

Bewertung von Umweltdienstleistungen

Risikobasierter Ansatz zur Bewertung von Umweltdienstleistungen

Umweltdienstleistungen sind Güter und Leistungen der Natur. Da die Natur aber keinen Marktpreis hat, werden die meisten dieser Güter und Leistungen gratis zur Verfügung gestellt. Dies kann zu einer Übernutzung der Ressourcen führen. Um die Umweltdienstleistungen trotzdem in der regionalen Planung zu berücksichtigen, wurde ein Bewertungsansatz entwickelt, der auf dem Risikokzept beruht.

Dr. Adrienne Grêt-Regamey und Dr. Peter Bebi

Gerade alpine Regionen stellen für die Gesellschaft wichtige Umweltdienstleistungen zur Verfügung. Beispiele dafür sind die Schutzfunktion des Waldes gegenüber Lawinen und Steinschlag, der Ästhetikwert der Landschaft oder die CO₂-Bindung der ausgedehnten alpinen Wälder (Abb. 1). Das wirtschaftliche Wachstum einer Region beruht häufig auf solchen Naturressourcen. Veränderungen dieser Ressourcen können damit die regionale Entwicklung negativ beeinflussen. Die Beeinträchtigung der Schutzfunktion des Waldes kann zum Beispiel zu ökonomischen Schäden durch Naturgefahren führen. Um solche Kosten berechnen zu können, brauchen Entscheidungsträger geeignete Methoden der Risikoabschätzung.



Abb. 1: Gebirgswälder erbringen unter anderem wichtige Leistungen bei der Reduktion von Naturgefahren-Risiken. Solche Leistungen werden auch als Umweltdienstleistungen bezeichnet (Foto: Archiv SLF).

(weiter auf S. 2)

Inhalt

[Bewertung von Umweltdienstleistungen](#) 1

Antworten aus der Lawinenwarnung:

- [Zusammenarbeit der europäischen Lawinenwarndienste](#) 3

Neues aus der Forschung:

- [Lawinendämme](#) 4
- [Unwetterschaden-Datenbank](#) 5
- [Experimente im Windkanal](#) 6

Bericht:

[OWARNA: Warnung vor Naturgefahren](#) 7

Impressum

© Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111, CH 8903 Birmensdorf, www.wsl.ch

Redaktionsleitung: Christine Huovinen, Julia Wessels, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Flüelastr. 11, CH 7260 Davos, www.slf.ch

Das SLF ist Teil der WSL.

Erscheinungsweise: elektronisch

Kontakt: www.slf.ch/contact-de.html

Ausgabe 2/2007, September 2007



Bayes Netzwerke zur Bestimmung von Unsicherheiten

Risikoanalyse-Methoden zur Abschätzung von Naturgefahren existieren schon lange und haben sich in der Praxis gut bewährt. Sie sind grundsätzlich auch für die Bewertung von verschiedensten Umweltdienstleistungen anwendbar. Allerdings werden Unsicherheiten in den herkömmlichen Modellen zur Risikoabschätzung kaum berücksichtigt, sondern vom Experten je nach Situation abgeschätzt.

Um Umweltdienstleistungen quantifizieren zu können, müssen die Marktpreise für diese Güter möglichst präzise festgelegt werden. Dabei hat sich herausgestellt, dass ein im Modell integrierter, systematischer Einbezug von Unsicherheiten gute Resultate für eine realistische Bewertung liefert. Als bekannte Methode, um Unsicherheiten auf jeder Stufe der Risikoanalyse systematisch zu berücksichtigen, gelten die so genannten Bayes Netzwerke. Abb. 2 zeigt, wie ein Bayes Netzwerk für die von der Umweltdienstleistung „Schutzwald“ abhängigen Quantifizierung des Lawinenrisikos eingesetzt werden kann.

