Interessengruppen (wie Gemeinden, WLV, ASFiNAG und Land Tirol) veranstaltet.

Erste Ergebnisse aus den persönlichen Interviews zeigen:

- Risikowahrnehmung und -bewusstsein sind im Stanzertal sehr verschiedenartig ausgeprägt.
- Generell besteht ein Bedarf an der Verbesserung der Kommunikation zwischen den verschiedenen Interessensgruppen.
- Die Koordination zwischen den für die Sicherheit zuständigen Institutionen kann verbessert werden.

Foto: BFW, Zeidler

Abbildung 2a: Permanente Schutzmaßnahmen von ASFiNAG und WLV: Rückhaltebecken oberhalb der S-16, Gemeinde Pettneu

Foto: BFW, Adams

Abbildung 2b:
Netze oberhalb der S-16, Gemeinde Pettneu

Der Stubnerbach verursachte 2005 ein Hochwasser in Pfunds

Regionale Analyse von Naturgefahren

Im zweiten Arbeitspaket werden für das Stanzertal regionale Analysen des Gefahrenpotenzials von Lawinen und Muren erarbeitet, dabei wird auf historische Aufzeichnungen, Geländebegehungen, Gefahrenpotenzialerhebungen, Gutachten, GIS- und Fernerkundungsanalysen sowie auf Ergebnisse von Lawinensimulationsmodellen zurückgegriffen.

Im nächsten Schritt werden „Hotspots" abgegrenzt und dort Detaildaten erhoben, diese dienen als Eingangsdaten für kleinräumige, numerische Simulationen mit den Modellen FLO-2D für Muren und SamosAT und ELBA für Lawinen. Im Zuge von PARAmount wurde ein Mur-Simulationsmodul in der Software AdB (Gregoretti 2010) entwickelt, das Modul soll implementiert, evaluiert und mit anderen Simulationsmodellen verglichen werden.

Und schlussendlich sollen die Modellergebnisse durch historische Daten überprüft werden, dafür stehen spezielle Ereignisdatenbanken und Dokumentationsmaterial (z.B. Video, terrestrische und luftgestützte Aufnahmen einer Mure im Dawinbach, Gemeinde Strengen) zur Verfügung.

Ausblick

Die nächsten Schritte im Projekt PARAmount sind: Abschluss der Feldarbeit im Stanzertal und Aufbereitung, Analyse und Auswertung der für Lawinen und Muren gesammelten Daten – dies sind die Eingangsdaten für die Simulationsmodelle. Weiters werden Erhebungen des Zustandes und Qualität des Waldes zur Validierung von Simulationsmodellen in Kooperation mit dem Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts (CEMAGREF) durchgeführt. Es soll außerdem ein Konzept erarbeitet werden, um den konkreten Umgang mit den Auswirkungen von Klimawandel auf die in PARAmount analysierten Naturgefahrenprozesse festzulegen.

In einem weiteren Schritt wird eine Bestandserhebung und Analyse von existierenden Systemen durchgeführt, die der Entscheidungsunterstützung im Risikomanagement für die Straßen dienen. Die Projektergebnisse werden von einer vom BFW geleiteten Arbeitsgruppe unter anderem in Form eines Handbuchs zur Risikokommunikation und eines Handbuchs zur Risikominderung zusammengefasst und evaluiert.

Literatur

BFW (2008): Erfassung und Simulation von ausgewählten ÖBB streckenrelevanten Lawinenstrichen in Tirol und Vorarlberg. Abschlussbericht des Projekts SimWest, Innsbruck.

BFW (2009): Zustandserhebung an Bahnstrecken mit den Inhalten Naturgefahren sowie bautechnische Anlagen grundsätzlich: Zweite Phase Erhebungsbereich Lawinen (Großlawinen, Waldlawinen, Schneerutsche) Prioritäre Strecken. Abschlussbericht des Projekts ÖBB Naturgefahrenkarte, Innsbruck.

Gregoretti, C. (2010): Introduction to the operative tool and debris flow models. Deliverable des Projekts PARAmount.

Sailer, R. (2001a): Risk assessment and crisis management for a winter tourist resort (St. Anton a/A, Tyrol, Austria) - a case study (Part I). Proceedings of 21st annual ESRI international user conference. San Diego, USA.

Sailer, R. (2001b): Risk assessment and crisis management for a winter tourist resort (St. Anton a/A, Tyrol, Austria) - a case study (Part II). Proceedings of the first annual IIASA-DPRI meeting on integrated disaster risk management: Reducing socio-economic vulnerability. IIASA, Laxenburg, Austria.

Sailer, R., Klebinder, K., Khakzadeh, L., Heller, A. (2004): Integraler Risiko- und Krisenmanagementplan der Gemeinde St. Anton am Arlberg. In J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner (eds): Angewandte Geoinformatik 2004, Beiträge zum 16. AGIT-Symposium, Salzburg: 579-584.

Mag. Marc Adams, Andreas Huber, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Hofburg, Rennweg 1, 6020 Innsbruck, E-Mail: marc.adams@uibk.ac.at

www.event-location-mariabrunn.at

Der Festsaal Mariabrunn: Eine historische Eventlocation für diverse Veranstaltungen

Suchen Sie einen besonderen Ort für Ihre Veranstaltungen in Wien? Der Festsaal Mariabrunn in Wien ist eine repräsentative Event-Location mit historischem und barockem Ambiente für Veranstaltungen verschiedenster Art. Das ehemalige Kloster Mariabrunn, erbaut 1639, eignet sich hervorragend für Seminare, Tagungen, Workshops und sonstige Festveranstaltungen.

Das heute als Festsaal genützte „Sommerrefektorium der Unbeschuhten Augustiner" wurde nach 1736 in seiner heutigen Form erbaut und von Mönchen des Klosters mit Stuckaturen so ausgestattet, dass sich barocke Schönheit und augustinische Einfachheit in wunderbarer Form verbinden. Die großen Fenster, die Blicke in die (Kloster)Höfe, die Lichtwirkung bei Tag und die Beleuchtung bei Nacht machen den Saal zu einem Erlebnis für das Auge, aber auch für die Seele.

Der Festsaal wird heute auch als historische Event-Location für private Veranstaltungen genutzt. Je nach Art des Events können zwischen 90 bis 100 Personen für Bankettveranstaltung, etwa 140 bis 150 Personen für Tagungen und Vorträge, sowie kulturelle Veranstaltungen und bis 250 Personen für Stehempfänge untergebracht werden.

Der Festsaal ist mit modernster Präsentationstechnik ausgestattet. Daneben stehen zusätzlich weitere Räumlichkeiten in Rahmen von Veranstaltung zur Verfügung. Mariabrunn ist gut mit dem Auto (Abfahrt Auhof / Westautobahn) und öffentlichen Verkehrsmitteln (U4, Bus) erreichbar.

Anfragen und Reservierung:

Gudrun Csikos
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
Seckendorff-Gudent-Weg 8
1131 Wien
Tel: +43-1-87838 1216
Fax:+43-1-87838 1215
E-Mail: events@bfw.gv.at