



Geosciences ACTUEL

3/2009



sc | nat 

Geosciences

Platform of the Swiss Academy of Sciences

Titelbilder:

Gross: SSW-Sicht auf die Lepontinischen Alpen vom Pizzo Forno aus (Bild: Julien Allaz);
Klein: Geologie-Studentinnen im Feldkurs (Bild: Guido Derungs)

Images de couverture:

Grande image: Vue SSW sur les Alpes simplio-tessinoises et italiennes depuis le Pizzo Forno |
Alpe Sponda (Photo: Julien Allaz);
Petite image: Etudiantes en géologie sur le terrain (Photo: Guido Derungs)

IMPRESSUM**Herausgeber:**

Platform Geosciences, Swiss Academy of Sciences (SCNAT)

Redaktion | Rédaction:

Edith Oosenbrug (eo), Platform Geosciences
Bianca Guggenheim (bg), Platform Geosciences
Pierre Dèzes (pd), Platform Geosciences

Redaktionskomitee | Comité de rédaction:

Alex Blass (ab), AF-Colenco AG, Baden-Dättwil
Saskia Bourgeois (sb), Meteotest, Bern
Danielle Decrouez (dd), Muséum d'histoire naturelle, Genève
Elisabeth Graf Pannatier (egp), WSL, Birmensdorf
Silvia Guglielmetti (sg), Pöyry Infra AG, Zürich
Christian Meister (chm), Muséum d'histoire naturelle, Genève
Edith Oosenbrug (eo), Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Marcel Pfiffner (mp), Landesgeologie, Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Wabern

Beiträge | Contributions:

Die nächsten Redaktionsschlüsse: 30. September 2009, 31. Dezember 2009, 31. März 2010.
Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge verantwortlich.
Prochains délais rédactionnels: 30 septembre 2009, 31 décembre 2009, 31 mars 2010.
Les auteurs sont responsables du contenu de leur article.

Abonnement:

CHF 20.– pro Jahr für 4 Ausgaben / par année pour 4 éditions

Redaktionsadresse | Adresse de la rédaction:

Geosciences ACTUEL, ETH-Zentrum NO F 45, 8092 Zürich, Tel. 044 632 65 38
redaktion@geosciences.scnat.ch www.geosciences.scnat.ch

Layout | Mise en page:

Olivia Zwyygart

Druck | Impression:

Umschlag: Albrecht Druck und Satz, Obergerlafingen, Inhalt: Reprozentrale ETH Zürich
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier, mit finanzieller Unterstützung der ETH Zürich

Auflage | Tirage: 950 Ex.

ISSN 1662-2480

4 Editorial**5 Aus der Akademie | Nouvelles de l'Académie**

Eine Geschäftsstelle für die Schweizerische Hydrologische Gesellschaft

Un secrétariat pour la Commission suisse d'hydrologie

Schnee, Eis und Wasser im Alpenraum: Das System wird umgekrempelt

Neige, glace et eau dans la zone alpine: le système est chamboulé

14 Aus der Forschung | Nouvelles de la recherche

Eiszeiten und Klimawandel im Wehntal

Steigende Waldgrenzen und fossile Wälder im Ural:

Zeugen des Klimawandels

Grundwasser im Fokus der Klimaänderung

25 Forschung und Praxis | Recherche et applications

Mobiltelefone helfen vor Ort bei der Einschätzung der Lawinengefahr

Bauen im Permafrost

31 Aus der Praxis | Nouvelles des praticiens

Das Mont Terri Felslabor wird eine Kernaufgabe der Landesgeologie

33 Dies und Das | Communications diverses

Nachruf auf Rudolf Trümpy

Gletscher und Geigen – oder wie Wissenschaft über Musik den Gesellschaftsdialog findet

Wandern mit dem Jungfrau Klimaguide

Se promener avec le Guide du climat de la Jungfrau

40 Neuerscheinungen | Nouvelles publications

Une famille de géologues, les Lapparent

Johann Jakob Scheuchzer: Les fossiles témoins du déluge

10 Jahre Forschung am Mont Terri

44 Veranstaltungen | Calendrier des manifestations**46 Stellenausschreibung | Offre d'emploi****47 Gesellschaften und Kommissionen der «Platform Geosciences» |
Commissions et sociétés de la «Platform Geosciences»**

Liebe Leserin, lieber Leser

Wir freuen uns über die Geburt der zweiten Tochter unserer neuen Redaktorin Bianca Guggenheim! Uma ist am 13. August 2009 zur Welt gekommen. Bianca bezieht nun bis Ende des Jahres ihren Mutterschaftsurlaub. Wir sind deshalb sehr froh, dass sich Edith Oosenbrug bereit erklärt hat, die Redaktionsarbeit nochmals zu übernehmen und Bianca zu vertreten. So können wir die September- und Dezemberausgaben unserer Zeitschrift trotzdem sicherstellen. Das Layout übernimmt während dieser Zeit Olivia Zwygart, die Grafikerin der Akademie der Naturwissenschaften. Bestimmt können Sie bereits in dieser Nummer feststellen, dass die Erscheinung des Geosciences ACTUEL von Olivias Können profitiert und ein leichtes Facelifting erfahren hat. Ein grosses Dankeschön also an Edith und Olivia für ihr Einspringen, ein Willkommensgruss an Uma und ihren Eltern herzlichen Glückwunsch! Wir freuen uns, Bianca ab 2010 wieder auf der Redaktion begrüßen zu dürfen!

In dieser Nummer lesen Sie über das Wasser in all seinen Formen. Dies wird auch das zentrale Thema des kommenden Swiss Geoscience Meeting sein, das am 20. und 21. November 2009 in Neuenburg stattfindet. Das Programm verspricht sehr spannend zu werden. Versäumen Sie es deshalb nicht, sich für die Tagung anzumelden unter www.geoscience-meeting.scnatweb.ch/sgm2009.

Ich wünsche Ihnen eine unterhaltsame Lektüre und hoffe, Sie zahlreich in Neuenburg zu treffen.

Pierre Dèzes

Chère lectrice, cher lecteur,

Nous avons le plaisir de vous annoncer la naissance de la deuxième fille de notre nouvelle rédactrice Bianca Guggenheim. Uma est venue au monde le 13 août 2009, raison pour laquelle Bianca sera en congé maternité jusqu'à la fin de cette année. Nous sommes très reconnaissants à Edith Oosenbrug d'avoir bien voulu accepter de reprendre du service et de remplacer Bianca durant cette période afin de garantir le travail rédactionnel des numéros de septembre et décembre 2009. La mise en page quant à elle sera assurée durant l'absence de Bianca par la graphiste de l'Académie, Olivia Zwygart. Vous pourrez déjà constater dans le présent numéro que l'aspect visuel de Geosciences ACTUEL a profité du savoir faire d'Olivia. Un grand merci donc à Edith et Olivia d'avoir accepté de dépanner la rédaction de ce bulletin, bienvenue dans ce monde à Uma, félicitations aux parents et nous nous réjouissons d'accueillir à nouveau Bianca à la rédaction début 2010.

Tout comme dans le présent numéro, l'eau, sous toutes ses formes, sera le thème central du prochain Swiss Geoscience Meeting qui se tiendra les 20 et 21 novembre 2009 à Neuchâtel. Le programme promet d'ores et déjà d'être passionnant. N'oubliez donc pas de vous inscrire sous www.geoscience-meeting.scnatweb.ch/sgm2009.

Je vous souhaite une bonne lecture et espère vous voir nombreux à Neuchâtel.

Pierre Dèzes

Eine Geschäftsstelle für die Schweizerische Hydrologische Kommission

Nach einer wechselhaften Geschichte von fast 150 Jahren wird die Schweizerische Hydrologische Kommission CHy professionell: Anfangs Juni wurde die Geschäftsstelle eröffnet.

Un secrétariat pour la Commission suisse d'hydrologie

Après une histoire mouvementée la Commission suisse d'hydrologie CHy s'est professionnalisée: Début juin le secrétariat a été inauguré.

BRUNO SCHÄDLER

Die Hydrologische Kommission (CHy) der Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT) hat eine wechselvolle Geschichte hinter sich. Ihre Vorläuferin wurde bereits 1863 gegründet, schon 1915 wieder aufgelöst und erlebte nach der Neugründung 1947 eine Blütephase, welche 1991 mit der Integration in die neue Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie SGHL vorübergehend endete. Nach der Wiederauferstehung 1998 folgte eine Zeit der Neuorientierung, die im Rahmen der Tagung «Schnee, Eis und Wasser im Alpenraum – aktueller denn je» vom 5. Juni 2009 in Bern zur Eröffnung einer professionalisierten Geschäftsstelle der CHy führte.

Die Schweizer Hydrologie etablieren

Der Präsident der CHy, Rolf Weingartner, bekräftigte bei dieser Feier das Ziel, die «Hydrologie Schweiz» in Forschung und Lehre als moderne und transdisziplinäre Wissenschaft zu etablieren. Die Kommission soll die Schweizer Hydrologie national und international besser positionieren, innovative Projekte voranbringen und eine Anlaufstelle für die Praxis bie-

Die Commission suisse d'hydrologie (CHy) de l'Académie des sciences naturelles (SCNAT) a une histoire mouvementée. Son ancêtre a été fondé en 1863, puis a été dissout en 1915. Après sa refondation en 1947, elle a vécu une phase florissante, qui s'est achevée provisoirement en 1991 avec son intégration dans la nouvelle Société suisse d'hydrologie et de limnologie (SSHL). Suite à sa résurrection en 1998, il lui a fallu plusieurs années pour se réorienter, période qui a abouti à l'ouverture d'un secrétariat professionnalisé dans le cadre du Symposium «Neige, glace et eau dans la zone alpine – plus d'actualité que jamais» organisé à Berne le 5 juin 2009.

Mieux positionner l'hydrologie suisse

À cette occasion, le président de la CHy, Rolf Weingartner, a confirmé que l'objectif de la commission est de positionner l'hydrologie suisse dans la recherche et l'enseignement en tant que science moderne transdisciplinaire. La CHy doit améliorer la place de l'hydrologie suisse au niveau national et international, faire avancer des projets innovateurs et offrir

ten. Die CHy wird die Grundaufgaben der SCNAT wahrnehmen und ihre Funktion als Nationalkomitee der International Association für Hydrological Sciences (IAHS) verstärken.

Der Präsident der IAHS, Arthur Askew, wünschte in einer Grussbotschaft (präsentiert von Anne Zimmermann von der CDE) der CHy viel Erfolg. Er gab zu bedenken, dass der Erfolg jeder Kommission vom Engagement ihrer Mitglieder abhängt.

Kreativität statt Sitzungsmarathon

Die neue Geschäftsstelle sei das «Gewissen» der CHy und so die personifizierte Anlaufstelle für alle Aktivitäten in der Schweiz auf hydrologischem Gebiet, mahnte Heinz Wanner, Präsident des Oeschger Zentrums für Klimaforschung. Er fasste seine Erfahrungen als Präsident vieler wissenschaftlicher Kommissionen in vier Punkten zusammen und wünschte dem neuen Geschäftsführer Bruno Schädler:

- ← Viel Spirit und Kreativität;
- ← wenig Papier und Sitzungszeit;
- ← Hartnäckigkeit bei verlangten Beiträgen und Finanzgeschäften;
- ← Viel Freude und Genugtuung!

Die Hydrologie in der Geologie

Abschliessend zeigte Helmut Weissert, Präsident der «Platform Geosciences» der SCNAT, dass die Hydrologie ein Bindeglied zwischen den Geowissenschaften ist, welches seine Spuren sogar in geologischen Formationen hinterlassen hat – etwa in Form von fossilen Regentropfen oder von Wellenrippeln in Meeresablagerungen. Aus den Erfahrungen der Erdgeschichte heraus sei die Hydrologische Kommission zweifellos prädestiniert, mit einem geschärften Blick in die Zukunft zu blicken.

Bruno Schädler, Geschäftsführer der CHy
bruno.schaedler@giub.unibe.ch
<http://chy.scnatweb.ch>

un service pour la pratique. Elle assumera les tâches fondamentales de la SCNAT et renforcera sa fonction en tant que comité national de l'Association internationale des sciences hydrologiques (AISH).

Dans son allocution de bienvenue (lue par Anne Zimmermann du CDE) le président de l'AISH, Arthur Askew, souhaite beaucoup de succès à la CHy, faisant remarquer que le succès d'une commission dépend de l'engagement de ses membres.

Plus de créativité, moins de séances

Heinz Wanner, président de l'«Oeschger Zentrum für Klimaforschung», a ensuite rappelé que le nouveau secrétariat se doit d'être la «conscience» de la CHy et le service personnalisé pour toutes les activités menées en Suisse dans le domaine de l'hydrologie. Formulant en quatre points les expériences qu'il a lui-même vécues en tant que président de nombreuses commissions scientifiques, il a souhaité au nouveau directeur Bruno Schädler:

- ← beaucoup d'esprit et de créativité;
- ← peu de paperasse et peu de séances interminables;
- ← de la ténacité pour les demandes de subventions et les affaires de finances;
- ← beaucoup de plaisir et de satisfaction!

L'hydrologie dans la géologie

Pour terminer, Helmut Weissert, président de la «Platform Geosciences» de la SCNAT, a montré que l'hydrologie est étroitement liée aux sciences de la Terre, lien qui a même laissé ses traces dans les formations géologiques, sous forme de gouttes de pluie fossiles ou de rides d'oscillation dans les sédiments marins. Les expériences de l'histoire de la Terre prédestinent sans aucun doute la Commission suisse d'hydrologie à jeter un regard perçant sur l'avenir.

Traduction: Virginie Linder

Schnee, Eis und Wasser im Alpenraum:

Das System wird umgekrempelt

Der Klimawandel wird den Wasserkreislauf im Alpenraum tiefgreifend verändern. Was auf uns zukommen könnte, stand kürzlich an einer Tagung der hydrologischen Kommission (CHy) zur Diskussion.

Neige, glace et eau dans la zone alpine: le système est chamboulé

Le changement climatique va modifier en profondeur le cycle de l'eau dans la zone alpine. Les participants au symposium de la Commission suisse d'hydrologie (CHy) ont récemment débattu de ce qui pourrait nous arriver.

HANSJAKOB BAUMGARTNER

Als die Aare im Mai 1999 das Berner Mattequartier überschwemmte, wurde dies als Jahrhundertereignis gewertet. Im Spätsommer 2006 stand die Matte erneut unter Wasser. Nicht nur dieser Doppelschlag der Aare warf die Hochwasserstatistik über den Haufen. An der Lüttschine im Berner Oberland kam es seit 2000 gar zu vier Jahrhundertereignissen.

Wasserkreislauf und Klimawandel

Ist diese Häufung zyklisch oder folgt sie einem Trend? Dieser Frage ging Petra Schmocker-Fackel von der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in ihrem Vortrag anlässlich der Tagung «Schnee, Eis und Wasser im Alpenraum – aktueller denn je» am 5. Juni 2009 in Bern nach. Eingeladen hatten die Hydrologische Kommission CHy, die Schweizerischen Gesellschaften für Schnee, Eis und Permafrost (SEP) beziehungsweise für Hydrologie und Limnologie (SGHL) sowie die Expertenkommission Kryosphärenmessnetze. Ein roter Faden zog sich durch alle Referate: Das Klima wandelt sich, was enorme Auswirkungen auf den Wasserkreislauf in der

Lorsqu'en mai 1999 l'Aar a inondé le quartier de la Matte à Berne, on a considéré qu'il s'agissait d'un événement centennal. A la fin de l'été 2006, la Matte était à nouveau sous l'eau. Ce coup double de l'Aar n'est pas le seul à avoir chamboulé la statistique des crues. Dans l'Oberland bernois, la Lüttschine a même connu quatre événements centennaux depuis 2000.

Le cycle de l'eau et le changement climatique

Cette multiplication des événements est-elle cyclique ou suit-elle une tendance? Petra Schmocker-Fackel, de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), a tenté de répondre à cette question dans sa conférence donnée à l'occasion du symposium «Neige, glace et eau dans la zone alpine – plus d'actualité que jamais», qui a eu lieu le 5 juin 2009 à Berne. La journée était organisée par la Commission suisse d'hydrologie (CHy), la Société suisse de neige, glace et pergélisol (NGP), la Société suisse d'hydrologie et de limnologie (SSHL) et la Commission d'experts réseau de mesures



Schon wieder unter Wasser: Überschwemmungen an der Aare in Bern im August 2007 | *Nouvelle inondation: Crues au bord de l'Aar à Berne, août 2007.* (Bild | Photo: Edith Oosenbrug)

Schweiz und den umliegenden Ländern haben wird.