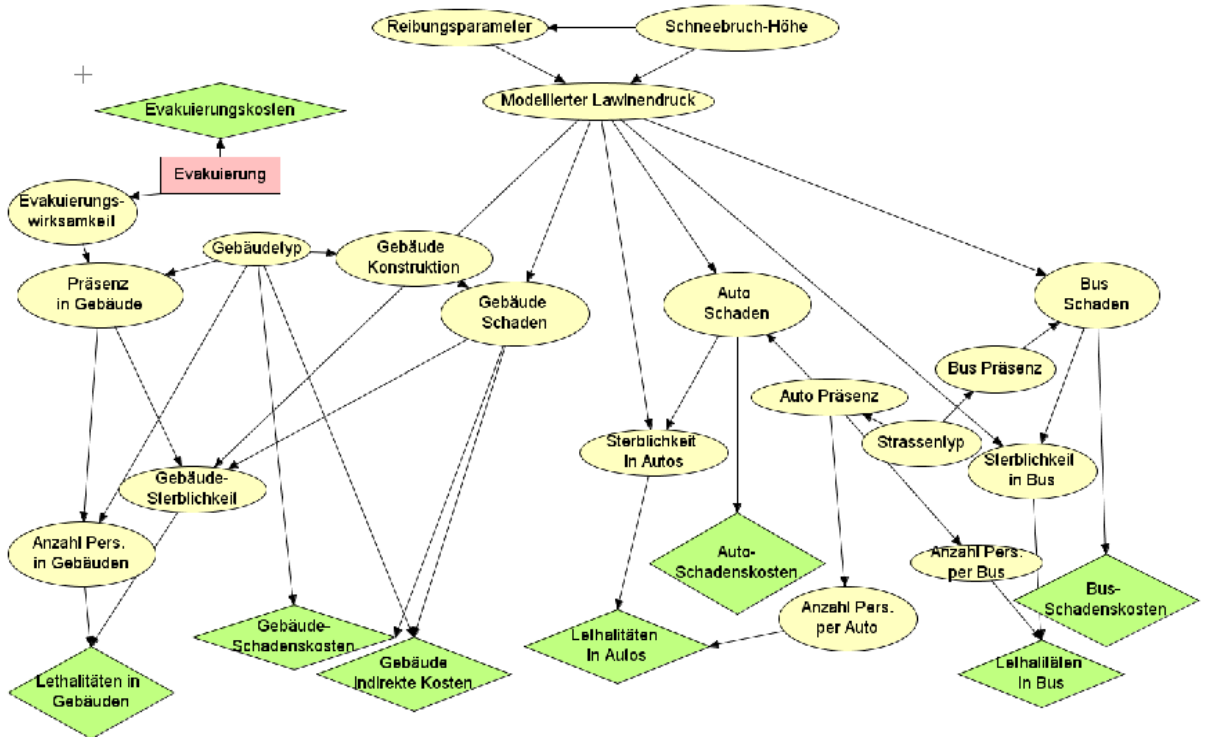


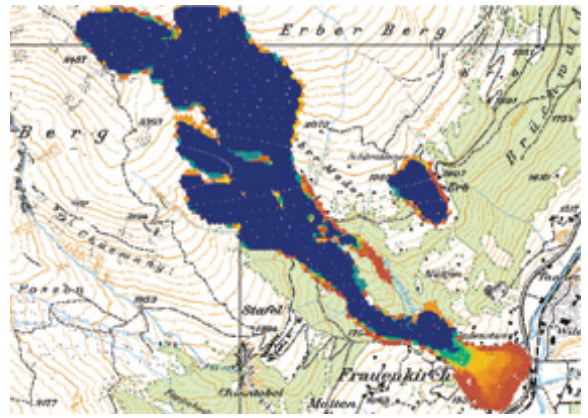
Abb. 2: Bayes Netzwerk für die Quantifizierung des Lawinenrisikos. Die Ovale stellen die Parameter dar, für die die notwendigen Berechnungswerte variieren können, also unsicher sind. Die Pfeile repräsentieren die Kausalketten zwischen den Variablen, welche in entsprechenden bedingten Wahrscheinlichkeitstabellen numerisch dargestellt werden. Die Rhomboiden sind die Kosten, und die Boxen die Entscheidungen. Die Umweltdienstleistung „Schutzwald“, als ein Faktor für die Berechnung des Lawinenrisikos, ist in der Variable „Reibungsparameter“ enthalten.

