

Phil.Alp

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

Alp.relève

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

Glarus/Glaris, 23./24.3. 2006



ICAS Swiss Alpine Studies

A Commission of the Swiss Academy of Sciences
and the Swiss Academy of Humanities and Social Sciences



Naturforschende Gesellschaft
des Kantons Glarus

Unterstützt durch / Avec le soutien de:

Historischer Verein Glarus

GeoPark Sarganserland – Walensee – Glarnerland

Naturwissenschaftliche Sammlung des Kantons Glarus

Naturzentrum Glarnerland

SAC Sektion Tödi

Volkshochschule Glarus

Lebensräume der Fauna

Habitats de la faune

Roland Graf

Wald und Landschaft aus der Sicht des Auerhuhns – Lebensraumanalyse auf verschiedenen räumlichen Ebenen

Die Lebensraumsprüche eines Organismus müssen auf verschiedenen räumlichen Ebenen erfüllt sein, damit er an einem bestimmten Ort vorkommen und überlebensfähige Populationen bilden kann. Dies gilt insbesondere für spezialisierte Arten mit grossen Streifgebieten und hohen Ansprüchen an ihre Lebensräume. Das Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) ist ein solches Beispiel. Dieses Raufusshuhn besiedelt lückige Waldbestände in ausgedehnten Nadelwäldern. In ganz Mitteleuropa sind die Bestände des Auerhuhns zurückgegangen, das Verbreitungsgebiet ist geschrumpft, und die Art ist in der Roten Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz als stark gefährdet eingestuft. Lebensraumveränderungen werden als eine der Hauptursachen für den Rückgang genannt, und es ist heute klar, dass auch die Grösse, Verteilung und Fragmentierung von günstigen Lebensräumen, sowie die Landschaftsstruktur einen starken Einfluss auf Auerhuhnpopulationen haben. Vor diesem Hintergrund waren die Hauptziele dieser Doktorarbeit (1) die entscheidenden Faktoren zu identifizieren, welche das Vorkommen des Auerhuhns auf verschiedenen räumlichen Ebenen beeinflussen, und (2) eine räumlich explizite Grundlage für populationsbiologische Analysen zu erarbeiten.

Mit einem multiskalaren Habitatmodell konnte ich das Vorkommen des Auerhuhns in den Schweizer Alpen mit wenigen Landschaftsvariablen wie etwa mittlere Temperatur, Waldanteil und Topographie gut erklären. Die durch einzelne Variablen erklärte Varianz war dabei stark abhängig von der gewählten räumlichen Auflösung. Bedeutende regionale Unterschiede ergaben sich, wenn für die Voralpen und die Zentralen Alpen separate Habitatmodelle gerechnet wurden. Da ich in diesen Modellen nur flächendeckend vorhandene geographische Daten verwendete, war es mir möglich, die Modelle auf die gesamte Fläche der Schweiz anzuwenden. Dadurch resultierte eine Lebensraumpotentialkarte für das Auerhuhn, welche als Grundlage für Populationsstudien und für die Naturschutzpraxis verwendet werden kann.

Daten zur Waldstruktur sind nicht flächendeckend in einheitlicher Form verfügbar und konnten für die Entwicklung der grossräumigen Modelle nicht verwendet werden. Deshalb analysierte ich den Einfluss der Waldstruktur und des Waldbestandsmosaiks auf das Vorkommen des Auerhuhns in 52 Untersuchungsflächen. Auf den kreisförmigen, über die Alpen verteilten Untersuchungsflächen à je 5 km² (entspricht einem mittleren Auerhuhn-Streifgebiet) habe ich ausgewählte Waldstrukturvariablen aus Luftbildern der Jahre 1960 und 2000 erfasst. Untersuchungsflächen von Lokalpopulationen mit stabilem Auerhuhnbestand zeichneten sich gegenüber verwaisten Flächen durch einen hohen Anteil an lichtem, mehrschichtigem Wald sowie durch eine geringere Erschliessung mit Forststrassen aus. Die erfassten Lebensraumveränderungen waren aber zu wenig ausgeprägt, um den Rückgang des Auerhuhns in der betrachteten Periode zu erklären.

Diese Doktorarbeit hat einen direkten Nutzen für die Naturschutzpraxis. Sie liefert eine Methode, wie grossräumige Habitatmodelle direkt in der Planung von Naturschutzmassnahmen verwendet werden können. Die Überlagerung des potentiell geeigneten Lebensraums des Auerhuhns mit den aktuellen Vorkommen liefert eine räumlich explizite Grundlage, um wichtige Flächen für die Förderung des Auerhuhns zu identifizieren und in Prioritätsstufen zu klassieren. Diese Methode wurde für die Erarbeitung der Regionaldossiers des Nationalen Aktionsplans Auerhuhn verwendet.

Ramona Maggini Lehmann

LANDSPOT – Les habitats naturels de Suisse en tant que potentiel pour la distribution de la faune et outil de conservation

Les modèles prédictifs de distribution d'espèces sont aujourd'hui reconnus comme un outil essentiel de la biologie de la conservation. Alors que la plupart des études adoptent une approche espèce-spécifique, en créant un modèle entre les points d'observation d'une espèce et une série de prédicteurs environnementaux, le projet Landspot adopte plutôt une approche habitat-spécifique. L'approche proposée est originale dans le sens qu'elle modélise d'abord la distribution des unités d'habitat à l'aide de SIG, et d'analyses statistiques ou de systèmes experts. Les prédictions spatiales obtenues, d'une finesse de classification écologique et d'une précision géographique inégalée à ce jour en Suisse, peuvent alors être employées pour modéliser la distribution d'espèces ou de groupes d'espèces animales partageant les mêmes types d'habitats (par exemple guildes). Les habitats sont intégrés dans les modèles faunistiques de différentes manières, comme variables explicatives, comme filtres ou par combinaison bayésienne.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs produits innovateurs ont été développés dans le cadre du projet. Parmi eux, les domaines environnementaux pour la Suisse et une carte d'utilisation du sol avec une résolution de 25 m. Les domaines environnementaux sont le fruit d'une classification environnementale du territoire suisse et peuvent être utilisés pour stratifier des plans d'échantillonnage ou comme support pour exprimer des statistiques environnementales (la biodiversité par exemple). La carte d'utilisation du sol à 25 m a été obtenue en interpolant spatialement l'information de la statistique de la superficie (OFS/Geostat, résolution 100 m) et en utilisant les surfaces primaires issues des cartes nationales au 1:25000 comme co-variable.

Le résultat final de ce travail se présente sous forme de cartes de distribution probable des habitats naturels, obtenues d'une part grâce à l'amélioration de la résolution spatiale de la carte d'utilisation du sol, et d'autre part, grâce à l'augmentation de l'information biologique qu'elle contient. De nombreuses applications utilisant ces cartes peuvent être envisagées : diagnostics écologiques par comparaison de la distribution prédite et observée des espèces; planification de réseaux écologiques et de réserves naturelles; calcul des aires de distribution pour l'établissement des listes rouges; surveillance de l'expansion d'espèces envahissantes; étude de l'impact des changements climatiques et de l'utilisation du sol.

En conclusion, ce travail devrait contribuer à améliorer sensiblement les méthodes et les données à disposition en Suisse pour la modélisation de la distribution de la faune, afin d'augmenter nos connaissances sur leur écologie, et par conséquent de mieux les conserver.

Ramona Maggini Lehmann – Département d'Écologie et Évolution, Université de Lausanne
Bâtiment Biophore, Quartier-Sorge, 1015 Lausanne

ramona.magginilehmann@unil.ch

Flavia Geiger

Populationsentwicklung der Gämse im Kanton Graubünden: Der Einfluss von schneeklimatologischen, vegetationsphänologischen und geomorphologischen Faktoren

Die Entwicklungen von Wildtierpopulationen wurden bisher vor allem im Zusammenhang mit populationspezifischen Faktoren wie Populationsdichte, Altersstruktur oder Geschlechterverhältnis untersucht. Heute erkennt man zunehmend die Bedeutung des Einflusses schneeklimatologischer Faktoren und anderer Standortfaktoren auf die Bestandesentwicklung von Wildtieren. Für ein optimales Wildtier-Management (Jagdplanung, Wildruhezonen) ist das Verständnis der Ursachen für die Populationschwankungen von grosser Bedeutung. Daher erhebt das Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF) seit mehreren Jahrzehnten Daten zur Bestandesentwicklung der Huftiere im Kanton. Ausserdem hat das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) langjährige Datenreihen zu schneeklimatologischen Faktoren gesammelt unter anderem für die Lawinenwarnung. Daraus ergibt sich die Chance die beiden Datensätze (Daten der Wildbestände und die schneeklimatologischen Daten) wissenschaftlich auszuwerten.

Die hier vorgestellte Diplomarbeit konzentriert sich auf die Populationsdynamik der Gämse und ist der Beginn eines mehrjährigen Projektes der Zusammenarbeit zwischen dem AJF und dem SLF.

Im Rahmen der Diplomarbeit sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Welche schneeklimatologischen Faktoren beeinflussen die Mortalität der Gämse?
2. Welche schneeklimatologischen Bedingungen sind Voraussetzung für ein gesundes Wachstum der Kitze in den ersten anderthalb Jahren?

Für die Beantwortung dieser Fragen stehen folgende Daten zur Verfügung:

Durch das AJF werden jährlich in mehreren, über den Kanton verteilten Testgebieten die dort anwesenden Gämse gezählt, um die Bestandesentwicklung verfolgen zu können. Zusätzlich werden Daten von auf der Jagd erlegten sowie durch die Wildhut tot aufgefundenen Gämse gesammelt. Von jedem Tier werden Alter und Geschlecht bestimmt und diverse Körpermasse wie Hornlänge und Gewicht gemessen. Auch von den Gämse in den Zählgebieten werden Geschlecht sowie eine Alterseinschätzung (Unterschied zwischen Kitze, Jährling und Erwachsenen) notiert.

Dem SLF stehen schneeklimatologische Daten von über 200 Messstationen im Kanton Graubünden zur Verfügung. Witterungsparameter wie Schneehöhe, Neuschneemenge, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und Temperatur werden in die Analyse miteinbezogen. Im Weiteren wurden von der MeteoSchweiz Daten zur Vegetationsphänologie für das Projekt zur Verfügung gestellt.

In einem ersten Schritt werden die vorhandenen schneeklimatologischen Daten gesammelt und aufbereitet. Hierbei ist das Ziel die Daten zu standardisieren und einer Qualitätskontrolle zu unterziehen. Ferner werden die Daten, soweit möglich, geografisch extrapoliert und anschliessend lokal für relevante Gebiete gemittelt. Damit können den Populationsdaten lokal-spezifische Klimadaten zugeordnet werden. Parallel müssen die Gamsdaten aufgearbeitet werden, um Faktoren wie beispielsweise Mortalitätsrate und mittlere Hornlänge abzuleiten.

Schliesslich werden die beiden Datensätze statistisch analysiert. Dabei werden diejenigen Faktoren identifiziert, die einen Einfluss auf die in den Fragen erwähnten populationsrelevanten Grössen haben.

Die vorliegende Datenbasis ermöglicht uns eine fundierte Analyse der Populationsentwicklungen der Gämse in Abhängigkeit von schneeklimatologischen Faktoren. Die Resultate werden der Optimierung der Jagdplanung und somit des Wildtier-Managements dienen.

Yannick Bischoff

Les algues de neige : des nageurs de l'extrême

Malgré des conditions de vie extrêmes, la neige constitue un habitat pour de nombreux organismes vivants. De nombreuses espèces d'algues, de bactéries, de champignons, de protozoaires, de vers ou d'insectes se sont adaptés au froid, au rayonnement solaire intense, au manque de nutriments et à l'acidité du milieu. Toutes les espèces présentes font partie d'un écosystème dont les algues de neige assurent le rôle clef de producteurs primaires.