Mehr Hochwasser

Zu den gravierendsten gehört eine mögliche Zunahme von Überschwemmungen. Zeiten gehäufte Hochwasserereignisse gab es schon immer. Jetzt könnte ein neuer Trend den bisherigen Zyklus überlagern. Der Klimawandel wird voraussichtlich eine Häufung von Starkregen bringen. Dramatisch werden solche Ereignisse, wenn die Speicherfähigkeit im Einzugsgebiet eines Fliessgewässers durch vorherige Regenfälle erschöpft ist. «Es kann dann rasch zu Abflüssen kommen, die alle bisher gemessenen übertreffen», sagte Petra Schmocker-Fackel.

Bald keine Gletscher mehr

Heute unterliegen die Alpenflüsse dem Regime der Gletscher, doch von diesen werden Ende des 21. Jahrhunderts nur noch Reste übrig sein. An der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich wurde die Entwicklung der Gletscher und deren Auswirkungen auf die Alpenflüsse aufgrund verschiedener Klimaszenarien modelliert. Demnach werden die Abflüsse vorerst ansteigen, denn mit der Eisschmel-

cryosphäre. Un fil rouge reliait tous les exposés: le climat est en train de changer, ce qui aura des répercussions immenses sur le cycle de l'eau en Suisse et dans les pays voisins.

Plus de crues

Parmi les conséquences les plus graves, on s'attend à une éventuelle recrudescence des inondations. Certes, il y a toujours eu des époques troublées par de nombreuses crues. Maintenant, un nouveau paramètre pourrait se superposer à ce cycle. Le réchauffement climatique va probablement entraîner une multiplication des fortes pluies. Ce type d'événement sera dramatique si le bassin versant d'un cours d'eau ne peut plus retenir l'eau à cause des chutes de pluie précédentes. Selon Petra Schmocker-Fackel, on risque alors d'enregistrer rapidement des débits dépassant tous les records.

Recul des glaciers

Aujourd'hui, les cours d'eau alpins sont soumis au régime des glaciers, mais à la fin du 21^e siècle, ceux-ci seront réduits à une portion congrue. Des chercheurs du Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF Zurich ont modélisé l'évolution des glaciers et ses répercussions sur les cours d'eau alpins en se basant sur divers scénarios climatiques. D'après les modèles, les débits vont d'abord augmenter à cause de la fonte de la glace. Les réserves en eau diminuant, les débits vont décroître. Le tournant sera atteint dans 20 à 60 ans en fonction de la taille du glacier. Andreas Bauder et Matthias Huss concluent qu'il faudra s'attendre à manquer d'eau en été vers la fin du 21^e siècle, ce qui aura une influence au-delà de la région sur la gestion des ressources en eau.

Des problèmes pour la force hydraulique

Bettina Schaeffli, hydrologue à l'Université de Delft (Pays-Bas), a également mis en



Gletschermühle am Morteratschgletscher: Das oberflächliche Schmelzwasser des Gletschers verschwindet in einem senkrechten Strudel, der bis zum Gletscherbett reicht. Dort kann sich eine Gletschermühle bilden. | *Moulin au glacier du Morteratsch: Les eaux de fonte de surface du glacier disparaissent en un tourbillon vertical s'enfonçant jusqu'au lit du glacier. Un moulin glaciaire peut s'y former sous l'action de l'eau.* (Bild | Photo: Bruno Schädler, 2008)



International: Wenn sich der Wasserhaushalt in der Schweiz ändert, hat dies Folgen stromabwärts. Hier der Rhein unterhalb von Stein am Rhein. | *International: Les changements du cycle de l'eau en Suisse ont des conséquences en aval. Ici le Rhin en aval de Stein am Rhein.* (Bild | Photo: Edith Oosenbrug)

ze werden Wasservorräte abgebaut. Je nach Gletschergrösse ist nach 20 bis 60 Jahren der Wendepunkt erreicht. Danach sinken die Abflussmengen. «Gegen Ende des 21. Jahrhunderts sind im Sommer Wasserknappheiten mit überregionalem Einfluss auf das Management der Wasserressourcen zu erwarten», folgern Andreas Bauder und Matthias Huss.

Probleme für die Wasserwirtschaft

Der überregionale Aspekt des Themas zeigte sich auch in einem Referat von Bettina Schaepli, einer Hydrologin, die an der Universität Delft in den Niederlanden tätig ist: Was in den Alpen hydrologisch passiert, betrifft das Mündungsgebiet des Rheins. Die klimatische Zukunft bringt uns wahrscheinlich einen Rückgang der Jahresniederschläge, wobei eine markante Verminderung im Sommer ein leichtes Mehr im Winter überkompensieren wird. Auch weil auf den ausgeperten Flächen nach dem Rückzug der Gletscher viel mehr Niederschlagswasser verdunstet als zuvor auf dem Eis, dürften die Abflüsse zusätzlich sinken. Es gibt Szenarien, die mit Produktionseinbussen bei der Wasserkraftnutzung um 7% bis 2050 rechnen.

évidence la dimension suprarégionale du thème: ce qui se passe dans les Alpes d'un point de vue hydrologique affecte l'embouchure du Rhin. L'avenir climatique va probablement nous amener un recul des précipitations annuelles, une diminution marquée en été compensée par un léger plus en hiver. Et puisque plus d'eau de pluie s'évapore sur les surfaces mises à nu après le retrait des glaciers qu'auparavant sur la glace, les écoulements devraient chuter plus nettement que les précipitations. Certains scénarios prévoient que l'utilisation de la force hydraulique subira des pertes de production de 7% d'ici 2050.

Le dégel du pergélisol

Bien que locales, les conséquences du dégel dans la zone des Alpes qui jusqu'ici était recouverte de glace n'en sont pas moins graves lorsqu'il s'agit de laves torrentielles et d'éboulements. Le retrait des glaciers et le dégel du pergélisol augmentent le volume des sédiments meubles pouvant se mettre en mouvement. Cependant, selon Christian Huggel de l'Institut de géographie de l'Université de Zurich, on ne comprend pas encore assez en détail les processus qui jouent un rôle dans un éboulement.

Der Permafrost taut

Lokal aber nicht minder schwerwiegend sind die Folgen des Tauwetters im bis anhin eisigen Gebiet der Alpen in Bezug auf Murgänge und Felsstürze. Der Gletscherrückgang und das Auftauen des Permafrosts vergrössern das Volumen von Lockersedimenten, die in Bewegung geraten können. «Die Prozesse, die zu einem Sturz beitragen, sind aber im Detail noch zuwenig verstanden», bilanzierte Christian Huggel vom Geographischen Institut der Universität Zürich die Forschungsergebnisse zu diesem Thema.

Kaum mehr gefrorene Seen

Weniger folgenschwer ist eine anderer Trend: «Seegfröris» werden immer seltener. H.J. Hendricks Franssen vom Institut für Umweltingenieurwissenschaften der ETH Zürich, selbst begeisterter Schlittschuhläufer, hat sämtliche Quellen über das Gefrieren von elf Mittelalandseen im Zeitraum von 1901 bis 2009 gesichtet. Entscheidend ist die Tiefe: Der maximal 260 m tiefe Brienzensee fror noch nie, ob schon es dort im Winter recht kalt wird, der Murtensee, der in einem milderen Gebiet liegt aber nur 45 m tief ist, hingegen 28 Mal im 20. Jahrhundert.

Moins de lacs gelés

On observe une autre tendance, qui est moins lourde de conséquences: les lacs gèlent de plus en plus rarement. H. J. Hendricks Franssen de l'«Institut für Umweltingenieurwissenschaften» de l'EPF Zurich, lui-même patineur chevronné, a examiné toute la documentation sur le gel de onze lacs du Plateau suisse durant la période de 1901 à 2009. Le facteur le plus important est leur profondeur: le lac de Brienz, qui atteint une profondeur maximale de 260 m, n'a encore jamais gelé bien qu'il y fasse très froid en hiver, alors que le lac de Morat, qui se situe dans une région plus tempérée mais qui ne mesure que 45 m de profondeur, a gelé 28 fois au cours du 20^e siècle.

Ces 40 dernières années, les lacs suisses ont gelé bien plus rarement qu'autrefois et cette évolution s'est accélérée ces deux dernières décennies. Des scénarios climatiques pour la zone alpine prévoient une hausse des températures hivernales de 1,2 à 4,5°C d'ici 2070 par rapport à la situation de 1990. Durant les prochaines décennies, il fera trop chaud pour que les lacs gèlent sur de grandes surfaces, mais on devrait encore pouvoir patiner de temps en temps sur la glace naturelle de petits plans d'eau.

Am Gletschertor kommt das ganze Schmelzwasser des Morteratschgletschers ans Tageslicht. Es fliesst weiter talwärts in Richtung Inn und Donau zum Schwarzen Meer. Seit Ende der Kleinen Eiszeit um 1860, als der Morteratschgletscher seinen Höchststand erreichte, hat er sich bis heute um rund 2500 m Länge zurück gebildet. Er hat dabei über einen Fünftel seiner Fläche und mehr als einen Drittel seines Volumens eingebüsst. Grund dazu ist die Klimaerwärmung, welche in den Alpen mit 1.5 Grad in diesem Zeitabschnitt rund doppelt so hoch wie das globale Mittel ist. | *Au front du glacier, toute l'eau de fonte du glacier du Morteratsch apparaît à la lumière du jour. Elle s'écoule ensuite en aval en direction de l'Inn et du Danube puis jusqu'à la mer Noire. Le glacier du Morteratsch a atteint son niveau maximum à la fin du petit âge glaciaire, vers 1860. Depuis, sa longueur a diminué d'environ 2500 m. Ce retrait lui a fait perdre plus d'un cinquième de sa surface et plus d'un tiers de son volume. C'est la faute au réchauffement climatique: dans les Alpes il est deux fois plus important (1,5 degré) que la moyenne planétaire durant cette période.*

(Bild | Photo: Bruno Schädler, 2008)



Wie in früheren Tagen: «Seegröfnis» wie hier am Pfäffikersee im Januar 2006 dürften in der Zukunft nur noch selten zu erleben sein. | *Nostalgie: Dans le futur, les lacs suisses gèleront de plus en plus rarement. Ici le Pfäffikersee en janvier 2006.* (Bild | Photo: Edith Oosenbrug)



In den letzten 40 Jahren froren die Seen deutlich seltener zu, in den letzten beiden Jahrzehnten hat sich diese Entwicklung beschleunigt. Klimaszenarien für den Alpenraum sagen eine Zunahme der winterlichen Temperaturen bis 2070 um 1,2 bis 4,5°C bezogen auf den Stand von 1990 voraus. Für grosse Seegröfnis wird es wohl zu warm, immerhin dürfte Schlittschuhlaufen auf Natureis über kleineren, flachen Gewässern auch in den kommenden Jahrzehnten noch sparsam möglich sein.

Gefahr Gletschersee

«Jökulhlaup» ist der Fachbegriff für die plötzliche Entleerung eines Gletschersees. Er stammt aus Island, wo dies öfters passiert. Das Phänomen häuft sich derzeit auch in den Alpen. Das bekannteste Beispiel dafür ist der See, der sich seit 2005 regelmässig am Unteren Grindelwaldgletscher bildet. Der Gletscher zeigt die gesamte Palette von Folgewirkungen, welche die Eisschmelze in den Alpen nach sich ziehen kann. Er verliert derzeit jährlich 10 Millionen Kubikmeter Eis. Im Bereich des Sees liegt seine Oberfläche heute 200 m tiefer als vor 150 Jahren. Die zuvor vom Gletscher gestützten Bergflanken sind instabil geworden. Spektakulär war die Rutschung an der rechten Flanke im Frühsommer 2005, welche die Stiereggghütte buchstäblich an den Rand des Abgrunds brachte.

Das Wasser künstlich ablassen

Auch zu einem Jökulhlaup ist es schon gekommen. Ende Mai 2008 entleerten

Dangers des lacs glaciaires

Le terme scientifique de «jökulhlaup» désigne la vidange soudaine d'un lac glaciaire. Il nous vient d'Islande, où le phénomène est courant. Ce phénomène est en train de se multiplier dans les Alpes également. L'exemple le plus connu est le lac qui se forme régulièrement sur le glacier inférieur de Grindelwald depuis 2005. Ce glacier représente toute la gamme des conséquences que peut avoir la fonte de la glace dans les Alpes. Perdant actuellement 10 millions de m³ de glace par an, sa surface est aujourd'hui 200 m plus basse qu'il y a 150 ans dans la zone du lac. Les flancs de la montagne autrefois soutenus par le glacier sont déstabilisés. Le glissement de terrain qui s'est produit sur le flanc droit au début de l'été 2005, déplaçant littéralement la cabane de Stieregg jusqu'au bord du précipice, a été spectaculaire.

Une sortie artificielle pour l'eau

On a déjà assisté à un «jökulhlaup». Fin mai 2008, 800 000 m³ d'eau se sont déversés dans la Lütschine. Le lac qui s'agrandit chaque année contenait déjà 2,5 millions de mètres cube d'eau début juin 2009. Hansruedi Keusen, de l'entreprise Geotest, suit méticuleusement les événements tout autour du glacier de Grindelwald et estime que le volume du lac pourrait augmenter de 10 millions de m³ d'ici 2011. Avec de telles masses d'eau une rupture pourrait avoir des conséquences catastrophiques jusqu'à Interlaken. C'est pourquoi on est en train de construire une galerie permettant – dès 2010 – à l'eau

sich 800 000 m³ Wasser in die Lütschine. Der See wird Jahr für Jahr grösser, Anfang Juni 2009 enthielt er bereits 2,5 Millionen m³ Wasser. Hansruedi Keusen von der Firma Geotest, der das Geschehen rund um den Grindelwaldgletscher akribisch verfolgt, schätzt, dass das Seevolumen bis 2011 auf 10 Millionen m³ anwachsen könnte. Bei diesen Wassermassen könnte ein Ausbruch bis nach Interlaken verheerend wirken. Deshalb wird jetzt bis 2010 ein Stollen gebaut, über den bereits bei einem Volumen von 300 000 m³ Wasser abfliessen kann.

Wenn der See ausbricht

Zu einer plötzlichen Entleerung von Gletscherseen kann es aus verschiedenen Gründen kommen. Meistens fliesst das Wasser durch Kanäle im Eis ab, die sich aufgrund der Erwärmung rasch erweitert haben. Die VAW der ETH Zürich hat die Mechanismen am Gornersee oberhalb Zermatt (VS) untersucht. «Vorauszusagen, wann sich ein Gletschersee entleert und wie hoch der Abfluss sein wird, ist schwierig bis unmöglich», schliesst der Glaziologe Martin Funk von der VAW.

Eine neue Bedrohung für die Alpen sind Gletscherseeausbrüche allerdings nicht. Es gab sie schon früher, teils mit verheerenden Auswirkungen. Geändert haben sich aber die Ursachen: In der Vergan-

de s'écouler déjà à partir d'un volume de 300 000 m³.

Quand le lac se vide

La vidange soudaine des lacs glaciaires peut être due à diverses causes. Le plus souvent, l'eau s'écoule par des canaux dans la glace, qui se sont rapidement élargis en raison du réchauffement. Le Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF Zurich a étudié les mécanismes en jeu au Gornersee au-dessus de Zermatt (VS). Le glaciologue du VAW Martin Funk conclut qu'il est difficile, voire impossible, de prévoir quand un lac glaciaire va se vider et avec quel débit l'eau va s'écouler.

Pas de nouveau phénomène

La menace que la rupture des lacs glaciaires fait peser sur les Alpes n'est toutefois pas nouvelle. Ces ruptures existaient déjà dans le passé, leurs conséquences pouvant parfois être dévastatrices. Mais leurs causes ont changé: si autrefois c'était le plus souvent les glaciers qui en progressant retenaient l'eau et formaient des lacs, aujourd'hui les lacs sont dus à la fonte des masses de glace.