Wenn ein Bayes Netzwerk mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) kombiniert wird, können Risiken und die mit der Risikoberechnung verbundenen Unsicherheiten für jede Flächeneinheit entsprechend den räumlich variierenden Einflussfaktoren berechnet und visualisiert werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Risikoanalysen ergeben sich damit wichtige Vorteile: die Quantifizierung der Unsicherheiten erfolgt für jede Variable und jede Rasterzelle explizit, die für die Unsicherheiten verantwortlichen Variablen können durch das Netzwerk identifiziert werden, und das Modell kann mit neuen Daten oder Expertenwissen durch Bayes Inferenz ständig verbessert werden. Für ein Fallbeispiel in der Landschaft Davos wurde das von der Umweltdienstleistung Schutzwald mitbeeinflusste Lawinenrisiko auf die oben beschriebene Weise berechnet (Abb. 3).

(weiter auf S. 3)



a)



b)

Abb. 3 a und b: Modellierte Lawinausbreitung im Frauentobel (Davos), berechnet mit einem Expertenmodell (AVAL-2D) (a) und mit einem weiterentwickelten Modell gestützt auf Lawinenbeobachtungen mittels Bayes Inferenz, dessen jährliche Wahrscheinlichkeiten einer Lawine sich zwischen 2.5×10^{-9} (rot) und 0.15 (blau) bewegen (b).

Management-Tool zur Priorisierung von Bewirtschaftszielen

Auf derselben Berechnungsgrundlage entstanden ausserdem Modelle für andere Umweltdienstleistungen wie CO₂-Bindung, Habitate für gefährdete Tier- und Pflanzenarten und ästhetische Aspekte. Dabei zeigte sich, dass durch die Überlagerung von unterschiedlichen Umweltdienstleistungen in einem GIS ein Management-Tool entstehen kann, mit dem der Effekt von verschiedenen Planungsoptionen auf die Veränderung von Umweltdienstleistungen im Voraus evaluiert wird. Dies kann bei der Priorisierung von Bewirtschaftungszielen sehr wertvoll sein und hilft, knappe Ressourcen unter konkurrierender Nachfrage zu verteilen, insbesondere, wenn Entscheidungsträger schon frühzeitig in den Aufbau eines solchen Systems einbezogen werden. (Adrienne Grêt-Regamey ist Umweltnaturwissenschaftlerin und hat an der WSL ihre Dissertation zu diesem Thema abgeschlossen. Peter Bebi ist Umweltnaturwissenschaftler und Leiter der Forschungsgruppe Gebirgswald- und Baumgrenzen.)

Antworten aus der Lawinenwarnung

Wie arbeiten europäische Lawinenwarndienste zusammen?

Lukas Dürr

Seit 1983 treffen sich Vertreter der EAWS (European Avalanche Warning Services) im Zweijahresrhythmus. Diese Kongresse dienen dem Erfahrungsaustausch, der Koordination in technischen und organisatorischen Belangen und der Verbesserung der Zusammenarbeit über die Landesgrenzen hinweg. Heute zählen auch europäische Länder außerhalb der Alpen, wie Rumänien, zu den Mitgliedern der EAWS. Die EAWS verfügen zudem über eine ständige Arbeitsgruppe unter der Leitung von Jakob Rhyner, SLF, welche Sachgeschäfte bearbeitet und Konsenslösungen zur Abstimmung vorbringt.