La plupart du temps, les algues de neige se trouvent sur le sol ou sous la neige sous forme de spores très résistantes. Au printemps, pendant la période de fonte, les spores d'algues de neige germent pour donner naissance à plusieurs cellules vertes biflagellées. Afin d'obtenir l'énergie suffisante pour leur reproduction, les algues de neige ont besoin de lumière. Comme la neige absorbe fortement la lumière, les algues de neige n'ont d'autre choix que de se déplacer vers la surface. A la fin du cycle, les algues de neige reforment des spores et produisent des pigments rouges pour se protéger du rayonnement solaire. Elles peuvent colorer la neige en rouge.

Les mécanismes permettant la migration des algues du sol vers la surface ne sont pas encore connus. L'hypothèse généralement admise que les algues nagent à contre courant dans les écoulements d'eau n'est pas vraisemblable pour des raisons physiques : soit l'eau s'écoule plus rapidement que la vitesse de progression des algues, ou alors se répartit en une mince pellicule liquide trop fine pour que les algues puissent y progresser librement.

Le projet "mobility of snow algae" financé par le Fonds National pour la Recherche Scientifique (Subside n° 205321-100'781) comporte plusieurs aspects: le comportement des algues de neige dans une couverture neigeuse naturelle, le comportement en laboratoire d'algues de neige dans une couverture neigeuse standardisée, l'étude du transport des algues par le vent ainsi qu'une étude phylogénétique.

Les résultats des études sur le terrain de deux hivers confirment le développement des algues à partir des couches proches du sol ainsi que l'apparition de spores colorés à proximité de la surface. Par contre, des algues (neige rouge) ont aussi été observées 1.80 m au-dessus du sol. Or, sous une telle hauteur de neige, les algues ne reçoivent pas suffisamment d'énergie pour germer. Les algues observées ne peuvent donc pas provenir du sol. D'autres alternatives comme le transport par le vent ou avec les écoulements latéraux du manteau neigeux ont donc été étudiées.

Pour étudier les processus physiques impliqués dans le déplacement des algues de neige, des essais en laboratoire sont en cours. Basés sur une culture d'algues de neige, ils consistent à injecter des algues dans une colonne de neige et à mesurer leur progression sous conditions contrôlées.

La diversité génétique d'échantillons de neige rouge provenant de trois différents sites (Piora TI, Sertigtal GR et Flüelatal GR) a été étudiée (extraction, amplification du gene 18s rRNA, clonage et séquençage). Les séquences trouvées ont été comparées avec les séquences déposées dans la base de données EMBL (European Molecular Biology Laboratory). Beaucoup de séquences ont pu être associées à des espèces des genres *Chlamydomonas* et *Chloromonas* tandis qu'un groupe de 28 séquences similaires pourrait représenter un nouveau taxon proche ou incorporé au genre *Chloromonas*. Les séquences obtenues vont servir de référence pour l'analyse d'autres échantillons par DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis). En définitive, les résultats obtenus serviront d'indices pour déceler une éventuelle circulation à grande échelle des algues de neige.

Cette étude apportera des réponses sur le cycle de vie annuel des algues de neige, leurs déplacements dans le manteau neigeux, leur distribution à grande échelle et leur diversité génétique. Nous nous réjouissons beaucoup de pouvoir présenter nos résultats à l'édition 2006 de Phil. Alp. A cette occasion, le projet touchera à sa fin et les résultats finaux seront disponibles.

Finanz-, Stoff- und Verkehrsflüsse in den Alpen

**Flux de transport,
flux de matières et flux financiers dans les Alpes**

Raphaëlle Arnaud

Towards a more sustainable modal and spatial split of freight traffic for crossing areas: the case of the transalpine freight traffic

A significant growth of freight traffic over the last decades is observed on national and European scale. The better adaptability of road transport to the requirements of production and distribution system explains the expansion of this mode of transport, which results in increased air pollution, noise, congestion, and safety concerns. This evolution is particularly worrying the Alpine region, where freight traffic is concentrated on a limited number of routes and where the topography induces a limited dispersion and higher nuisances (valleys, gradients). The collective awareness that we are living in a "finite" world contributed to the advent¹ of the concept of sustainable development, which incited European countries to find a consensus about the necessity of balancing the use of the different modes of transport and particularly to increase the use of railway².

Most of the research carried out, considering the impacts of transport, focuses on the impact assessment of new transport infrastructure or on specific effects of (freight) traffic and often use a monetary approach. The review of the literature also shows that, in this domain, the spatial dimension of sustainable development has received only limited attention until recently in comparison to the time dimension³.

In this context, the main objective of this research is to evaluate the sustainability of the modal and spatial split of transalpine freight traffic considering the vulnerability of the crossing areas. The reason of focussing this research on traffic volumes is linked to the objective of intermodal transport, which aims to result in the most efficient use of the transport network with the help of an optimization of freight traffic modal split and assignment. This research on national scale⁴ considers two transport modes (railway and road transport) and until now two types of pollution (air pollution and noise). It focuses on the spatial dimension in order to identify and to explain spatial inequalities, not only along a corridor but also between corridors.

For this research, the assumption that the vulnerability of crossing areas depends on their sensitivity (sensitivity of the receptors: population, soil, groundwater, etc.) and on the dispersed nuisances induced by (transalpine) freight traffic volumes (risk) is made. To test the methodology only one receptor (population) is considered.

The methodology used for this research consists first of the acquisition and treatment of data in a Geographic Information System (ArcGIS/ArcInfo). Swiss traffic data were collected from Swiss Federal Railway timetables and from Swiss Federal Roads Authority database. Concerning freight traffic crossing the Alps, the data from the CAFT 1999 survey⁵ are used. All the data were georeferenced and stored in a geographical database with the associated attributes in the form of a geographic network. The tool allows modifying the modal and spatial split of transalpine freight traffic on one or more routes.

Then, the emissions and immissions of primary air pollutants and decibel - dB(A) are calculated. The emissions and immissions induced by all the traffic (Swiss passenger and freight traffic and transalpine

¹ The expression « sustainable development » has been proposed for the first time in the «World Conservation Strategy» published by the IUCN (The World Conservation Union), 1980

« Sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. » in World Commission on Environment and Development (the Brundtland Commission), Our Common World, Oxford, Oxford University Press, 1987

² In Switzerland, measures have been taken to promote the modal transfer: development of the combined transport (road and railway), increase of the railway capacities (NRLA – New Rail Link through the Alps) and restoration of the real costs (HVF - Distance-related heavy vehicle fee).

³ LAGANIER Richard, VILLALBA Bruno, ZUINDEAU Bertrand, « Le développement durable face au territoire: éléments pour une recherche pluridisciplinaire », Revue Développement Durable & Territoires, 2002

⁴ The tool is developed considering the Alpine Segment but is applied to the Swiss case.

⁵ The Cross Alpine Freight Transport (CAFT) Survey concerns Switzerland, France and Austria. For Switzerland: AQGV 99 Grundlagen Resultate, SIGMAPLAN, Schweiz, August 2001; ARE – Bundesamt für Raumentwicklung – Federal Office of Spatial Development, Switzerland.

The data from the CAFT 2004 survey are just available now. In the future, it will be possible to replace the 1999 data with the 2004 data but considering the time allowed for this research, the stress is put first on the methodology.

freight traffic) but also only by the Swiss passenger and freight traffic are calculated (without taking the transalpine freight traffic into account). The dispersion is observed four kilometres on both sides of the main Swiss infrastructures. Different sources were used to calculate these pollutions⁶.

Inspired by the existing data collection and assessment systems⁷, some indicators are chosen to evaluate the vulnerability of the crossing areas to the transalpine freight traffic. These indicators will be based on the difference of immissions (so if the transalpine freight traffic is taken into account or not) and on the interactions between the location and the concentration of the immissions and the location and the density of the population. The indicators will also focus on the spatial variations of these values.

The cartographic representation aims to pinpoint critical situations. It would thus be possible to design priority actions in order to achieve a more sustainable transport system for the crossing areas.

This research aims to develop a methodology for an eventual future decision-making tool to provide information on the reasons and the necessity of a modal (among transport modes) and/or a spatial (among Alpine crossings) transfer of transalpine freight traffic. The methodology is tested on a national scale (Switzerland) because of the availability and the quality of the data, however the final goal is the development of a decision-making tool for the complete alpine area (from the Fréjus tunnel to the Brenner pass).

Raphaëlle Arnaud – EPF Lausanne, LITEP-Laboratoire d'Intermodalité des Transports et de Planification
Bâtiment Génie Civile, 1015 Lausanne

raphaelle.arnaud@epfl.ch

⁶ Hertig Jacques-André, Etudes d'impact sur l'environnement, Traité de génie civil de l'EPFL, Vol. 23, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1999, 453 p.

INFRAS 2004, Manuel informatisé des coefficients d'émission du trafic routier - MICET 2.1, BUWAL

⁷ Monet Project, PNR 41, NISTRA, Railway project

Michael Hürlimann

Zur wirtschaftlichen Zukunft des Urserntals – regionalwirtschaftliche Analyse anhand eines Input-Output-Ansatzes

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, das Urserntal regionalwirtschaftlich abzubilden, um wirtschaftliche Verletzlichkeiten und Potenziale aufzeigen zu können. Die Regionalwirtschaft Ursern wird mit einer so genannten Input-Output Analyse untersucht. Die Input-Output Analyse ist ein regionalwirtschaftliches Kreislaufmodell. Die dazu erforderlichen Daten wurden im Herbst 2003 bei den im Urserntal ansässigen Unternehmen mittels Fragebogen erhoben. Die so gewonnene Datenbasis wird als repräsentativ beurteilt.

Die aus den Analysen gewonnenen Erkenntnisse über die Regionalwirtschaft Ursern sind:

- Die Regionalwirtschaft Ursern generiert über die Beschäftigung im Urserntal knapp 60% des Einkommens, welches den privaten Haushalten vor Ort zur Verfügung steht. 40% des Einkommens gelangt über Arbeitspendler und Transfereinkommen (z.B. AHV-Renten, Taggelder, etc.) ins Tal.
- Die Verknüpfungen zwischen den Unternehmen im Tal über den Kauf und Verkauf von Vorleistungen sind im Vergleich zu anderen Alpentälern tief. So tief, dass die Wachstumseffekte, welche sich aus der Produktion von Gütern und Dienstleistungen ergeben, kleiner sind als die Effekte aus dem Konsum der Haushalte.
- In sämtlichen Branchen hängt der generierte Umsatz zu einem Drittel und mehr (bis zu 97%) von Exporten ab. Ausgenommen die Landwirtschaft befinden sich die wichtigen Exportmärkte alle ausserhalb der Innerschweiz.
- Die Prüfung der regionalen Einbettung der einzelnen Branchen zeigt, dass die Aktivitäten der Branche Militär / Bundesstellen sowie des öffentlichen Sektors die engsten Verflechtungen mit dem regionalen Produktionssystem aufweisen. In Kombination mit dem hohen Branchenvolumen haben Veränderungen in der Branche Militär / Bundesstellen grosse Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft und auf die Beschäftigung. Sinkt der Umsatz dieser Branche um 1% ist zu erwarten, dass das Urserntal rund 3 Vollzeitstellenäquivalente verliert, der Regionalumsatz um 0,22% abnimmt und die regionale Wertschöpfung um 0,45% sinkt. Um das Umsatz-, Wertschöpfungs-, Einkommens- und Domesticereinkommensniveau bei einem vollständigen Rückzug der Armee aus dem Urserntal zu erhalten, müssten alle übrigen Branchen wachsen. Dieses Wachstum müsste zwischen 39.9% für den Regionalumsatz und 81.0% für die regionale Wertschöpfung liegen. Mit 80,5%, resp. 74,3% wären auch das Einkommen, resp. das Domesticereinkommen auf einen hohen Wachstumswert angewiesen. Mit dieser grossen Abhängigkeit von der Armee hebt sich das Urserntal im wirtschaftlichen Sinne von einem durchschnittlichen Schweizer Alpental ab. Die wirtschaftliche Entwicklung des Urserntals hängt somit in erheblichem Masse von der Zukunft des Armeestützpunkts Andermatt ab. Die Zukunft der Branche Militär / Bundesstellen wird nicht zuletzt in den eidgenössischen Räten und im Rahmen anderer Politikbereiche bestimmt.
- Der zweite Bereich, welcher für die Wirtschaft des Urserntals eine hohe Bedeutung hat, ist die Branche Tourismus. Verändert sich die touristische Nachfrage um 1%, so ist zu erwarten, dass die Beschäftigung um 3,8 Vollzeitstellenäquivalente, der Regionalumsatz um 0,26% und die regionale Wertschöpfung um 0,54% zu- oder abnimmt. Die primären Anbieter wie Hotels oder Bergbahnen beziehen nur beschränkt Vorleistungen aus dem Tal. Das Potenzial zu vermehrten intraregionalen Waren- und Leistungsbezügen wäre somit grundsätzlich vorhanden. Gleichzeitig ist aber festzuhalten, dass viele Vorleistungen im Tal nicht produziert werden und die touristischen Betriebe aus Kostenüberlegungen ihre Vorleistungen ausserhalb des Urserntals einkaufen.
- Eine Liberalisierung des Elektrizitätsmarkts (Marktöffnung und damit verbunden mehr Wettbewerb) würde zu einem Preiserfall zwischen 2.6% und 4.4% und somit zu einer

