



4/ 2005

# GEOforumCH ACTUEL

sc | nat 

GEOforumCH  
Forum Geosciences

Platform of the Swiss Academy of Sciences

**Titelbild**

Gletscherende Steingletscher, Sustenpass. Foto: Esther Peguiron, Institut de Géologie, Université de Neuchâtel, 8. September 2004.

**Image de couverture**

Front du Steingletscher, Col de Susten. Photo: Esther Peguiron, Institut de Géologie, Université de Neuchâtel, 8 septembre 2004.

**IMPRESSUM****Herausgeber:**

GEOforumCH, eine Plattform der Akademie  
der Naturwissenschaften Schweiz, scnat

**Redaktion / Rédaction:**

Dr. P. Dèzes, GEOforumCH, (pd)  
Dr. D. Vavrecka-Sidler, GEOforumCH, (dvs)  
J.-M. Tomaschett, GEOforumCH, (jmt)

**Redaktionskomitee / Comité de rédaction:**

N. Chollet (nch), Geotest AG, zusammen mit / en collaboration avec  
Dr. N. Challandes (nc), G.O.Géologie Opérationelle S.A., Diesse  
Dr. D. Decrouez, (dd), zusammen mit / en collaboration avec  
Dr. Ch. Meister (chm), Muséum d'histoire naturelle, Genève  
Dr. M. Pfiffner (mp), Dr. von Moos AG und Schweiz. Geotechnische Kommission  
Dr. E. Reusser (er), Institut für Mineralogie und Petrographie, ETH Zürich

**Beiträge / Contributions:**

Für die nächste Nummer sind Beiträge bei der Redaktion bis am  
31. Januar einzureichen. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer  
Beiträge verantwortlich.

Pour le prochain numéro les contributions sont à soumettre à  
la rédaction avant le 31 janvier. Les auteurs sont responsables du  
contenu de leur article.

**Abonnement:**

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

**Adresse Redaktion:**

GEOforumCH Actuel, ETH-Zentrum CAB, 8092 Zürich  
Tel. 044 632 65 38, Fax 044 632 12 44  
E-Mail: [geoforum@erdw.ethz.ch](mailto:geoforum@erdw.ethz.ch) [www.geoforum.ch](http://www.geoforum.ch)

**Layout / Mise en page:**

Ines Senger, sengerinteractive, Zürich

**Druck / Impression:**

Umschlag: Fotorotar AG (Zürich), Inhalt: Reprozentrale ETH Zürich  
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

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

Quartärforschung im Rampenlicht

**7 Aus den Instituten / Nouvelles des instituts**

Zur Situation der Erdwissenschaften in Basel

**9 Forschung und Praxis / Recherche et Applications**

Airborne Laserscanning: Effizientes Werkzeug für die Geowissenschaften

Ein Überblick über «Enhanced Geothermal Systems»

(erweiterte geothermale Systeme) / *Un aperçu des systèmes géothermiques stimulés (Enhanced Geothermal Systems)*

**25 Aus der Forschung / Nouvelles sur la recherche**

Unterirdisches Eis im Jura? / *De la glace souterraine dans le Jura?*

**30 Geotopschutz / Protection des géotopes**

Paläontologie auf der Transjurane / *Paléontologie sur la Transjurane*

**36 Aus der Praxis / Nouvelles des praticiens**

Expertenbericht zum Entsorgungsnachweis Opalinuston der Nagra  
*Rapport d'experts sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique dans les argiles à Opalinus*

Metadatenbank Isotopenbeobachtung im Wasser der Schweiz

**41 Aus den Museen / Nouvelles des musées**

*Une nouvelle équipe dans le Muséum d'histoire naturelle de Genève*

**43 Neuerscheinungen / Nouvelles publications**

«Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate»

**46 Veranstaltungen / Calendrier des manifestations**

Liebe Leserin, lieber Leser

Alle müssen sich verändern und neu ausrichten, wenn sie in Zukunft bestehen wollen. Dies gilt nicht nur für Hochschulinstitute, Bundesämter und die Akademie, dies gilt auch für mich persönlich. Und ganz in diesem Sinne haben Sie das letzte von mir zusammengestellte und redigierte GEOforumCH Actuel vor sich. Mein letztes Editorial möchte ich für einen kurzen Rückblick nutzen.

1998 löste das GEOforumCH Actuel das GeoInfo ab und vermittelte seinen 375 Abonnenten hauptsächlich Überblick über Organisationen, Publikationen und Veranstaltungen im Geobereich. Heute bringt das GEOforumCH Actuel zusätzlich Artikel über die Forschung und Praxis in der Schweiz. Diese Artikel ermöglichen es, dass die mittlerweile 850 Abonnent(inn)en einen Einblick in neue Entwicklungen auf verschiedenen Gebieten der Geowissenschaften erhalten und sie in die eigene Forschung, Praxis oder Lehre einbeziehen können. Die Redaktion dieser Artikel war mir immer ein besonderes Vergnügen und ich danke den Autorinnen und Autoren für ihre Nachsicht, wenn ich ihre Artikel manchmal etwas eigenwillig überarbeitet habe.

Dank «meinem» engagierten Redaktionsteam ist die Qualität des GEOforumCH Actuel und ein grosses Spektrum an Beiträgen zustande gekommen, und ich hoffe, liebe Leserinnen und Leser, dass Sie Ihr Interesse, das ich sehr geschätzt habe, diesem Team weiterhin schenken.

Daniela Vavrecka-Sidler

Chère lectrice, Cher lecteur,

Il est nécessaire de s'adapter et de se réorienter si l'on veut aller de l'avant. Ceci n'est pas seulement valable pour les instituts universitaires, les offices fédéraux ou l'Académie, mais s'applique également à ma propre personne. C'est ainsi, que vous tenez entre vos mains le dernier numéro de GEOforumCH Actuel que j'aurais eu le plaisir de rédiger. J'aimerais consacrer mon dernier éditorial à une brève rétrospective.

C'est en 1998 que GEOforumCH Actuel pris la relève de GeoInfo dont le contenu était alors essentiellement composé d'un aperçu des organisations, publications et manifestations dans le domaine des géosciences. Aujourd'hui, l'offre de GEOforumCH Actuel s'est élargie pour inclure des articles sur la recherche et la pratique. Ces articles donnent un aperçu à notre lectorat, qui depuis compte 850 abonnés, des récents développements en géosciences et lui permet d'intégrer ceux-ci dans leur propre recherche, pratique ou enseignement. La rédaction de ces articles fut pour moi un grand plaisir, et je remercie vivement les auteurs pour leur indulgence, lorsque parfois je pris certaines libertés rédactionnelles avec leurs articles.

C'est grâce à «mon» équipe rédactionnelle que la présente qualité et variété des articles de GEOforumCH Actuel a pu être atteinte. J'ose ainsi espérer, chères lectrices et chers lecteurs, que cette équipe pourra continuer de compter à l'avenir sur votre intérêt.

Daniela Vavrecka-Sidler

## Quartärforschung im Rampenlicht

FRANK PREUSSER

Am 21. Oktober 2005 wurde die International Union for Quaternary Research (INQUA) im International Council of Science (ICSU) als 28. Vollmitglied aufgenommen. Dadurch kann sich die INQUA aktiver an wissenschaftspolitischen Entscheidungen beteiligen. Die INQUA wurde 1928 gegründet und schliesst nationale Quartärgesellschaften und wissenschaftliche Gremien zusammen.

Die wichtigste Aktivität der INQUA ist ihr internationaler Kongress, der alle vier Jahre stattfindet. Er ist stets stark interdisziplinär geprägt, da sich verschiedene Disziplinen mit der Erforschung des Eiszeitalters beschäftigen. So treffen sich bei den Tagungen Wissenschaftler aus den Fachbereichen Archäologie, Paläobiologie, Physische Geographie, Bodenkunde, Geologie bis hin zur Physik. Der letzte Kongress fand im Sommer 2003 in Reno, USA, statt, im Sommer 2007 wird im australischen Cairns getagt. Die Kongresse kombinieren wissenschaftliche Vorträge mit vielen Exkursionen.

Jedes Jahr findet die Generalversammlung und eine Reihe von wissenschaftlichen Tagungen statt, die von verschiedenen Kommissionen der INQUA organisiert werden. So traf sich dieses Jahr die Subkommission für europäische Quartärstratigraphie in der Schweiz. Im Rahmen dieses Treffens wurden neuere Erkenntnisse über die Gliederung des Eiszeitalters in Europa ausgetauscht.

Eine weitere Hauptaktivität der INQUA ist die vom Elsevier Verlag herausgege-

bene Zeitschrift *Quaternary International*, von der jedes Jahr knapp zwanzig Ausgaben erscheinen. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um Sonderausgaben wie Tagungsbände und Festschriften. Alle Artikel, die in *Quaternary International* erscheinen, werden vor der Publikation begutachtet. Dadurch hat sich die Zeitschrift international einen guten Ruf erworben und ist auch im Zitationsindex zu finden. Zudem erscheint zweimal pro Jahr das Nachrichtenblatt *Quaternary Perspectives*, welches derzeit durch ein Team aus der Schweiz redaktionell betreut wird. Es kann über die Homepage der INQUA unentgeltlich heruntergeladen werden (<http://www.inqua.tcd.ie>).

Die Schweiz wird in der INQUA durch die Schweizerische Kommission für Quartärforschung (SKQ), ein Organ der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz, repräsentiert. Vorrangiges Ziel der SKQ ist die Vernetzung der verschiedenen Disziplinen, die sich in der Schweiz mit der Quartärforschung beschäftigen. Hierzu werden im Rahmen des Swiss Geoscience Meetings Symposien veranstaltet, an denen die verschiedenen Forschungsrichtungen zusammenkommen. Dieses Jahr trug das von der SKQ organisierte Symposium den Titel «Human-environment interactions in the Holocene» und verknüpfte im Besonderen archäologische und geowissenschaftliche Aspekte miteinander. Zudem war die SKQ Mitorganisatorin der Sitzung «Karst records: Reconstruction of climate and landscape evolution from Pliocene to Anthropocene».

| AGE<br>(Ma) | ERA      | Sub-ERA    | PER-<br>IOD | EPOCH                     | STAGE  | GSSP<br>(Ma) |
|-------------|----------|------------|-------------|---------------------------|--------|--------------|
| 1           | CENOZOIC | Quaternary | NEOGENE     | Holocene /<br>Pleistocene | Late   | 1.8          |
| 2           |          |            |             |                           | Middle |              |
| 3           |          | Pliocene   |             | Early                     | 2.6    |              |
| 4           |          |            |             | Gelasian                  |        |              |
|             |          |            |             | Piacenzian                | 3.6    |              |
|             |          | Zanclean   |             | 5.3                       |        |              |
| 10          |          | TERTIARY   |             | Miocene                   |        |              |
| 20          |          |            |             |                           |        | 23.0         |
| 30          |          |            | PALEOGENE   | Oligocene                 |        | 33.9         |
| 40          |          |            |             | Eocene                    |        |              |
| 50          |          |            |             |                           |        | 55.8         |
| 60          |          |            |             | Paleocene                 |        | 65.5         |

Neben der Förderung von Nachwuchsforschenden, der Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Verwaltung und Wirtschaft und der Sicherung des Forschungsniveaus bemüht sich die SKQ besonders um eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit. Ein aktuelles Beispiel ist die Unterstützung der Einrichtung des neuen Mammutmuseums in Niederwenningen ([www.mammutmuseum.ch](http://www.mammutmuseum.ch)). Weitere Informationen finden sich auf der Homepage der SKQ ([www.skq.ch](http://www.skq.ch)). Vor Kurzem ist ein Faltblatt über das Eiszeitalter in der Schweiz erschienen, welches bei der SKQ angefordert werden kann ([info@skq.ch](mailto:info@skq.ch)).