Changements de la biodiversité

Vu la taille des problèmes que la modification du cycle de l'eau due au climat

Bedrohlich: Gletschersee Grindelwald am 20. Mai 2009, talwärts gesehen. | *Menaçant: Le lac glaciaire à Grindelwald, 20 mai 2009 vue vers l'aval.*
(Bild | Photo: Oberingenieurkreis I, Tiefbauamt des Kantons Bern)





Neu in der Schweiz: Die wärmeliebende Feuerlibelle profitiert vom Klimawandel und wandert in die Schweiz ein. | *Nouvelle en Suisse: La libellule écarlate, une espèce thermophile, profite des températures élevées et immigré en Suisse.* (Bild | Photo: Andreas Trepte, www.flickr.com)

genheit waren es meist die vorrückenden Gletscher, welche die Seen aufstauten; heute werden diese durch das Schmelzen der Eismassen gebildet.

Die Artenzusammensetzung ändert

Angesichts dieser Probleme, die der klimabedingt veränderte Wasserkreislauf mit sich bringen wird, gerät eine andere Entwicklung in den Hintergrund: Auch die Lebensgemeinschaften der Gewässer werden sich grundlegend wandeln. Beat Oertli und sein Team vom Institut Nature et Paysage der Fachhochschule Westschweiz HES versuchten eine Prognose für die künftige Besiedlung der Weiher und Kleinseen mit Wasserpflanzen, grösseren wirbellosen Tieren und Amphibien.

Ihre Modellrechnungen ergeben eine deutliche Zunahme der Biodiversität als Folge der Klimaerwärmung, besonders in den alpinen Gewässern. Diese sind derzeit noch kalt und daher artenarm, dürften aber aufgrund der Erwärmung für zahlreiche Arten tiefer liegender Weiher bewohnbar werden.

Doch es wird auch Verlierer geben: Für die Alpen-Mosaikjungfer und andere Arten, die an kaltes Wasser gebunden sind, wird es eng. Sieben hiesige Libellenarten sind aufgrund des Klimawandels vom Aussterben bedroht.

va entraîner, une autre évolution passe au second plan: les biocénoses qui peuplent les eaux vont également connaître une transformation radicale. Beat Oertli et son équipe de l'Institut terre, nature et paysage de la Haute École Spécialisée de Suisse occidentale (HES) ont essayé de prévoir la colonisation future des étangs et petits lacs par les plantes aquatiques, les macroinvertébrés et les amphibiens.

Les calculs révèlent une nette augmentation de la biodiversité due au réchauffement climatique, particulièrement marquée dans les eaux alpines. Pour le moment, celles-ci sont encore froides et abritent donc peu d'espèces, mais de nombreuses espèces des étangs situés à plus basse altitude devraient y trouver un habitat suite au réchauffement.

Mais il y aura aussi des perdants: l'aesche azurée et d'autres espèces liées à l'eau froide vont se sentir à l'étroit. Sept espèces indigènes de libellules sont menacées d'extinction en raison du changement climatique.

Traduction: Virginie Linder

Eiszeiten und Klimawandel im Wehntal

Das Wehntal, der Traum vieler Paläontologen und Archäologen: Eine interdisziplinäre Forschungsgruppe sucht in den Sedimenten nach Spuren von Mammuts, Samen und Käfern. Erhofft werden Erkenntnisse über das Klima der Vergangenheit.

HEINZ FURRER

Das Wehntal liegt 20 Kilometer nordwestlich von Zürich im Molassebecken der Nordschweiz, direkt nördlich der Lägern, dem östlichsten Ausläufer des Faltenjuras. Dort wurden 1890 in der Gemeinde Niederweningen spektakuläre Mammutreste entdeckt, was diese Lokalität zur bedeutendsten Mammutfundstelle der Schweiz machte.

Die Entdeckung eines zusammenhängenden Mammutskeletts im Juli 2003 und weiterer Reste von Mammuts, Kleinsäufern, Fröschen, Insekten und Pflanzen im April 2004 hatte diese Fundstelle wieder ins Interesse der Öffentlichkeit und der Wissenschaft gerückt. Auf Grund des grossen Interesses von Medien und Bevölkerung ergriff der Verein für Ortsgeschichte Niederweningen die Initiative für eine natur- und kulturgeschichtliche Ausstellung in der Nähe des Fundorts. Mit einer erfolgreichen Spendenaktion und fachlicher Unterstützung durch die Universität und die Kantonsarchäologie Zürich konnte bereits im Oktober 2005 eine modern gestaltete Ausstellung im ersten Mammutmuseum der Schweiz eröffnet werden.

Ein glazial übertiefes Becken

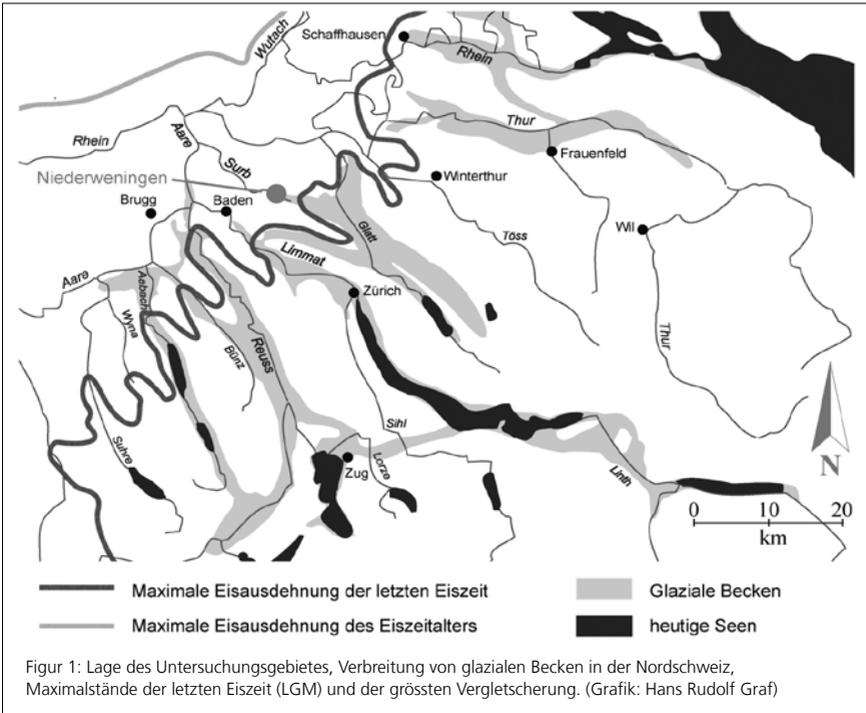
Frühere geologische Untersuchungen hatten ergeben, dass im Wehntal eine weit unter den heutigen Talboden reichende Rinne im Molassefels existiert, die hauptsächlich mit See- und Moorablagerungen gefüllt ist. Die neuen, 2007 publizierten

Studien im Bereich der Mammut-Fundstelle Niederweningen ergaben, dass die in 4 bis 5 Metern Tiefe liegende Mammut-Torfschicht vor 45 000 bis 65 000 Jahren im mittleren Abschnitt der letzten Eiszeit (Würm) in einem verlandenden See abgelagert wurde. Eine weitere Torfschicht in 10 bis 12 Metern Tiefe entstand wahrscheinlich in der letzten Zwischeneiszeit (Eem) vor etwa 120 000 Jahren. Mächtigkeit, Alter und Zusammensetzung der Schichtfolgen unterhalb von 12 Metern blieben auch in den neuen Studien von 2007 unergründet.

Im nördlichen Alpenvorland der Schweiz ist eine ganze Reihe von glazialen Becken bekannt, welche mehrere hundert Meter unter das aktuelle Vorflutniveau hinunter reichen (Fig. 1). Ihre Entstehungsgeschichte und sedimentäre Füllung sind nur zum Teil bekannt.

Gut erhaltene Sedimente

Das Wehntal befindet sich hinsichtlich der Erforschung dieser glazialen Beckenfüllungen in einer einzigartig günstigen Position. Es liegt ausserhalb der Maximalausdehnung der Gletscher der letzten Eiszeit (LGM), wurde davon also nicht glazial ausgeräumt. Auch von glazifluvialer Erosion ist die Beckenfüllung weitgehend verschont geblieben. Man kann da her davon ausgehen, dass an dieser Stelle die Beckensedimente, die vor dem Maximalvorstoss der letzten Eiszeit abgelagert



gert wurden, vollständig erhalten geblieben sind.

Das Wehntal genauer erforschen

Eine interdisziplinäre Forschergruppe startete Ende 2007 zur vertieften Erforschung der Eiszeitgeschichte des Wehntals und Gewinnung von paläoklimatischen Erkenntnissen. Es umfasst seismische Untersuchungen, zwei Kernbohrungen und eine interdisziplinäre Untersuchung der erbohrten Sedimente.

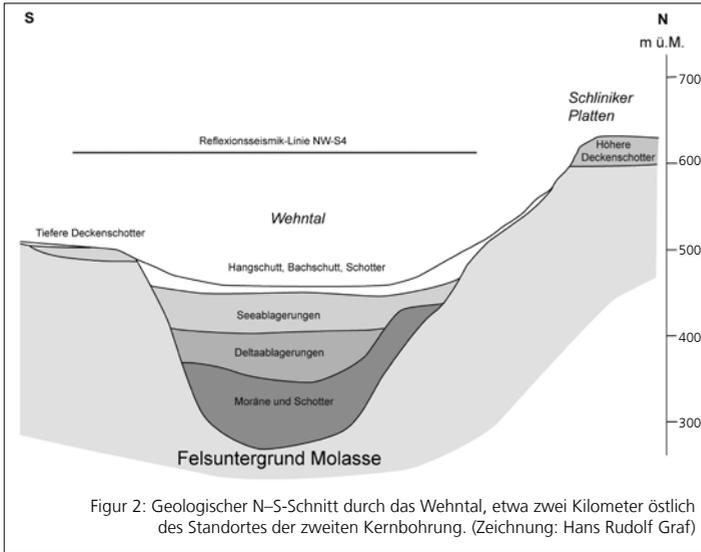
Im Oktober 2007 wurde bei den bisherigen Fundstellen eine erste, 30 Meter tiefe Kernbohrung abgeteuft. Diese brachte, neben einer weitgehenden Bestätigung der Schichtfolge im oberen Abschnitt, erstmals Sedimentmaterial aus 30 Metern Tiefe für eine moderne wissenschaftliche Bearbeitung zu Tage. So steht nun fest, dass die untere Torfschicht am Ende der letzten Warmzeit (Spätes Eem) entstand, was vorher vermutet wurde.

Reflexionsseismische Untersuchungen

Im Mai 2008 wurde eine Reflexionsseismik-Kampagne ausgeführt, welche das Ziel hatte, den groben Aufbau der Sedimentfüllung des glazialen Beckens im Wehntal zu erkunden (Fig. 2) und ausserdem die Grundlagen für die Festlegung des Standorts der zweiten Kernbohrung zu liefern. Diese sollte dort angesetzt werden, wo eine möglichst vollständige Abfolge von feinkörnigen Seeablagerungen bis auf die Felsunterlage erwartet werden konnte. Daneben musste auch verhindert werden, dass die Bohrung eine der bekannten, artesisch gespanntes Grundwasser führenden Kiesschichten innerhalb der Beckenfüllung erfasst.

Erfolgreiche Kernbohrung

Mit zwei Spülbohrungen wurden im Februar 2009 die Resultate der geophysikalischen Untersuchungen verifiziert, damit die Tiefenlage der Felsoberfläche und der



Die Kernaussbeute betrug praktisch 100 Prozent. Es wurden keine nennenswerten Grundwasservorkommen angetroffen. Zurzeit werden die Kerne dokumentiert, beprobt und sedimentologisch analysiert. Vorgesehen sind Datierungen mittels Optisch stimulierter Lumineszenz (OSL), palynologische Analysen sowie Untersuchungen von Samen und Käfern.

Mehr Informationen unter www.mammutmuseum.ch

grobe Aufbau der zu erwartenden Sedimente für die optimale Planung der zweiten Kernbohrung bekannt waren. Sie wurde im März 2009 ausgeführt und erreichte die Felsoberfläche der Unteren Süsswassermolasse in 89,5 Metern Tiefe.

Heinz Furrer, Kurator
 Universität Zürich
 Paläontologisches Institut und Museum
 Karl Schmid-Str. 4, 8006 Zürich
 Tel. 044 634 23 23
heinz.furrer@pim.uzh.ch

Die Forschenden im Wehntal

Forschungsgruppe:

Dr. Heinz Furrer, Universität Zürich (Paläontologie) (Leitung) | Dr. Hans Rudolf Graf, Matousek, Baumann & Niggli AG Baden (Geologie) | Dipl. Geophys. Heinrich Horstmeyer, Augeos GmbH Zürich (Seismik) | Dr. Flavio Anselmetti, Eawag Dübendorf (Sedimentologie) | Dr. Hans Axel Kemna, Krefeld (Sedimentologie) | Marc Riedi, ETH Zürich (Sedimentpetrographie) | PD Dr. Frank Preusser und Sally Lowick, Universität Bern (Luminiszenz-Datierung) | Dr. Irka Hajdas, ETH Zürich (^{14}C -Datierung) | Prof. emer. Dr. Friedrich Heller, ETH Zürich (Paläomagnetik) | Dr. Ruth Drescher-Schneider, Kainbach bei Graz (Palynologie) | Dr. Christiane Jacquat, Universität Zürich (Paläobotanik) | Werner Schoch, Langnau a. A. (Hölzer) | Dr. Oliver Heiri, Utrecht (Chironomiden) | Dr. Russell Coope, Schottland (Käfer)

Weitere Beteiligte:

Projektinitiierung: Felix Wittwer und Rudolf Hauser, Stiftung Mammutmuseum Niederweningen | Sponsoren: Bucher Industries, Gemeinde Niederweningen, Johann Jacob Rieter-Stiftung, Migros Kulturprozent, Nagra, Vontobel-Stiftung, Walter Haefner-Stiftung, u.a. | Kernbohrungen: Firma Stump ForaTec AG | Spülbohrungen: Foralith AG
 Die wissenschaftlichen Analysen werden im Rahmen eines einjährigen Projekts vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt. Der Lotteriefonds des Kantons Zürich ermöglicht die Publikation und Präsentation der Resultate im Mammutmuseum.

Steigende Waldgrenzen und fossile Wälder im Ural: Zeugen des Klimawandels

Im menschenleeren russischen Uralgebirge belegen historische Fotografien und Jahrringanalysen einen Anstieg der Waldgrenze während des letzten Jahrhunderts um 20 bis 80 Höhenmeter. Funde fossilen Holzes oberhalb der heutigen Waldgrenze zeigen aber auch: Vor rund 1000 Jahren war es schon einmal ähnlich warm wie heute.

FRANK HAGEDORN UND ANDREAS RIGLING

Durch das wärmer werdende Klima wird ein Anstieg der Waldgrenze erwartet. Allerdings ist im Alpenraum die Waldgrenze stark vom Menschen beeinflusst. Durch land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten wurde sie oft weit unter ihre natürliche Position gedrückt. Im Zuge von Extensivierungen der Landwirtschaft dehnen sich die Wälder wieder aus und die Waldgrenze nähert sich ihrer natürlichen Lage an. Allerdings wissen wir wenig über die natürlichen Schwankungen der Waldgrenze in den Alpen. Aus Gletschern schmelzendes Holz weist darauf hin, dass die Waldgrenze in früheren Warmzeiten über der heutigen lag.

In den Alpen lässt sich ein klimabedingter Waldgrenzanstieg nicht von Veränderungen, die durch menschliches Tun entstanden sind, trennen. Deshalb untersuchen Wissenschaftler der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und der ETH Zürich gemeinsam mit russischen und deutschen Kollegen die Verschiebung der Waldgrenze im 2000 Kilometer langen russischen Uralgebirge. Dort kann die menschliche Beeinflussung ausgeschlossen werden. Im südlichen Teil des Urals reicht die Waldgrenze fast bis zu den obersten Berggipfeln, Fichten wachsen hier bis in eine Höhe von 1300 Metern über Meer. Im polaren Ural bilden hingegen Lärchen die Waldgrenze. Die Waldgrenze liegt dort lediglich auf einer

Höhe von 300 Metern über Meer. Darüber befinden sich Tundren und Felswüsten.