geringeren Wertschöpfung des Produkts und dadurch zu einer kleineren Produktivität pro Arbeitskraft führen. Daraus resultierte ein Stellenabbau.

- Der seit den 90er Jahren sich verstärkende Trend der Bevölkerungsabnahme aus peripheren Gebieten wird weitergehen. Dadurch sinkt die private Nachfrage. Die grösste Auswirkung bei einer 1%igen Branchenumsatzänderung im privaten Sektor verzeichnet der Regionalumsatz, der um 0.48% abnimmt.
- Für das Funktionieren des alltäglichen Lebens sind Einrichtungen und wirtschaftliche Aktivitäten wie Dorfläden, Primarschulen, Gasthäuser, kulturelle Anlässe, etc. überlebenswichtig. Dieses „Dörfliche Angebot“ ist in Hospental und Realp ungenügend. Die Zentrumsfunktion von Andermatt wird sich bei einem weiteren Rückgang des dörflichen Angebots in Hospental und Realp verstärken.

Michael Hürlimann – Geographisches Institut, Universität Zürich
Lorrainestrasse 67, 3014 Bern

mihuerlimann@bluewin.ch

Susanne Haag

Landschaftsbild und Biodiversität in Lawinenzügen, Veränderungen nach Lawinenverbauungen

1. Einleitung

Naturereignisse wie Feuer, Überschwemmungen oder Lawinen, obwohl sehr wichtig für das Funktionieren eines Ökosystem, können Naturgefahren für den Menschen darstellen. Mit grossem Aufwand versuchen wir deshalb, uns vor solchen Gefahren zu schützen und die Zahl jener Ereignisse zu vermindern.

In den letzten 50 Jahren wurden mit grossem Erfolg Anrisse von Lawinen durch Lawinenverbauungen verhindert. Es ist aber nur wenig bekannt über die ökologischen Auswirkungen dieser Massnahmen auf Vegetationsdynamik, Diversität und Habitateigenschaften (Rixen, Ch. 2004.)

Ziel meiner Diplomarbeit, die ich im Rahmen des Projektes „Forest structure and biodiversity in avalanche tracks“ erarbeite, ist es, die ökologischen Auswirkungen der Verhinderung von Lawinenanrissen in den Schweizer Alpen zu untersuchen.

2. Fragestellungen:

Die beiden folgenden Forschungsfragen stehen bei meinen Untersuchungen im Mittelpunkt:

In welcher Weise beeinflussen Lawinenverbauungen das Landschaftsbild und die Habitateigenschaften (Komplexität der Landschaft, Saumhabitate, Flächengrösse von Waldstücken, etc.) des subalpinen Waldes?

Ist die Diversität von Pflanzen in Lawinenbahnen höher als im benachbarten ungestörten Wald, und wie wird die Diversität und Vegetationszusammensetzung verändert, wenn Lawinnenniedergänge künstlich verhindert werden?

Die Kombination dieser 2 Fragestellungen ermöglicht eine grossräumige, GIS-basierte, und eine kleinräumige Untersuchung mittels Vegetationsaufnahmen von verschiedenen aktiven und inaktiven Lawinenzügen.

Ausserdem kann ich auch überprüfen, ob eine Landschaft mit einem nach unserer Beurteilung der GIS-Auswertungen heterogenen Landschaftsbild auch wie angenommen einen grösseren Artenreichtum aufweist als eine einheitliche, ungestörte, natürliche Fläche.

3. Hypothesen:

Landschaftsbild:

Die Komplexität der Landschaft nimmt ab, wenn Lawinen durch Verbauungen verhindert werden. Im Speziellen kommt es zu einer Abnahme von Saumhabitaten und zu einer Zunahme von grossen Waldflächen.

Die Waldstruktur verändert sich in Richtung einheitlicher, dichter Wälder mit weniger Barrieren für Störungen, was zu höherer Anfälligkeit des Waldes für andere Störungen führen kann.

Biodiversität:

Die Diversität von Pflanzen ist umso höher, je höher die Frequenz von Lawinen ist, und verringert, wenn Lawinen verhindert werden.

Es gibt Arten aus mehr Pflanzengesellschaften in Lawinenbahnen als in benachbarten ungestörten Bereichen.

4. Vorgehen und Methoden:

4.1 Landschaftsbild:

Ich werde Waldflächen auf aktuellen Orthofotos (2000 bis 2004) und ältere Luftbilder aus den 50er-Jahren mittels einem Geographischen Informationssystem (ARC9) erfassen und klassieren (nach den Einheiten des Landesforstinventars 1994), um Änderungen in der Waldstruktur zu dokumentieren. Die Strukturen des Waldes werde ich nach dem Ansatz von Bebi et.al. (2001) bearbeitet.

Landschaftseigenschaften der Waldstücke werden mit dem Programm FRAGSTAT berechnet. Mit vergleichenden statistischen Tests werden Landschaftsbild und Habitateigenschaften (Komplexität der Landschaft, Saumhabitate, Flächengrösse von Waldstücken etc.) zwischen Bereichen mit Lawinenverbauungen und solchen ohne untersucht und verglichen.

4.2 Biodiversität:

Mittels Vegetationsaufnahmen auf einer Fläche von jeweils 1x1m werde ich die Artenzusammensetzung und Diversität (Artenzahlen, Deckungsgrad und Soziabilität, Shannon-Index, Evenness) von Pflanzen erfassen. An jedem meiner insgesamt 5 Standorten werde ich einen Hang mit und einen Hang ohne Lawinenverbauungen untersuchen um einen Vergleich zwischen Pflanzengesellschaften mit und ohne Störung machen zu können

Auf einer kleineren Fläche von 20 x 20 cm wird die oberirdische Biomasse als Parameter für die Produktivität geerntet.

Den Deckungsgrad schätze ich nach der Skala von Braun-Blanquet in 25%-Schritten. Bei geringen Deckungen wird genauer aufgelöst.

Mittels Varianzanalyse werden die Parameter Diversität, Vorkommen bestimmter Zeigerarten sowie Produktivität getestet. Die Artenzusammensetzung wird mit multivariaten statistischen Methoden (Canonische Correspondenzanalyse, CANOCO) untersucht. Mit diesen Methoden kann ich ermitteln, ob einzelne Arten oder Artengruppen durch bestimmte Bedingungen, z. B. Störung, gefördert werden.¹

Susanne Haag – Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos
Giessenstrasse 39, 8608 Bubikon

susanne_haag@yahoo.com

¹ Bebi, P, Kienast F & Schönenberger W (2001) Assessing structures in mountain forests as a basis for investigating the forests' dynamics and prospective function. Forest Ecology and Management 145: 3-14.

Rixen, Ch. (2004) Projektbericht "Forest structure and biodiversity in avalanche tracks". SLF Davos

Thomas Spiegelberger

Land use, nutrient availability and conservation of biodiversity on mountain grasslands

Increased human impact on biodiversity has led to a worldwide decrease in species richness. While biological diversity of grasslands has dramatically decreased in many lowland areas in Europe in the past century, many mountain grasslands still harbour a high species richness. Until now, most mountain grasslands in Switzerland are still used in the traditional way and only grazed. Nevertheless they are threatened by management changes towards a more intensive use including fertiliser application of well accessible pastures and gradual abandonment of remote sites what can lead to invasion by weeds. In this study we want to understand the underlying processes and mechanisms of the successional vegetation dynamics on mountain grasslands and test the possibilities to reduce plant available soil nutrients for maintaining species richness on those highly divers habitats.

In a correlative study, we investigated the relationship between soil properties, presence of *Veratrum album*, a for cattle unpalatable species, and three managements types of mountain grasslands in the Alps on species richness at multiple spatial scales. These management types were traditional used, extensive pastures, which were only grazed, intensively used pasture (grazed and fertilised), and abandoned grasslands. Species richness was similar between managements at scales smaller than 1000 m², but at 1000 m² only grazed sites had higher species richness than grazed and fertilised sites. The vegetation composition of the abandoned grasslands differed from that of the grazed pastures as more late successional species had invaded the sites. The factors affecting species richness were different at small and large spatial scales. While at the 1 m² scale, cover of *V. album* and soil nitrate content negatively influenced the species richness, at 1000 m² only fertilisation had a negative effect on species richness, suggesting that land use is an important factor for species richness in contrast to species packing, which seems to play an important role at 1 m². Cover of *V. album* did not differ among management at any spatial scales, but the interaction between fertilisation application and the cover of *V. album* suggests management dependent effects of *V. album* on species richness. Regression for cover of *V. album* as a predictor for species richness on 1 m² plots showed a contrasting response to management. In abandoned pastures, cover of *V. album* was negatively correlated with species richness, while the opposite was true for grazed and fertilised sites, but no relationship was detected at only grazed sites.

Such changes in the management of a grassland can have very long lasting effects as harsh environmental conditions, like they are found on mountain grasslands, constrain many components of biodiversity. Results from a controlled, large-scale field experiment in a sub-alpine grassland show that 2 - 4 years of liming (40 g m⁻² y⁻¹) still significantly affected the composition of the vegetation and the soil microbial community nearly 70 years after the treatments were imposed, whereas NPK fertilization (8 g m⁻² y⁻¹) only marginally affected vegetation composition. The exchangeable Ca²⁺-ions content and pH in soil were higher in limed, but not in fertilized plots. Plant species and PLFAs (Phospholipid Fatty Acids) indicating low pH values were found in higher abundance in the unlimed plots, suggesting that the long-lasting effects of liming on the above- and below-ground communities were mediated through changes in soil pH. This suggests that already short-term perturbations of mountain grasslands can have very long-lasting effects on some components of the ecosystem.

One possible countermeasure against increased nutrient availability due to fertilisation or increased aerial N deposition is addition of a carbon source to the soil. Carbon addition in the form of broad-leaf sawdust changes the soil C/N ratio and stimulates the activity and the nutrient uptake of the soil microbial community. This may reduce soil nitrogen and its availability for plants what can decrease productivity and increase species diversity. In an experimental study at 20 different sites in the Alps and the Jura mountains, we showed that carbon addition decreased the biomass productivity, while nitrogen addition had the opposite effect.