Derzeit ist eine heftige Diskussion über den Status des Quartärs innerhalb des stratigraphischen Systems entbrannt (ausführliche Beiträge hierzu in *Quaternary Perspectives*). In dem im Jahr 2004 erschienen Buch *Geological Time Scale* von Gradstein et al. wurde das Quartär nicht mehr aufgeführt, ohne dass dies jedoch von der International Commission on Stratigraphy (ICS) offiziell beschlossen worden wäre. Es

handelte sich hierbei um ein eigenmächtiges Betreiben einzelner Mitglieder der ICS, für die der Name «Quartär» genau so überholt ist wie der Name «Tertiär», welcher übrigens schon vor einigen Jahren aus der offiziellen stratigraphischen Tabelle verbannt wurde (auch wenn das vielen von uns nicht unbedingt bewusst ist). Nach der von Gradstein und Kollegen forcierten Regelung würde das Neogen, dessen letzte beiden Epochen das Pleistozän und das Holozän wären, bis heute andauern. Für viele Forscher, die sich mit der jüngeren Erdgeschichte beschäftigen, ist diese diktierte Neugliederung der geologischen Zeitskala jedoch nicht akzeptabel. Auf Betreiben der INQUA wurde eine «Task Force» eingesetzt, die vermittelnd eingriff. Daraufhin kam es im September 2005 beim Treffen der ICS zur Abstimmung über den Status des Quartärs. Ergebnis dieser Abstimmung ist ein Kompromissvorschlag, nach dem sowohl das Quartär als auch das Tertiär mit dem Status einer Sub-Ära eingeführt werden (siehe Abbildung). Derzeit wird von Seiten der INQUA beraten, ob dieser Vorschlag annehmbar ist. Es stellt sich jedoch die Frage, ob z. B. die Zuordnung des oberen Pliozäns zum Quartär, bei gleichzeitiger Einordnung des unteren und mittleren Pliozäns zum Tertiär, tatsächlich eine bereite Akzeptanz finden wird. Zudem haben viele Kollegen Schwierigkeiten mit der Vorstellung, nach der das Neogen bis in die Jetztzeit andauert.

Frank Preusser, Präsident der SKQ  
Institute of Geological Sciences  
Baltzerstrasse 1–3, 3012 Bern  
[preusser@ruby.unibe.ch](mailto:preusser@ruby.unibe.ch)

## Zur Situation der Erdwissenschaften in Basel

HOLGER STÜNITZ, RENEE HEILBRONNER, CHRISTINE ALEWELL,  
PETER HUGGENBERGER, CHRISTIAN DECAPITANI UND ANDREAS WETZEL

Im Januar 2004 wurde an der Universität Basel eine längere Evaluation der Schwerpunkte und Zukunftsperspektiven abgeschlossen (Portfolio-Analyse). Das Ergebnis der Evaluation war an die Politiker gerichtet und zielte auf eine Leistungsvereinbarung zwischen den Trägerkantonen und der Universität Basel, und damit auf eine gesicherte Finanzierung der Universität. Die wachsenden Kosten sollten einerseits durch eine interne Umverteilung, also durch Auf- und Abbauszenarien, und andererseits durch Aufstockung des Budgets aufgewogen werden. Die Analyse bezog sich nur auf die Universität Basel und war national nicht koordiniert.

Die Portfolio-Analyse sah für die Erdwissenschaften als Hauptpunkte vor, eine wichtige Professur (Tektonik) und Assistentenstellen ab 2008, sowie das MSc Programm in den Erdwissenschaften zu streichen. Mit grosser nationaler und internationaler Unterstützung und Solidarität sowie intensiver Arbeit in der naturwissenschaftlichen Fakultät wurde daraufhin ein Kompromiss erarbeitet, der vom Universitätsrat akzeptiert wurde und schrittweise bis 2008 umgesetzt wird.

Die ursprünglich vorgeschlagene Aufhebung der Erdwissenschaften als MSc-Programm und «forschendes Institut» wurde insofern rückgängig gemacht, als in der Version vom April 2004 eine Fortführung der Erdwissenschaften

von einem neuen Strukturplan der naturwissenschaftlichen Fakultät abhängig gemacht wurde. Dieser von der Fakultät erarbeitete Strukturplan trägt auch dem CRUS-Beschluss Rechnung, dass es in Zukunft keine MSc-Studiengänge mit weniger als zwanzig Studierenden mehr geben soll. Diese Zahl erreicht man in Basel nur, wenn man die Studiengänge der Erdwissenschaften, Geographie und Umweltgeowissenschaften zusammenlegt. So werden die Einzelbereiche zukünftig jeweils als «Major» innerhalb des gemeinsamen Abschlusses MSc-Geowissenschaften angeboten (Major in Erdwissenschaften, Geographie und Umweltgeowissenschaften).

Der Strukturplan sieht ein neues Profil der Geowissenschaften an der Universität Basel vor, das stark in Richtung Umwelt- und Umweltgeowissenschaften ausgerichtet ist. Das auf Schweizer Ebene sehr erfolgreiche Lehrangebot im Gesamtbereich Geowissenschaften (Erdwissenschaften, Geographie und Umweltgeowissenschaften) wird konsolidiert.

Dadurch, dass dieser Strukturplan zustande kam, war der Weg für die Unterzeichnung des Vertrags mit den Trägerkantonen geebnet. Es wird ein Mindestmass an Planungssicherheit erreicht, und die Finanzierung der Universität steht erstmals seit Jahren wieder auf sicheren Füßen.

Nach beinahe zwei Jahren stehen nun noch weiterführende Veränderungen ins Haus. So werden ab Januar 2006 die Geowissenschaften mit der Zoologie, Botanik, Ur- und Frühgeschichte sowie mit weiteren Programmen zu einem «Departement Umweltwissenschaften» zusammengelegt. Vor diesem wichtigen Schritt scheint es angebracht, kurz Bilanz zu ziehen und die Auswirkungen für die Geowissenschaften in der Schweiz abzuschätzen.

Die Zukunftschancen der Erdwissenschaften in Basel kann man wie folgt einschätzen: einerseits gibt es erhebliche finanzielle Einbussen und, bedingt durch die Streichung einer Professur und einiger Assistenzstellen ab 2008, eine Schwächung des bisher zentralen Forschungs- und Lehrbereiches Tektonik. Diese Einbussen sind für die traditionellen Erdwissenschaften ein schmerzlicher Verlust. Andererseits ist zu sehen, dass durch die Kombination der Erdwissenschaften mit den Bereichen Umweltgeowissenschaften und Geographie eine Neu-Ausrichtung auf Oberflächen- und Umweltprozesse er-

reicht wird, vor allem auch durch die neu zu besetzenden Stellen in Low-Temperature-Geochemistry (Nachfolge Abart) und in quantitativer Geomorphologie (Nachfolge Leser). Die Kombination der Ausbildungsgänge Geographie-Geologie-Umweltgeowissenschaften und die Konzentration der Forschung auf Tieftemperatur- und Umweltprozesse verschafft Basel ein neues und in der Schweiz in dieser Art einzigartiges Forschungs- und Ausbildungs-Profil. Im Rahmen einer Umgestaltung der Hochschullandschaft Schweiz und der zunehmenden Koordination und Konzentration der einzelnen Fachbereiche kann sich der Standort Basel mit diesem neuen Profil in den Geowissenschaften für die Zukunft durchaus gut positionieren.

Holger Stünitz, Renée Heilbronner,  
Christine Alewell, Peter Huggenberger,  
Christian DeCapitani, Andreas Wetzel  
Departement Geowissenschaften, Universität Basel  
Bernoullistr. 32, 4056 Basel  
Sekretariat: 061 267 35 91

# Airborne Laserscanning: Effizientes Werkzeug für die Geowissenschaften

In den vergangenen zehn Jahren hat sich Airborne Laserscanning (ALS) als wichtige Methode für die Aufnahme von digitalen Geländemodellen etabliert. Die Technologie ermöglicht im Vergleich zur Photogrammetrie eine deutlich bessere horizontale Auflösung bei ähnlicher oder gar besserer Genauigkeit. Die Vorteile dieser Methode lagen in der Vergangenheit primär bei der grossflächigen Erfassung von digitalen Terrainmodellen (DTM) oder bei der Aufnahme von digitalen Oberflächenmodellen (DOM), beispielsweise als Basis für 3D Gebäudemodelle oder zur Dokumentation von Hochspannungsfreileitungen. Die stetige Weiterentwicklung sowie die höhere Verfügbarkeit von Sensoren und die verbesserte Auswertesoftware erlauben einen effizienten Einsatz auch in kleinräumigen Gebieten. Damit eröffnet sich für das ALS ein weites Feld neuer Anwendungen.

JÜRGEN LÜTHY & ALAIN GEIGER

## Basis-Technologien

Ein Airborne Laserscanning (ALS) besteht aus drei wesentlichen Subsystemen: Erstens braucht es das eigentliche Distanzmessgerät mit dem Laserscanner, zweitens muss die Position der Messplattform bestimmt werden und drittens ist die Kenntnis der Fluglage und damit der «Blickrichtung» des Lasersystems notwendig. Verschiedene Laserscanning Methoden, Techniken und Instrumentierungen werden zur Geländeaufnahme entwickelt und eingesetzt. Das hier beschriebene System setzt Swissphoto in verschiedenen Projekten operationell ein. In Abbildung 1 ist das Gesamtsystem schematisch dargestellt.

Die Distanzmessung basiert auf der Laufzeitmessung eines Laserpulses. Ein Laserpuls wird über ein Spiegelsystem von der Sensorplattform zum Boden gesandt, dort reflektiert und wieder beim Sensor empfangen. Aus der Zeitdifferenz zwischen Ausstrahlung und

Detektion kann die Distanz bestimmt werden. Durch Drehung des Spiegels wird der Laserstrahl quer zur Flugrichtung bewegt und somit wird das Gelände streifenweise gescannt. Aus der Geschwindigkeit der Sensorplattform, z.B. Geschwindigkeit des Flugzeuges, und der Scanfrequenz, das heisst der Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels, ergibt sich der Abstand zwischen zwei Scanlinien. Der Abstand zwischen den einzelnen Scanpunkten ist abhängig von der Pulswiederholrate (aktuell werden 30 – 100 Kilohertz unterstützt), dem Öffnungswinkel (bis zu 50 Grad Field of View) und der Scanrate. Typischerweise wird eine gleichmässige Verteilung der Punkte quer und längs der Flugrichtung angestrebt. Die Systemparameter werden so eingestellt, dass sich, je nach Applikation, ein mittlerer Punktabstand von 25 cm bis 5 m ergibt. Moderne Systeme messen gleichzeitig die Intensität des reflektierten Pulses, was eine radiometrische

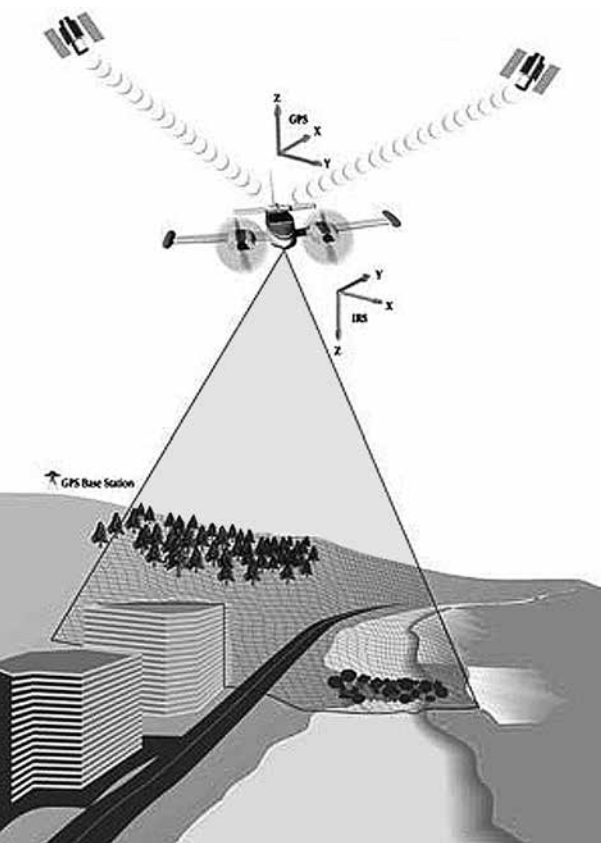


Abb. 1: Prinzip des Airborne Laserscannings. GPS und inertiales Messsystem dienen der Positions- bzw. der Lagebestimmung und der Laserscanner der Distanzmessung (Bild [www.optech.on.ca](http://www.optech.on.ca)).

Interpretation ermöglicht. Eine Überlagerung der gemessenen 3D-Geometrie mit den Intensitäten ergibt ein 3D-Bild im entsprechenden Frequenzbereich (hier: Infrarot). Abbildung 2 dokumentiert eindrücklich, wie die Intensitätsinformation das rein geometrische Bild klar und verständlich macht: Auf Grund des unterschiedlichen Reflexionsverhaltens zeichnen sich Felspartien deutlich von Schnee und Eis ab.