Das diesjährige, vierzehnte Treffen der EAWS fand am 21. und 22. Juni 2007 in Stary Smokovec, Hohe Tatra, in der Slowakei statt. Hauptthemen der Tagung waren die Bedürfnisse und der Entwicklungsstand der noch jungen Warndienste Slowenien, Slowakei, Tschechien, Polen und Rumänien. Dabei stellte sich heraus, dass frühere Errungenschaften der EAWS, wie die einheitliche europäische Lawinengefahrenskala, erfreulicherweise auch von den neuen Mitgliedern verwendet werden. Ausserdem wurden Beschlüsse zur europaweiten graphischen Vereinheitlichung der Lawinenbulletins gefasst. Allgemeines Interesse bestand auch an den vom SLF entwickelten Symbolen (Icons) zur graphischen Darstellung der Gefahrenstufen, welche im nächsten Winter in der Schweiz getestet werden. Als Handlungsbedarf wurde der Aufbau einer Sammlung von Beispielen für typische Schnee- und Lawinensituationen während der 5 Gefahrenstufen erkannt. (Lukas Dürr ist Forstingenieur und Bergführer und arbeitet als Lawinenprognostiker in der Lawinenwarnung.)





Abb. 1: Exkursion Jasna: Vertreter aus verschiedenen europäischen Ländern und Gäste aus Kanada bei der Exkursion in die niedere Tatra, wo auch die slowakische Warnzentrale liegt (Foto: SLF, Beni Zweifel).

Neues aus der Forschung

Lawinendämme

Dr. Marc-André Baillifard, Stefan Margreth, Joseba Calvo Soto und Dr. Martin Kern

Lawinendämme werden in den Auslaufzonen von Lawinen erstellt, um gefährdete Gebiete zu schützen, die sich durch Schutzmassnahmen im Anbruchgebiet von Lawinen (z.B. Schutzwald, Verbauungen) nicht schützen lassen. Sie dienen dazu, Lawinen vollständig aufzuhalten oder zumindest soweit abzubremsen, dass hinter ihnen liegende Siedlungen oder Strassen nicht gefährdet sind (Abb. 1).



Abb. 1: Lawinendamm ob Vals, GR (Bild links) und bei Seydisfjörður, Island (Fotos: Martin Kern, SLF und Tómas Jóhannesson, Icelandic Meteorological Office).

Um die für das Schutzziel nötige Dammhöhe abzuschätzen, ist viel z.T. subjektives Expertenwissen über das Volumen und die Geschwindigkeit der am Dammstandort zu erwartenden Lawinen gefragt. In einem vom BAFU und vom Kanton Wallis finanzierten Projekt wurde deshalb eine Anleitung zur Bemessung von Lawinenauffangdämmen erstellt, die die Abschätzung der notwendigen Dammhöhe in einigen wichtigen Punkten auf eine objektivere Grundlage stellt.

In massstäblichen Experimenten im Labor und auf der Schneegleitbahn des SLF am Weissfluhjoch konnte beobachtet werden, dass die Auflaufhöhe der Lawine am Damm von der Dammgeometrie sowie von zwei dimensionslosen Grössen abhängt. Diese Grössen beschreiben einerseits das Verhältnis von Fliessgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit, in der sich die Information einer Störung (in diesem Fall ist das der Damm) entgegen der Fliessrichtung ausbreitet, andererseits die Länge der Lawine im Verhältnis zu ihrer Fliesshöhe. Beide Grössen bestimmen zusammen mit der Dammgeometrie, ob die Lawine einfach den Damm hinaufläuft, bis sie zum Stillstand kommt, oder ob sich eine sogenannte Schockwelle ausbildet. Diese beiden Verhaltensweisen ergeben bei gleicher Lawinengeschwindigkeit verschiedene nötige Dammhöhen und wurden im bisherigen Verfahren zur Abschätzung der Dammhöhe nicht explizit berücksichtigt. Ausgehend von diesen experimentellen Ergebnissen wurde mit Hilfe von Überlegungen aus der Hydraulik eine theoretische Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Lawine und Damm entwickelt, auf der die neue Anleitung zur Bemessung von Lawinenauffangdämmen aufbaut. *(Marc-André Baillifard hat am SLF seine Dissertation zum Thema Dimensionierung von Lawinenauffangdämmen erarbeitet. Martin Kern ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Team Lawindynamik. Stefan Margreth ist Leiter des Teams Schutzmassnahmen. Joseba Calvo Soto (Universidad Politécnica de Madrid) hat im Rahmen seiner Diplomarbeit die Wirksamkeit von projektierten Dämmen anhand der neuen Methodik analysiert.)*