Similar findings were obtained during a greenhouse. Soil taken from the experimental sites in autumn 2003 and 2004, two and three years after the beginning of the carbon addition study described above was brought to the greenhouse. In a bioassay *Poa alpina* and *Festuca rubra*, two grasses common on the field sites, were used as indicator plants. Plant growth was measured during 8 weeks. Plants

growing on soil where sawdust was applied before were smaller compared to plants on nutrient addition plots in both years.

The results show that traditionally managed pastures which are only grazed, harbour the highest biodiversity compared to pastures with an altered management. Already short-term soil amendments can have long lasting effects and can substantially change the vegetation composition. A promising tool to reduce the nitrogen availability in soil is 'inverse fertilisation' with sawdust. It reduces productivity and favours therefore species richness. We thus recommend maintaining traditionally used mountain grasslands to conserve these species rich habitats. Where this is not possible, sawdust can be applied to reduce the nitrogen availability.

Thomas Spiegelberger – CABI Bioscience Switzerland
Rue des Grillons 1, 2800 Delémont
t.spiegelberger@cabi.org

Landschaftskulturen

Cultures et paysages

Tobias Pfeifer-Helke

„Man muss das Auge lehren, die Natur zu betrachten.“ Überlegungen zu einer Geschichte alpiner Naturwahrnehmung jenseits stereotyper Klischees.

Klischees über den alpinen Raum gehören zu den kulturellen Standards im europäischen Bewusstsein: Friedvolles Leben, Idylle, Arkadien oder die Vorstellung unberührter Natur sind nur einige Beispiele aus einer ganzen Reihe weiterer. Zu den Aufgaben der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA gehört es, sich mit solchen und anderen tradierten Alpenvorstellungen zu beschäftigen, um eine nachhaltige und reflektierte Entwicklung des Alpenraumes zu fördern. Es ist bekannt und hinreichend erforscht, dass sich diese und ähnliche Vorstellungen im 18. Jh. entwickelten und seither die Diskussionen über den alpinen Raum massgeblich prägen. Bei genauerer Analyse stellt man jedoch rasch fest, dass die Geschichte der Wahrnehmung des alpinen Raumes vielschichtiger und komplexer ist, als heute bekannt und zahlreiche Zusammenhänge kaum oder noch gar nicht in den Blick genommen wurden. Das ist das Ergebnis meiner Dissertation am Fachbereich Kunst-, Orient- und Altertumswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die sich ausführlich allein mit dem Berner Landschaftsmaler Johann Ludwig Aberli (1723-1786) beschäftigte.

Anliegen meines Dissertationsvorhabens war es, nicht zum wiederholten Male aus dem immensen Material an schriftlichen und bildlichen Quellen zur Geschichte der Wahrnehmung der Alpen die geläufigen und standardisierten Alpentopoi heraus zu arbeiten, sondern eine punktuelle Mikroanalyse vorzulegen. Aus diesem Grund wählte ich allein die vierzehn kolorierten Schweizer Landschaftsansichten, die der Berner Maler in der Zeit von 1766 bis 1784 herausgab. Diese gelten bis heute als Beginn einer idealisierend-verklärenden, idyllischen Naturinszenierung der Schweiz im Bild, deren moderne Nachfahren angeblich die mit blauem Himmel ausgestatteten Touristen-Postkarten sein sollen. Aberlis Malerei wird bis heute als Anfang einer „anhaltenden und immer schamloseren Ausbeutung der landschaftlichen Schönheiten der Schweiz“ gewertet. Solche und ähnliche Einschätzungen werden jedoch nicht dem Berner Maler des 18. Jahrhunderts gerecht, sondern spiegeln aktuelle ökologische und touristische Probleme zweihundert Jahre später.

Meine Beschäftigung mit dem Maler Johann Ludwig Aberli hat einen Sachverhalt zu Tage gefördert, der mich darüber nachdenken lässt, mein Promotionsthema einem grösseren interdisziplinären Kreis vorzustellen, der sich mit alpinen Themen und einer nachhaltig-ökologischen Nutzung des alpinen Raumes beschäftigt. Grund für meine Bewerbung zur Tagung Phil.Alp 2006 ist, dass Aberlis Landschaftsansichten geprägt sind von einem Umstand, den ich als „Ökologie der Wahrnehmung“ bezeichnen möchte. Dabei geht es konkreter um den Begriff des Malerischen, dessen ursprüngliche Bedeutung mit dem Siegeszug der Fotografie und dem Aufkommen einer technisierten Bildindustrie im 19. Jahrhundert verloren ging.

So lässt sich zeigen, dass die Diskussionen um das Malerische in der Schweiz des 18. Jahrhunderts nicht auf standardisierten Bildklischees basierten, sondern ein ganz bewusstes und aktives Sehen von Natur darunter verstanden wurde, das es so in der europäischen Kulturgeschichte bis dahin nicht gegeben hatte.

Gegenstand des Malerischen war für Johann Ludwig Aberli ein Verfahren der Naturbetrachtung, das visuelle Phänomene wie das in einem Baum spielende Sonnenlicht, den Glanz einer glatten Wasserfläche, Farbtöne oder die Beobachtung von Lichtern und Schatten zu einem bewusst reflektierten, dargestellten und kommunizierten Sachverhalt werden liess. Es ging um eine visuelle Beschäftigung mit der Natur ohne darüber hinaus gehende Ansprüche auf die Eroberung des Raums. Das Visuelle stand allein und war nicht an extreme körperliche Grenzerfahrungen gekoppelt. Johann Ludwig Aberli ging es um ein kontemplatives Betrachten der Natur, um das Training einer Fähigkeit, die Gegenstände der Natur bewusst zu erleben, Farben, Lichter, Widerscheine zu beobachten. Das war neuartig! Bis dahin wurde der alpine Raum in erster Linie unter ökonomischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet. Die Natur war Produktionsort, diente als Nahrungsmittel-, Rohstoff- und Energielieferant, indem sie z.B. Bauholz bereit stellte oder Mühlen antrieb. Farberscheinungen, Schattentöne und

Beleuchtungssituationen gehörten nicht in dieses Repertoire. Die Anregung zu einem visuellen Umgang mit der Natur, der seine Begrifflichkeiten der Malerei entlehnt hatte, lag für Aberli in der als „poetischen Mahlerey“ bezeichneten Dichtkunst der Zürcher Gelehrten Johann Jacob Bodmer (1698-1783) und Johann Jacob Breitingen (1701-1776).

Wie „modern“ Aberlis Bilder waren und welches aufgeklärte Potential sich hinter einer angeblich nur an der Topographie der Dinge interessierten Darstellungsabsicht verbarg, machen seine Ansichten des Grindelwaldgletschers deutlich. Typologisch lassen sich diese interessanterweise nicht mit den bis dahin bekannten Darstellungen des Gletschers vergleichen, sondern ähneln eher Wasserfallbildern. Grund dafür ist, dass Aberli die in Bern gängigen Theorien zu Funktion und Bedeutung der Gletscher kannte, wie sie von dem Berner Pfarrer und Naturforscher Gottlieb Siegmund Gruner (1717-1778) in einer ersten umfassenden Publikation zu den Alpen im 18. Jahrhundert formuliert wurden. Aberli schuf für diese das Frontispiz. Gruner setzte sich in den „Die Eisgebirge des Schweizerlandes“ mit verschiedenen Behauptungen über die Gletscher auseinander. So vor allem mit Johann Jacob Scheuchzer (1672-1733), der die Gletscher als vom Boden in die Höhe aufwachsendes Gebirge verstand, bestehend aus einem felsigen und terrestrischen Kern. Ebenso distanzierte er sich von Johann Georg Altmanns Eismeer-Theorie, die von einem Ozean in den Hochalpen ausging und die Gletscher als Auswurf dieses Meers verstand. Gruner bezeichnete dagegen erstmals die Gletscher als gefrorene Flüsse, die von den höchsten Berghängen bis in tiefe Täler hinab reichen. Vor diesem Hintergrund wird verständlich, dass Aberli für seine Darstellung der Lutschinenschlucht sich an Fluss- und nicht mehr an Gebirgsdarstellungen orientierte.

Die Beschäftigung mit den vierzehn kolorierten Veduten Johann Ludwigs Aberlis unter Zuhilfenahme kunsthistorischer Analyseverfahren und Berücksichtigung ihres historischen Entstehungskontextes machen die Ansichten Johann Ludwigs Aberlis uns heute wieder verständlich. Das Beispiel macht deutlich, dass die Geschichte der Wahrnehmung der Alpen viele Überraschungen bereithält, welche die aktuellen Diskussionen um ein ökologisches und nachhaltiges Verständnis des Alpenraumes sinnvoll ergänzen und den Blickwinkel erweitern helfen.

Tobias Pfeifer-Helke – Institut für Kunstgeschichte, Universität Halle-Wittenberg (D)
Beim Schlump, D-20144 Hamburg

tobias_pfeifer@web.de

Digby Thomas

The Meaning of Mountains

Gardens of the Sublime. The English, the Alps, and the Sense of the Landscape.

Introduction

Hypothesis: Landscape is an essential constituent of all human experience of and in the Alps. No understanding of, or negotiation about, the Alps – as a territory to be preserved or exploited – can be possible without reference to landscape. By concentrating on the history of the English relationship with the region and its landscape, it is possible to arrive at a richer understanding of how the appreciation and appropriation of landscape has operated as an essential informative and creative principal in the development of the Alpine region. And how it should continue to do so.

Through this case study of English and the Alpine landscape, we hope to address some fundamental questions about landscape as a general concept: What is landscape? What is the relationship between landscape and nature? How have the aesthetics of the sublime informed modes of landscape appreciation in a way that is essential for the development of the Alps?

Contemporary discourses of nature, particularly those of sustainable development and conservation, continually evoke and concern the question of landscape. This may seem no more than a truism given that for many landscape and nature are virtually synonymous. We would argue that their relationship is far more complex; and yet we would maintain that no politics of nature is possible without recourse to landscape. This is not because landscape is – or should be – considered to be the physical materialisation of nature. It is rather because landscape constitutes the dialectical interface between objective nature and the subjective human. A pure ontology of nature may exist somewhere: in the mind of God or in the considerations of philosophers, but it is not amenable to the kind of negotiations necessary to humanity's continued co-existence in and with the natural world. What is amenable to such negotiation is landscape. By arriving at a persuasive account of this and of what landscape is and is not, we hope to provide a context in which future negotiations about landscapes – and particularly alpine landscapes – may be made less fraught and more fruitful.

Part I. Landscape

Chapter I: Two Exemplary Spots of Literary Landscape

- Some landscape thematics revealed in readings from Petrarch and Wordsworth

Chapter II: Heroic (or Theo-centric) Landscape

- Inherent landscape – an evolutionary perspective
- Mythological landscapes – readings in comparative literature
- City, wilderness and garden – the Biblical foundations of western landscape culture

Chapter III Patriotic (or Ethnocentric) Landscape

- Swiss perspective
 - Landscape as metaphor of national value – neutrality and mountains as its metonymies
 - Ideal symbol sustains compromised Swiss praxis
- British perspective
 - Landscape intertextuality in the English Landscape – Churchill and Shakespeare
 - Territories beyond landscape – Wilfred Owen

Chapter IV: Romantic (or Egocentric) Landscape

- Some lexicography
- Landscape as art, landscape as territory – a chicken and an egg
- The individual as universe unto himself – creator both of self and other.
- Representation and reality – subject and object

Chapter V: Landscape, nature and identity

- Landscape as an historical and cultural paradigm
- Home and Elsewhere – Landscape as the spatial dimensions of Self and Otherness
- A hermeneutics of landscape – mythos or logos?
- Nature and Landscape: ontological ideal and empirical praxis

Part II. The Sublime

Chapter VII: The Transcendental Sublime

- The transcendental sublime is a strong tautology
- The search for a definition of the Sublime is in itself a sublime undertaking
- The sublime is at once an aesthetics and an ethics of transcendence, the stable experience and / or representation of which necessarily undermines its transcendental status
- Though the sublime is not exclusive to Romanticism, the Romantic sublime is unique in that it propounds a transcendence available directly to the individual without reference to supernatural or super-individual agencies or contexts
- From the rhetorical sublime to the categorical sublime – Transcendent form to transcendent content
- Burke's "Delightful terror" and the need for distance. The modulation of that distance can be summarized as the necessary and / or acceptable degree of risk.