Die Position der Plattform wird mittels differentiellem GPS mit einer Messrate von 2 bis 10 Hertz bestimmt. Zur Orientierung der Plattform und zur

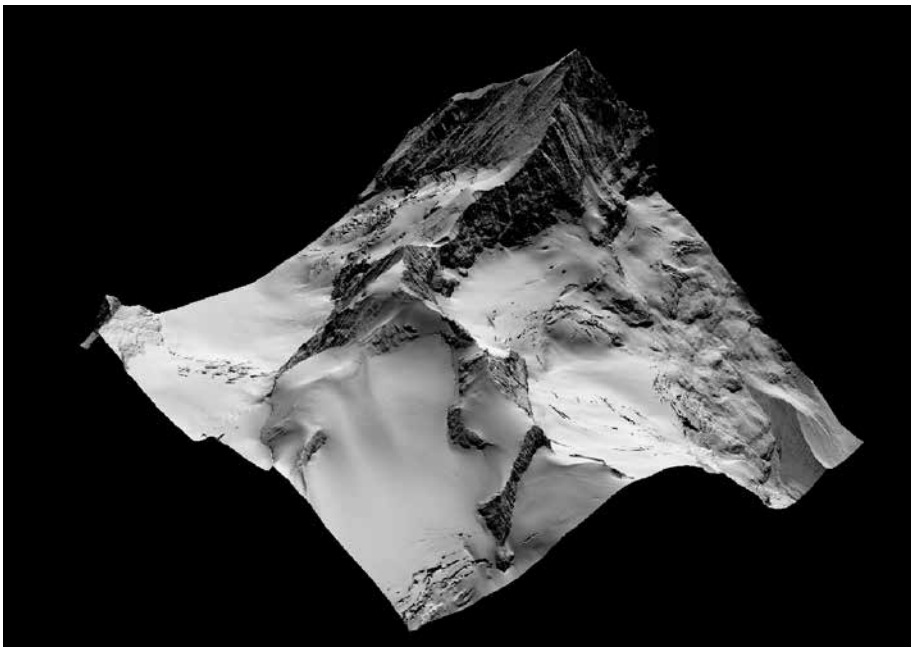
Verbesserung der GPS-Lösung (Bestimmen der Beschleunigungen in den drei Achsen) wird ein inertiales Messsystem eingesetzt. Das inertiale Messsystem zeichnet die Messungen mit einer Rate von bis zu 200 Hertz auf. Im Post-Processing wird zuerst die kinematische GPS-Lösung bestimmt und anschliessend zusammen mit den Messungen des inertialen Systems in einem Kalman-Filter verdichtet. Kürzere Messlücken bei der GPS-Positionierung können dadurch ohne Genauigkeitsverlust durch die Messungen im inertialen System interpoliert werden. Im nachfolgenden Prozess werden die geografischen Koordinaten der gemessenen Punkte bestimmt. Dazu muss die Position und die Orientierung der Sensorplattform mit der Distanz und dem Ablenkwinkel der Einzelmessung kombiniert werden. Da die GPS-Lösung auf dem WGS84-Ellipsoid beruht, bedarf es noch einer Transformation ins Landeskoordinatensystem, bevor die weiteren Auswertungen starten.

Jeder einzelne Laserreflexionspunkt kann allein an Hand der Flugposition, der Fluglage und der Distanz exakt georeferenziert werden, unabhängig von terrestrischen Kontrollpunkten. Es ist daher möglich, auch abgeschiedene und unzugängliche Gebiete mit einer Genauigkeit von 10 bis 30 cm zu erfassen.

**Das Digitale Terrainmodell (DTM) und das Digitale Oberflächenmodell (DOM)**  
(Zur Unterscheidung von DTM und DOM siehe Abbildung 6).

In einem ersten Schritt wird aus den Rohdaten eine georeferenzierte dreidimensionale Punktwolke generiert. Danach sind die Punkte entsprechend den Anforderungen an die Endpro-

Abb. 2: Oberes Gabelhorn: Visualisierung von Laserpunkten. Das Bild entstand nur auf Grund der aufgenommenen Geometrie (Distanzmessungen) und den gleichzeitigen Intensitätsmessungen (Grauwerte aus Intensitätsmessung). Selbst Gletscherspalten werden durch das Lasersystem erfasst. Deutlich ist auch der Gewinn durch die Intensitätsmessung (Unterschied Fels-Schnee/Eis und unterschiedlicher Reflexionsgrad innerhalb von Schneeflächen). (© Swissphoto)



dukte zu prozessieren. Normalerweise werden in einem nächsten Schritt die Bodenpunkte extrahiert. Die grossen Datenmengen erfordern Algorithmen, die nicht nur effizient, sondern auch zuverlässig arbeiten. Verschiedene Ansätze sind in den vergangenen Jahren präsentiert worden, wobei jeder seine Stärken und Schwächen aufweist und in schwierigem Gelände typischerweise 90 % der Punkte, in einfacherem bis gegen 100 % richtig klassifiziert. Die Unsicherheiten in der Klassifizierung der Bodenpunkte gibt es in folgenden Situationen:

- Punkte nicht als Bodenpunkt erkannt:
- entlang steiler Kanten und Bergspitzen,
  - in steilen Einschnitten,
  - an überhängenden Felswänden,
  - bei geringer Punktdichte aufgrund von dichter Vegetation (schlechter Penetration) wie z.B. in Fichtenschonungen oder bei Befliegung nach Vegetationsausbruch.

Umgekehrt werden Punkte fälschlicherweise als Bodenpunkt klassifiziert:

- auf kleinen Brücken und Stegen,
- auf sehr grossen Industriebauten,
- auf Gebäuden, die auf zwei oder gar drei Seiten in den Boden übergehen,
- auf niedriger Vegetation, häufig in Kombination mit geringer Punktdichte.

Nach der automatischen Klassifizierung muss deshalb eine visuelle Qualitätskontrolle stattfinden. Beim operationellen Prozessieren von Laserscanning Produkten hat sich gezeigt, dass die Fehler der Klassifizierung gut erkannt werden können, wenn das digitale Geländemodell, die Hangneigung, die Höhenkurven, das Punktdichtegrid und das Orthophoto, d.h. die Pixelkarte miteinander kombiniert werden.

Die Problematik liegt aber nicht nur beim Algorithmus allein. Zum einen kann die Definition des digitalen Ter-

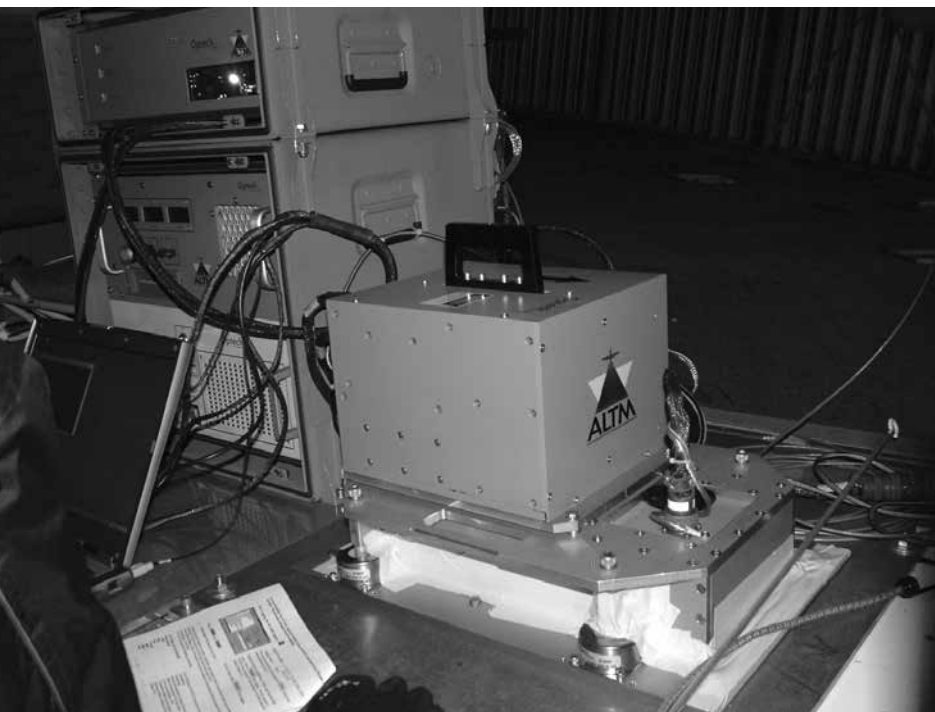


Abb. 3: ALS System ALTM3100 von Optech betriebsbereit in einem Pilatus-Porter eingebaut. In der Box im Vordergrund (ALTM) befindet sich der Laserscanner. Dahinter sind die Steuer- und Registerereinheiten zu sehen. Flugrichtung nach rechts.

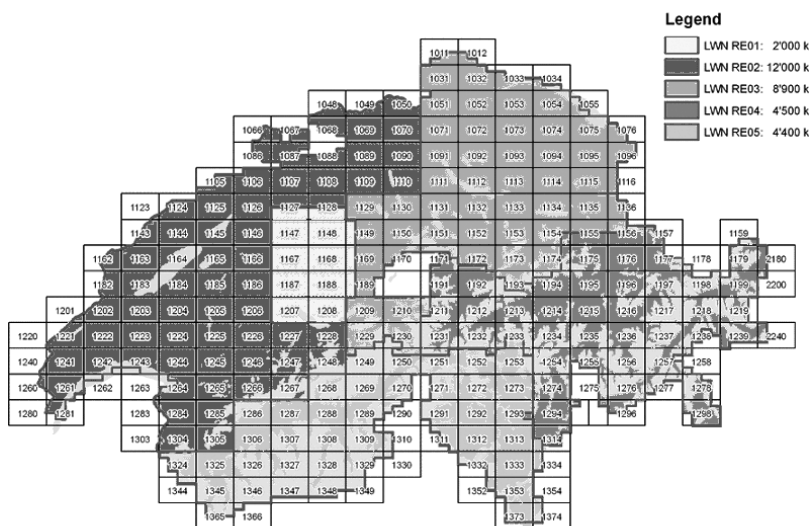
rainmodells je nach Anwendungsgebiet leicht abweichen. Andererseits ist es auch für den geübten Operator nicht immer klar zu erkennen, ob ein Punkt das Terrain oder ein niedriges Objekt beschreibt. Hier zeigt sich der Nachteil zu anderen Messmethoden: es ist nämlich nicht immer nachvollziehbar, welches Objekt des angestrahnten Bereichs ausschlaggebend für die Registrierung ist. Jedoch sind die Auswirkungen meistens klein, da dieses Problem vorwiegend im Wald auftritt, wo die Anforderungen an die Genauigkeit eines Terrainmodells geringer sind, als im offenen Gebiet.

Aus den klassifizierten Punkten können anschliessend verschiedene Modelle für unterschiedliche Anwendungszwecke erzeugt werden. Das Terrainmodell wird bevorzugt durch eine Triangulation mit einer linearen Approximation dargestellt. Damit kön-

nen auch Datenlücken interpoliert werden. Die grosse Datenmenge überfordert aber viele Programme, daher muss für Anwendungen, welche auf eine Dreiecksvermaschung angewiesen sind, die Punktdichte reduziert werden. Beispielsweise konnte im Projekt «Landwirtschaftliche Nutzflächen» (siehe weiter unten), unter Beibehaltung der geforderten Genauigkeit, die Punktanzahl um den Faktor zwei bis drei verringert werden.

Bei der Berechnung eines digitalen Oberflächenmodells spielt die Interpolationsmethode eine untergeordnete Rolle, wenn der mittlere Abstand zwischen den Messpunkten die gleiche Grössenordnung aufweist wie die Punktauflösung des angestrebten Modells. Zur Generierung von Umrissflächen wird häufig eine Maxima-Funktion verwendet, so dass z.B. beim Wald stets die äusserste Umhüllende wiedergegeben wird.

Abb. 4: Der Projektperimeter von LWN mit den fünf Realisierungseinheiten



Der Punktabstand im offenen Gelände beträgt im Mittel 1.3 m (ca. 600'000 Punkte pro km<sup>2</sup>). Beim Extrahieren des digitalen Terrainmodells kommt es im Siedlungsgebiet zu Datenlücken und im Wald zu einer reduzierten Punktdichte. Der mittlere Punktabstand in den Waldflächen beträgt aber trotzdem weniger als 2.5 m. Im digitalen Oberflächenmodell ist der Punktabstand über den ganzen Bereich homogen, die Punkte sind klassifiziert nach Terrain, Gebäude und Vegetation, so dass zusätzliche Analysen möglich sind.

## EINIGE ANWENDUNGEN IM GEO-BEREICH

### Projekt Landwirtschaftliche Nutzflächen

In etlichen, insbesondere in abgelegenen Gebieten, sind viele natürliche Objekte, wie beispielsweise Wälder und Wasserläufe in der Amtlichen Vermessung nicht oder nur teilweise nachgeführt. Die Direktzahlungen in der Landwirtschaft erfolgen aber aufgrund der Informationen über die Bodenbedeckung, welche die Amtliche Vermessung verwaltet. Das Bundesamt für Landwirtschaft beauftragte daher das Bundesamt für Landestopografie

(Swisstopo) 1999 mit einem Projekt zur Aktualisierung der landwirtschaftlichen Nutzflächen auf der Basis der Amtlichen Vermessung. Das Grossprojekt wurde auf fünf Realisierungseinheiten verteilt (siehe Abbildung 4).