Wald- und Baumgrenze

Eine besondere ökologische und landschaftsprägende Grenze in Hochgebirgen ist die Wald- beziehungsweise Baumgrenze. Die Waldgrenze ist die Linie, die entlang des oberen Randes eines geschlossenen Waldes gezogen werden kann. Die Baumgrenze verläuft entlang den höchstgelegenen, aufrecht wachsenden Baumindividuen. Temperaturmessungen an der Baumgrenze rund um den Globus zeigen, dass hauptsächlich die Witterung während der Vegetationsperiode die Baumgrenze bestimmt. Bei Temperaturen, die während des Sommers durchschnittlich unter fünf Grad Celsius liegen, wachsen keine Bäume mehr.

Ansteigende Waldgrenzen im Ural

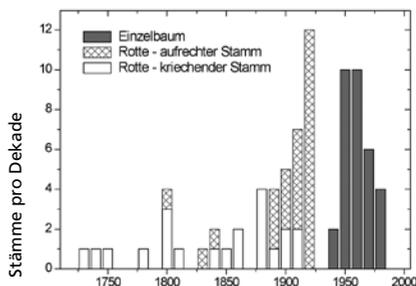
Russische Forscher fanden Fotografien mehrerer Bergregionen von anfangs des zwanzigsten Jahrhunderts. Vergleiche mit diesen historischen Aufnahmen zeigen: Die heutige Waldgrenze liegt rund 20 bis 80 Meter höher. An flach geneigten Hängen entspricht dies einer horizontalen Strecke von 100 bis 900 Metern. Messungen der Altersstruktur unterstützen diesen Befund – die untersuchten Hänge waren vor 100 Jahren mehrheitlich baumfrei.



Historische Fotografien belegen einen Anstieg der Waldgrenze: Im Ural sind die Bäume während des 20. Jahrhunderts um 20-80 Höhenmeter angestiegen. (Abbildung: Stephan Shyatov)

Am Polarkreis untersuchten die Wissenschaftler anhand von Jahrringen, wie sich die Wuchsform von Bäumen an der Waldgrenze während der letzten Jahrhunderte veränderte. Lärchen wuchsen hier zwar bereits seit dem 15. Jahrhundert, jedoch grösstenteils nur bis auf die Höhe eines halben Meters und über dem Boden kriechend. Im frühen 20. Jahrhundert begannen die Bäume aufrecht wachsende Stämme auszubilden. Zuerst wuchsen die Bäume in Gruppen – so genannten Rotten – bei denen ein Baum meist aus mehreren Stämmen besteht, die ein gemeinsames Wurzelsystem haben. In den letzten Jahrzehnten setzen sich aber zunehmend einstämmige Bäume durch. Dieser Wandel in den Wuchsformen ist ein deutlicher Beleg für einen Klimawandel. Über Jahrhunderte herrschten klimatische Verhältnisse, die einen auf-

rechten Wuchs verunmöglichten. Erst im 20. Jahrhundert verbesserten sich die Bedingungen grundlegend und eine «Streckung» wurde möglich.



Die Lärchenwuchsform an der Waldgrenze veränderte sich im Laufe der letzten Jahrhunderte von kriechenden und strauchförmigen Rotten zu aufrecht wachsenden Einzelbäumen. (Abbildung: Frank Hagedorn)

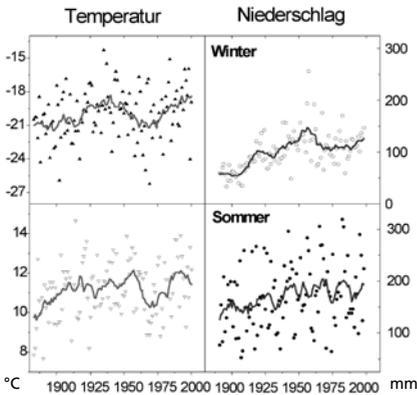
Zunehmende Schneefälle – die Ursache?

Was verursachte diesen Anstieg der Waldgrenze und die Veränderungen der Wuchsform? Interessanterweise sind im Verlaufe des letzten Jahrhunderts die Sommertemperaturen in der Region nur geringfügig angestiegen. Zugenommen haben hingegen die Winterniederschläge. Sie haben sich im polaren Ural seit Beginn des 20. Jahrhunderts verdoppelt. Schnee isoliert und schützt junge Bäume vor Abrasion durch vom Wind transportierte Schneekristalle. Grösser werdende Bäume fördern die Akkumulation von Schnee, was wiederum der neuen Baumgeneration einen noch besseren Schutz bietet. Temperatur- und Schneehöhenmessungen im geschlossenen Wald und in der Tundra belegen die schützende Wirkung des Schnees. Während im Wald über einen Meter Schnee liegt, so liegt in der offenen Tundra häufig nur 20 Zentimeter Schnee. Deshalb ist der Boden in der Tundra gefroren, im Wald jedoch selten unter Null Grad Celsius. Dies wirkt sich auf die Nährstoffdynamik im Boden aus, denn bei ungefrorenem Boden können Mikroorganismen auch im Winter



Rotten in der so genannten Kampfzone: Hinter der Baumgruppe sammelt sich Schnee, in dessen Schutz neue Bäume überleben können. (Bild: Frank Hagedorn)

aktiv bleiben. Die Schweizer Forschergruppe fand heraus, dass deshalb in den Waldböden mehr Stickstoff freigesetzt und damit pflanzenverfügbar ist als in den Tundrenböden. Dies wiederum lässt die Wälder besser wachsen und erklärt möglicherweise, wieso sich die Pflanzenproduktivität über einen nur kleinen Gradienten der Lufttemperatur um ein Mehrfaches erhöht.



Klimaentwicklung während des 20. Jahrhunderts in Salekhard am Polarkreis in der Nähe des Urals: Die deutlichsten Veränderungen sind die zunehmenden Winterniederschläge. (Abbildung: Frank Hagedorn)

Waldausbreitung könnte klimawirksam sein

Der Klimawandel beeinflusst die Waldgrenze. Der Waldgrenzenanstieg könnte sich aber auch auf den Klimawandel auswirken. Mit einer Ausbreitung des Waldes erhöht sich die Biomasse. Damit wird kli-

mawirksames CO₂ gebunden, was dem CO₂-Anstieg in der Atmosphäre und damit der Erwärmung entgegenwirkt. In ihrer Uralstudie schätzten die Wissenschaftler eine Veränderung der CO₂-Speicherung mit einem «Raum für Zeit»-

Ansatz ab. In diesem wurde angenommen, dass der heutige Wald vor hundert Jahren eine Tundra mit einzelnen Bäumen war, und sich der Ökosystemwandel innerhalb dieser Zeitspanne vollzog. Die Kohlenstoffvorräte und damit die in Biomasse und Böden gespeicherte CO₂-Menge steigen tatsächlich von der Tundra zum Wald an. Allerdings vollzieht sich die Änderung so langsam, dass die CO₂-Bindung gering ist. Trotz des deutlichen Vegetationswandels liegt sie nicht über der derzeitigen CO₂-Aufnahme mitteleuropäischer Ökosysteme. Die Waldausbreitung heizt möglicherweise das Klima weiter an. In der vormals baumfreien Tundra wurde im Winter ein Grossteil der Strahlung vom Schnee zurück in die Atmosphäre reflektiert. Die neue «dunkle» Baumgeneration nimmt jedoch Strahlungsenergie auf und erwärmt dabei die Oberfläche.



Mit Bohrkernen wird die Altersstruktur der Bäume an der oberen Waldgrenze im Uralgebirge bestimmt. (Bild: Frank Hagedorn)

Für Alaska schätzten amerikanische Wissenschaftler, dass die Waldausbreitung daher eher zu einer verstärkten Erwärmung führt. Allerdings ist unklar, ob dies auch für die weiten Regionen Sibiriens und des Urals gilt.

Fossile Bäume – Zeugen einer Warmzeit

Oberhalb der höchstgelegenen Bäume fanden russische Wissenschaftler Skelette mehrere Meter hoher toter Lärchen. Diese sind eindeutige Zeugen fossiler Wälder. Mit Hilfe von Jahrringen konnte das Alter des ausgestorbenen Waldes bestimmt werden – er lebte vor rund 1000 Jahren. Das zeigt, dass damals im polaren Ural ein ähnlich warmes Klima herrschte wie heute. Unter dem kälter werdenden Klima der kleinen Eiszeit starben die Bäume im 13. und 14. Jahrhundert ab. Die toten Lärchen aber blieben durch den hohen Harzgehalt des Holzes und die besonderen Klimaverhältnisse mit kurzen, trockenen Sommern und eisigen Wintern erhalten. Heute kommen nun wieder die ersten jungen Bäume und Lärchenkeimlinge zwischen den fossilen Holzresten auf. Unter dem heutigen Klimawandel erobert sich der Wald das verlorene Terrain wieder zurück.

Dr. Frank Hagedorn und Dr. Andreas Rigling
Eidgenössische Forschungsanstalt
für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf
frank.hagedorn@wsl.ch
andreas.rigling@wsl.ch



Baumskelette über der heutigen Waldgrenze: Die Reste belegen, dass vor rund 1000 Jahren schon einmal ähnliche Temperaturverhältnisse wie heute herrschten. (Bild: Frank Hagedorn)



Waldgrenze im südlichen Ural während des Winters. (Bild: Frank Hagedorn)



Entnahme von Bodenproben an der oberen Waldgrenze im Uralgebirge. (Bild: Frank Hagedorn)

Die Wechselwirkungen zwischen Klima und Oberflächengewässer sind schon breit untersucht. Auswirkungen aufs Grundwasser sind jedoch noch weitgehend unerforscht. Eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie (SGH) nimmt sich nun dem Thema an.

MARC SCHÜRCH

Das Beratende Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC) veröffentlichte in seinem Bericht von 2007 sein Szenario «Klimaänderung und die Schweiz 2050»: Gemäss diesem ist in der Schweiz zukünftig von deutlich geringeren Sommerniederschlägen (–6 bis –36%), erhöhten Winterniederschlägen (bis zu +25%) und höheren Temperaturen (im Sommer zwischen 1.4 und 4.9 Grad) auszugehen. Im Sommer werden deutlich längere Trockenperioden erwartet. Es wird auch mit häufigeren Starkniederschlägen im Herbst, Winter und Frühling gerechnet. Für Oberflächengewässer stehen einigermaßen verlässliche Daten zur Verfügung, mit denen auf mögliche Auswirkungen der Klimaänderung geschlossen werden kann. Die Folgen für das Grundwasser abzuschätzen, ist wesentlich schwieriger. Für solche Aussagen fehlt die Datengrundlage weitgehend.

Die Arbeitsgruppe «Klima und Grundwasser» der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie (SGH) möchte daher mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) mögliche Auswirkungen der Klimaänderung auf das Grundwasser und dessen Nutzung erfassen.

Landesweite Erfassung von langen Datenreihen

Die Arbeitsgruppe erstellt zunächst ein Archiv langer Datenreihen von Grundwasserparametern (Grundwasserstand, Quellschüttung, Temperatur etc.): Auf Antrag der Arbeitsgruppe beauftragte das

BAFU 2008 ein Geologiebüro, landesweit lange Grundwasserdatenreihen (möglichst länger als 50 Jahre) basierend auf den Auswahlkriterien der Arbeitsgruppe zu erfassen.

Zurzeit liegen schweizweit etwa 70 Datenreihen des Grundwasserstandes, 80 Datenreihen der Quellschüttung, 35 Datenreihen der Wassertemperatur sowie 20 Datenreihen von weiteren chemischen Parametern (z. B. Sauerstoffgehalt, pH) vor.

Die Arbeitsgruppe wählt derzeit Datensätze aus, die die unterschiedlichen Grundwasserleitertypen und Grundwasserregimes repräsentieren. Anschliessend werden diese Datensätze, welche oft nur als handgeschriebene Blätter oder als Limniographenbögen im Papierformat vorliegen, digitalisiert.

Eine breite Datenbasis für alle

Ab Herbst 2009 liegen etwa 50 ausgesuchte Datenreihen in einheitlicher digitaler Form vor, die dann mit unterschiedlichen statistischen Methoden ausgewertet werden. Anhand dieser Grundlagen untersucht die Arbeitsgruppe, in welchem Ausmass das Grundwasser in der Schweiz bisher Klimaänderungen abgebildet hat und welche Prozesse daran beteiligt waren. Basierend darauf erarbeitet sie mögliche Grundwasserszenarien 2050/2100. Die Daten stehen generell allen Interessierten zur Verfügung, solange sie ihre Arbeiten in Abstimmung mit der Arbeitsgruppe ausführen.

Das Grundwasser wird wärmer

Im Rahmen einer Masterarbeit an der Eawag und der ETH Zürich hat Julien Gendre 2008 an der Grundwasserfassung Seewerben in Rheinau (Kanton Zürich) Daten von Luft-, Wasser- und Grundwassertemperatur, Sauerstoffgehalt sowie Grundwasserstand für die Periode 1957 bis 2007 untersucht. Die Resultate zeigen in den letzten 50 Jahren vor allem für März, April und Mai einen Anstieg der Grundwassertemperatur von bis zu 0.05 °C/a, sowie eine Abnahme des Sauerstoffgehalts von bis zu 0.05 (mg/L)/a (siehe Abbildung).

Im Rahmen einer weiteren Semesterarbeit an der Eawag und der ETH Zürich hat Simon Figura 2009 die Datenreihen von Wasserstand, Temperatur und Sauerstoffgehalt der Töss und des Grundwassers in den Horizontalfilterbrunnen der Städtischen Werke Winterthur, im Brunnen von Neuhausen (SH) sowie im Förderbrunnen Seewerben in Rheinau mit statistischen Methoden ausgewertet. Er hat in den Förderbrunnen im Linsental (Winterthur, Kanton Zürich) für die letzten 20 Jahre ebenfalls eine Temperaturzunahme von etwa 1 Grad sowie einen sinkenden Sauerstoffgehalt festgestellt.

Auch andere Forschungsarbeiten laufen schon

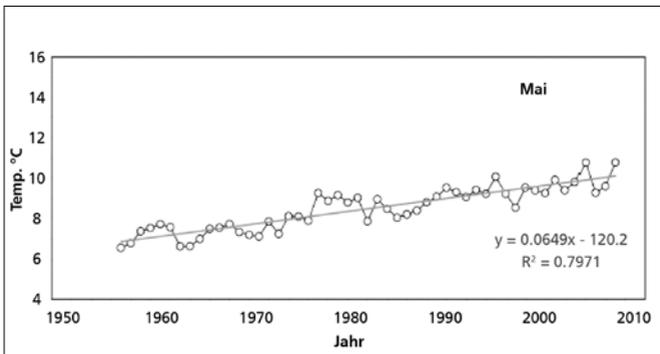
Das GEOLEP der EPF Lausanne möchte Grundwasserszenarien im Alpenraum an repräsentativen Typ-Situationen model-

lieren: In einem ersten Schritt wird das Modell mit der effektiven Infiltrationsmenge des Jahres 2008 – aus meteorologischer Sicht ein durchschnittliches Jahr – geeicht. Grundwasserszenarien werden dann mit unterschiedlichen effektiven Infiltrationsmengen berechnet. Das Modell soll auch auf das Mittelland und den Jura ausgedehnt werden.

Im Rahmen einer Dissertation am Institut für Umweltnaturwissenschaften der ETH Zürich unter Leitung von Professor Wolfgang Kinzelbach werden zudem mögliche Auswirkungen der Klimaänderung auf die Verdunstung und das Grundwasser in einem kleinen Einzugsgebiet im Mittelland untersucht.

Zukünftige Beobachtung und Nutzung des Grundwassers

Die Ergebnisse all dieser Arbeiten werden in einem Schlussbericht zusammengefasst. Dieser wird Empfehlungen abgeben für die langfristige Beobachtung der Auswirkungen der Klimaänderung auf das Grundwasser sowie für deren Umsetzung im Rahmen von kantonalen und nationalen Grundwassermessnetzen. Zudem wird er sich zur zukünftigen Nutzung des Grundwassers unter Bedingungen eines veränderten Klimas äussern.