Chapter VIII: The Immanent Sublime

- Kant's definition of immanence as being the opposite of transcendence makes the notion of the immanent sublime a strong oxymoron
- Wordsworth's poetic project is to produce just this oxymoron and thus to make its transcendence achievable
- Kant vs. Burke – idealist formalism vs. empirical psychology of feeling
- From an aesthetic to the aesthetic
- From aesthetic category to mode (or ethic) of experience

Chapter IX: The Sublime and the Politics of the Personal

- The sublime is the essential modality of bourgeois individuation
- The egotistical sublime and the ethics of solitude
- Exploding Burke's categories:
 - Colonial transcendence – flags on mountaintops and the ethics of conquest
 - Sporting transcendence and the multiplicity of perception – landscape is not just about seeing

Chapter XI: Towards an Operational Sublime

- Ecologism – Kantian logos?
- Consumerism – Burkian logos?
- Sustainable landscape – Wordsworthian mythos?

Conclusion – The Playground of Europe

Chapter XII: Still Seeking the Abyss

- The sublime: a leitmotif of English appropriations and representations of the Alps
- The alpine landscape is still an essential component of contemporary experiences of the Alps
- Modern experiences are essentially Burkean rather than Kantian. They judge landscape experience in terms of the intensity of the emotion it produces
- They appreciate the alpine picturesque, constructed foregrounds of "typical" alpine architecture and lifestyles

Katja Maus

Vergleichende Beschreibung der Nachtlandschaft – 1979, 1992, 2000

1 Einleitung

- 1.1 Überblick
- 1.2 Abgrenzung der Fragestellung
- 1.3 Definition der Nachtlandschaft
- 1.4 Lichtverschmutzung/Lichtemissionen
- 1.5 Alpen
- 1.6 Bisherige Nutzung der DMSP-OLS-Daten

2 Daten und Methoden

3 Resultate

- 3.1 Nachtlandschaft, 1979, 1992, 2000
- 3.2 Mögliche Nachtlandschaft 1970, 1960, 1950
- 3.3 Lichtemissionen und Schutzgebiete

4 Diskussion

Diese Monographie ist Teil des NFP48 „Landschaften und Lebensräume der Alpen“ im Projekt „Fiat Lux“. In dieser Arbeit wird anhand digitaler und analoger Satellitendaten des Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) der US Amerikanischen Air Force die Schweizer Nachtlandschaft der Jahre 1979, 1992 und 2000 erarbeitet und beschrieben.

Die Nachtlandschaft, die Landschaft zwischen den nautischen Dämmerungen, beinhaltet verschiedene Elemente, Geländeformen, Siedlungen und auch die Lichtverschmutzung ist allerdings im Gegensatz zu ihr als Begriff nicht negativ besetzt.

Bei der Landschaftsbeschreibung wird versucht, typisch alpine Erscheinungen in der Nachtlandschaft wieder zu finden. Eine Rückrechnung anhand der Satellitendaten in Bezug auf Bevölkerungsstatistiken ermöglicht eine Rückschau auf die Nachtlandschaft der Jahre 1970, 1960 und 1950.

Dem Umweltaspekt, den die Landschaft im allgemeinen Verständnis enthält, wird mit einem Vergleich der beleuchteten Flächen und der Landschafts- und Naturschutzgebiete Rechnung getragen.

Katja Maus – Geographisches Institut, Universität Bern
Hallerstrasse 12, 3012 Bern
maus@giub.unibe.ch

Sylviane Neuenschwander

Schneeweisse Schwarznasen. Schafzucht, Industrie und Familie im Oberwallis. Ein ethnographischer Film.

Dieser ethnographische Film befasst sich mit einer lokalen Gesellschaft des Alpenraums. Anhand einer kleinen Gruppe von Züchtern des typischen Oberwalliser Schwarznasenschafes und deren Familien wird der Umgang dieser Menschen mit Modernität und Tradition gezeigt. Es geht um Strukturwandel in der Berglandwirtschaft, der Arbeit in der Industrie und in gesellschaftlicher Hinsicht.

Ein schriftlicher Teil dokumentiert die Dreharbeiten und vertieft sozialanthropologische Themen.

In den letzten 50 Jahren wurde in der Region zwischen Brig und Leuk sowie in den dazu gehörenden Seitentälern die Milchkuh vom weniger arbeitsintensiven Schaf abgelöst, vornehmlich vom Oberwalliser Schwarznasenschaf. Subsistenzlandwirtschaft gibt es hier kaum mehr.

In Eggerberg, einem Dorf an der Südrampe des Lötschbergs, leben Reinhold und seine drei Schafzuchtkollegen sowie deren Familien. Während mehr als einem Jahreszyklus begleitete ich punktuell diese Männer in ihrem täglichen Leben bei ihren landwirtschaftlichen Aktivitäten in der Freizeit, den verschiedenen Anlässen um die Schwarznasenschafzucht, die das Jahr unterteilen, bei ihrer beruflichen Schichtarbeit im Chemiewerk Lonza oder bei der Post, sowie in ihrem Familienleben.

Durch teilnehmende Beobachtung mit und ohne Kamera sowie in semi-strukturierten Interviews ging es darum, folgende Themen zu erforschen:

- Die Motivation dieser Männer, in ihrer Freizeit, neben ihrer beruflichen Tätigkeit im Tal, die anstrengende Arbeit der Schwarznasen-Schafzucht auf sich zu nehmen.
- Die Auswirkungen der gewandelten Form der Berglandwirtschaft sowohl auf die soziale Kohäsion in Familie, Dorf und Region als auch auf die Erhaltung der alpinen Landschaft.
- Die Erfahrungen dieser Männer mit der eidgenössischen Landwirtschaftspolitik und die ganze Problematik der Direktzahlungen sowie die Aufgabe der heutigen Bauern bzw. Nebenerwerbsbauern als Landschaftspfleger.
- Die Anpassung an die sich immer wieder ändernden Umstände der Modernität, indem diese Bergbewohner gewisse Teile ihrer lokalen Kultur und Identität bewahren und andere neu definieren.
- Die verschiedenen Sichtweisen der Generationen zu Arbeit und Freizeit sowie ihre jeweilige Verbindung zum eigenen Boden.
- Die neue Rolle der Frauen/Ehefrauen in der Berglandwirtschaft.

Der fertige Film zeigt die Auswirkungen der Schwarznasen-Schafzucht auf die soziale Kohäsion in Familie, Dorf und Region. Bei den landwirtschaftlichen Tätigkeiten hilft die Verwandtschaft den Männern bei Bedarf. Im Gegensatz zu früher gehen die Frauen heute einer eigenen beruflichen Tätigkeit nach. Bei den Schafschauen und dem anschliessenden geselligen Zusammensein feiern auch Dorf und Region mit. Das Schwarznasenschaf ist eines der Symbole der Oberwalliser Identität.

Die Schwarznasen-Schafzucht hat Einfluss auf die Landschaft, indem durch die Bewirtschaftung des Bodens der Vergandung nachhaltig entgegengewirkt wird.

Im Weiteren kommt zum Ausdruck, dass die Motivation der Züchter keine ökonomische, sondern eine kulturell-soziale ist. Die Schwarznasen werden nicht wegen des Fleisches oder der Wolle gezüchtet. Es geht um die Schönheit. Der riesige Einsatz rund um die Zucht zielt einerseits auf Wettbewerb und, damit verbunden, auf Sozialprestige. Andererseits geht es auch um eine moralische Verpflichtung, nämlich den

von den Vorfahren geerbten Boden zu pflegen, wobei offen ist, ob die junge Generation dies weiterführen wird.

Mein Ziel war es, in diesem Film bewusst den subjektiven Diskurs der ortsansässigen Bevölkerung aufzuzeigen und nicht denjenigen von aussenstehenden Personen.

Sylviane Neuenschwander – Sozialanthropologisches Institut der Universität Bern
Jubiläumsstrasse 43, 3005 Bern

sylviane.neuenschwander@hispeed.ch

Michael Bütler

Gletscher im Blickfeld des Rechts: ausgewählte Beispiele glazialjuristischer Konflikte

Gletscher sind für Tourismus, Berg- und Skisport, Forschung und Kunst, als Naturgefahr und -schönheit sowie als Speicher für die Wasserversorgung und Stromproduktion bedeutsam. Die globale Klimaerwärmung zeigt sich im starken Gletscherschwund und beschäftigt Politik und Gesetzgebung.

Im Buch geht es im ersten Teil um «Sprachliche und naturwissenschaftliche Grundlagen». Der zweite Teil, «Rechtsverhältnisse an Gletschern», befasst sich mit Gemeingebrauch, Hoheit und Eigentum an Gletschergebieten; verschiedene Eigentumsstreitigkeiten werden vorgestellt. Der dritte Teil, «Schutz vor Gletschergefahren», handelt von den Verkehrssicherungspflichten zum Schutz von Siedlungen, Strassen, Bergwegen, Bahnen und Skigebieten vor Eislawinen, Hochwasser, Steinschlag oder Gletscherspalten. Die alpinistischen Sorgfaltspflichten auf Gletschertouren, insbesondere die Anseilpflicht, werden erörtert. Fragen der Haftung, Strafbarkeit und Eigenverantwortung kommen zur Sprache. Gerichtsentscheide zu Gletscherkatastrophen und -unfällen veranschaulichen die Thematik. Der vierte Teil, «Schutz der Gletscher», zeigt, wie Erschliessungen durch Bahnen und Anlagen, Stauseen, militärische Schiessübungen und Flugverkehr die Gletscherlandschaften beeinträchtigen. Umstrittene Entscheidungen illustrieren das Spannungsfeld von Nutzung und Schutz. Erläuterungen über die Zusammenhänge zwischen Gletscherschwankungen und Klimaänderungen sowie über die Massnahmen zum Klimaschutz gemäss Kyoto-Protokoll und CO₂-Gesetz und über die Chancen von Klimaklagen runden das Werk ab.

Die im Jahre 2005 abgeschlossene Dissertation (Universität Zürich) wird im Frühling 2006 im Stämpfli-Verlag, Bern, in der Reihe «Abhandlungen zum schweizerischen Recht» erscheinen.

Michael Bütler – Rechtswissenschaftliches Institut, Universität Zürich
Steinwiesstrasse 76, 8032 Zürich

michael.buetler@bluewin.ch

Naturgefahren

Risques naturels

Luzia Fischer

Monte Rosa Ostwand – Geologie, Vergletscherung, Permafrost und Sturzereignisse in einer hoch-alpinen Steilwand

Atmosphärische Temperaturerhöhung, Gletscherschwund und Permafrostdegradation: Der Zusammenhang ist offensichtlich. Vergletscherte und ganzjährig gefrorene Gebirgsregionen reagieren sehr sensibel auf Änderungen des Klimas, weil die Eistemperaturen oft nahe am Schmelzpunkt liegen. Die klimatischen Entwicklungen während des 20. Jahrhunderts verursachten drastische Veränderungen im glazialen und periglazialen Bereich der Alpen. Am deutlichsten sichtbar sind die Veränderungen am Rückzug der Alpengletscher mit einem gesamten Flächenverlust von 35% zwischen 1850 und 1970 und weiteren 22% zwischen 1970 und 2000. Weniger sichtbare, jedoch auch erhebliche Veränderungen gab es im alpinen Permafrost. Dieser wärmte sich in den letzten Jahrzehnten in den oberflächennahen Schichten um 0.5 bis zu 0.8°C auf.