Unwetterschaden-Datenbank

Nadine Hilker und Dr. Christoph Hegg

Die Dokumentation von Schadensereignissen bildet eine der Grundlagen für die Erstellung von Gefahrenkarten und somit auch für Schutz- und raumplanerische Massnahmen. Die Forschungseinheit Gebirgshydrologie und Wildbäche der WSL sammelt seit 1972 systematisch Informationen über Unwetterschäden in einer Datenbank. Berücksichtigt werden dabei Schäden durch Hochwasser, Murgänge, Rutschungen und Felsbewegungen. Primär auf der Basis von Medienberichten werden unter anderem die auslösende Witterung, die Schadensprozesse und die entstandenen Schäden erfasst.

In den Jahren 1972-2006 kam es in der Schweiz zu einem Gesamtschaden von über 12 Milliarden Franken (teuerungsbereinigt, Abb. 1). Dabei kann auf keinen eindeutigen Trend geschlossen werden. Durchschnittlich kommen pro Jahr drei Menschen bei Unwettern ums Leben.

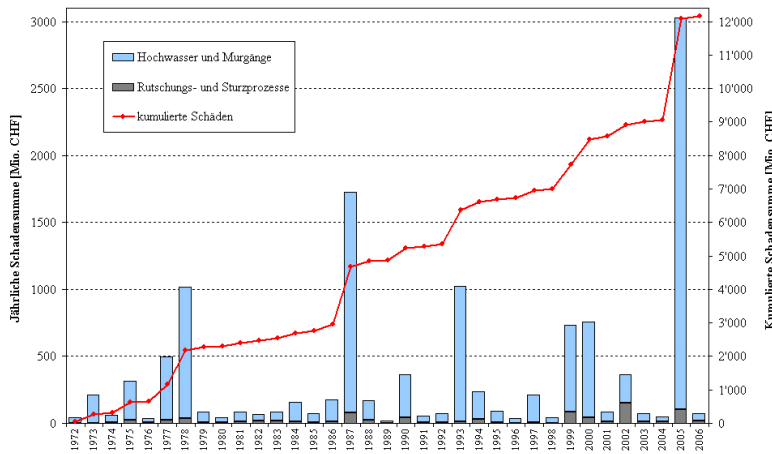


Abb. 1: Entwicklung der Unwetterschäden 1972-2006 (teuerungsbereinigt).

Ausgiebige Regenfälle führten um den 21./22. August 2005 in weiten Teilen der Schweiz zu Überschwemmungen, Murgängen und Rutschungen. Mit einer Schadensumme von rund 3 Milliarden Franken und sechs Todesfällen stellt dieses Unwetter das schadenreichste Hochwasser seit Beginn der Schadenserfassung dar. Der Anteil der privaten Schäden betrug rund 75%, jener der Infrastrukturschäden rund 25%. Grosse Schäden entstanden in den nördlichen Voralpen, in der Zentralschweiz und entlang grosser Flüsse im Mittelland (Abb. 2). (Nadine Hilker ist Geographin und Mitarbeiterin der Forschungseinheit Gebirgshydrologie und Wildbäche. Christoph Hegg ist Geomorphologe und Programmleiter.)