Swisstopo hat sich nach verschiedenen Tests entschieden, dass ALS und Luftbilder eingesetzt werden sollen. Mittels ALS werden das digitale Oberflächenmodell und das Terrainmodell produziert. Aus der Kombination dieser beiden Datensätze können dann automatisiert Waldgrenzen abgeleitet werden. Die gleichzeitig erstellten Luftfotos dienen der Validation der Resultate. Das Projektgebiet erstreckt sich insgesamt über mehr als 30'000 km<sup>2</sup> (siehe Abbildung 4). Nicht im Perimeter eingeschlossen sind Flächen oberhalb der Waldgrenze (2'000 m.ü.M.) und diejenigen Kantone, welche bereits über ein hochauflösendes digitales Terrainmodell verfügen. Bis Ende 2005 werden alle Gebiete mit Ausnahme der Kantone Wallis und Tessin vollständig erfasst und prozessiert sein.



Abb. 5: Querschnitt durch die Messungen um eine Baumgruppe. Deutlich erkennbar die Baumstämme. In der Bildmitte ist das Profil eines Waldweges sichtbar.

### Selbst Baumstämme und Hochspannungsleitungen sichtbar

Neben dem Projekt über die Landwirtschaftlichen Nutzflächen sind bereits verschiedene weitere lokale Projekte ausgeführt worden. Die Abbildung 5 stammt aus einem Projekt im Nordtesin, wo für die Planung einer Kraftwerksrestaurierung ein Datensatz mit einer mittleren Auflösung von zwei Punkten pro Quadratmeter erfasst wurde. Durch die höhere Punktdichte werden zusätzliche Details wie z.B. Baumstämme sichtbar, und die Bestimmung des Geländes im Wald wird – Befliegungszeitpunkt in der laubfreien Jahreszeit vorausgesetzt – tendenziell einfacher. In bewaldeten Gebieten ist es manchmal schwierig, vom Flugzeug aus den Boden zu «sehen» und dementsprechend zu detektieren. Um in solchen problematischen Fällen die Bodendetektion zu erleichtern, kann das hier beschriebene Lasersystem mehrere Reflexionen eines Pulses registrieren und auswerten. Ein Teil eines einzelnen Laserpulses kann bereits am Blätterdach und Astwerk reflektiert werden,

während ein weiterer Teil am darunter wachsenden Strauchwerk und schliesslich am Boden zurückgeworfen wird. Der Sensor misst dann verschiedene Laufzeiten des mehrfach reflektierten Pulses. Dabei stammt der erstankommende Puls meist von der Baumkrone, der letztankommende vom Waldboden. In Abbildung 5 sind die einzelnen Scanpunkte einer Baumgruppe dargestellt. Der Boden zeichnet sich deutlich ab. Ebenso können die Baumkronen identifiziert werden. Die Punkteverteilung lässt in manchen Fällen gewisse Rückschlüsse auf die Bewuchsart zu. Bemerkenswert sind auch die Punkte zwischen Astwerk und Boden, die auf Reflexionen am Baumstamm zurückzuführen sind.

Die hohe Punktdichte und das Erkennen von kleinen Objekten erlauben es, auch feine Strukturen zu vermessen. So ist es möglich, die einzelnen Kabel von Hochspannungsfreileitungen zu detektieren und deren Durchhang sowie die Boden- und die Vegetationsfreiheit zu bestimmen. Verschiedene Leitungsbe-

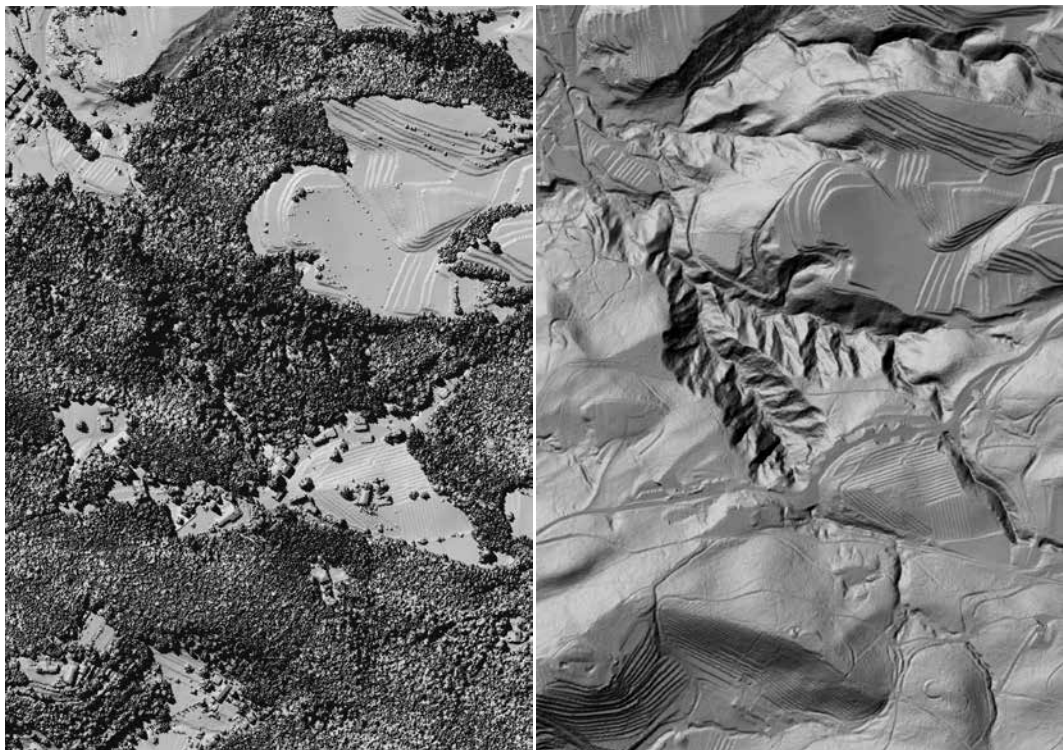


Abb. 6: Links das digitale Oberflächenmodell (DOM), rechts das digitale Terrainmodell (DTM). Die terrassierten Weinberge sind klar zu erkennen. Das DTM offenbart auch durch Wald verborgene Strukturen wie Bäche, Erosionsgebiete, z.T. Waldwege, verwaldete Terrassen (am unteren Bildrand). Gebiet im Kanton Tessin. (© Swissphoto)

treiber datieren ihre Dokumentation mit Hilfe von ALS auf.

### In Schnee und Eis

Wie bereits erwähnt sind moderne Laserscanning-Aufnahmen von Bodenkontrollpunkten unabhängig. Daher bieten sich die oftmals schlecht zugänglichen Gletschergebiete für die Laservermessung an. Da die Genauigkeit der Bodenpunkte im Bereich von 10 bis 30 cm liegt, kann ALS für sehr viele glaziologische Untersuchungen herangezogen werden. Durch die wiederholte Befliegung lassen sich Massenänderungen, Oberflächendeformationen und z.T. Oberflächengeschwindigkeiten bestimmen. Diese Parameter sind äusserst wichtige Randwerte zur Modellierung des Gletscherverhaltens

und zur Berechnung von Massen- und Energiebilanzen. Dazu hat das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (ETHZ) in Zusammenarbeit mit der Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) 1998 erste Testflüge mit einem Lasersystem der Universität Stuttgart und dem Vermessungsflugzeug der swisstopo durchgeführt. Im Testgebiet des Unteraargletschers war es möglich, durch zwei Flüge im Jahresabstand geometrische Randwerte für die glaziologische Interpretation zu liefern und so die Wirksamkeit der Methode zum Nutzen der Glaziologie zu demonstrieren.

### Die verborgene Landschaft

Eine genaue Terrainaufnahme in bewaldeten Gebieten stellt den Geodäten wie auch den Geologen vor grössere, aber

nicht unüberwindbare Probleme. Dank der modernen Laserscanningtechnik ist es möglich, auch im Wald genügend Bodenpunkte zu messen, um ein Terrainmodell generieren zu können. Die Abbildung 6 dokumentiert das Potenzial des mit Laserscanning gewonnenen digitalen Terrainmodells für die Oberflächenmorphologie. Anthropogene und natürliche Terrainänderungen sind dank der hohen geometrischen Auflösung sehr deutlich zu erkennen. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass selbst im Wald Strukturen hervortreten, die in einem konventionellen Bild im besten Falle nur zu erraten sind. Strukturen, von kleinräumigen Erosionsformen bis zu tektonisch bedingten Verwerfungen, sind in einem Laser-DTM auszumachen. Ein ausserordentliches Plus von ALS liegt in der numerischen

3D-Erfassung des Terrains. Mit Wiederholungsflügen lassen sich damit sehr schnell Terrainänderungen, seien sie natürlicher Art oder menschenbedingt, quantitativ evaluieren. So sind z.Bsp. Volumenberechnungen an Bauten, die Bestimmung von Massenverlust oder -zuwachs von Gruben bzw. Deponien oder das Auffinden von stillgelegten Schächten relativ einfach zu bewerkstelligen.

Jürg Lüthy  
Swissphoto AG  
Dorfstrasse 53, 8105 Regensdorf  
juerg.luethy@swissphoto.ch

Alain Geiger  
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie  
ETH Hönggerberg, 8093 Zürich  
geiger@geod.baug.ethz.ch

## Literatur

- Artuso, R., S. Bovet, and A. Streilein, 2003. Practical Methods for the Verification of countrywide Terrain and Surface Models. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing; vol. XXXIV, part 3/W13
- Bauder, A., 2001: Bestimmung der Massenbilanz von Gletschern mit Fernerkundungsmethoden und Fließmodellierungen, eine Sensitivitätsstudie auf dem Unteraargletscher. Mitteilungen der VAW, Band 169.
- Favey, E., 2001. Investigation and Improvement of Airborne Laser Scanning Technique for Monitoring Surface Elevation Changes of Glaciers. Mitteilungen des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Band 72.
- Favey, E., A. Wehr, A. Geiger, H.-G. Kahle, 2002. Some examples of European activities in airborne laser techniques and an application in glaciology, Journal of Geodynamics 34 (2002) 347-355.
- Kraus, K., 2002. Laser-Scanning – ein Paradigma-Wechsel in der Photogrammetrie. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik(10).
- Landtwing, St., 2005. Airborne Laser Scanning: Genauigkeitsinformation für den Auswerteprozess. Diplomarbeit, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETHZ.
- Li, Z., Q. Zhu and C. Gold, 2005. Digital Terrain Modelling: Principles and Methodology. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington DC, 323 pp.
- Lüthy J. and R. Stengele, 2003. 3D Mapping of Switzerland – challenges and experiences. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing; vol. XXXVI, part 3/W19, p.42.47
- Wehr, A. and U. Lohr, 1999. Airborne laser scanning – an introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 54(2/3): 68-82.

# Ein Überblick über «Enhanced Geothermal Systems» (Erweiterte Geothermale Systeme)

## Un aperçu des systèmes géothermiques stimulés (Enhanced Geothermal Systems)

KEITH F. EVANS & BENOÎT VALLEY

«Enhanced Geothermal Systems» (EGS, Erweiterte Geothermale Systeme) versuchen, die grossen Vorkommen von Wärmeenergie zu erschliessen, welche unter den Kontinenten in Gesteinen geringer Porosität und in technisch bohrbaren Tiefen liegen. Das EGS-Konzept ist in Abbildung 1 dargestellt. Zwei oder mehr Bohrlöcher werden in Zonen abgeteuft, in denen die Gesteinstemperatur wirtschaftlich interessant ist. Diese Bohrungen bilden ein Zirkulationssystem für Fluide. Beim Durchfliessen des heissen Gesteins zwischen den beiden Bohrungen erwärmt sich das Fluid und die gespeicherte Wärmeenergie wird an der Oberfläche genutzt. Das Problem dieser einfachen Methode liegt in der meist zu geringen Permeabilität von tiefliegenden Kristallingesteinen. Um den erforderlichen Fluss zwischen den beiden Bohrungen zu generieren, muss deshalb die Gesteinspermeabilität erhöht werden.