Monatsmittel der Temperatur des Grundwassers an der Grundwasserfassung Seewerben, Monat Mai. (aus Gendre 2008).



Bild: Pierre Christ

Weitere Projekte zum Thema

«Klimaänderung und Grundwasser in der Schweiz»

← Erhebung von langfristigen Basisdaten für die Analyse, Modellierung und Prognose des Verhaltens von Grundwasserleitern bei Klimaänderung.

Auftraggeber: BAFU, Projektleitung: Dr. Heinrich Jäckli AG,

Projektpartner: SGH-Arbeitsgruppe «Klima und Grundwasser».

← Modellierung von Grundwasserszenarien im Alpenraum. Projektleitung: P. Turberg, ETH Lausanne, Projektpartner: SGH-Arbeitsgruppe «Klima und Grundwasser».

← Groundwater resources and climate change. Projektleitung: H.J. Hendricks Franssen, ETH Zürich, Projektpartner: SGH-Arbeitsgruppe «Klima und Grundwasser».

← Modeling of karst vulnerability with implications for climate change.

Projektleitung: P. Huggenberger, Universität Basel.

← Klimaänderung und Wasser (CCHydro). Projektleitung: D. Volken, BAFU, Projektpartner: ETH Zürich, ETH Lausanne, MeteoSchweiz.

← Trinkwasser 2025. Auftraggeber: BAFU, Projektleitung: M. Maurer, Eawag, Projektpartner: SVGW, Wasser- und Umweltbehörden.

← Nationales Forschungsprogramm Nachhaltige Wassernutzung (NFP61)

des Schweizerischen Nationalfonds: Projektleitung: Prof. C. Leibundgut,

Projektpartner: Hochschulen, Wasser- und Umweltbehörden. www.nfp61.ch

← Interreg-Projekt Klimaänderung und deren Auswirkungen auf die Wasserqualität und

Wasserquantität im alpinen Raum (ACQWA). Projektleitung: M. Beniston, Universität

Genf, Projektpartner: Agroscope Zürich, ETH Zürich, Universität Bern,

Wasser- und Umweltbehörden. www.acqwa.ch

← Interreg-Projekt Alp Water Scarce. Projektleitung: C. de Jong, Université de Savoie,

Projektpartner: EU-Mitgliedstaaten im Alpenraum, Wasser- und Umweltbehörden.

www.alpwaterscarce.eu

← Interreg-Projekt Italien-Schweiz: Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici

per la gestione dei rischi naturali (strada). Modulo 3: Gestione delle sorgenti

di montagna. Projektleiter: F. Zuber, Dienststelle für Umweltschutz, Kanton Wallis.

www.interreg-italiasvizzera.it/interreg

← Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung im alpinen Raum.

Projektleitung: C. Leibundgut, Projektpartner: Universitäten Bozen, Innsbruck, Bern und

Zürich, ETH Zürich, Wasser- und Umweltbehörden der Schweiz, Österreich und Italien.



Bild: Pierre Dèzes

Organisation der Arbeitsgruppe «Klima und Grundwasser»

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Marc Schürch, Bundesamt für Umwelt (Präsident) | Edi Höhn, Eawag (Vize-Präsident) | Brigitta Gander, AWEL, Kanton Zürich | Peter Germann, Universität Bern | Nico Goldscheider, Universität Neuchâtel | Peter Haldimann, Büro Dr. Heinrich Jäckli AG | Harrie-Jan Hendricks Franssen, ETH Zürich | Rolf Kipfer, Eawag | Markus Leuenberger, Universität Bern | Paul-Otto Lutz, Amt für Umwelt, Kanton Appenzell-Ausser rhoden | Federico Matousek, Matousek, Baumann & Niggli AG | Benjamin Meylan, Bundesamt für Umwelt BAFU | Pascal Turberg, EPF Lausanne

Untergruppen wurden basierend auf den Grundwasserverhältnissen der Schweiz gebildet («Lockergesteine» und «Festgesteine»). Eine dritte Untergruppe «Prozesse» untersucht die Prozesse, die bei der Klimaänderung die Qualität und Quantität des Grundwassers beeinflussen.

Die Arbeitsgruppe arbeitet eng mit den Projekten «Trinkwasserversorgung 2025» und «CCHydro» des BAFU, der Unterkommission «Trinkwasser» des SVGW und der Kommission «Grundwasser und Klimawandel» der International Association of Hydrogeologists (IAH) zusammen. Sie kann zudem die Finanzierung entsprechender Forschungsprojekte (z. B. über NFP61, Netzwerk Wasser im Berggebiet) bzw. Mittel des BAFU beantragen.

Marc Schürch
Bundesamt für Umwelt, BAFU
Abteilung Hydrologie, Sektion Hydrogeologie
3003 Bern
Tel. 031 323 03 21
marc.schuerch@bafu.admin.ch

Mehr Informationen unter:
www.hydrogeo.ch
www.umwelt-schweiz.ch → Themen →
Grundwasser

Mobiltelefone helfen vor Ort bei der Einschätzung der Lawinengefahr

«mAvalanche» ermöglicht mobiles Erlernen der Lawinenthematik: Im Gelände können eigene Einschätzungen überprüft und allenfalls vor Ort korrigiert werden. Dazu werden einige der GPS-tauglichen Mobiltelefone, welche mit «mAvalanche» ausgestattet sind, auch als Lawineninformationssysteme für die Prognostiker des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) benutzt.

CHRISTOPH SUTER

Ist es möglich, Mobiltelefone für lawinenrelevante Entscheidungen im Gelände einzusetzen? Kann ein Mobiltelefon die aktuelle Gefahr an Ort und Stelle berechnen? Diese Fragen beschäftigten mich erstmals auf einer Skitour im Winter 2006. Damals erschienen gerade die ersten Mobiltelefone mit integriertem GPS auf dem Markt. Erste Kontaktaufnahmen und Diskussionen zeigten schnell, dass digitale Geräte Tourengewandenen Entscheidungen nicht komplett abnehmen können – bei der Entscheidungsfindung können sie jedoch behilflich sein.

Deshalb wurde an der Universität Zürich eine Diplomarbeit mit dem Titel «Mobile Geräte in der Lawinenausbildung» gestartet. Das Projekt wurde vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) in Davos unterstützt. Das SLF hatte im Winter 2006 mit «White Risk» eine interaktive Lern-CD für die Lawinenausbildung herausgegeben und damit gezeigt, dass Lawinenausbildung auch zu Hause am Computer betrieben werden kann. Die Umsetzung des Gelernten im Gelände ist aber oft schwierig. An diesem Punkt setzte die Diplomarbeit an: Welche Übungen lassen sich auf mobilen Geräten umsetzen, so dass die Theorie direkt im Gelände gelernt, geübt und überprüft werden kann?



Die Möglichkeiten sind vielfältig: Mit Filmen, Bildern und Text wird gezeigt, wie die Hangneigung im Gelände gemessen werden kann. (Bild: Christoph Suter)

«mAvalanche» 1.0 – mobiles Erlernen der Lawinenthematik

In einem ersten Schritt wurde der lawinenbildende Faktor Hangneigung von White Risk (eLearning) für das mobile Lernen (mLearning) umgesetzt. Dazu wurde das Programm «mAvalanche» entwickelt, das multimediale Inhalte wie Texte, Bilder und Videos anzeigen kann. Mit diesem lernten dann die Testpersonen die Hangneigung im Skigebiet abzuschätzen: Sie massen diese anhand ihrer Skistöcke und auf der Karte. Dazu schätzten Sie die Neigung weit entfernter Hänge ein. Die Testpersonen konnten an einem beliebigen Ort ihre geschätzte Hangneigung ins Programm eingeben und zur Kon-



Automatisch den korrekten Standort: Bergführer können sich ihre Position auf der Landeskarte in «mAvalanche» einzeichnen lassen. So können auch in der Nähe beobachtete Lawinnenniedergänge ohne viel Aufwand eingezeichnet werden.

Einfach und übersichtlich: So präsentiert sich das Hauptmenü von «mAvalanche».

Immer abrufbar: Verschiedene Messwerte von Schnee- und Windstationen helfen bei der Einschätzung der Lawinengefahr vor Ort.

trolle berechnete ihnen «mAvalanche» mittels GPS und Geländemodell den korrekten Wert.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde das Programm mit zehn Probanden intensiv getestet. Alle Eingaben wurden aufgezeichnet. Dabei hat sich gezeigt, dass Lawinenausbildung mit mobilen Geräten möglich ist. Zudem hat die Ausbildung den Probanden grossen Spass bereitet – eine wichtige Voraussetzung für nachhaltiges Lernen. Mit Hilfe von «mAvalanche» war es auch möglich, einen Lernerfolg zu messen, indem analysiert wurde, wie sich die Schätzwerte im Verlauf der Testphase verbesserten. Ein derartiger Nachweis eines Lernerfolgs ist ein Novum in der Lawinenausbildung.

«mAvalanche» 2.0 – eine Erweiterung für den Tourenlehrpfad

In Davos führt ein Tourenlehrpfad auf das Sentisch Horn. Entlang der Aufstiegsroute befinden sich fünf Tafeln, welche einige lawinenrelevante Faktoren erklären. Auf einer Homepage (<http://tourenlehrpfad.slf.ch>) kann die Tour bereits zu Hause

optimal vorbereitet werden. «mAvalanche» wurde nach der Diplomarbeit am SLF weiter entwickelt. Dadurch kann es als interaktive Ergänzung zu den Tafeln des Tourenlehrpfades benutzt werden. Zudem wurden weitere Übungen entworfen, bei welchen auf aktuelle Schnee- und Wetterdaten umliegender Messstationen zugegriffen werden kann. Die Übungen sind somit nicht nur ortsbezogen, sondern auch auf die aktuellen Verhältnisse abgestimmt. So ermöglichen sie dem Benutzer die eigene Einschätzung der Lawinensituation anhand von Messwerten zu überprüfen. In den letzten zwei Wintern wurde «mAvalanche» am Sentisch Horn von mehreren Tourengruppen und im Rahmen von Ausbildungstagen getestet.

Ein mobiles Lawineninformationssystem

Für die Erstellung des Lawinenbulletins ist das SLF auf aktuelle Rückmeldungen aus dem Gelände angewiesen. Da sich Bergführer täglich mit der Lawinengefahr auseinandersetzen, können sie auf einen grossen Erfahrungsschatz zurückgreifen.

Deshalb sind gerade ihre Rückmeldungen für das SLF von grosser Wichtigkeit. Damit die Rückmeldungen aber ins aktuelle Bulletin einfließen können, müssen sie vor 14 Uhr für die Lawinenprognostiker zur Verfügung stehen. Dies ist für Bergführer oft nur schwer zu bewerkstelligen. Nachdem sich «mAvalanche» als Ausbildungssystem bewährt hatte, entstand die Idee, das Programm zusätzlich als mobiles Lawineninformationssystem einzusetzen. Bergführer sollten die Möglichkeit erhalten, ihre Beobachtungen im Gelände (Neuschneemenge, Gefahrenzeichen, eigene Einschätzungen der Lawinengefahr) dem SLF direkt übermitteln zu können. Dank GPS kann die Position des Meldenden – und damit wichtige Parameter wie die Höhe über Meer und die Exposition – automatisch berechnet werden. Da die Meldungen mittels Mobilfunk von unterwegs ans SLF übermittelt werden, sieht der Lawinenprognostiker ohne zeitliche Verzögerung, wie die Person vor Ort die Lage einschätzt und wo die Meldung gemacht wurde.

Testphase Winter 2008/09

«mAvalanche» wurde im vergangenen Winter von zehn Bergführern intensiv getestet. Diese wurden vom SLF mit einem modernen Mobiltelefon ausgestattet und gebeten, während des Winters auf ihren Touren jeweils eine Meldung abzugeben. Auf diese Weise gelangten rund 400 Meldungen ans SLF, die vom Lawinenwarndienst täglich mit grossem Interesse studiert wurden. Als Gegenleistung erhielten die Bergführer Zugang zu aktuellen Messdaten von Wetterstationen, zum Alpenwetterbericht und zum Bulletin. Auf den Handys waren ausserdem alle 1:25000er Karten der Schweizer Alpen gespeichert, auf welchen die Bergführer ihre aktuelle Position abrufen konnten.

Das Projekt hat die Möglichkeiten und Grenzen von modernen Mobiltelefonen aufgezeigt: Die Batteriekapazität war bei den getesteten Telefonen zu schwach. Bei



Eine grosse Hilfe für die Lawinenwarner: Ein Bergführer gibt aktuelle Geländebeobachtungen in «mAvalanche» ein. (Bild: Christoph Suter)



Lernerfolg vor Ort: Zwei Probanden lernen anhand von «mAvalanche» die Hangneigung im Gelände einzuschätzen. (Bild: Christoph Suter)

Mehrtagestouren benutzten viele zusätzlich ihr privates Mobiltelefon um jederzeit erreichbar zu sein. Ausserdem hat sich gezeigt, dass das Eingabeformular erweitert werden muss, damit alle relevanten Beobachtungen im Gelände eingegeben werden können.

Dank der guten Zusammenarbeit mit den Testkandidaten und den zahlreichen Rückmeldungen wird für den kommenden Winter eine erweiterte Testversion entwickelt. Es werden neue Mobiltelefone eingesetzt und das Eingabeformular wird komplett überarbeitet, so dass auf die aktuellen Verhältnisse vertieft eingegangen werden kann. Zusätzlich werden weitere Bergführer für den Testlauf gesucht.

Christoph Suter
WSL-Institut für Schnee- und
Lawinenforschung SLF, Davos
Warn- und Informationssysteme
Tel. 081 417 01 52
suter@slf.ch
www.mavalanche.com

Risse im Tragwerk, verkippte Seilbahnstützen oder beschädigte Lawinerverbauungen: Bauen im Permafrost ist eine Herausforderung für Ingenieure und Betreiber von Gebirgsinfrastrukturen. Besondere Baumethoden bieten Abhilfe. Das WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF hat einen neuen Leitfaden dazu herausgegeben.

CHRISTIAN BOMMER UND MARCIA PHILLIPS

Ständig gefrorener Boden, so genannter Permafrost, kommt ungefähr auf sechs Prozent der Fläche der Schweizer Alpen vor. Je nach Hanglage und Exposition besteht oberhalb von 2200 m ü. M. Verdacht auf ein Permafrostvorkommen. Als Baugrund kann eishaltiger Permafrost problematisch sein. Belastungen und wärmere Temperaturen führen zu einer geringeren Tragfähigkeit des Baugrunds, erhöhten Kriechraten des Permafrosts und mächtigeren Auftauschichten.

Eine Reduktion der Baugrundstabilität stellt eine potenzielle Gefahr für Bauten und Infrastrukturen dar. Mit speziellen Baumethoden kann dieser Problematik entgegen gewirkt werden. Typische Bauten im Permafrost sind in den Alpen Bahnstationen, Masten, Restaurants, Schutzhütten, Wasserleitungen, Lawinerverbauungen, Telekommunikationsanlagen, Stollen und Bahngleise.

Der Ort ist entscheidend

Die erfolgreiche Realisation eines Bauprojekts im Hochgebirgspermafrost ist für alle Beteiligten eine technische und logistische Herausforderung. Für die Erstellung von nachhaltigen Bauobjekten sind die Standortwahl und das Tragwerkskonzept von zentraler Bedeutung. Die Standortwahl muss auf eine detaillierte Vorstudie abgestützt werden, welche abklärt, ob der geplante Standort sich im Permafrost befindet, und die Baugrundbedingungen untersucht. Liegt der Standort im eishal-

tigen Permafrost, sollte eine Standortverschiebung oder ein Bauverzicht in Erwägung gezogen werden.