Die Veränderungen im Oberflächen- und Untergrundeis, verursacht durch die derzeitige atmosphärische Erwärmung, haben einen grossen Einfluss auf die Stabilität von steilen vergletscherten Felswänden. Die Temperatur- und Spannungsfelder sowie die hydrologischen Verhältnisse können sich im anstehenden Fels stark verändern, und die freigelegten Felsflächen sind zusätzlich verstärkter Frostverwitterung ausgesetzt. Dies kann zur Entwicklung von Instabilitäten in Steilwänden führen und eine erhöhte Massenbewegungsaktivität im glazialen und periglazialen Raum der Alpen zur Folge haben. Die Zusammenhänge und Prozesse sind jedoch sehr komplex und bis heute noch wenig erforscht.

In dieser Arbeit ging es darum, die Zusammenhänge zwischen Gletscherschwund und Permafrostdegradation und der erhöhten gravitativen Massenbewegungsaktivität am Beispiel der Monte Rosa Ostwand zu untersuchen.

Die Monte Rosa Ostwand in den Italienischen Alpen ist eine der höchsten Steilwände in den Alpen (2200-4500 m ü. M.). Sie ist von steilen Hängegletschern und Firnfeldern bedeckt und weist grossflächige Permafrostvorkommen auf. In den letzten zwei Jahrzehnten haben die gravitativen Massenbewegungen in der Wand stark zugenommen. Ein grosser Teil der heute aktiven Anrisszonen von Steinschlag-, Felssturz- und Murgangereignissen befindet sich an Stellen, die vor kurzer Zeit eisfrei geworden sind.

Die Vergletscherung der Monte Rosa Ostwand hat sich seit dem letzten Gletscherhöchststand am Ende der kleinen Eiszeit um etwa 1850 sehr stark verändert. Diese Veränderungen wurden anhand von alten Fotos, Karten und Luftbildern rekonstruiert und in einem geographischen Informationssystem (GIS) digitalisiert. Bis etwa 1980 ist ein ziemlich kontinuierlicher Rückgang der Gletscher und Hängegletscher in der Monte Rosa Ostwand sichtbar. In den letzten zwei Jahrzehnten kam es zu einem verstärkten Eisverlust. An gewissen Stellen erreichte der Gletscherrückzug innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte den gleichen Flächenverlust wie in den hundert Jahren zuvor.

Die Permafrostverbreitung wurde mit zwei verschiedenen Modellen abgeschätzt. Dabei war vor allem die untere Grenze des Permafrostvorkommens, wo meist warmer Permafrost (Temperaturen knapp unter 0°C) vorkommt, interessant. Bei einem atmosphärischen Temperaturanstieg kommt es im warmen Permafrost am ehesten zu kritischen Auswirkungen auf die Wandstabilität. Die Modellierungen zeigen, dass etwa die Hälfte bis zu zwei Drittel der Wand Permafrostvorkommen aufweist und die Permafrostuntergrenze sich je nach Exposition und Wandneigung zwischen 3200 und 3700 m ü. M. befindet. Es handelt sich hier jedoch mehr um eine grobe Abschätzung, da die thermischen Bedingungen in der Wand und auch die Oberflächentemperaturen nur ungenau bekannt sind.

Während der Feldarbeitszeit im Sommer 2003 und 2004 wurde eine detaillierte geologische und geomorphologische Karte der Monte Rosa Ostwand erstellt. Auch die aktuellen Anrisszonen von Felssturz-, Eislawinen- und Murgangereignissen wurden aufgenommen.

Vergleicht man die Anrisszonen der gravitativen Massenbewegungen mit der Vergletscherungsgeschichte, der Permafrostverbreitung und der Geologie in der Monte Rosa Ostwand, können aufschlussreiche Zusammenhänge festgestellt werden:

- Viele der aktuellen Anrisszonen von Steinschlag, Felsstürzen und Murgängen liegen in Gebieten, die erst vor kurzer Zeit eisfrei geworden sind.
- Es befinden sich praktisch alle aktiven Anrisszonen in der Höhenstufe des Permafrostes. Viele liegen in der Nähe der Untergrenze des Permafrostvorkommens.
- Viele der aktiven Anrisszonen befinden sich an Lithologieübergängen.

Modellierungen zeigen, dass in einer Situation mit erhöhtem Gletscherstand des Ghiacciaio del Belvedere und gefülltem supraglazialen See wie sie von 2002 bis 2004 herrschte, grosse Felssturz- und Eislawineneignisse aus der Monte Rosa Ostwand eine Gefährdung für besiedelte Gebiete und touristische Infrastrukturen im oberen Valle Anzasca darstellen können. Aufgrund der fortschreitenden Entwicklung der globalen Klimaveränderung muss auch in Zukunft mit Permafrostdegradation und Gletscherrückzug gerechnet werden. Die Entwicklung von instabilen Zonen in der Monte Rosa Ostwand wird anhalten oder sich sogar verstärken.

Auch die Ostschweizer und Glarner Alpen weisen Gletscher und Permafrostvorkommen auf, die seit einigen Jahrzehnten starken Veränderungen unterliegen. Die Entwicklung von Instabilitäten und erhöhter gravitativer Massenbewegungsaktivität in periglazialen Steilwänden ist nicht nur für die untersuchte Monte Rosa Ostwand, sondern für den ganzen Alpenraum ein wachsendes Thema. Durch die Veränderungen in diesen Steilwänden kann es zu starken Verschiebungen von Gefahrenzonen kommen und das Auftreten von sehr grossen Fels- und/oder Eislawineneignissen ist aufgrund der sich stark verändernden Untergrundverhältnisse nicht auszuschliessen.

Luzia Fischer – Geographisches Institut, Universität Zürich
Schürbungert 45, 8057 Zürich

luzfisch@geo.unizh.ch

Martin Ammann

Wie gut schützen abgestorbene Bäume gegen Lawinen, Steinschlag und Rutschungen?

Die Fichte (*Picea abies*) ist die häufigste Baumart im europäischen Gebirgswald und damit von sehr grosser Bedeutung für die Schutzwirkung des Waldes gegen Naturgefahren. Nach extremen Sturmereignissen (z.B. Vivian 1990, Lothar 1999) können in den Folgejahren durch den Befall des Borkenkäfers (*Ips typographus*) Fichtenwälder grossflächig absterben. In der hochmontanen und subalpinen Stufe wirkt sich dieser Prozess besonders gravierend aus, da dort der Fichtenanteil häufig nahe bei 100% liegt. In diesen Lagen benötigt die natürliche Verjüngung mehrere Jahrzehnte (30-70 Jahre) bis sie wieder schutzwirksam wird. Geht der Zerfall des Altbestandes und die Zersetzung des Totholzes sehr rasch vor sich, besteht die Gefahr, dass während einer Zeitspanne die Schutzwirkung des Waldes unter ein kritisches Niveau absinkt. Über die Verjüngungszeiträume solcher der natürlichen Sukzession überlassenen Flächen gibt es relativ zuverlässige Daten, über die Abnahme der Schutzwirkung des abgestorbenen Altbestandes ist jedoch nur sehr wenig bekannt.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, das Verhalten abgestorbener Bäume bei mechanischer Belastung, wie sie durch die Naturgefahren Lawinen und Schneegleiten, Steinschlag und Rutschungen verursacht werden, zu analysieren und den Einfluss von holzzeretzenden Pilzen auf die Festigkeit der Stämme zu bestimmen.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Fallstudie im Gandbergwald bei Schwanden im Kanton Glarus durchgeführt. Nach dem Sturm Vivian starb dort in den Jahren 1992-97 ein Gebirgsfichtenwald grossflächig ab (ca. 100 ha). Auf Borkenkäferbekämpfung und Holznutzung wurde in diesem Waldgebiet verzichtet. Durch diesen mutigen Entscheid entstand ein einmaliges Fallbeispiel im Schweizer Alpenraum für Lehre und Forschung an welchem die natürliche Waldentwicklung im Schutzwald beobachtet werden kann. Nach ca. 5-10 Jahren brechen die meisten toten Bäume in 4-10 Metern Höhe über Boden ab und es verbleibt ein bis zu mehreren Metern hoher Stumpf (nachfolgend Stirzel genannt), der noch längere Zeit stehen bleibt.

In unserer Untersuchung wurde die mechanische Stabilität von solchen Stirzel zu einem Zeitpunkt gemessen, wo die Zersetzung des Holzes bereits begonnen hat. Mit Experimenten im Feld und im Labor wurden Festigkeitseigenschaften des toten Holzes getestet und die für den Holzabbau verantwortlichen Pilzarten bestimmt. Mit Umziehversuchen im Gelände an ganzen Stirzeln wurde eine statische Belastung, wie sie im Winter durch Schneebewegungen entsteht, simuliert. Bei einem Steinschlagtreffer ist der Baum dynamischen, stossartigen Belastungen ausgesetzt. Auf einer stationären Anprallanlage wurde deshalb mit einem Fallgewicht die Bruchschlagarbeit von Baumstämmen aus dem Untersuchungsgebiet bestimmt und mit den Werten von frisch gefälltem Holz verglichen. Zusätzlich wurden Fäuleerreger aus den Bruchflächen der beprobten Stämme isoliert und die häufig vorkommenden Pilzarten identifiziert. Das Wurzelsystem der Stirzel trägt zur Stabilisierung des Bodens gegen Rutschungen bei. Neben der räumlichen Verteilung der Wurzeln ist hier die Zugfestigkeit der entscheidende Parameter. Im Labor wurde die Zugfestigkeit an ausgegrabenen Wurzeln von abgestorbenen Bäumen und von frisch gefällten Fichten ermittelt und verglichen.

Die Umziehversuche führten bei 82 % der Stirzel dazu, dass der Stamm oberirdisch brach und nur bei 18 % der Versuche kam es zur Entwurzelung des Stirzels. Die im Labor ermittelten Werte zur Zugfestigkeit der Wurzeln lassen ebenfalls auf eine langsamere unterirdische Zersetzung schliessen. Jedoch ist auch bei den Wurzeln eine Abnahme der Zugfestigkeit durch die Zersetzung feststellbar. Bei den dynamischen Belastungen konnten zwischen frisch gefällten Stämmen und dem Stirzelholz signifikante Unterschiede nachgewiesen werden. Die Resultate widerspiegeln die rasche Zersetzung oberirdischer Baumteile. Die Fäuleerreger können die Festigkeit des Holzes bereits 10 Jahre nach dem Absterben der Bäume deutlich reduzieren. Als Verursacher der raschen Zersetzung und der Festigkeitsabnahme des Holzes wurde der rotbrandige Baumschwamm (*Fomitopsis pinicola*) identifiziert. Er kam in 68.7% der entnommenen Proben vor.

Da sich bei einem entwurzeltten Stirzel aus dem aufragenden Wurzelteller Steine herauslösen können, was

zu Steinschlagereignissen führen kann, und der verwundete Boden hinter dem Wurzteller Ausgangspunkt für Erosion und Rutschungen sein kann, ist das ermittelte Bruchverhalten der Stirzel für die Schutzwirkung förderlich. Die rasche Zersetzung des oberirdischen Holzes und die langsamere Abnahme der Wurzelzugfestigkeit deuten aber auch darauf hin, dass je nach Standort kritische Perioden bezüglich der Schutzwirkung entstehen können, vor allem wenn die Verjüngung nur langsam aufkommt.

Die Studie zeigt, wie ein abgestorbener Fichtenwald auch in der Zerfallsphase Schutz gegen Naturgefahren bietet. Die Resultate der Studie tragen damit zum besseren Verständnis der Schutzwirkung von Totholzflächen bezüglich Naturgefahren bei und dienen als Grundlage für Managemententscheidungen bei der Bewältigung zukünftiger Borkenkäferkalamitäten.