Les «Enhanced Geothermal Systems» (EGS) visent à exploiter les vastes réserves de chaleur contenues dans les roches de faible porosité que l'on trouve dans d'importantes portions des masses continentales à une profondeur atteignable par des forages. Le concept des EGS est illustré en figure 1. La chaleur est extraite et amenée en surface grâce à une boucle de circulation d'eau établie entre deux ou plusieurs puits atteignant des roches dont la température est d'intérêt commercial. L'eau injectée s'échauffe en percolant dans les roches chaudes qu'elle traverse entre les forages, puis est remontée en surface. Le problème de ce simple schéma d'exploitation est que la perméabilité du socle cristallin est généralement trop faible pour laisser l'eau s'écouler au débit requis entre les deux puits. Cette perméabilité doit donc être stimulée. La création de cette connexion entre les puits constitue le principal

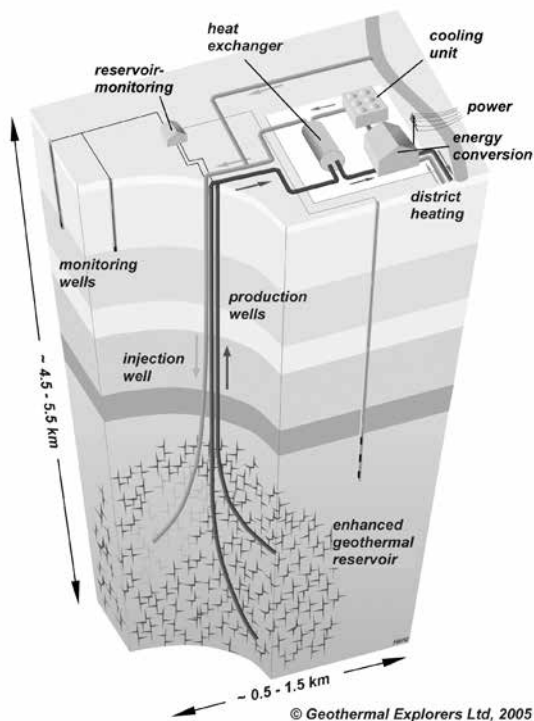


Abb. 1: Illustration eines EGS mit einer Injektionsbohrung und zwei Produktionsbohrungen. Die Überwachungsbohrungen sind für die mikroseismischen Sensoren. Figur mit freundlicher Genehmigung von M. Häring von Geothermal Explorers Ltd.

Fig. 1: Illustration d'un EGS incluant un puits d'injection et deux puits de production. Les forages d'observation (monitoring wells) sont équipés de séismographes. Figure mise à disposition par M. Häring, Geothermal Explorers Ltd.

Das künstliche Erzeugen einer permeablen Verbindung zwischen den Bohrungen stellt für die Entwicklung der EGS die grösste Herausforderung dar und ist das Hauptmerkmal, das sie von den natürlichen geothermalen Systemen unterscheidet.

Das EGS-Konzept wurde 1970 in den nationalen Laboratorien von Los Alamos in den USA entwickelt und wurde «Hot Dry Rock Systems» genannt. Ursprünglich wollte man die Hydrofract-Technologie verwenden, welche durch die Erdöl- und Gas-Industrie entwickelt worden war, um Bohrlöcher mit künstlich erzeugten Kluftzonen zu verbinden. Hydro-Klüfte sind frische Dilatationsklüfte, welche durch das Injizieren grosser Mengen Fluid unter hohen Drucken entstanden sind. Erfahrungen aus den unzähligen Pilot-Projekten, welche

defi lors du développement d'EGS. C'est aussi ce qui distingue les EGS des systèmes géothermaux naturels.

Le premier concept d'EGS fut développé en 1970 à Los Alamos, aux Etats-Unis. Il était alors appelé «Hot Dry Rock Systems» (système des «roches chaudes et sèches»). L'idée première était d'utiliser les technologies d'hydrofracturation développées par l'industrie du pétrole et du gaz afin d'établir une connexion entre les forages par une série de fractures artificielles. Ces hydrofractures sont créées en tension (mode I) par l'injection de grandes quantités de fluide à pression et débit élevés. Les expériences menées jusqu'à ce jour dans le cadre de nombreux projets pilotes (voir table 1) ont montré que ces injections massives de fluides, également appelées stimulations, permettent effectivement

bis dato durchgeführt wurden (siehe Tabelle 1), haben gezeigt, dass massive Fluid-Injektionen, auch Stimulations-Injektionen genannt, tatsächlich zur Erhöhung der Permeabilität des Umgebungsgesteins führen können. In den meisten Fällen jedoch beruht die bessere Durchlässigkeit nicht auf neuen Hydro-Klüften, denn diese scheinen sich in geklüfteten kristallinen Gesteinen nicht weit auszubreiten. Die bessere Durchlässigkeit ist eher eine Folge von Scherbrüchen in natürlichen Klüften, die während den Injektionen wegen den gesteigerten Drücken entstanden. Scherbewegung erhöht die Permeabilität, weil die rauen Kluftflächen während der Scherung zu Dilatation neigen. Die Prozesse, welche zu einer Erhöhung der Permeabilität führen, sind im Detail sehr komplex und werden durch die Interaktion des generellen Spannungszustandes mit den natürlichen Klüften und Brüchen des

d'améliorer la perméabilité des roches ciblées. Par contre, dans la plupart des cas, si ce n'est dans tous, l'augmentation de la perméabilité s'avère être due au cisaillement de fractures naturelles préexistantes et non à la création de nouvelles hydrofractures, ces dernières se propageant trop peu profondément dans le massif. L'accroissement de la pression interstitielle lors de l'injection provoque le cisaillement des fractures naturelles. L'augmentation de la perméabilité est alors due à ces mouvements cisailants subis par les faces rugueuses des fractures naturelles impliquant une dilatation de ces dernières. Dans le détail, les mécanismes qui produisent cette augmentation de perméabilité sont très complexes. Ils résultent de l'interaction du champ de contrainte ambiant avec les fractures et les failles présentes dans le massif rocheux. Une source d'information permettant d'aborder ces mécanismes

|                                     |                    |                          |             |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------|
| Fenton Hill, New Mexico, USA        | 1972 – 1996        | 2.8 km / 3.6 km / 4.2 km | 320°C       |
| Rosemanowes, Cornwall UK            | 1978 – 1991        | 2.0 km / 2.2 km          | 85°C        |
| <i>Falkenberg, Bavaria, Germany</i> | <i>1978 – 1985</i> | <i>0.25 km</i>           | <i>13°C</i> |
| <i>Higashi-Hachimantai, Japan</i>   | <i>1983 – 1988</i> | <i>0.4 km</i>            | <i>60°C</i> |
| <i>Le Mayet de Montagne, France</i> | <i>1984 – 1994</i> | <i>~0.8 km</i>           | <i>33°C</i> |
| <i>Fjallbacka, Sweden</i>           | <i>1984 – 1989</i> | <i>0.5 km</i>            | <i>15°C</i> |
| Hijiori, Japan                      | 1985 – 2002        | 1.8 km/ 2.2 km           | 270°C       |
| Soultz, France                      | 1987 – present     | 3.3 km/ 5.0 km           | 200°C       |
| Ogachi, Japan                       | 1989 – 2001        | 0.7 km/ 1.0 km           | 250°C       |
| Cooper Basin, Australia             | 2003 – present     | 4.2 km                   | 240°C       |

Tab. 1: Liste der EGS-Projekte, die bis dato durchgeführt worden sind. Die Dauer der Aktivität am Teststandort und die Tiefen der entwickelten Reservoirs und die Temperatur des tiefsten Reservoirs sind angegeben. Die Projekte in kursiv sind kleinskalige Forschungssysteme, um die massgeblichen Prozesse im Detail zu untersuchen.

Tab. 1 : Liste des projets EGS menés jusqu'à ce jour. Sont indiquées, la période d'activité, les profondeurs des réservoirs développés ainsi que la température du réservoir le plus profond. Les projets en italiques sont des études détaillées menées à petite échelle et à relativement faible profondeur.

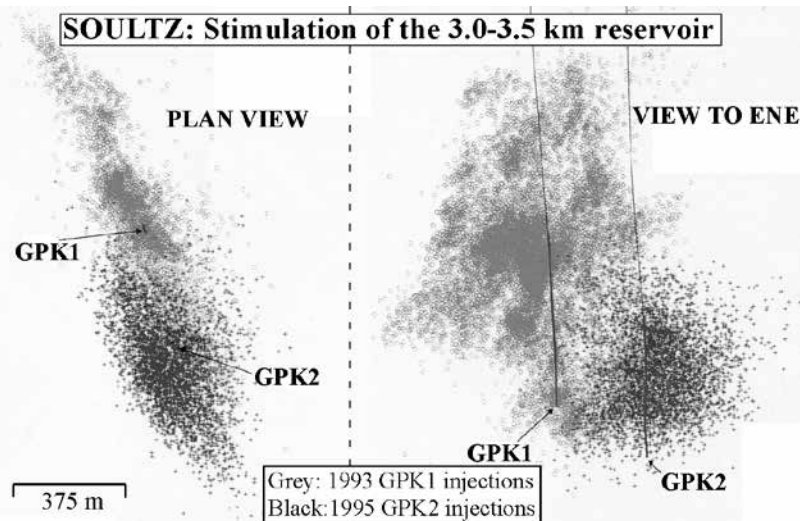


Abb. 2: Aufsicht und Seitenansicht von mikroseismischen Wolken, die während der Stimulation des 3,0 – 3,5 km Soutz Reservoirs generiert wurden. Bei unterschiedlichen Durchläufen wurde in jede Bohrung ca. 40 m<sup>3</sup> Wasser injiziert. Die offenen Intervalle der Bohrungen sind fett markiert.

Fig. 2: projection sur un plan horizontal et vertical des nuages micro-sismiques produits lors des stimulations du réservoir à 3,0 – 3,5 km de profondeur à Soutz. Approximativement 40 m<sup>3</sup> d'eau ont été injectés dans chaque puits lors des différentes stimulations. Les sections de forage non tubées sont représentées par un trait épais.

Umgebungsgesteins gesteuert. Glücklicherweise kann die Überwachung der mikroseismischen Aktivität, welche den Schermechanismus begleitet, einige Hinweise über die Mechanismen geben, die während solchen Injektionen auftreten. Durch die Lokalisierung der einzelnen Events kann eine 3D-Karte erstellt werden, welche die Entspannung des Gesteins und die begleitende Porositäts- und Permeabilitäts-Bildung darstellt. Ein Beispiel von überlagernden mikroseismischen Wolken, welche während Stimulations-Injektionen in das 3.0 bis 3.5 Kilometer tiefe Soutz Reservoir erzeugt wurden, ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Kenntnis über die räumliche Verteilung der Permeabilitäts-Erhöhung ist essentiell für die Platzierung weiterer Bohrungen.

### Wirtschaftlichkeit

Bis vor kurzem wurden EGS als Elektrizitätsgewinnende Systeme betrachtet, die im Vergleich zu anderen Energiequellen auf dem Strommarkt nicht wettbewerbsfähig sind. Um Elektrizität effizient zu erzeugen, werden Wassertemperaturen von über 180°C benötigt.

complexes est l'étude de l'activité micro-sismique qui accompagne ces ruptures en cisaillement. Les zones du massif éprouvant un relâchement des contraintes et donc une augmentation de la porosité et de la perméabilité peuvent être mises en évidence par la détermination de la position du foyer de chaque événement micro-sismique. La figure 2 présente l'ensemble des événements micro-sismiques, aussi appelé nuage micro-sismique, mesurés à Soutz lors des stimulations d'un réservoir situé de 3 à 3.5 km de profondeur. Cette connaissance de la distribution spatiale du développement de la perméabilité est essentielle pour positionner les autres forages du système.

### Considérations économiques

Jusqu'à récemment, les EGS étaient uniquement prévus pour la production d'électricité. Ils n'étaient, néanmoins, pas compétitifs par rapport aux autres sources énergétiques fournissant le marché de l'électricité. Pour produire du courant électrique avec un rendement acceptable, l'eau extraite doit avoir une température d'au moins

In den meisten Regionen Europas bedeutet dies, dass tiefe, teure Bohrlöcher erstellt werden müssten. Die steigenden Ölpreise, der Wille, gemäss Kyoto-Protokoll die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und die Anstrengungen einiger Länder, Alternativen für die Kernenergie zu finden, haben jedoch das Interesse an EGS wiederbelebt. Das generell akzeptierte Ziel für ein Bohrpaar ist die Produktionsrate von fünfzig Litern pro Sekunde bei einer Temperatur von 180°C. Für den Fall, dass das Zirkulationswasser bei einer Temperatur von 60° wieder in den Kreislauf gepumpt wird, ergibt sich eine thermische Leistung von fünfundzwanzig Megawatt, was bei der Umwandlung in elektrische Energie aber nur rund vier Megawatt einbringt. Die direkte Nutzung der Wärmeenergie, zum Beispiel zum Heizen, oder zumindest die Nutzung der Abwärme bei der Stromerzeugung (Wärme-Koppelung), bringt also grosse Vorteile. Die direkte Verwendung der Energie zum Heizen erfordert nicht so hohe Temperaturen und folglich weniger tiefe Bohrlöcher. Das Abteufen der Bohrungen bildet die kostenintensivste Einzelposition der EGS. Ein fünf Kilometer tiefes Bohrloch inklusive Ausbau kostet ca. 9 Millionen SFr.