Schadenssummen [Mio. CHF]

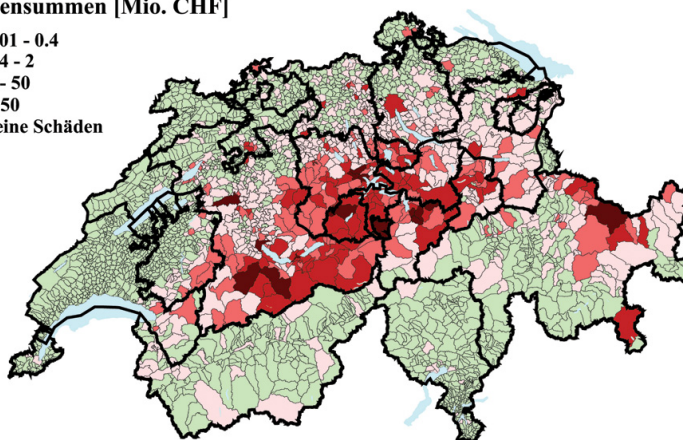
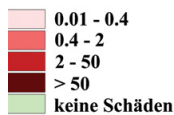


Abb. 2: Schadensausmass des Hochwassers 2005 auf Gemeindeebene

Strömungsexperimente im Windkanal

Dr. Michael Lehning und Dr. Andy Clifton

Wind und Schnee stehen in einer komplexen Beziehung zueinander. So kann Wind den Schnee nicht nur verfrachten, sondern auch seine Beschaffenheit verändern. Der SLF-Windkanal im Davoser Flüelatal ermöglicht es, diesen Beziehungen experimentell auf den Grund zu gehen (Abb. 1 und 2). Die Analyse von mehrjährigen Experimenten zur Wirkung von Windströmungen auf eine natürlich gefallene Schneedecke hat nun drei wichtige Ergebnisse geliefert: 1) Die Schwellenwertgeschwindigkeit von Schneeverfrachtung für verschiedene Schneearten konnte bestimmt werden. 2) Frühere Befunde zur Durchlüftung von Schnee konnten neu bewertet werden. Dabei zeigte sich, dass für eine raue Schneeoberfläche ohne Sekundärstruktur, wie Dünen oder Sastrugis, die Ventilation höchstens im Bereich dieser Rauigkeit eine Rolle spielt und die darunter liegende Schneedecke praktisch nicht durchlüftet wird. 3) Bei der Überprüfung des am SLF entwickelten Saltationsmodell konnte festgestellt werden, dass es Massenflüsse in Übereinstimmung mit den Windkanaldaten liefert.

Insgesamt sind diese Resultate direkt für die Praxis umsetzbar, indem sie in das SNOWPACK-Modell, das die Entwicklung der Schneedecke basierend auf meteorologischen Daten simuliert, übernommen werden können. Die Ergebnisse liefern aber auch Grundlagen zum besseren Verständnis von Zweiphasenströmungen über porösen Medien. *(Michael Lehning ist Atmosphärenphysiker und Geoökologe und Leiter der Forschungseinheit Schnee und Permafrost. Andy Clifton ist Ingenieur der Strömungsmechanik und hat am SLF seine Dissertation zu diesem Thema abgeschlossen.)*



Abb. 1: Der Windkanal ermöglicht eine experimentelle Analyse der Wirkung von Windströmungen auf eine natürlich gefallene Schneedecke (Foto: Archiv SLF).

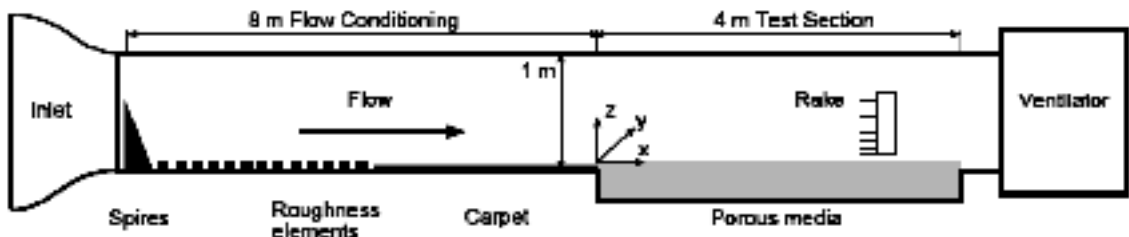


Abb.2: Schematische Ansicht des Windkanalexperiments.