Martin Ammann – Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Abteilung Wasser-, Erd- und Felsbewegungen, Forschungsbereich Naturgefahren
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

martin.ammann@wsl.ch

Armin Rist

Hydrothermale Prozesse in der Auftauschicht über alpinem Permafrost und ihr Einfluss auf die Hangstabilität in steilen Schutthalden

Permafrost erstreckt sich über ein Viertel der Erdoberfläche, das heisst in diesen Gebieten ist der Untergrund ständig gefroren, nur die oberste Schicht taut im Sommer auf und wird deshalb als Auftauschicht bezeichnet. Dieser thermische Faktor beeinflusst nicht nur ein breites Spektrum von Ökosystemen in polaren und alpinen Regionen, sondern auch das menschliche Leben. In den Alpen kommt Permafrost diskontinuierlich oberhalb von ca. 2500m ü. M. vor und nimmt eine Fläche von ca. 5-6% ein. Dennoch ist er von grosser Bedeutung, da er einerseits als Baugrund für Infrastrukturen in hochalpinen Lagen wie Bergbahnstationen, Liftanlagen, und Lawinenverbauungen sehr spezielle Anforderungen stellt. Andererseits kann die mögliche Degradation alpinen Permafrostes durch den Klimawandel zur Destabilisierung von Hängen und Felswänden und damit zu Naturgefahren wie Murgang, Steinschlag oder Felssturz führen. Die Ostschweizer Alpen sind davon besonders stark betroffen, da hier neben den Walliser Alpen die grössten Permafrostvorkommen der Schweiz liegen.

Auf steilen Schutthalden im alpinen Permafrost besteht insbesondere die Gefahr, dass mit dem sich ändernden Klima die Auftauschicht mächtiger wird, mehr Niederschlag fällt und der Schnee im Frühjahr schneller schmilzt, was zu höheren Infiltrationsraten führt. Das infiltrierte Wasser sickert durch die Auftauschicht, erhöht deren Wassergehalt und erwärmt diese, staut sich dann auf dem undurchlässigen Permafrostkörper und fliesst darauf hangabwärts. Bei diesem unterirdischen Abfluss kann die gesamte Auftauschicht auf der Permafrostoberfläche abgleiten. In einem vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützten Projekt wird deshalb untersucht, wie Wasser- und Wärmehaushalt in der Auftauschicht über alpinem Permafrost interagieren und wie sich diese Prozesse auf die Hangstabilität von Schutthalden auswirken. Diese Fragestellung wird sowohl durch Messungen unter realistischen Feldbedingungen als auch durch gut kontrollierbare Laborexperimente untersucht.

Die Feldmessungen wurden in einer NW-exponierten, 38° steilen Halde aus Gneiss-Schutt am *Muot da Barba Peider* (2980m ü. M.) oberhalb von Pontresina (Oberengadin) in den Ostschweizer Alpen durchgeführt. Im Sommer 2003 wurden diverse Messinstrumente im Hang installiert und diese liefern seither ganzjährig Daten. Neben Untergrundtemperaturen und Wärmefluss zwischen Permafrost und Auftauschicht als thermischen Parametern wurden Infiltrationsrate, Wassergehalte, elektrische Wasserleitfähigkeit, Grundwasserfluss über den Permafrostspiegel und vertikaler Wasserdampffluss als hydrologische Parameter gemessen. Mit einem Bohrloch-Inklinometer wurde zusätzlich das vertikale Deformationsprofil des Hanges bestimmt. Es zeigte sich, dass unter dem isolierenden Einfluss der hochwinterlichen Schneedecke die Bodentemperaturen nur langsam und zeitverzögert auf die Temperaturschwankungen der Atmosphäre reagieren. Während dieser Zeit bewegte sich der Hang nicht. Doch sobald Schneeschmelzwasser in den Untergrund eingedrungen war, stiegen die Bodentemperaturen in der Auftauschicht abrupt an, was mit der latenten Energie erklärt werden kann, die beim Wiedergefrieren des Wassers im kalten Untergrund frei wird. Die Infiltration von Schmelzwasser löste ausserdem einen sprunghaften Anstieg der talwärts gerichteten Kriechbewegung des Hanges aus.

Um zu untersuchen, welche Bedingungen zu einem Abrutschen der Auftauschicht auf dem darunter liegenden Permafrostspiegel führen, wurden in der Klimakammer Laborexperimente durchgeführt. Der Permafrost wird durch einen Block aus gefrorenem Sand simuliert, dessen Oberfläche den vordefinierten Scherhorizont bildet. Ein aufgesetzter Rahmen wird mit dem zu testenden granulären Material befüllt, das direkt mit dem artifiziellen Permafrost in Kontakt steht und somit die Auftauschicht repräsentiert. Die ganze Anordnung wird nun kontinuierlich steiler gestellt bis die simulierte Auftauschicht abrutscht. Auf diese Weise kann der sog. innere Reibungswinkel in Abhängigkeit von Korngrösse und Wassergehalt der simulierten Auftauschicht, sowie Oberflächenrauigkeit und Eisgehalt des artifiziellen Permafrostspiegels bestimmt werden. Erste Ergebnisse zeigten, dass die simulierte Auftauschicht nur in feuchtem Zustand als gesamter Block abrutscht, was auf die innere Bindung durch die Kapillarspannung zurückgeführt werden kann. Ist das Granulat hingegen trocken, rollen beim Erreichen des inneren Reibungswinkels lediglich Einzelkörner an der Oberfläche hangabwärts. Dies ist in der Realität deutlich weniger gefährlich.

Während die Ergebnisse der Laborversuche dazu dienen, die mechanischen Bedingungen für eine Hangrutschung in alpinen Permafrostgebieten besser zu verstehen, helfen die Feldmessungen, die hydrothermalen Bedingungen und damit den Zeitraum einzugrenzen, in welchem diese kritischen mechanischen Bedingungen auftreten. Auf dieser Grundlage können die hydrothermalen Prozesse in alpinen Permafrostgebieten mit einem dreidimensionalen Massen- und Energiebilanzmodell wie z.B. dem am SLF entwickelten Programm *Alpine_3D* räumlich und zeitlich simuliert und damit die Hangstabilität für verschiedene geologische, topographische und meteorologische Situationen besser eingeschätzt werden.

Armin Rist – Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos
Flüelastrasse 11, 7260 Davos Dorf

rist@slf.ch

Alexandre Badoux

Waldwirkung auf Hochwasser – wissenschaftliche Erkenntnisse und ihre Umsetzung

Wald reduziert den Jahresabfluss sowie, unter gewissen Voraussetzungen, Hochwasserabflüsse. Diese zweite Eigenschaft ist für die Forstwirtschaft und für das Management von Naturgefahren von grosser Bedeutung. Wissenschaftliche Arbeiten weisen darauf hin, dass der Waldeinfluss auf Hochwasser stärker vom Waldboden abhängt als vom Typ, Alter oder Zustand des Bestandes. Nach dem heftigen Wintersturm Lothar im Dezember 1999 ergab sich eine Möglichkeit, Untersuchungen zu diesem Forschungsthema im schweizerischen Emmental (Kanton Bern) durchzuführen. Dort hatte der Orkan im Wildbacheinzugsgebiet des Sperbelgrabens erhebliche Waldschäden verursacht. In einem so genannten «nested approach» wurden die dominanten Abflussprozesse und Abflussmechanismen auf verschiedenen Massstabsebenen untersucht und abgeschätzt, in welchem Ausmass die Waldschäden diese beeinflussen.

Hauptziele der vorliegenden Dissertation waren, (1) die dominanten Abflussprozesse während künstlichen Beregnungen oberhalb von Bodenprofilen und während natürlichen Niederschlagsereignissen auf etwas grösseren Parzellen zu ermitteln; zudem wurden die Resultate dieser Untersuchungen mit einer Waldstandortskarte verglichen und deren Eignung zur Abschätzung hochwasserrelevanter Flächen getestet; (2) die Abflussmechanismen während Hochwasserereignissen in zwei von Lothar unterschiedlich beeinträchtigten Kleineinzugsgebieten zu beurteilen und den Einfluss der Sturmschäden auf dieser Massstabsebene abzuschätzen; (3) die unter (1) und (2) gewonnen Erkenntnisse durch die Anwendung eines hydrologischen Modells (PREVAH) zu überprüfen. Des Weiteren wurde die Eignung dieses konzeptionellen, hydrotopbasierten Modells für kleinskalige Einzugsgebiete getestet.

In Kapitel II ist die Analyse von Bodenprofilen und die jeweilige Beregnung von 1m²-Flächen unmittelbar oberhalb dieser Profile beschrieben. Diese Untersuchungen wurden durch Messungen des Oberflächenabflusses auf Plots (50 bis 110 m²) ergänzt. Die Resultate legen nahe, dass Oberflächenabfluss im Untersuchungsgebiet ausschliesslich auf zwei Arten generiert wird. Auf vergleyten Flächen verursacht eine rasche Bodensättigung «saturation overland flow» von beträchtlichem Ausmass (Oberflächenabflusskoeffizienten bei Beregnung: 0.39 – 0.94). Demgegenüber führen auch Stauschichten in unterschiedlichen Tiefen auf den gut durchlässigen Braunerden nie zur Wassersättigung des Bodens. Stattdessen entsteht Oberflächenabfluss als «Hortonian overland flow», wenn eine hydrophobe, organische Auflage vorliegt (Abflusskoeffizienten bei Beregnung: 0.01 – 0.16). Dieses Muster konnte auf beiden betrachteten Massstabsebenen beobachtet werden. Abflüsse, die durch hydrophobe Reaktionen der Auflage entstehen, waren auf den Plots jedoch weniger ausgeprägt zu beobachten. Während den Starkregensimulationen wurde oberflächennaher Zwischenabfluss ausschliesslich auf den vernässten Gleyböden festgestellt. Auf den Braunerden entlang steiler Hänge dominierte hingegen die Sickerung des aufgetragenen Wassers in grössere Tiefen. Das ermittelte Abflussverhalten auf beiden Ebenen lässt sich anhand der die Böden und die Vegetation beschreibende Waldstandortskarte gut ableiten.

In Kapitel III wurde das Abflussverhalten zweier vom Sturm Lothar verschieden stark betroffener Kleineinzugsgebiete (≈ 2 ha) untersucht. Die während einer dreijährigen Messperiode erfassten Abflussdaten aus den Einzugsgebieten wurden unter Berücksichtigung der Resultate der Oberflächenabflussplots interpretiert. Dazu kam auch die Waldstandortskarte zum Einsatz, um Plotinformationen auf grössere Flächen anzuwenden. Langfristig lieferte das schwach beschädigte Kleineinzugsgebiet (SC1) weniger Abfluss als das stark beschädigte (SC2). Dies gilt auch für die bestimmten Direktabflussmengen während Hochwasserereignissen. Dennoch war es nicht möglich, die beobachteten Unterschiede auf das unterschiedliche Schadenausmass in den Kleineinzugsgebieten zurückzuführen, da die Bilanzen von SC1 und SC2 Wasserverluste durch Tiefensickerung in beiden Gebieten zu erkennen gaben. Untersuchungen auf der Massstabsebene der Plots ergaben jedoch, dass örtlich auftretende Bodenstörung sowie die Verdichtung der Oberböden (mechanisierte Räumung) bloss eine limitierte Wirkung auf die Oberflächenabflussbildung haben. Das hydrologische Verhalten der Kleineinzugsgebiete während Hochwasserereignissen wird jedoch stärker von kleinskaligen geomorphologischen Faktoren beeinflusst: (i) Während kurzen und intensiven Regenfällen erwies sich das Gerinnesystem als entscheidend. Bei solchen Ereignissen wies meist dasjenige Kleineinzugsgebiet mit der grösseren Gerinnesdichte die höheren Abflussspitzen auf (SC1). (ii) Während lang anhaltenden und wenig intensiven Niederschlägen spielte hingegen der Anteil der Feuchtfächen am Einzugsgebiet eine ausschlaggebende Rolle und führte zu höheren Abflussvolumina in SC2.