### **Erfahrungen mit EGS-Forschungs-Prototypen**

In Tabelle 1 sind die Forschungsanlagen aufgelistet, welche seit der Einführung des EGS-Konzepts vor 35 Jahren in Gebieten unterschiedlichster Geologie errichtet wurden. Viele dieser Versuchsanlagen erschliessen eher untiefe Gesteinsformationen, um die Prozesse zu untersuchen, die zur Reservoir-Bildung führen (kursiv in Tabelle 1). Sechs Anlagen jedoch sind grossskalige EGS-Prototypen, bei denen in verschie-

180°C. Pour la plupart des régions d'Europe, ceci nécessite des forages profonds et coûteux. Mais l'augmentation du prix du pétrole, les nouvelles contraintes sur les émissions de CO<sub>2</sub> établies par les accords de Kyoto, et, pour certains pays, la volonté de trouver des alternatives à l'énergie nucléaire, ont ravivé l'intérêt porté aux EGS. Actuellement, la production de 50 l/s d'eau à 180°C à l'aide de deux puits constitue une performance considérée comme acceptable. Dans ce cas, avec une réinjection de l'eau à 60°C, 25 MW thermiques sont alors produits. S'ils sont convertis en électricité, la production de 4 MW électriques est possible. Il est ainsi hautement favorable d'utiliser directement une partie de la chaleur produite, ou au moins la chaleur résiduelle après la production d'électricité, pour du chauffage par exemple (cogénération). Si uniquement une production d'énergie de chauffage est prévue, la température nécessaire est plus basse et donc les forages peuvent être moins profonds. Les frais de forage sont l'élément le plus coûteux d'un EGS. Le forage et l'équipement d'un puits de 5 km coûtent approximativement 9 millions de CHF.

### **Expérience acquise grâce aux projets pilotes**

Lors de ces 35 dernières années, depuis que le concept d'EGS a été proposé, différents prototypes ont été développés sous diverses conditions géologiques. Ils sont listés dans le tableau 1, accompagnés de certaines de leurs caractéristiques. Une partie d'entre eux, mentionnée en italique, a été développée à faible profondeur dans le but d'étudier en détail les mécanismes de développement des réservoirs. Six autres sont par contre des implémentations «gran-

denen Tiefen Reservoir generiert wurden. Die Experimente haben viel zu unserem Wissen über die verschiedenen hydromechanischen Bedingungen und Prozesse beigetragen, welche in der oberen kontinentalen Kruste stattfinden. Nicht nur Klüfte sind allgegenwärtig, sondern auch hydraulisch verbundene Kluftzonen mit grossen Mengen an Fluid können vorhanden sein. Dies zeigt das Beispiel von Soultz – eine Entdeckung, die zum Begriff «Hot Wet Rock Geothermal Systems» führte. Die Scherkräfte im Umgebungsgestein sind grundsätzlich hoch und stützen die These, dass die Kruste der Erde «critically stressed» ist, d.h. Kräften nahe des mechanischen Versagens ausgesetzt ist. Scherung und Mikroseismizität als Folge von Fluid-Injektionen sind daher eher die Regel als die Ausnahme.

Der Erfolg der Versuche, eine befriedigende Verbindung zwischen den Bohrlöchern der Prototypen-EGS zu schaffen, kann durch Zirkulationstests beurteilt werden, welche nach der Stimulierung durchgeführt werden. Die folgenden Charakteristika sollen dabei angestrebt werden:

1. Der Fließwiderstand zwischen den Bohrungen sollte so klein wie möglich sein, um den Energieverlust beim Pumpen zu minimieren. Ein Fließwiderstand von 0.1 MPa/l/s ist allgemein als Wunschziel akzeptiert (eine Druckdifferenz von 5 MPa zwischen zwei Bohrungen würde beispielsweise einen Fluss von 50 l/s generieren).
2. Es sollte dabei ein möglichst grosses Gesteinsvolumen (grosse Benetzungsfläche) durchflossen werden, damit das System möglichst lang-lebig ist.

deur nature». Pour la plupart de ces projets, plusieurs réservoirs ont été développés à différentes profondeurs. Les expériences menées ont largement contribué au développement de nos connaissances des conditions et processus hydromécaniques prévalents dans la partie supérieure de la croûte continentale. Non seulement des fractures y sont omniprésentes, mais elles peuvent être largement connectées hydrauliquement, formant des zones pouvant contenir d'importants volumes de fluides. Tel est le cas au site EGS de Soultz. Cette découverte a engendré une évolution de la terminologie; ces systèmes ont alors été appelés «Hot Wet Rock Geothermal Systems» («systèmes géothermiques chauds et humides»). Le niveau des contraintes cisailantes observé est toujours élevé. Ceci confirme l'hypothèse d'une croûte terrestre dans un état critique des contraintes, c'est-à-dire proche de la rupture. Ainsi les ruptures en cisaillement et la production de microsismicité lors de l'injection de fluide s'avèrent être les réactions normales du socle et non l'exception.

Lors du développement de réservoir, l'efficacité des stimulations menées et la qualité de la connexion créée entre les forages peuvent être évaluées par des essais de circulation. Les caractéristiques suivantes sont désirées :

1. La résistance à la circulation, appelée impédance hydraulique, doit être aussi faible que possible afin de minimiser l'énergie perdue pour le pompage. Une impédance de 0.1 MPa/l/s est généralement considérée comme acceptable. Une différence de pression de 5 MPa entre les deux puits permet alors de maintenir une circulation à un débit de 50 l/s.

3. Fluidverluste in das Umgebungsgestein sollten innerhalb der Grenzen liegen, welche durch den Standort vorgegeben sind.

Wie diverse Erfahrungen gezeigt haben, ist es oftmals schwierig, den Fließwiderstand zwischen den Bohrungen auf das Wunschziel von 0.1 MPa/l/s zu reduzieren. Das Problem kann teilweise durch Reduktion der Distanz zwischen den Bohrungen gemildert werden. Bei Systemen mit Bohrungen, die näher als zweihundert Meter von einander abgeteuft wurden, kann es jedoch zu einem frühen Abfallen der Produktionstemperatur kommen, weil die Benetzungsfläche entlang des Fließweges zwischen den Bohrungen zu klein ist, was das schnelle Vordringen der Kühlungsfront anzeigt. Im allgemeinen gibt es einen Kompromiss zwischen dem Design für einen geringen Fließwiderstand (Bohrungen nahe beieinander) und der Langlebigkeit der Anlage (Bohrungen weit auseinander). 1997 wurde ein Meilenstein in der Entwicklung der EGS-Technologie erreicht, als mit dem 3.0 bis 3.5 km tiefen Soultz-System während vier Monaten bei 25 l/s ohne Anzeichen einer Abkühlung zirkuliert werden konnte. Die Distanz zwischen den Bohrungen betrug 450 m, und dennoch konnte der Fließwiderstand mit Hilfe hydraulischer Stimulation der einzelnen Bohrungen erfolgreich auf das erklärte Ziel hinunter reduziert werden (Abbildung 2). Die Fluidverluste waren gleich null. Dieser Erfolg wurde möglicherweise durch wichtige, über 100 m lange sub-vertikale Klüftzonen im kristallinen Grundgebirge unterstützt. Das Gros der mikroseismischen Aktivität und implizit auch der Permeabilitätssteigerung trat innerhalb dieser Strukturen auf. Es ist wahr-

2. Le fluide circulé doit percoler au travers d'une surface aussi grande que possible, permettant ainsi d'extraire la chaleur d'un grand volume de roche. Ceci garantira la longévité du système.
3. La perte de fluide lors de la circulation doit être maintenue à un niveau suffisamment bas, imposé par les caractéristiques spécifiques de chaque site.

Les expériences acquises ont montré qu'il est souvent difficile d'obtenir le niveau d'impédance hydraulique de 0.1 MPa/l/s désiré. Une solution à ce problème serait de réduire la distance entre les puits. Mais les systèmes avec des puits séparés d'une distance inférieure à 200 m présentent une diminution prématurée de la température de production. Ceci reflète la progression rapide du front de refroidissement le long du chemin de circulation, due à une surface d'échange trop faible. Il s'agit donc de trouver une distance optimale entre les puits pour obtenir un compromis entre impédance (puits rapprochés) et longévité (puits éloignés). Malgré ces difficultés, un résultat remarquable a été obtenu en 1997 au site de Soultz, lorsqu'une circulation continue à 25 l/s a été maintenue à une profondeur de 3 à 3.5 km pendant quatre mois sans montrer aucun signe de refroidissement. La distance entre les puits était de 450 m et l'impédance a été réduite au niveau requis par la stimulation hydraulique des deux forages (figure 2). Aucune perte de fluide n'a été constatée. Ce succès est en partie dû au recoupement par les forages de zones de fractures subverticales longues de plus de 100m. La plupart de la microsismicité enregistrée, et par conséquent du développement

scheinlich, dass die Fliesswege, welche die Bohrungen verbinden, grösstenteils darin liegen. Dies illustriert, wie wichtig es ist, bei der Entwicklung der EGS die lokalen geologischen Verhältnisse zu berücksichtigen.

### Ausblick

Der Erfolg mit dem untiefen Reservoir von Soultz lässt hoffen, dass unter gewissen geologischen Bedingungen die erklärten Leistungsziele der EGS bezüglich Elektrizitätsgewinnung erreicht werden können. Die bis heute gesammelten Erfahrungen zeigen jedoch, dass es nicht einfach ist, die erforderliche Durchlässigkeit zwischen den Bohrungen zu generieren. Unter Umständen kann der Erfolg gering sein, wenn auf Anlagen mit einer so hohen Leistung gezielt wird. Eine Herausforderung für die Zukunft wird die Entwicklung von Methoden sein, potentielle Reservoirs realistisch und kostengünstig zu bewerten. Die Möglichkeit der EGS, signifikant zur Energienutzung beizutragen, wird deutlich erhöht, wenn sie ganz oder teilweise zum Heizen eingesetzt werden. Kommerziell genutzte EGS sind gegenwärtig im Bau bei Soultz (Frankreich), am Cooper Basin (Australien), Coso (USA), Basel (Schweiz) und diversen Standorten in Deutschland. Der Beginn der Arbeiten für das 5 km tiefe Bohrloch beim Projekt in Basel ist für den Frühling 2006 geplant.

Keith F. Evans & Benoît Valley  
Ingenieurgeologie – Geologisches Institut  
Eidgenössische Technische Hochschule  
ETH Höggerberg, 8093 Zürich

de la perméabilité, a pris place dans ces structures. Il est donc fortement probable que ces zones constituent la majorité des connexions empruntées par les fluides entre les forages. Ceci souligne la nécessité de «travailler avec la roche», c'est-à-dire de considérer les conditions du massif et sa pré-structuration lors du développement d'EGS.

### Perspectives

Le succès obtenu à Soultz lors du développement d'un réservoir à 3.5 km permet d'entrevoir avec optimisme la création de systèmes aux performances adaptées à la production d'électricité lorsque les conditions géologiques sont favorables. Les expériences acquises montrent néanmoins que le développement du lien requis entre deux forages est une tâche ardue. Le taux de succès du processus d'augmentation des performances hydrauliques du système peut être faible dans certaines situations. Un défi pour l'avenir consiste alors à développer les méthodes permettant d'évaluer le potentiel d'un réservoir prospecté et ceci en maintenant les coûts à un niveau compétitif. Les EGS peuvent apporter d'autant mieux leur contribution aux besoins énergétiques de la société s'ils sont utilisés parallèlement ou complètement dans le cadre de réseaux de chauffage à distance. Des EGS commerciaux sont actuellement développés à Soultz (France), dans le Copper Basin (Australie), à Coso (USA), à Bâle (Suisse) et dans différents sites en Allemagne. A Bâle, un premier forage profond atteignant 5 km est prévu au printemps 2006.