Durch eine frühzeitige Beobachtung und Instrumentierung können Aussagen zur Temperatur, zum Eisgehalt und zum Deformationsverhalten des Baugrunds an einem potenziellen Standort gesammelt werden. Die Vorstudie für Bauten im Permafrost ist im Vergleich mit klassischen Bauten zeitintensiver. Vor allem die Baugrunduntersuchung benötigt eine lange Vorlaufzeit. Die längere Vorlaufzeit ver-



Instabil: Unterspültes Fundament und ausgekugelte Pendelstütze eines Schneenetzes im kriechenden Permafrost. (Bild: SLF)



Am Abhang: Cabane des Vignettes CAS. SAC-Hütte im Permafrost während des Umbaus 2007. (Bild: SLF)

teuert die Kosten der Vorstudienphase für Bauten im Permafrost. Diese anfänglichen Mehrkosten zahlen sich jedoch nach kurzer Zeit aus, verlängern die Lebensdauer und verhindern grosse Sanierungs- oder Neubaukosten.

Wie entwickelt sich der Permafrost nach dem Bau?

In der Projektierungsphase müssen während der Tragwerksanalyse zusätzliche Lastfälle berücksichtigt werden, welche mögliche Veränderungen des Permafrost-Baugrunds einbeziehen. Die Einflüsse des Klimawandels, der Bauaktivität und der Nutzung können zur Permafrost-Degradation im Baugrund beitragen und Auswirkungen wie zum Beispiel differenzielle Setzungen und Kriechdeformationen auslösen.

Die Permafrostentwicklung während der geplanten Nutzungsdauer eines Bauwerks muss prognostiziert und dementsprechend die langfristigen, charakteristischen Baugrundwerte gewählt werden. Infrastrukturen an exponierter Lage können zusätzlich durch Naturgefahren aus Permafrostgebieten gefährdet werden.

Dies ist in die Gefährdungsbilder einzubeziehen und das Restrisiko ist bezüglich der Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks abzuschätzen. Die nicht abgedeckten Restrisiken, die aus Überlastfällen, Naturgefahren und andern Sonderrisiken zusammengesetzt sein können, sind der Bauherrschaft zu kommunizieren.

Gefahren laufend überwachen

Ein robustes, angepasstes Tragwerk, mit einem geeigneten Fundations- und Verankerungskonzept sowie mit eingeplanten Redundanzen ist deshalb entscheidend, um Nutzungseinschränkungen während der Lebensdauer eines Bauwerks zu vermeiden. Mit regelmässigen Überwachungs-messungen können allfällige Probleme oder Gefahren während allen Projektierungsphasen besser erkannt und die Sicherheit erhöht werden. Eine systematische Aufzeichnung und Auswertung der Messungen kann als Frühwarnsystem dienen.

Für jedes Projekt anders

Im Hochgebirgspermafrost ist jedes Bau-projekt einzigartig und verlangt nach

Klufteis in der Anrissfläche
eines Felssturzes
am Gemsstock
(Bild: Carlo Danioth)



speziellen, angepassten Lösungen um die vielen aussergewöhnlichen Situationen zu meistern. Es ist deshalb nicht möglich, allumfassende «Rezepte» für nachhaltiges Bauen im Permafrost zu verfassen.

Eine Anleitung für die Praxis

Der vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF und Projektpartnern neu entwickelte, praxisorientierte Leitfaden für Bauten im Permafrost beschreibt dennoch diverse Herausforderungen und mögliche Lösungen dazu. Im ersten Teil des Leitfadens werden das Phänomen Permafrost definiert, dessen Eigenschaften beleuchtet und in der Praxis anwendbare Permafrost-Erkundungs- und Nachweismethoden aufgelistet.

Im mittleren Teil wird ein empfohlener Projektlauf aufgezeigt, und die Wichtigkeit einer ausführlichen Vorstudie, wie oben bereits angetönt, wird betont. Im dritten Teil werden technische Lösungen für Fragestellungen während der Ausführung und Sanierung angegeben.

Der Leitfaden basiert auf einem aktuellen, fachlichen und technischen Wissensstand, erhebt jedoch keinen Anspruch allumfassend zu sein. Zusammen mit dem Kapitel «Lawinerverbauungen im Permafrost» aus der Richtlinie «Lawinerverbau im Anbruchgebiet» stellen diese beiden

Dokumente die Hilfsmittel zur Realisierung und Sanierung von Infrastrukturen im Hochgebirgspermafrost dar.

Mehr Informationen unter www.slf.ch →
Forschung und Entwicklung →
Permafrost → Bauen im Permafrost.

Christian Bommer, Marcia Phillips
WSL-Institut für Schnee- und
Lawinenforschung SLF
Permafrost und Schneeklimatologie
Flüelastrasse 11, 7260 Davos
bommer@slf.ch
phillips@slf.ch

Das Mont Terri Felslabor wird eine Kernaufgabe der Landesgeologie

Noch in diesem Herbst initiiert die schweizerische Landesgeologie den Prozess «Felslabor und geologische Tiefenlager». Dieser verspricht mehr Unabhängigkeit und Neutralität auf verschiedenen Ebenen. Zur Landesgeologie zählen dazu die bereits vorhandenen Prozesse «Geologische Landesaufnahme», «Informationsstelle» und «Koordination geologische Landesuntersuchung».

PAUL BOSSART

Anfangs 2006 wurde die Landesgeologie der swisstopo angegliedert. Seither ist swisstopo verantwortlich für den Betrieb des Felslabors und die Leitung des Forschungsprojektes Mont Terri in St-Ursanne. Aufgrund der wachsenden strategischen Bedeutung des Felslabors – unter anderem aufgrund seiner Rolle beim Bund als Prüf- und Fachbehörde für geologische Tiefenlager – hat swisstopo entschieden, das Felslabor als eine der Kernaufgaben in die Landesgeologie aufzunehmen.

Mit diesem Schritt werden die unabhängige Position von swisstopo im Sachplan geologische Tiefenlager konsolidiert und eine absolut neutrale Leitung des Felslabors Mont Terri durch den Bund ist ge-

währleistet. Des Weiteren sind die Stabilität und Kontinuität im Projekt Mont Terri gewährleistet. Auch die Sicherheit und die Effektivität gegenüber dem Kanton Jura und den 14 Projektpartnern wird so verbessert.

Mont Terri unter der Leitung von swisstopo

Künftig werden nicht mehr externe Firmen das Management des Felslabors betreiben; alle Prozesse werden in die Landesgeologie integriert. So besteht das Managementteam künftig aus dem Direktor des swisstopo-Felslabors, einem Projektleiter, dem Projekttechniker, dem örtlichen Leiter und einem wissenschaftlichen Mitarbeiter (siehe Bild 1).

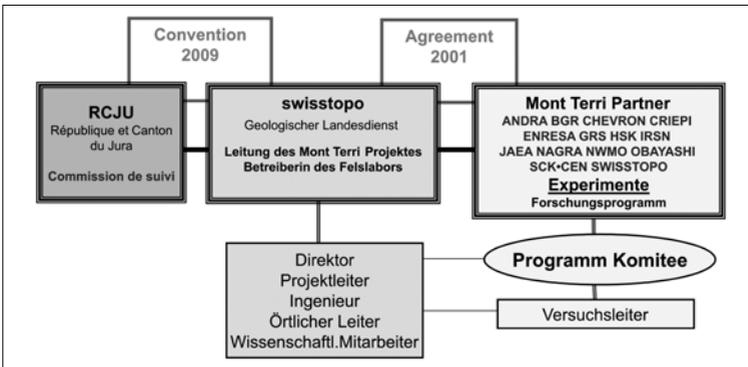


Bild 1: Die Organisation des Mont Terri Projektes: Die 14 Partner führen Forschungsprogramme durch, die Landesgeologie leitet und koordiniert die Forschungsprojekte und betreibt das Felslabor.

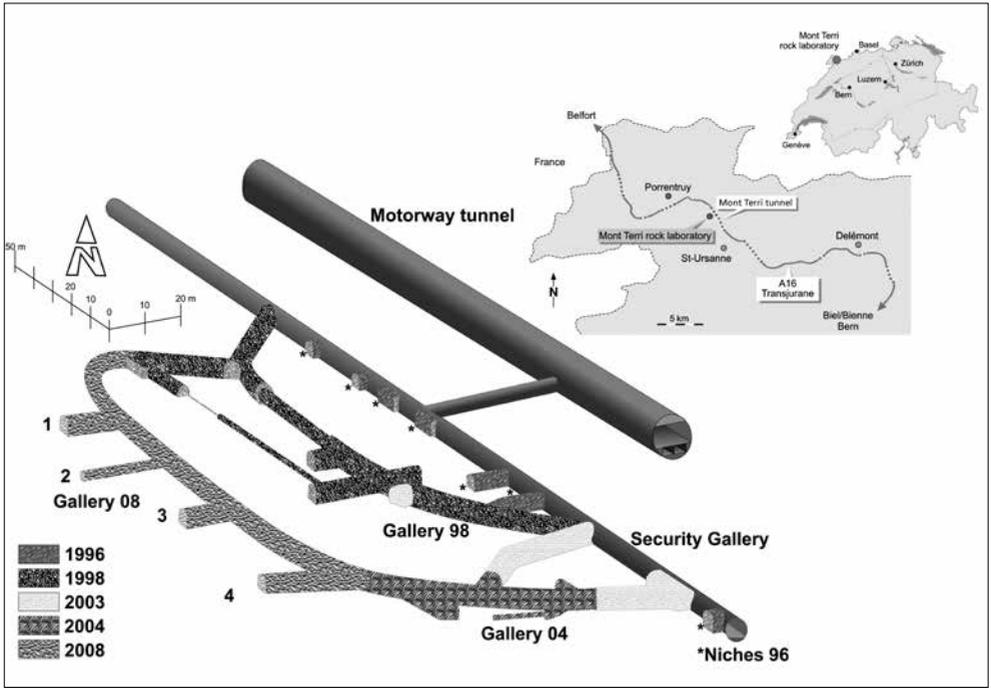


Bild 2: Das Mont Terri Felslabor bei St-Ursanne mit den verschiedenen Erweiterungsphasen: Insgesamt sind heute 500 Meter Stollen und Nischen für rund 36 laufende Experimente vorhanden.

Bild 2 zeigt das Mont Terri Felslabor. Es befindet sich nördlich von St-Ursanne im Kanton Jura rund 300 Meter unter der Erdoberfläche. Für die Realisierung des Labors waren zwei Gegebenheiten wichtig. Erstens musste der Zugang zum Felslabor einfach sein: Durch den bereits vorhandenen Mont Terri Tunnel konnte ein leichter Einstieg gewährleistet werden. Zweitens sind die geologischen Verhältnisse entscheidend: Die verschiedenen Facies sind gut aufgeschlossen und die tektonischen Verformungen sind relativ klein.

Abklärungen zu Tiefenlager

In Zukunft werden auch die im Rahmen des «Sachplans Geologische Tiefenlager» erbrachten Expertenleistungen in die Landesgeologie integriert. Dabei unterstützen die Geologen der Landesgeologie das ENSI (eidgenössisches Nuklearsicher-

heits-Inspektorat) in geologischen Fragen. Aktuell ist die erste von drei Etappen in Bearbeitung. Darin geht es vor allem um die fachliche Begutachtung der von der Nagra vorgeschlagenen Standortregionen. Eine wichtige Frage ist dabei, ob die von den Entsorgungspflichtigen vorgeschlagenen Wirtgesteine vollständig und nachvollziehbar sind. Was die Forschenden bisher zur Tiefenlagerung im Mont Terri Felslabor herausgefunden haben, ist im Bericht «Mont Terri Rock Laboratory» nachzulesen, der auf Seite 42 vorgestellt wird.

Paul Bossart
 Director Mont Terri Project
 swisstopo
 Fabrique de Chauv, 2882 St-Ursanne
 paul.bossart@swisstopo.ch

Nachruf auf Rudolf Trümpy

Rudolf Trümpy, einer der bedeutendsten Schweizer Geologen, hätte vor wenigen Tagen seinen 88. Geburtstag gefeiert. Nach seinem Tod am 31. Januar dieses Jahres soll ein eindrücklicher Geologe und Mensch gewürdigt werden.

WILLI FINGER

Beim Jahrestreffen der Zürcher Geologen vor Weihnachten 2008 gab es einen unbestrittenen Höhepunkt: Es mag etwas makaber klingen, aber es waren die von Rudolf Trümpy vorgetragene Nachrufe auf die im laufenden Jahr verstorbenen Kollegen und Kolleginnen. Er beschrieb sie unvergleichlich – sowohl als Geologen wie auch als Persönlichkeiten. Nachdem Professor Trümpy in der Nacht zum 31. Januar dieses Jahres nach überstandenen gesundheitlichen Problemen für alle überraschend – in seinem Haus in Küsnacht verstorben ist, bleibt mir die Pflicht, seine Persönlichkeit und sein Wirken als Hochschullehrer zu würdigen. Dies auch als Erinnerung für die vielen Studierenden, die seine Vorlesungen zwischen 1953 und 1986 besuchten und zu einem grossen Teil auch unter seiner Leitung ihr Studium abschlossen. Allen anderen, die ihn nicht persönlich kannten, soll einer der bedeutendsten Schweizer Geologen des letzten Jahrhunderts vorgestellt werden.

Trümpy erarbeitete wesentliche Beiträge – alleine oder in Zusammenarbeit mit seinen fortgeschrittenen Studenten – zur Geologie der Alpen. Seine Forschungen betrafen unter anderem den Lias der Glarner Alpen, die Konglomerate am Mont Pélerin, die Iberger Klippen (über die er noch im 2006 eine viel beachtete Arbeit im «Swiss Journal of Geosciences»

veröffentlichte), die paläotektonische Entwicklung der Alpen, die ostalpinen (und penninischen) Decken Graubündens und die geologischen Zusammenhänge zwischen dem Rifgebirge und Andalusien. Die wissenschaftliche Bedeutung von Trümpys Schaffen wird in ausführlichen Nachrufen zum Beispiel im «Swiss Journal of Geosciences» oder in «Episodes» hervorgehoben.

Eine eindrückliche physische und geistige Präsenz

Rudolf Trümpy wurde am 16. August 1921 in Glarus geboren. Ein lautes «Trümpysches» Lachen prägte den eindrücklichen Menschen. Auch sonst war er nicht zu überhören. Wenn er ganz unten im NO-Gebäude der ETH Zürich seine Pfeife im Aschenbecher vor der Lifttür ausklopfte und der Ton dabei durchs ganze Haus hallte, wusste man: Professor Trümpy ist da. Präsent zu sein war überhaupt eine Eigenschaft, die ihn auszeichnete – in verschiedener Hinsicht: Seine Erscheinung war nicht zu übersehen, seine Stimme unmöglich zu überhören. Letztere konnte an Exkursionen gegen Wind und Wetter auch bis zu den weiter hinten stehenden Teilnehmern dringen. Am Megaphon, das man ihm an der legendären Vierwaldstättersee-Exkursion mit über hundert Teilnehmern anlässlich seines 80. Geburtstags reichte, drückte er eher verlegen herum.

Nur eine Stimme und ein dicker Stift

Trümpy arbeitete nie mit einem Computer. Auch wollte er sich ohne technische Hilfsmittel mitteilen. Er hörte sich sogar gerne selber beim Reden zu, wie er in seinem selbstverfassten «privaten» Lebenslauf schrieb. Auf Exkursionen illustrierte er das Gesagte mit Filzstiften auf ausgerolltem Packpapier, das von zwei Studenten gehalten wurde. Damit wurde unüberseh- und hörbar, was er sagte und zeichnete. Galt dies auch für das Inhaltliche? Das hing weitgehend vom Rezipienten ab – auch in den Vorlesungen. Trümpy setzte Interesse und Vorkenntnisse voraus. Für Freifachhörer anderer Fachrichtungen bemühte er sich, seine Vorlesung «Erdgeschichte» etwas einfacher zu halten.