Das Kapitel IV bezieht sich auf die für das Untersuchungsgebiet durchgeführten hydrologischen Modellierungsexperimente. Dabei wurden einerseits die Wasserbilanzen des gesamten Sperbelgraben-Einzugsgebietes (54 ha) sowie der Kleineinzugsgebiete (≈ 2 ha) simuliert und andererseits ein besonderes Augenmerk auf die Nachbildung einzelner Ereignisse in SC1 und SC2 geworfen. Die Modellierung des Sperbelgrabens mit PREVAH in stündlicher Zeitauflösung basierte auf 25×25 m² Rasterzellen, welche zu Hydrotopen aggregiert wurden. Simulationen der Wasserbilanz ergaben einen Wasserverlust infolge Tiefensickerung aus dem Gebiet von rund 200 mm pro Jahr, was mit früheren Studien übereinstimmt. Der kalibrierte Modellparametersatz lieferte stabile Resultate und befriedigende lineare Gütekriterien. Dieser wurde in der Folge für die Modellierung der Kleineinzugsgebiete unter Anwendung kleinerer Rasterzellen (2×2 m²) übernommen. Die Berechnungen bestätigten die Anwendbarkeit von PREVAH selbst für diese sehr kleinen Gebiete. Dies konnte aber nur mittels der Einführung eines neuen konzeptuellen dynamischen Terms bewerkstelligt werden, der eine schnelle Drainage von kleinen Einzugsgebieten während gewitterartigen Niederschlägen zulässt. Ausserdem bestätigten die Modellergebnisse das Auftreten von beträchtlichen Wasserverlusten infolge Tiefenversickerung auch auf dieser Massstabsebene. Der Vergleich von simuliertem Oberflächenabfluss mit Messungen auf den Plots zeigte schliesslich den Bedarf nach einem noch fundierteren Prozessverständnis in der konzeptuellen Modellierung auf.

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit ergaben, dass in naturnahen Wäldern, wie jenen im Sperbelgraben, die natürlichen Störungen durch den Wintersturm Lothar besser bewältigt wurden als zu erwarten war. Die festgestellten Auswirkungen auf die Abflussprozesse waren erstaunlich gering. Wasserverluste aufgrund von Tiefensickerung in den Kleineinzugsgebieten erschwerten die Abschätzung des Einflusses der Sturmschäden auf Hochwasserabflüsse auf dieser Massstabsebene. Betrachtet man jedoch einzelne Plots oder ganze Hänge, fielen die Auswirkungen von Lothar und der damit verbundenen mechanisierten Räumungsarbeiten sehr begrenzt aus. Die Waldböden wurden zwar lokal von umgeworfenen und gebrochenen Bäumen in Mitleidenschaft gezogen, ihre hydrologischen Eigenschaften blieben jedoch grossflächig weitgehend bestehen. Die Räumung von Sturmholz verursachte nur an vereinzelt Stellen des Untersuchungsgebietes Bodenverdichtung und eine damit verbundene (vermutlich mittelfristige) erhöhte Oberflächenabflussbildung.

Alexandre Badoux - Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Abteilung Wasser-, Erd- und Felsbewegungen
Zürcherstrasse 111, 8093 Birmensdorf
alexandre.badoux@wsl.ch

Klimageschichte

Le climat du passé

Theo Jenk

Rekonstruktion von Klima und anthropogenen Einflüssen im Alpenraum anhand eines Eisbohrkerns vom Fiescherhorngletscher

Im Dezember 2002 wurde auf dem Fiescherhorngletscher (Berner Oberland, 3900 m ü. M.) in einer einwöchigen Kampagne bei Temperaturen um bis zu -27°C ein 150 m langer Eisbohrkern entnommen.

Dieser Kern wurde anschliessend in gefrorenem Zustand ans Paul Scherrer Institut (PSI) transportiert. Über mehrere Jahre wurde der Kern erst in einem Kühlraum, anschliessend mit verschiedenen Analysemethoden wie z.B. Ionenchromatographie (IC), Isotope Ratio Massenspektrometrie (IRMS) und Beschleuniger Massenspektroskopie (AMS) aufgearbeitet und ausgewertet. Durchgehende Rekonstruktionen von ca. 300 Jahren auf verschiedene Ionen, stabile Isotope ($\delta^{18}\text{O}$, δD) sowie eingelagerte, kohlenstoffhaltige Partikel liegen vor.

Die Verläufe einiger Ionen sowie die stabilen Isotope zeigen saisonale Variabilitäten und wurden in einem ersten Schritt zur Datierung des Kerns verwendet. Zusätzlich erlauben diese Parameter aber auch eine Rekonstruktion des Temperaturverlaufs, der Niederschlagsmengen sowie von natürlichen und anthropogenen Einflüssen wie Waldbrände, Vulkanausbrüche, Saharastaubfälle oder Verbrennung fossiler Brennstoffe über den abgedeckten Zeitraum. Solche Rekonstruktionen wurden anhand der erhaltenen Daten durchgeführt. Die Resultate wurden z.T. anhand glaziologischer Daten unterstützt (z.B. Datierung) oder mit Hilfe anderer Klimaarchive und direkten Messwerten von Messstationen kalibriert und validiert.

Bei der verwendeten Analytik zur Rekonstruktion biogener und anthropogener Emissionen von kohlenstoffhaltigen Partikeln handelt es sich ausserdem um eine erstmalige Anwendung für Eisproben. Neben der Tatsache, dass solche Partikel gesundheitsschädigend sind, beeinflussen sie den Strahlungshaushalt und somit das Klima der Erde auf zwei Arten. Einerseits durch eine direkte Auswirkung, indem sie einfallendes Licht streuen und absorbieren, und andererseits durch eine indirekte Auswirkung aufgrund ihrer Eigenschaft als Kondensationsnuklei bei der Wolkenbildung. Das Ausmass dieses Beitrags an die Gesamtheit der klimarelevanten Faktoren ist bis heute ungeklärt und deshalb sind zeitlich weiter zurückreichende Rekonstruktionen von grosser Bedeutung. Mit derselben Methode war es zusätzlich möglich, sehr altes Eis nahe des Felsbetts zu datieren, was bisher mit keiner anderen Methode möglich war. So ist es gelungen, das vermutlich älteste Eis in den Alpen am Colle Gnifetti mit einer Genauigkeit von einigen 100 Jahren zu datieren und somit eine Interpretation der in diesem Eis gefundenen Parameter zu ermöglichen.

Theo Jenk – Departement für Chemie und Biochemie, Universität Bern und Paul Scherrer Institut, Villigen
Freiestr. 3, 3012 Bern

theo.jenk@iac.unibe.ch

Regula Frauenfelder

Regional-skalige Modellierung des Auftretens und der Dynamik von Blockgletschern und der Verbreitung von Paläopermafrost

Ungefähr 5% der schweizerischen Landesfläche befinden sich im Verbreitungsgebiet des alpinen Permafrost, sind also in der Tiefe ganzjährig gefroren. Zu den auffälligsten Landschaftselementen in diesen Regionen zählen die zahlreich vorkommenden Formen des kriechenden Permafrosts, sogenannte Blockgletscher. Diese entwickeln sich aus sehr eisreichem Schuttmaterial und kriechen unter Einfluss der Schwerkraft talwärts. Obwohl in den letzten Jahrzehnten grosse Fortschritte in der Blockgletscher- und Permafrostforschung erzielt wurden und heute wichtiges und detailliertes Wissen über einzelne Blockgletscher vorliegt, ist das Verständnis der intra-regionalen Variabilität des Blockgletscherauftretens immer noch eingeschränkt.

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit Aspekten, die in Zusammenhang mit dem regionalen Verbreitungsmuster von Blockgletschern stehen, insbesondere derer von Schutthalden-Blockgletschern (sogen. talus-derived Blockgletschern). Ein spezielles Augenmerk gilt dabei der Prozesskette, die mit der Verwitterung von Felswänden beginnt und über Steinschlag und Akkumulation von Schutthalden zur Schuttdislokation durch Permafrostkriechen führt, also zur Bildung von Blockgletschern. Ebenfalls untersucht worden sind das Relativalter von Blockgletscher(oberfläche)n, verschiedene numerische Ansätze zur Modellierung der räumlichen Blockgletscherverbreitung sowie mit der Ausdehnung von Permafrost in vergangenen Jahrhunderten bis Jahrtausenden im Oberengadin.

Konkret wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Mittels photogrammetrischer Methoden sowie der Messung von Schmidt-Hammer Rückprallwerten und Verwitterungsrinden-Dicken wurde eine relative Alterschronologie von sechs Blockgletschern ermittelt. Anhand der dabei erlangten Resultate konnte das Alter alpiner Blockgletscher abgeleitet werden.
- Die Zusammenhänge zwischen Gelände- und Blockgletscherparametern wurden statistisch an einer Stichprobe von 84 Blockgletschern untersucht. Dabei standen zwei Hauptfragestellungen im Mittelpunkt: (a) Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Grösse schuttliefernder Felswände, stellvertretend für die Menge des gelieferten Schutts, und der Blockgletschergrösse? (b) Ist die Geschwindigkeit eines Blockgletschers abhängig von klimatischen und/oder topographischen Faktoren?
- Die potentielle Verbreitung von Blockgletschern wurde mit einem geomorphometrischen Ansatz berechnet und es wurde ein Modell entwickelt, das die Simulation der raum-zeitlichen Entwicklung und Verbreitung von Schutthalden-Blockgletschern erlaubt.
- Schliesslich wurde die Depression der Untergrenze des Permafrosts während der Jüngerer Dryas und der kleinen Eiszeit (in Bezug auf die Höhe der heutigen Permafrost-Untergrenze) anhand von Messungen an relikten Blockgletschern abgeschätzt.

Es konnte u.a. gezeigt werden, dass:

- einige der untersuchten Blockgletscher seit vielen tausend Jahren in Bewegung sind,
- Blockgletscheroberflächen fließbandähnliche Zeitabfolgen von Schutt darstellen, die bis ins Spätglazial zurückreichen,
- das bisher entwickelte Konzept zur Genese und Entwicklung von Blockgletschern in seinen groben Zügen sinnvoll ist (Permafrost + Lockermaterial + geeignete Topographie + Zeit),
- die Länge kriechender Blockgletscher als Funktion von Zeit und Fließgeschwindigkeit eher von den mikroklimatischen-thermischen Bedingungen als von den Spannungsverhältnissen innerhalb des Permafrosts abhängig ist,
- die Untergrenze des Permafrosts im Oberengadin seit 1850 um ca. 160 m angestiegen ist,

- diese Untergrenze noch während der Jüngeren Dryas – am Ausgang der letzten Eiszeit – rund 500 bis 600 m tiefer gelegen sein dürfte als heute,
- das Vorhandensein von Permafrost und dessen Veränderung weitreichende Folgen für bautechnische und planerische Massnahmen in Hochgebirgsregionen haben.

Die Dissertation setzt sich aus einem Manuskript und fünf Publikationen zusammen. Die Studien, über die berichtet wird, wurden mehrheitlich im Gebiet der östlichen Schweizer Alpen, mit Schwerpunkt Oberengadin, durchgeführt.

Regula Frauenfelder – Geographisches Institut, Universität Zürich
Dept. of Geosciences, University of Oslo, P.O. Box 1047, Blindern, N-0316 Oslo
regula.frauenfelder@geo.unizh.ch

Biologische Antworten auf die Klimazukunft

Réponses de la nature au climat futur