## Unterirdisches Eis im Jura?

### De la glace souterraine dans le Jura?

MARC LUETSCHER

Viel seltener als in subpolaren Regionen kommt unterirdisches Eis in Gebirgsregionen der mittleren Breiten vor. Zum unterirdischen Eis gehören die Eisgrotten. Das sind natürliche Höhlen, gefüllt mit Eis, das oft die Charakteristik von winzigen unterirdischen Gletschern aufweist. Eisgrotten wurden in verschiedenen karstischen Regionen der Welt beschrieben, im Jura wurden sie seit dem 16. Jahrhundert dokumentiert. Sie weckten bereits zu jener Zeit die Neugier einiger Naturforschenden. Das Interesse an diesen Orten wuchs im Laufe der Jahrhunderte und heute sind Eisgrotten regelrechte Tourismusmagnete.

Die räumliche Modellierung des Permafrosts im Gebirge und die Analyse der Umweltbedingungen mittels Eisbohrkernen haben das Interesse auch an den Eisgrotten wachsen lassen. Das Schwinden der Gletscher und des alpinen Permafrosts durch die Klimaerwärmung haben die Frage nach der mittel- und langfristigen Entwicklung des unterirdischen Eises in den Vordergrund gerückt. Eine systematische, detaillierte und quantitative Studie der Prozesse in unterirdischem Eis ist sehr aktuell. Mit der Unterstützung des Schweizer Nationalfonds und in

Fréquente en régions subpolaires, la présence de glace souterraine est bien plus rare dans les régions montagneuses de moyennes latitudes. Parmi ces objets se trouvent les «glacières», cavités naturelles ayant un remplissage de glace présentant parfois les caractéristiques de minuscules glaciers souterrains. Décrites dans de nombreuses régions karstiques de part le monde, ces glacières sont documentées dans la chaîne jurassienne dès le 16ème siècle, suscitant à l'époque déjà la curiosité de quelques naturalistes. Au cours des siècles, le public s'est peu à peu questionné au sujet de ces sites qui sont devenus au cours du temps de véritables curiosités touristiques.

La modélisation spatiale du pergélisol de montagne et l'analyse de l'information environnementale des carottes glaciaires ont fait sensiblement croître l'intérêt envers ces glacières. En effet, le retrait des glaciers et pergélisols alpins associé au réchauffement atmosphérique a remis au premier plan la question de l'évolution à moyen et long terme de cette glace souterraine. Une étude systématique, détaillée et quantifiée des processus impliqués dans la présence de glace souterraine s'avère dès lors d'actualité. Avec le soutien du



Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Universität Zürich hat das Schweizer Institut für Späleo- logie und Karstforschung (ISSKA) eine solche Studie durchführen können.

Zuerst wurden die Prozesse, die zur Eisbildung führen könnten theoretisch identifiziert. Dieses Vorgehen erlaubte es, eine Klassifizierung der Eisgrotten zu entwickeln, welche auf klimato- logischen (statische, stato-dynamische und dynamische Eisgrotten) und glazio- logischen Kriterien (gefrorenes Eis, Ak- kumulation von Schnee / Firn) beruht. Dadurch konnten die Bedingungen für die Bildung und für den Erhalt des unterirdischen Eises bestimmt werden (z.B. die Wärmeübertragung im Ge- stein wegen der kühleren Umgebung in grösserer Höhe). Die Validierung des Modells wurde durch eine Fallstudie im Jura erbracht.

Im untersuchten Gebiet lag die mitt- lere Jahrestemperatur der Aussenluft zwischen 3° und 8° C, abhängig von der Höhe über Meer. Weil sich das umgebende Gestein gegenüber äusse- ren Temperaturschwankungen inert verhält, erwartet man, dass die Tempe-

Fonds national suisse, l'Institut suisse de spéléologie et de karstologie (ISSKA) a pu mener une étude en collaboration avec l'institut de géographie de l'uni- versité de Zurich.

Dans une première étape, une appro- che théorique identifia les principaux processus à l'origine de la glace souterraine. Cette démarche a permis de pro- poser une classification des glaciers basée sur des critères climatologiques (glaciers statiques, stato-dynamiques et dynamiques) et glaciologiques (glace de congélation, accumulation de neige/ névé) et d'évaluer les conditions néces- saires à la formation et la conservation de glace souterraine (par ex. réduction du transfert de chaleur au sein de la roche dû à un environnement plus froid à des altitudes plus élevées). La validation de ce modèle conceptuel fut apportée par une étude de cas menée dans la chaîne jurassienne.

Dans le secteur étudié, la température annuelle moyenne de l'air extérieure fluctue entre 3 et 8°C en fonction de l'altitude à laquelle l'on se trouve. En raison de l'inertie thermique apportée par la roche environnante, on s'attend

raturen in der Höhle den Aussentemperaturen entsprechen. Die Anwesenheit von Eis stellt also eine lokale thermische Anomalie dar. Tatsächlich ist es so, dass von den ca. 10'000 Höhlen im Jura nur etwa zwanzig ganzjährig Eis enthalten. Im Winter, wenn die Aussentemperatur unter die Temperatur im Untergrund fällt, strömt kalte Luft in die Höhle und lässt es in der Höhle gefrieren. Im Sommer dagegen, wenn die Aussentemperatur höher ist als die Temperatur im Untergrund, ist der Wärmeaustausch stark eingeschränkt, weil aufgrund des Dichteunterschieds zwischen warmer und kalter Luft die kalte Luftmasse unten in der Höhle bleibt. Die Energiezufuhr beschränkt sich hauptsächlich auf die Gesteinswand und auf Sickerwasser.

Die Energieflüsse wurden bei Monlési im Neuenburger Jura durch detaillierte Messungen quantifiziert (Temperatur der Luft, des Gesteins, des Eises und des Wassers sowie der Luftdurchsatz und die -feuchtigkeit). Diese Parameter erlauben es, mit dem Modell klimatische Effekte und Entwicklungstendenzen des unterirdischen Eises abzuschätzen. Die Resultate wurden mit Hilfe von Messungen kalibriert, die in anderen Eisgrotten des Juras in den letzten Jahrzehnten gemacht wurden. Die quantitativen Ergebnisse zur Energiebilanz in der Eisgrotte von Monlési zeigen exemplarisch, dass die Konvektion, welche durch die kalte winterliche Luft hervorgerufen wird, für beinahe 70 % des Wärmeverlustes verantwortlich ist: kalte Luft wird durch einen grossen Schacht angesogen, aufgewärmt und durch zwei kleine Schächte abgelassen. Die Konvektion im Winter ist somit die Hauptursache für die Existenz von unterirdischem Eis. Das Total der

à trouver des températures similaires au sein des grottes. La présence de glace représente donc une anomalie thermique locale et ne peut-être considérée comme fréquente. De fait, parmi les 10'000 cavités répertoriées dans la chaîne jurassienne, seule une vingtaine présente un remplissage de glace pérenne. En hiver, lorsque la température chute en dessous de la température souterraine, une importante circulation d'air permet le refroidissement de la cavité. Au contraire, en été, lorsque la température extérieure est plus élevée que la température souterraine, le transfert de chaleur est fortement réduit en raison de la stratification induite par la différence de densité des deux masses d'air. Les apports énergétiques se limitent alors pour l'essentiel aux échanges avec les parois rocheuses et aux infiltrations d'eau.

Ces flux énergétiques furent quantifiés sur le site de Monlési, dans le Jura neuchâtelois, au moyen de mesures détaillées (températures de l'air, de la roche, de la glace et de l'eau, débits d'air et humidité). Le modèle ainsi paramétrisé permet l'estimation des effets climatiques et de la tendance évolutive de la glace souterraine. Les résultats obtenus ont pu être calibrés sur les fluctuations naturelles observées dans plusieurs glaciers du Jura au cours des dernières décennies. La quantification des flux énergétiques dans la Glacière de Monlési montre de manière exemplaire que la convection forcée d'air hivernal froid – aspiré dans le plus grand puits, et expulsé par deux petits puits – représente près de 70 % des pertes de chaleur et est de ce fait prédominante pour l'existence de glace souterraine. Le solde des pertes de chaleur peut être attribué aux accumulations de neige



Abkühlung in der Grotte ist also die Folge der Schneemasse unterhalb des Eingangsschachts. Die hauptsächliche Erwärmung in der Grotte erfolgt durch das Umgebungsgestein und erreicht ungefähr  $1 \text{ W/m}^2$ . Dieser Wert ist um eine Grössenordnung höher als der geothermische Flux, der über der Eisgrotte beobachtet wird und zeigt die extreme thermischen Anomalie, welche die Eisgrotte verursacht. Dieser Flux erklärt das jährliche Abschmelzen von 8 cm Eis an der Basis des Eises in der Grotte.

An diese fundamentalen Resultate der Studie knüpfen weitere wichtige Folgerungen an: Das unterirdische Eis bildet sich unter heutigen Klimabedingungen und kann nicht als Relikt aus kälteren

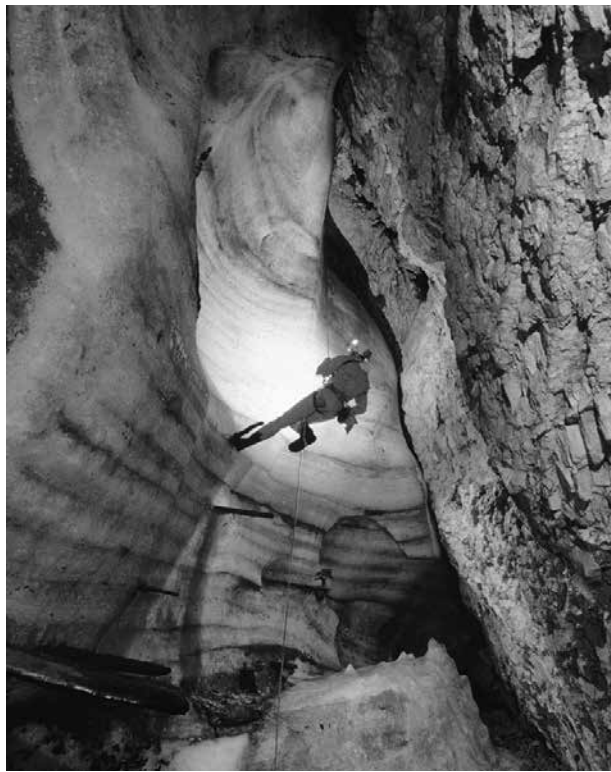
à la base des puits d'entrée. L'apport principal de chaleur est quant à lui issu de la roche environnante et s'élève à environ  $1 \text{ W/m}^2$ . Cette valeur, plus élevée d'un ordre de grandeur que le flux géothermique observé au-delà de la glacière, est due à l'anomalie thermique extrême créée par la glacière dans une région où la température moyenne annuelle en surface s'élève à  $4 - 5^\circ\text{C}$ . Ce flux explique la fonte annuelle de 8 cm de glace observée à la base de la glacière.

A ces résultats fondamentaux s'ajoutent logiquement d'autres importantes conclusions. La glace souterraine se forme également sous un contexte climatique actuel et ne peut être considérée comme une relique de périodes plus froides. Ainsi, la formation de glace résulte essentiellement du regel d'eau de fonte et de précipitation en contact avec la grotte refroidie en hiver et aux printemps. Elle reflète principalement les conditions hivernales et se trouve, en période estivale, largement décollée de l'atmosphère extérieure.

La glace souterraine n'a que peu réagi à la vague de chaleur exceptionnelle observée durant l'été 2003. Le fait que de nombreuses glacières ont perdu une partie substantielle de leur glace depuis 25 ans ne semble devoir être attribué qu'à l'augmentation des températures hivernales durant la fin du 20<sup>ème</sup> siècle et au réchauffement de la roche environnante. Dans les conditions actuelles, le renouvellement de la glace s'effectue en environ cent ans dans la glacière de Monlési. Des datations effectuées dans d'autres glacières de la chaîne jurassienne ont cependant démontré la présence d'accumulations de glace de plus de 1'200 ans. L'évi-

Zeiten betrachtet werden. Das Eis muss sich also durch wiederholtes Einfrieren des Schmelzwassers und des Niederschlags in der abgekühlten Grotte im Winter und im Frühling. Die Eisbildung widerspiegelt hauptsächlich die winterlichen Bedingungen und ist im Sommer im Grossen und Ganzen entkoppelt von der äusseren Atmosphäre.