Bericht: OWARNA – Zuverlässige Warnung der Bevölkerung vor Naturgefahren

Dr. Jakob Rhyner

Die Unwetter vom August 2005, mit sechs Toten und Schäden von fast 3 Milliarden Franken, sind den meisten von uns in Erinnerung geblieben (Abb. 1). Rückblickend herrschte unter Experten die Meinung vor, dass mit einer besseren Warnung und Alarmierung die Schäden an vielen Orten deutlich kleiner ausgefallen wären.



Abb. 1: Unwetter in Klosters, August 2005 (Foto: M. Auer, SLF).

Deshalb veranlasste der Bundesrat mit dem Projekt OWARNA („Optimierung von *W*ARnung und *A*larmierung“) eine umfassende Analyse der Warn- und Alarmierungsprozesse in der Schweiz. Diese wurde unter der Leitung der Nationalen Alarmzentrale des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz, unter Mitwirkung des Bundesamtes für Umwelt, der MeteoSchweiz, WSL/SLF und einer Reihe von weiteren Experten, durchgeführt. Im Mai dieses Jahres präsentierte die Projektgruppe einen ausführlichen Bericht und eine Liste von Verbesserungsvorschlägen. Der Bundesrat hat diese ohne Ausnahme gutgeheissen und die Fachämter (Bundesamt für Umwelt BAFU, MeteoSchweiz, WSL/SLF und die Nationale Alarmzentrale NAZ) mit der Realisierung der Verbesserungsmassnahmen beauftragt.

Die jetzt in Angriff genommenen Projekte reichen von der Weiterentwicklung von Prognoseverfahren bis hin zu Konzepten für eine frühere und genauere Information der Bevölkerung. Eines der zentralen Elemente in all diesen Anstrengungen ist aber eine verbesserte Zusammenarbeit und Koordination der verschiedenen in die Warnung und Alarmierung eingebundenen Akteure in mindestens dreifacher Hinsicht:

- Zusammenarbeit der Warn-Fachstellen des Bundes, nämlich MeteoSchweiz (Unwetter), BAFU (Hochwasser), und SLF (Lawinen), und NAZ (Elektronische Lagedarstellung)
- Koordination zwischen Bundes-, Kantons-, und Gemeindeebene
- Zusammenarbeit zwischen Naturgefahrenspezialisten und Einsatzorganen (Polizei, Feuerwehr, Zivilschutz)

Eine wichtige Grundlage für diese verbesserte Zusammenarbeit ist die sog. „Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren“ (GIN), die von den drei Fachstellen MeteoSchweiz, BAFU, und WSL/SLF entwickelt wird. Auf GIN werden gemeinsam erstellte Frühwarnungen sowie aktuelle Daten der verschiedenen landesweiten Messnetze für die Sicherheitskräfte schnell und kompakt zur Verfügung gestellt. Eine erste Version sollte bis im Herbst 2008 verfügbar sein. Als Vorbild für GIN dient die vom SLF entwickelte und betriebene Informationsplattform für die Lawinenwarnung IFKIS (Interkantonales Frühwarn- und Kriseninformationssystem), welche sich seit mehreren Jahren bewährt hat und für einige Pilotregionen bereits auf hydrologische Naturgefahren erweitert worden ist (Abb. 2). (Jakob Rhyner ist Standortleiter des SLF und Leiter der Forschungseinheit Warnung und Prävention.)

(weiter auf S. 8)