Anspruchsvolle Vorlesungen mit Anekdoten und Sprüchen

In Vorlesungen für Fortgeschrittene wie «Geologie der Alpen» oder «Stratigraphie», stellte er hohe Anforderungen an die Zuhörenden. Seine Anekdoten und Sprüche gehörten aber immer auch zum Programm. Aktuelle und vergangene geologische Forscher wurden bei der Behandlung des entsprechenden Themas genannt; er ging genüsslich auf deren Eigenarten ein. Unschwer hörte man heraus, wem der Herr Professor zugeneigt war und wem weniger. Trümpy war auch ein Meister der Analogien. Auf Exkursionen in ferne Ländern konnte es heissen: «Da fühlt man sich wie bei Ihnen im Terrain, Frau Meier». Und schon schaute man sich die Gesteine mit besonderem Interesse an. Die Vergleiche fielen zum Teil auch profaner aus: Über die Geologie der Tschechoslowakei war zu hören, dass auf den alten böhmischen Massiven die Menschen Bier trinken und Knödel essen, während auf den jüngeren Sedimenten Wein angebaut und Gulasch zubereitet wird. Und

wenn auf Exkursionen die Grenze zwischen Penninikum und Ostalpin überquert wurde, hiess es: Das Ostalpin ist daran zu erkennen, dass auf den dolomitischen Gesteinen Legföhren wachsen und die Serviertöchter kurzbeinig und hochbusig sind.

Der polyglotte Geologiepapst

Trümpys Vortragsstil war fesselnd: Er trug perfekt in Deutscher, Französischer und Englischer Sprache vor. Weltgewandtheit wurde ihm sozusagen in die Wiege gelegt: Als Sohn eines Erdöl-Geologen wuchs er in Argentinien, der Schweiz und in Mexiko auf. Englisch hat er schon in der amerikanischen Schule in Mexiko gelernt. Sein Französisch perfektionierte er in Lausanne, wo er von 1947 bis 1953 als «Chef de travaux» und später als Institutsleiter wirkte. Dort entstand seine Frankophilie und dort lernte er auch seine Frau Marianne kennen. Sie war den Studierenden wohl bekannt und auf Exkursionen und Feldbesuchen oft als «gute Seele» mit dabei. Nach seiner Rückkehr nach Zürich als ETH- und Uni-Professor mehrten sich die internationalen Kontakte. Höhepunkt bildete 1976 die Wahl zum Präsidenten der «International Union of Geological Sciences». «Jetzt bin ich der Papst der Geologen», witzelte er nicht ohne Stolz. Sogleich fügte er aber an, dass er nicht religiös sei, sondern sich als Agnostiker bezeichne.

Der Professor und die 68er

Mit Professor Trümpy konnte man gut über Gott und die Welt diskutieren. Dies vor allem auf Exkursionen, abends bei einer Flasche Wein. Oder aber es wurde eine Runde gepokert. Neben historischen Themen, der Geschichte der Geologie, Sport, Essen und Trinken war es ab den späten 1960er Jahren immer mehr das Politische, das ihn interessierte. Hochschul-



Rudolf Trümpy

politisch blieb Trümpy vorerst eher konservativ, war aber sehr interessiert an den Ideen und der Lebensweise der so genannten «68er». Es konnte durchaus sein, dass er mit seiner Frau Marianne eine Party in einer Wohngemeinschaft besuchte. Seine Abschiedsvorlesung 1986 mit dem Titel «Vom Sinn der Erdgeschichte» war dann ein Mahnruf an die jungen Studierenden, sich in ihrer Berufsausübung für einen rücksichtsvollen Umgang mit den Ressourcen unserer Erde einzusetzen. Mit den mineralischen Rohstoffen und vor allem mit dem Wasser müsse sorgsam umgegangen werden. Diesbezüglich soll seiner Meinung nach ein internationaler Konsens erreicht werden. Einer seiner Schlusssätze war: «Wenn man das Privileg hat, einige Jahrzehnte lang mit jungen Leuten zusammenzuleben, glaubt man, zaghafte Ansätze eines planetaren Gewis-

sens – jenseits der nationalen, lokalen, klassenbedingten, familiären und persönlichen Egoismen – zu erkennen».

Willi Finger
Geologische Beratungen
Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich
Tel. 044 286 75 30
willi@finger.ch

Gletscher und Geigen – oder wie Wissenschaft über Musik den Gesellschaftsdialog findet

Was hat Musik mit schmelzenden Gletschern zu tun? Studien aus der Motivationsforschung zeigen, dass Umwelthandeln durch Motivation ausgelöst wird. Das Partnerschaftsprojekt «Swiss Ice Fiddlers» der Academia Engiadina und des Europäischen Tourismusinstituts ETI Schweiz kombiniert deshalb Musik mit Wissenschaft. Nach umweltsychologischem Vorbild soll so der Dialog mit der Gesellschaft gesucht und gefunden werden.

FELIX KELLER

Obwohl durch den Klimawandel viel Eis schmilzt, faszinieren Gletscher die Menschen auch heute noch: Im vergangenen Winter zog die über 12 000 Kubikmeter grosse Morteratsch-Eishöhle viele begeisterte Besuchende im wahrsten Sinne des Wortes in den Gletscher hinein. Bläuliches Eis, durchsichtige natürliche Skulpturen und Luftblasen unbekanntes Alters weckten Emotionen und regten zum Nachdenken an.

Dazu wurden im vergangenen Frühling in der Tuoi- und Silvrettahütte an zwei Hüttenabenden Bilder aus der Eishöhle gezeigt. Anhand einfacher glaziologischer Grundlagen konnte deren Entstehung



Glatte, spiegelnde Gletscherflächen deuten auf Schmelzprozesse hin: An der Oberfläche erwärmte kleine Seen haben wahrscheinlich warmes Wasser geliefert und so die Höhlenbildung verursacht. (Bild: Ursina Kerle)



Der Anlass «Gletscher, Geigen und Getreide» wurde sogar prämiert: Dabei verschmelzen blaue Eisreflexionen mit Geigenklängen und wollen so die Klimaproblematik der Gesellschaft näher bringen. (Bild: Henry Bois de Chesne)

und der Zusammenhang mit dem aktuellen Klimawandel anschaulich erläutert werden. Geigenklängen und köstliche Regionalgerichte machten den Anlass und die Stimmung einzigartig.

Sogar ein prämiertes Angebot

Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung zeigt einen realen Weg für die Lösung des Klimaproblems. Dazu sind zahlreiche grosse und kleine Veränderungen in unserem gesamten System notwendig. Im neuen Regionalpark «Parc Ela» wurde mit dem Anlass «Gletscher, Geigen und Getreide» auch im Tourismus nach neuen Wegen gesucht.



Eckig und unendlich gross: Die scharfen Kanten in der völlig dunklen Höhle sind Hinweise auf abgebrochene Eispakete. (Bild: Felix Keller)

Dabei wurde der Porchabella Gletscher am 12. und 13. September diesen Jahres spielerisch erkundet. Glaziologen und Laien machten sich von der Keschhütte aus gemeinsam auf den Weg zum Gletscher, wo viel Interessantes und Wissenswertes zu erfahren war. Die nachfolgende Auseinandersetzung mit dem prämierten Energiekonzept der SAC Hütte, die musikalische Untermauerung des Abends durch die «Swiss Ice Fiddlers» und das Nachtessen aus regionalen Getreideprodukten boten ein unvergessliches Erlebnis. Das mit Lichtbildern illustrierte Engadiner Märchen «Las trais Fluors» bildete den Abschluss. Dieser Anlass wurde von WWF Schweiz und von Schweiz Tourismus als nachhaltiges Tourismusangebot prämiert.

Felix Keller
Europäisches Tourismus Institut ETI Schweiz,
Leiter Bereich Landschaft
Academia Engiadina
Quadratscha 18, 7503 Samedan
f.keller@academia-engiadina.ch

Weitere Informationen zu diesen und weiteren Anlässen:

www.swissicefiddlers.ch und
www.parc-ela.ch

Der umweltspsychologische Hintergrund der Anlässe

Der Zusammenhang zwischen Umwelthandeln und Emotionen wurde in einer Studie mit über 1000 deutschen Gymnasiasten untersucht. Motivationspsychologe Jürgen Rost schloss die Studie zusammen mit seinem Team im Jahre 2001 ab. Nach dieser hat Motivation, die aus den Komponenten «soziale Bedürfnisse», «Verantwortungswahrnehmung» und «Schutzmotivation» besteht, einen grossen Einfluss auf die Handlungsabsichten. Diese hängen wiederum über die Ergebnis- und Kompetenzerwartungen, die eingesetzten Instrumente und die verfügbaren Ressourcen mit dem Umwelthandeln zusammen. Angesichts der heute der Menschheit zur Verfügung stehenden Ressourcen und Technologien könnte es sein, dass die grösste Schwierigkeit im Umgang mit dem Klimaproblem im Bereich der individuellen und kollektiven Motivation zu suchen ist.

Die ersten Folgen des Klimawandels sind schon heute sichtbar. Zum Beispiel im Berner Oberland. Mit dem «Jungfrau Klimaguide» der Universität Bern lässt sich nun der Klimawandel auf sieben Pfaden erwandern.

Der Klimawandel findet statt, und die Alpen reagieren besonders empfindlich auf die Veränderungen. Spezialisten der Universität Bern präsentieren seit dem Sommer 2009 auf sieben Pfaden die ersten Anzeichen des Wandels in der Region. Neuste Forschungsergebnisse sind leicht verständlich und attraktiv aufbereitet auf dem Jungfrau Klimaguide. Der Klimaguide ist aus Anlass des 175-jährigen Jubiläums der Universität Bern entstanden. Das Projekt wird von der ganzen Jungfrau-Region unterstützt.

Informationsplattform auf dem iPhone

Der Jungfrau Klimaguide funktioniert auf dem iPhone und ist eine veritable kleine Informationsplattform zum Thema Klimawandel. Unter anderem bietet der Guide Hörstücke, die entlang von sieben Pfaden in der ganzen Jungfrauregion das neueste Wissen der Klimaforschung genau dort präsentieren, wo die Folgen des Klimawandels im Gelände sichtbar werden.

Der Jungfrau Klimaguide kann für CHF 20.– pro Tag gemietet werden. Für Gruppen gelten besondere Tarife. Das Gerät verfügt über einen Lautsprecher, so dass es gut von mehreren Personen gleichzeitig genutzt werden kann. Der Klimaguide existiert auf Deutsch, Französisch und Englisch und kann in den Tourismusbüros von Grindelwald, Lauterbrunnen, Mürren und Wengen ausgeliehen werden.

Nähere Informationen unter www.jungfrau-klimaguide.ch

Se promener avec le Guide du climat de la Jungfrau

Les premières conséquences du changement climatique sont déjà visibles aujourd'hui, par exemple dans l'Oberland bernois. Avec le «Klimaguide Jungfrau», l'Université de Berne invite les randonneurs à découvrir les changements climatiques le long de sept sentiers.



Une plate-forme sur iPhone

Le Guide du climat de la Jungfrau fonctionne sur iPhone et constitue une véritable petite plate-forme d'information sur le thème des changements climatiques. Ce guide propose entre autres des séquences audio à écouter sur sept sentiers dans la région de la Jungfrau. Ces enregistrements donnent sur le terrain, aux endroits même où les conséquences des changements climatiques sont visibles, des renseignements tirés des connaissances les plus actuelles en recherche climatologique.

Le Guide du climat de la Jungfrau peut être loué pour CHF 20.-, avec des tarifs de groupe à partir de 5 iPhones. L'appareil est équipé d'un haut-parleur, de manière à pouvoir être utilisé simultanément par plusieurs personnes. Le Guide du climat existe en français, allemand et anglais et est disponible dans les offices de tourisme de Grindelwald, Lauterbrunnen, Mürren et Wengen.

Pour plus d'informations:
www.jungfrau-klimaguide.ch

Les changements climatiques sont en cours, et les Alpes réagissent à ces modifications avec une sensibilité particulière. Des spécialistes de l'Université de Berne présentent, sur sept sentiers climatiques, les signes avant-coureurs des changements dans la région: les résultats les plus récents de la recherche sont accessibles à tous et présentés sous une forme attrayante dans le Guide du climat de la Jungfrau. Le projet a été réalisé à l'occasion du 175^{ème} anniversaire de l'Université de Berne et est soutenu par la région de la Jungfrau.

Une famille de géologues, les Lapparent

Christian Montenat: Une famille de géologues, les Lapparent.

Un siècle d'histoire et d'aventures de la géologie. Préface de Jean Dercourt.

Vuibert Editeur, Paris, 2008. 216 pages.

Albert-Auguste Cochon de Lapparent (1839–1908) qui est à l'origine de cette remarquable lignée de géologues, fut l'un des savants les plus en vue de son époque. Appelé à occuper les chaires de Géologie et de Minéralogie dès la fondation de l'Université catholique de Paris en 1875, il est l'auteur de nombreux ouvrages qui connurent souvent un grand succès et dont certains sont devenus des « classiques ».

L'auteur relate la vie du fondateur et celles de trois de ses proches descendants, eux-mêmes géologues de grand renom: son fils Jacques (1883–1948), brillant universitaire, professeur à Strasbourg et à Sorbonne; ses petits-fils Albert-Félix (1905–1975), prêtre et titulaire de la chaire de géologie inaugurée par son grand-père à l'Institut catholique de Paris et Claude (1920–1985), figure marquante de l'exploration pétrolière internationale. De l'ancien couvent des Carmes à l'Académie des Sciences, de l'Université aux milieux de l'industrie pétrolière, à travers les guerres, les affrontements politiques, philosophiques et religieux, se déroule une saga aux scènes multiples et variées: Les bals de l'Impératrice Eugénie; les premières études du tunnel sous la Manche; l'Alsace, Strasbourg et son université retrouvées après la Grande guerre; les lentes méharées sahariennes; l'étrange histoire de la bauxite; la longue traque des dinosaures du Spitzberg au Niger; les montagnes inconnues d'Afghanistan; le pétrole d'Hassi Messaoud; un déluge dans le désert d'Oman ...

Autant de chapitres, parmi d'autres, où, pendant plus d'un siècle, l'histoire de la



Géologie se mêle à d'étonnantes aventures humaines.

« On connaissait les grandes familles de militaires, de médecins, voilà un exemple d'une famille de géologues où l'on passe insensiblement d'une science essentiellement théorique à une science étroitement associée à l'industrie. Ainsi, en quatre histoires, une famille prolifique participa à la construction d'une science: la géologie. On y voit comment les bouleversements du monde extérieur façonnèrent leur vie. L'auteur nous conte avec un talent de connaisseur les faits et les hommes. »

Jean Dercourt

Secrétaire perpétuel

de l'Académie des sciences (Préface)

Johann Jakob Scheuchzer : Les fossiles témoins du déluge

Jean Gaudant : Johann Jakob Scheuchzer : Les fossiles témoins du déluge.
Presses de l'École des Mines, Paris, 2008. € 25.–

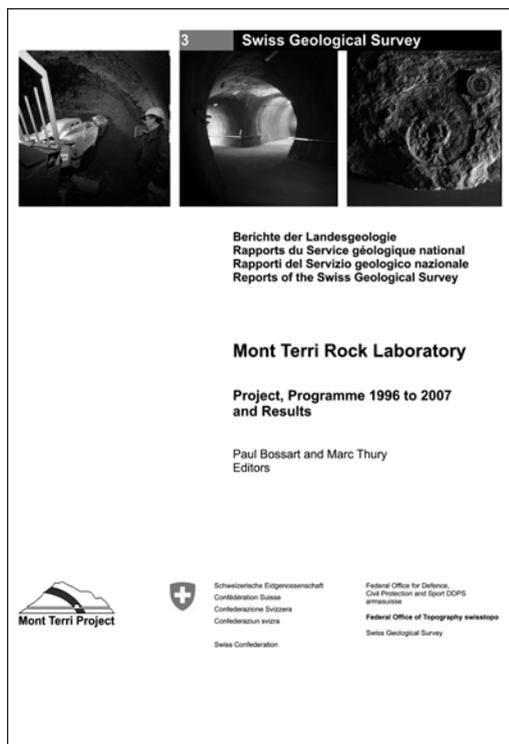
Johann Jakob Scheuchzer (1672 – 1733) fut un médecin et naturaliste zurichois éminent à qui l'on doit de nombreuses observations faites dans les montagnes suisses, principalement entre 1702 et 1711. La publication en 1709 de *l'Herbarium diluvianum* l'a fait reconnaître comme l'un des fondateurs de la paléobotanique.

Mais Scheuchzer a surtout joué un rôle décisif pour faire reconnaître les fossiles comme des restes d'organismes vivants ... qu'il considérait alors comme des victimes du déluge. On ne peut évidemment le suivre sur ce terrain ! Il s'est également fait connaître par la description du fameux « homme témoin du déluge » dont la découverte confirmait, à son avis, son interprétation précédente. Mais, comme on le sait, Cuvier démontra au siècle suivant qu'il s'agissait d'une salamandre géante !

Le livre présenté est organisé autour d'une édition bilingue latin-français de *Piscium Querelae et Vindiciae* (1708) et de *l'Homo diluvii testis* (1726).



Paul Bossart and Marc Thury:
Mont Terri Rock Laboratory, Project, Programme 1996 to 2007 and Results.
Zu bestellen bei: www.toposhop.ch → Publikationen →
Geologische Berichte.
Preis: CHF 75.– (exkl. MWSt).



Tongesteine wie der Opalinuston sind bevorzugte Kandidaten für die Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Um die Sicherheit und technische Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers abzuklären, werden im Mont Terri Felslabor seit mehr als zehn Jahren die Eigenschaften von Opalinuston untersucht. Im Synthesebericht der Landesgeologie sind die Resultate und Interpretationen der insgesamt 78 Experimente nun zusammen gestellt und attraktiv präsentiert.

Die wichtigsten Schlagworte sind: sehr geringe hydraulische Durchlässigkeit, molekulare Diffusion als Transportprozess, Selbstabdichtung von tektonischen Brüchen und Exkavationsklüften sowie der Nachweis von Porenwasser marinen Ursprungs. Dabei legten die Autoren speziell Gewicht auf die Untersuchungsmethodik und die verwendeten Materialien bei den Bohrlochinstallationen. Des Weiteren wird ein Ausblick auf zukünftige Forschungsschwerpunkte gemacht. Der Bericht gibt im Anhang auch eine detaillierte Zusammenstellung aller relevanten Kennwerte des Opalinustons (Mineralogie, Geochemie, Hydrogeologie und Felsmechanik) sowie das aktualisierte Verzeichnis der gesamten Berichtsdocumentation. Der englische Bericht richtet sich insbesondere an Wissenschaftler, Ingenieure und Projektleiter, die im Bereich der geologischen Tiefenlagerung arbeiten.

Die Eiszeiten – eine grosse Entdeckung der Geowissenschaften

Tobias Krüger: Die Entdeckung der Eiszeiten. Internationale Rezeption und Konsequenzen für das Verständnis der Klimageschichte.
Schwabe AG, 2008. 619 Seiten, Gebunden. CHF 88.– / € 61.60,
ISBN 978-3-7965-2439-4.
Bezug: www.schwabe.ch

Das Buch behandelt die Entdeckung der Eiszeiten, deren Rezeption und die daraus folgenden Anstösse für die weitere Forschung.

Erstmals stellt Tobias Krüger hier die zeitgenössischen Diskussionen aus einer breiten und international vergleichenden Perspektive dar. Diese folgt den Diskussionen von der Mitte des 18. bis an die Schwelle des 20. Jahrhunderts. Sowohl die Positionen der Befürworter als auch der wichtigsten Gegner der Eiszeittheorie werden in den Zusammenhang damaliger Auffassungen der Erdgeschichte gestellt. Ein interdisziplinärer Ausblick widmet sich den Impulsen, die von der beginnenden Eiszeitforschung ausgingen, prominenteste Beispiele sind die Entdeckung der Spurengase und des Treibhauseffektes.

Das Spektrum reicht von der Geomorphologie über die Gletscherkunde, die Warvenchronologie bis zur Plattentektonik im 20. Jahrhundert. Die Entdeckung der Eiszeiten regte auch ausserhalb der Geowissenschaften zu weiterführenden Forschungen an. So gab sie den Anstoss zur genauen Berechnung der Erdbahnschwankungen, da die Eiszeiten verschiedentlich und bis heute darauf zurückgeführt wurden und werden. Den nachhaltigsten Einfluss hatte sie auf die Atmosphärenphysik. Krüger zeigt, dass die Entdeckung der Spurengase im Wesentlichen der Suche nach möglichen Ursachen der Eiszeiten zu verdanken ist. Ebenso legt er dar, dass das erste, noch

fehlerhafte Modell des Treibhauseffektes im Jahre 1896 eigentlich zur Erklärung der Eiszeiten dienen sollte. Somit schlägt er den Bogen von einer der grossen Entdeckungen in den Geowissenschaften des 19. Jahrhunderts zu den aktuellen Debatten um den Klimawandel zu Beginn des 21. Jahrhunderts.



Europas einstigen Tropenwald erleben Messel, Urpferd & Co.

**Sonderausstellung im
Naturhistorischen Museum Basel,
23. Oktober 2009 – 2. Mai 2010**

Ab 23. Oktober präsentiert das Naturhistorische Museum Basel die Sonderausstellung «Messel, Urpferd & Co.». Sie zeigt über 100 spektakuläre Original-Fossilien aus dem UNESCO-Weltnaturerbe «Grube Messel» bei Darmstadt. Die 47 Millionen Jahre alten Tiere und Pflanzen sind ausserordentlich gut erhalten geblieben – neben den Knochen sind Haare, Federn und sogar Farben deutlich zu erkennen. Diese weltweit einmaligen fossilen Schätze sind Zeugen eines tropischen Regenwaldes, der einst in Europa wucherte.

Eine Reise in die Vergangenheit

Vor 47 Millionen Jahren war das Klima in Europa tropisch warm und feucht. Die Grube Messel war damals ein tiefer See. Ein üppiger Regenwald bot Lebensraum für eine Vielfalt von Pflanzen und Tieren: kleine Urpferde, Riesenameisen, Fledermäuse, urtümliche Affen, bunte Vögel, und viele andere tropische Tiere. Viele dieser Lebewesen sind als Versteinierung erhalten geblieben. Durch besondere Bedingungen im See sind heute noch Haare, Federn, Flughäute, Farben und Mageninhalte erkennbar. Nicht umsonst gilt die Fossilienfundstelle Messel als «Pompejii der Paläontologie»!



Großes «Hessisches» Urpferd, *Propalaeotherium hassiacum*. (Bild: Wolfgang Fuhrmannek, Hessisches Landesmuseum Darmstadt)

Die Wanderausstellung wurde vom Hessischen Landesmuseum Darmstadt produziert und ist in der Schweiz exklusiv im Naturhistorischen Museum Basel zu sehen.

Informationen:

Naturhistorisches Museum Basel
Augustinergasse 2, 4001 Basel
Tel. 061 266 55 00
nmb@bs.ch
www.nmb.bs.ch/messel

Nouvelle exposition

Le sous-sol révélé des cartes géologiques : pour quoi faire ?

**Du 12 septembre au 30 novembre 2009,
Fondation B. & S. Tissières, Martigny**

Durant l'année 2009, le Service fédéral de topographie SWISSTOPO publie trois cartes géologiques au 1:25'000^e intitulées Sion, Sierre et Vissoie. Afin de marquer cet événement important pour la géologie du Canton du Valais, la Fondation Tissières de Martigny propose une exposition mettant en valeur les cartes géologiques, montrant à quoi elles servent et présentant les concepts qui sont à la base de leur réalisation.

Ces cartes représentent le résultat de nombreuses années de recherche sur le terrain et en laboratoire ainsi que la mise au point de développements informatiques pointus. Notons qu'il est rare que plusieurs cartes géologiques couvrant une vaste zone territoriale voient le jour en même temps. Une concertation à large échelle entre les différents acteurs a ainsi pu être établie.

En résumé, ce n'est pas moins de 630 km² du Canton du Valais qui vont bénéficier de documents modernes utiles, en particulier, dans le cadre de l'aménagement du territoire, des constructions civiles, des recherches en eau et des dangers naturels. Environ les deux tiers du territoire valaisan seront alors couverts par des cartes géologiques.

A côté des nouvelles cartes géologiques, le visiteur pourra se rendre compte de l'utilité de ces documents. Les thèmes retenus sont: la sismicité, la géothermie, l'eau potable, les matériaux de construction, les mines, les dangers naturels, les grands travaux et la recherche scientifique. Une animation proposée par le Musée de Géologie de Lausanne présentera la formation géologique des Alpes. Quelques échantillons de roches caractéristiques des zones couvertes par ces cartes seront également exposés.

Informations :

Fondation B. & S. Tissières
Musée des Sciences de la Terre
6, Avenue de la Gare, 1920 Martigny
Tél. 027 723 12 12,
www.fondation-tissieres.ch
Heures d'ouverture :
mardi à vendredi de 13h30 à 18h00
samedi et dimanche de 13h30 à 17h00

Wir suchen eine/n Projektleiter/in für die Modellierung geologischer Prozesse

Was wir von Ihnen erwarten

Ihr zukünftiger Aufgabenbereich umfasst folgende Schwerpunkte:

- ← Bearbeitung von geologischen 3D-Modellen für potenzielle Standorte von geologischen Tiefenlagern. Sie sind mit den neuesten computergestützten Modellwerkzeugen zur quantitativen Darstellung komplexer geologischer Verhältnisse vertraut. Sie nutzen diese Werkzeuge zur Datenintegration, für weiterführende Analysen und Simulationen sowie zur Visualisierung und Kommunikation geologischer, hydrogeologischer und geochemischer Zusammenhänge.
- ← Weiterentwicklung der Methodik zur Beschreibung von Transport- und Deformationsprozessen (inkl. THM-Kopplung) in potenziellen Wirtgesteinen für geologische Tiefenlager. Sie verfolgen und berücksichtigen die neuesten Entwicklungen in diesem Feld über enge internationale Kontakte mit Universitäten, Schwester-Organisationen und der Erdölindustrie.
- ← Mitarbeit bei der Entwicklung und Begleitung von Experimenten in Felslabors zur Kalibrierung, Validierung und Verbesserung von numerischen Modellen.
- ← Unterstützung von Untersuchungen zur geologischen Langzeitentwicklung der Nordschweiz (tektonische und erosive Prozesse) mit Hilfe numerischer Modellierungen.

Sie führen die Arbeiten selbständig sowie mit Unterstützung von qualifizierten Auftragnehmern durch. Dabei spielt die Projektleitung und die Berichterstattung eine wichtige Rolle. Regelmässige Kontakte mit in- und ausländischen Organisationen sind ein wichtiges Element Ihrer Arbeit.

Dazu benötigen Sie einen Hochschulabschluss in Geowissenschaften, vorzugsweise mit Promotion sowie die Bereitschaft, sich zielgerichtet weiterzubilden. Wir verlangen relevante Erfahrung in mehreren der oben erwähnten Arbeitsbereichen, Sinn für Teamgeist und Kommunikation sowie sehr gute Deutsch- und Englischkenntnisse in Wort und Schrift.

Was Sie von uns bekommen

Wir bieten fortschrittliche Arbeitsbedingungen und ein abwechslungsreiches, anregendes Arbeitsumfeld in einem internationalen, multidisziplinären Team, welches Ihrer beruflichen Initiative grossen Freiraum lässt.

Wir freuen uns auf Ihre schriftliche Bewerbung per Post oder E-Mail an Frau Nadin Stenz, Leiterin HR (Nadin.Stenz@nagra.ch).

nagra
Hardstrasse 73, 5430 Wettingen, Schweiz
Tel +41 56 437 11 11, Fax +41 56 437 12 07
info@nagra.ch
www.nagra.ch

Kommissionen | Commissions

- ← Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze | Commission d'experts réseau de mesures cryosphère | <http://glazko.scnatweb.ch>
- ← Kommission für die Schweiz. Paläontologischen Abhandlungen | Commission des Mémoires suisses de Paléontologie | christian.meyer@bs.ch
- ← Kommission für Quartärforschung | Commission de recherche sur le Quaternaire | www.skq.ch
- ← Schweiz. Geodätische Kommission | Commission suisse de géodésie | www.sgc.ethz.ch
- ← Schweiz. Geologische Kommission | Commission géologique suisse | pfiffner@geo.unibe.ch
- ← Schweiz. Geophysikalische Kommission | Commission suisse de géophysique | www.sgpk.ethz.ch
- ← Schweiz. Geotechnische Kommission | Commission suisse de géotechnique | www.sgtk.ch
- ← Schweiz. Hydrologische Kommission | Commission suisse d'hydrologie | <http://chy.scnatweb.ch>
- ← Schweiz. Kommission für Atmosphärenchemie und -physik | Commission Chimie et Physique de l'Atmosphère | <http://acp.web.psi.ch>
- ← Schweiz. Kommission für Fernerkundung | Commission suisse de télédétection | www.geo.unizh.ch/skf
- ← Schweiz. Kommission für Ozeanographie und Limnologie | Commission suisse pour l'océanographie et la limnologie | www.col.ch
- ← Speläologische Kommission | Commission de spéléologie | www.speleo.ch

Fachgesellschaften | Sociétés scientifiques

- ← Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz | Société suisse de pédologie | www.soil.ch
- ← Schweiz. Akademische Gesellschaft für Umweltforschung und Ökologie | Société académique suisse pour la recherche sur l'environnement et écologie | <http://saguf.scnatweb.ch>
- ← Schweiz. Forstverein | Société forestière suisse | www.forstverein.ch
- ← Schweiz. Geologische Gesellschaft | Société géologique suisse | www.geolsoc.ch
- ← Schweiz. Geomorphologische Gesellschaft | Société suisse de géomorphologie | www.geomorph.org
- ← Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie | Société suisse d'hydrogéologie | www.hydrogeo.ch
- ← Schweiz. Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie | Société suisse d'hydrologie et de limnologie | www.sghl.ch
- ← Schweiz. Gesellschaft für Meteorologie | Société suisse de météorologie | www.sgm.scnatweb.ch
- ← Schweiz. Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost | Société suisse de Neige, Glace et Pergélisol | <http://snow-ice-permafrost.ch>
- ← Schweiz. Mineralogische und Petrographische Gesellschaft | Société suisse de minéralogie et de pétrographie | <http://titan.minpet.unibas.ch/aliens/smpg/default.html>
- ← Schweiz. Paläontologische Gesellschaft | Société paléontologique suisse | <http://sps.scnatweb.ch>
- ← Verband Geographie Schweiz | Association suisse de géographie | www.swissgeography.ch

International organisations

- ← ISC (International Seismological Centre) | www.isc.ac.uk
- ← IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) | www.iugg.org
- ← IUGS (International Union of Geological Sciences) | www.iugs.org
- ← IGBP|SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) | www.igbp.kva.se | www.icsu-scope.org
- ← IGU (International Geographical Union) | www.igu-net.org
- ← INQUA (International Union for Quaternary Research) | www.inqua.tcd.ie
- ← IUS (International Union of Speleology) | www.uis-speleo.org
- ← SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) | www.scor-int.org

- 6.11.09** **«Geotechnische Kennwerte und Bodenkennziffern»**,
Herbsttagung der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik,
www.sgbf-ssmsr.ch
- 13.11.09** **SWIFCOB 9 – Wissenschaft und Praxis im Dialog**,
«Vielfalt statt Einfalt: Biodiversität wirkt.» Bern. www.biodiversity.ch
- 20.–21.11.09** **Swiss Geoscience Meeting**, Water across boundaries, Neuchâtel,
<http://geoscience-meeting.scnatweb.ch/>
- 23.–24.04.10** **Jahrestagung der Schweizerischen Hydrogeologischen Gesellschaft
SGH**, Westschweiz, www.hydrogeo.ch
- 12.–16.05.10** **«Grundwasser für die Zukunft»**, Drei-Länder-Jahrestagung
der Fachsektion Hydrogeologie der DGG. www.fhdgg2010.uni-tuebingen.de
- 28.–29.05.10** **Erlebnis Geologie**, ganze Schweiz, www.erlebnis-geologie.ch
- 16.–18.06.10** **GIS/SIT 2010**, Schweizer Forum für Geoinformation, www.sogi.ch
- 11.–13.11.10** **Geoprotecta**, 2. Fachmesse für integrales Risikomanagement von
Naturgefahren und Klimafolgen, St.Gallen, www.geoprotecta.ch

Melden Sie Ihre Veranstaltung an redaktion@geosciences.scnat.ch.
Weitere Veranstaltungen sind im Webkalender unter
www.geosciences.scnat.ch zu finden.

Informez-nous sur votre manifestation à redaktion@geosciences.scnat.ch.
Une liste plus exhaustive des manifestations se trouve dans le calendrier Web sous
www.geosciences.scnat.ch.