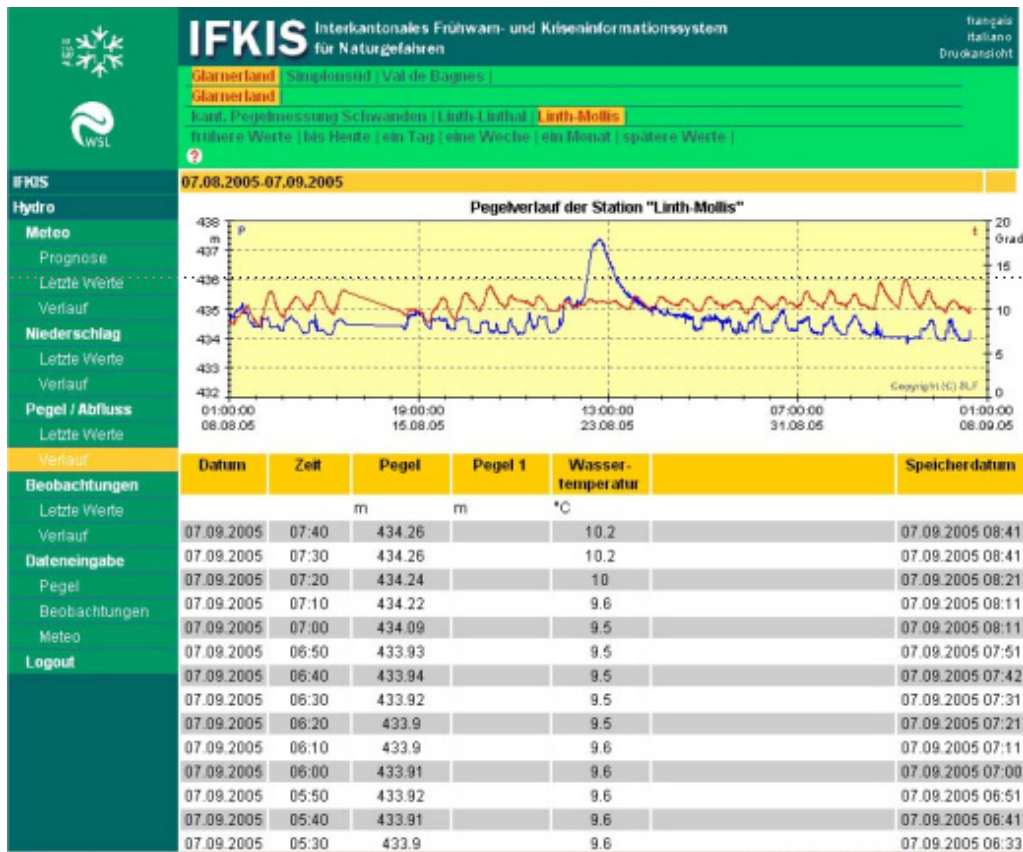


Abb. 2: IFKIS als Grundlage für GIN. Pegelverlauf der Linth während Hochwasser im August 2005

Zum Schluss noch dies

→ Forum für Wissen

Am 30. Oktober 2007 findet das diesjährige WSL Forum für Wissen unter dem Thema „Warnung vor Naturgefahren“ statt. Es richtet sich gleichermaßen an Fach- und Führungsgremien, Fachleute für Naturgefahren und Forschende im Naturgefahrenbereich. Damit soll eine Plattform für den gegenseitigen Austausch und die Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen den Fach- und Führungsgremien geboten werden, mit dem Ziel, die Intervention bei aussergewöhnlichen Naturereignissen zu verbessern. Weitere Informationen sowie die Anmeldung finden Sie [hier](#).

→ Neue Exkursionsführer HADES

Mitte September sind zwei neue Exkursionsführer des Hydrologischen Atlas der Schweiz aus der Reihe „Wege durch die Wasserwelt“ erschienen. Sie wurden vom SLF erarbeitet und bieten zwei Wanderungen zu den Themen Schnee und Lawinen in der Region Davos an. [Weitere Infos](#)

→ Ereignisanalyse Hochwasser 2005

Die WSL hat im Auftrag des BAFUs das Hochwasser 2005 analysiert und in der diesen Sommer erschienen Publikation „Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1: Prozesse, Schäden und erste Einordnungen“ aufbereitet. [Weitere Infos](#)

→ Aqua Alta Alpina

Das SLF ist offizieller Partner der Acqua Alta Alpina - Internationale Fachmesse und Kongress für Naturgefahren, Katastrophenschutz und Klima in Gebirgsregionen. 29.- 30. November 2007, Salzburg. [Weitere Infos und Programm](#)