Das unterirdische Eis hat kaum auf die ausserordentliche Hitzewelle während dem Sommer 2003 reagiert. Die Tatsache, dass in den letzten 25 Jahren zahlreiche Eisgrotten substantiell an Eis verloren haben, kann nur dem Anstieg der winterlichen Temperaturen am Ende des 20. Jahrhunderts und der entsprechenden Erwärmung des Umgebungsgesteins zugeschrieben werden. Unter den gegenwärtigen Bedingungen erneuert sich das Eis in der Grotte von Monlési ungefähr alle hundert Jahre. Datierungen an anderen Eisgrotten im Jura haben dagegen auf Eis mit einem Alter von 1'200 Jahren hingewiesen. Die Paläoklimatische Evidenz des unterirdischen Eises und die Spuren seiner vergangenen Anwesenheit geben folglich interessante Informationen über die klimatischen Bedingungen im Winter in tieferen Regionen. Somit sind sie komplementär zu den Massenbilanzen der Gletscher, die hauptsächlich durch die Bedingungen im Sommer bestimmt werden. Der Weg ist also für vertiefende Studien und ein detailliertes Monitoring geeignet.



dence paléoclimatique de glace souterraine et les traces de sa présence passée pourraient ainsi donner de manière intéressante des informations sur les conditions climatiques hivernales à basse altitude et de par ce fait être complémentaire au bilan de masse des glaciers définis pour l'essentiel par les conditions estivales. Le chemin est donc tracé pour de plus amples études et un monitoring détaillé.

Marc Luetscher  
Institut suisse de spéléologie et de karstologie (ISSKA)  
Rue de la Serre 68, Case postale 818  
2301 La Chaux-de-Fonds

Sortie de presse de la publication prévue pour fin mars 2006; souscriptions ouvertes (CHF 30.-) auprès de l'Institut suisse de spéléologie et de karstologie (ISSKA), [info@isska.ch](mailto:info@isska.ch), 032 913 35 33.

## Paläontologie auf der Transjurane

Bilanz und Ausblick nach fünf Jahren paläontologischer Ausgrabungen auf dem zukünftigen Trasse der Transjurane (Autobahn A16)

Das Jahr 2005 stellt für die «Paläontologie A16» (ehemals Section de Paléontologie) eine Art Scheitelpunkt dar. Sie feiert einerseits ihr fünfjähriges Bestehen, Zeit also, um hinsichtlich der Resultate, der aktuellen Struktur und der Perspektiven eine erste Bilanz zu ziehen. Andererseits ermöglichte die Organisation eines bedeutenden Publikumsereignisses im Oktober eine erste Definition einer zukünftigen und dauerhaften in-Wert-Setzung aller auf den Ausgrabungen gemachten Funde.

## Paléontologie sur la Transjurane

Bilan provisoire et perspectives après 5 années de fouilles paléontologiques sur le futur tracé de la Transjurane (auto-route A16)

2005 est une année charnière pour le projet «Paléontologie A16» à Porrentruy (anciennement nommé Section de paléontologie). D'une part, il a fêté en février dernier ses 5 années d'existence, le temps de tirer une première évaluation des résultats, de la structure actuelle et des perspectives. D'autre part, un événement important organisé pour le public en octobre dernier permet de faire le point sur le projet de protection et de mise en valeur durables des découvertes réalisées sur les différents sites de fouille.

JACQUES AYER, WOLFGANG A. HUG, DAMIEN BECKER, JEAN-PAUL BILLON-BRUYAT, DANIEL MARTY

### Aktuelle Struktur der Paläontologie A16

Das Projekt der Paläontologie A16 hat in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Der Personalbestand hat sich von ein paar wenigen Personen auf fast vierzig Personen erhöht. Die aktuelle Struktur wird durch neun Wissenschaftler gebildet: ein Projektleiter, vier wissenschaftlich Verantwortliche und vier wissenschaftliche

### Structure actuelle de la Paléontologie A16

Le projet de la Paléontologie A16 n'a cessé de prendre de l'ampleur ces dernières années. L'effectif est passé en cinq ans de quelques collaborateurs à près de 40. La structure actuelle est composée de 9 scientifiques (1 chef de projet, 4 responsables et 4 adjoints) entourés d'une dizaine de personnes chargées de la documentation, de l'ar-



Linker Unterkiefer von *Iberomeryx minor* (FILHOL, 1882). Fundstelle Courrendlin-Pré Chevalier.

Dieser kleine Wiederkäuer ist ein exzellentes biostratigraphisches Leitfossil. Er lebte vor fast 30 Millionen Jahren in Westeuropa (Frühes Oligozän) nahe Süßwasserquellen in dichtbewaldeten Biotopen.

Mandibule gauche d'*Iberomeryx minor* (FILHOL, 1882), trouvée en 2004 sur le site de Courrendlin-Pré Chevalier. Ce petit ruminant primitif est un excellent marqueur biostratigraphique. Il vivait en Europe occidentale, il y a près de 30 millions d'années (Oligocène inf.), à proximité de sources d'eau dans des biotopes forestiers denses.

Assistenten. Diese werden durch zehn Verantwortliche für die Dokumentation, die Archivierung und die visuelle Kommunikation unterstützt. Im Sommer 2005 waren Gelände rund zwanzig Grabungstechniker verteilt auf verschiedene Grabungen tätig.

## Resultate und wissenschaftliche

### Perspektiven

Bis heute wurden auf den verschiedenen Ausgrabungen des Mesozoikums und Cenozoikums gegen 30'000 Fossilien und Gesteinsproben geborgen und archiviert, ohne dabei die über 2'000 Dinosaurierspuren zu zählen. Das geborgene Material bildet eine bedeutende Fossilsammlung bestehend aus Wirbellosen (Brachiopoden, Bivalven, Gastropoden, Cephalopoden, Echinodermen, Crustaceen), aber auch Wirbeltieren (Fische, Schildkröten, Krokodile, Pterosaurier, Säugetiere).

chivage et de la communication visuelle. Sur le terrain, une vingtaine de techniciens de fouille ont été répartis cet été sur les différents chantiers.

### Résultats et perspectives scientifiques

Près de 30 000 fossiles ou échantillons de roche ont été prélevés jusqu'à maintenant sur les différents sites dans les terrains mésozoïques et cénozoïques, sans compter la mise au jour de près de 2 000 empreintes de dinosaures. Parmi ces découvertes, une importante collection de fossiles a pu être constituée, comprenant des invertébrés (brachiopodes, bivalves, gastéropodes, céphalopodes, échinodermes, crustacés) mais aussi des vertébrés (poissons, tortues, crocodiles, ptérosaures, mammifères). De plus, en collaboration avec l'Archéologie A16, la fouille de quelques dolines a mis au jour d'importants restes de mammoths et autres grands

In einigen Ausgrabungen von Dolinen konnten, in Zusammenarbeit mit der Archäologie, zudem grössere Mammutknochen und Knochen von anderen grossen Pflanzenfressern des Pleistozäns geborgen werden. Schlammproben von verschiedenen Fundstellen ermöglichten die Untersuchung einer breitgefächerten Fauna von Mikrofossilien. Abgerundet werden die Funde durch Pflanzenreste wie zum Beispiel einem fossilen Baumstamm von sieben Metern Länge aus dem Oligozän der Region von Delsberg.

Die Sammlung der Paläontologie A16 wird durch die Definition zahlreicher wissenschaftlicher Projekte aufgewertet. Diese Projekte, koordiniert, geleitet und bearbeitet durch die wissenschaftlich Verantwortlichen des Projektes, ermöglichen ein globaleres Verständnis für die regionalen paläoökologischen Lebensräume der verschiedenen stratigraphischen Epochen. Dank taxonomischer und sedimentologischer Untersuchungen der Fundstellen sind bereits heute paläoökologische Interpretationen von Fauna und Flora, und sogar paläogeographische Rückschlüsse möglich. Besonders interessant gestalten sich dabei auch Vergleiche zwischen verschiedenen Lebensräumen, deren Zusammenhänge, sowie deren räumliche Rekonstruktion.

Die aus verschiedenen Ausgrabungen stammenden Funde werden natürlich erst durch den gegenseitigen Vergleich aufgewertet. Sie erhalten durch eine synthetische Betrachtung ihre Bedeutung, sowohl hinsichtlich der geologischen Vergangenheit als auch bezüglich der Paläontologie des Juragebirges. Eine isolierte Analyse einzelner Fundstellen macht deshalb wenig Sinn.

herbivores pléistocènes. Le lavage des sédiments a permis également d'isoler de nombreux fossiles microscopiques. Enfin, des restes de plantes dont un tronc fossile de près de 7 m de long ont été mis au jour dans les terrains cénozoïques de la région de Delémont.

Pour la mise en valeur scientifique de ces découvertes, les responsables de la Paléontologie A16 ont mis sur pied de nombreux projets qui visent à utiliser ce matériel paléontologique et géologique pour permettre une compréhension globale des paléoécosystèmes liés aux régions étudiées. Grâce aux analyses taxinomiques et sédimentologiques des sites, il est possible de reconstituer la paléoécologie des animaux et des plantes, ainsi que les milieux dans lesquels ils vivaient. De plus, il est possible de proposer des paléogéographies, c'est-à-dire des reconstitutions dans l'espace des différents environnements passés.

Les découvertes réalisées sur les différents sites n'ont pas de véritable valeur si elles sont considérées indépendamment les unes des autres. Au contraire, si elles sont traitées de manière synthétique, elles peuvent réellement contribuer à la compréhension du passé géologique et paléontologique de la chaîne du Jura et à celle de domaines géologiques plus vastes.

### **Plus de 1'800 personnes pour découvrir le travail de la Paléontologie A16 !**

Pour faire découvrir le travail quotidien de la Paléontologie A16, le public a été invité entre le 13 et le 16 octobre dernier à une rencontre sur le site à traces de dinosaures de Courtedoux-Tchâfouë, non seulement avec les scientifiques mais aussi avec tous leurs



Begegnung zwischen dem Publikum und der Paläontologie A16 auf der Dinosaurierspuren-Fundstelle von Courtedoux-Tchâfouë. Das Ereignis hat zwischen dem 13. und 16. Oktober 2005 mehr als 1800 Besucher angezogen.

Rencontre entre le public et la Paléontologie A16 sur le site à empreintes de dinosaures de Courtedoux-Tchâfouë. Du 13 au 16 octobre dernier, la manifestation a attiré plus de 1800 personnes.

### **Mehr als 1'800 Besucher entdeckten die Arbeit der Paläontologie A16**

Erstmals wurde einem breiten Publikum eine Begegnung mit dem beruflichen Alltag der Mitarbeiter der Paläontologie A16 ermöglicht, wobei alle Arbeitsabläufe ausführlich präsentiert wurden. Diese Gelegenheit wurde von insgesamt über 1'800 interessierten Personen aus 17 Kantonen und aus dem nahen Ausland (Frankreich und Deutschland) wahrgenommen. Während vier Tagen (13. bis 16. Oktober) präsentierten Wissenschaftler, Grabungstechniker und diverse Spezialisten (Dokumentalisten, Restauratoren, Archivisten und anderen) ihre Ausgrabungsarbeiten bei Courtedoux-Tchâfouë. Die einerseits sehr menschliche und andererseits auch wissenschaftliche Annäherung wurde von den Besuchern sehr geschätzt.

collaborateurs (techniciens, documentalistes, archivistes, préparateurs, etc.). Durant ces quatre journées, plus de 1'800 personnes provenant de 17 cantons différents mais aussi de France et d'Allemagne ont pu ainsi se familiariser « en direct » avec toutes les étapes de travail que constitue une fouille. Cette approche à la fois scientifique et humaine a été fort appréciée.

Cet événement s'inscrit dans une série de manifestations organisées durant ces cinq dernières années pour promouvoir les découvertes de la Paléontologie A16 auprès du public et des spécialistes. Au total, ce sont près de 35'000 personnes, dont un millier d'étudiants et de scientifiques, qui se sont rendues sur différents sites de fouille.



«Sur Combe Ronde», Hauptfährtenhorizont. Kreuzung dreier  
Sauropodenfährten. Der Durchmesser der Spuren beträgt zwischen  
30 und 40 cm.

«Sur Combe Ronde», dalle à traces principale. Croisement des  
empreintes de trois sauropodés. Le diamètre des empreintes varie  
entre 30 et 40 cm.

Diese Begegnung mit den Spezialisten im Gelände reiht sich fast nahtlos in eine bereits fünfjährige Tradition ein, bei welcher an verschiedenen Anlässen über 35'000 Interessierte (darunter 1'000 Studenten und Wissenschaftler) die Ausgrabungen der Paläontologen besuchten. Neu ist, dass die Führungen erstmals gegen ein Entgelt stattfanden. Die Besucher wurden am Bahnhof Pruntrut als Ausgangsort des Besuchs abgeholt, in Bussen transportiert und folgten in Gruppen einem fixen Programm. Diese Neuorientierung der Organisation stellte einen ersten Test bei der Planung einer dauerhaften in-Wert-Setzung der paläontologischen Funde dar. In diesem Sinne erarbeitet eine kantonale Arbeitsgruppe mit Vertretern aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft seit 2004 eine allgemeine Strategie. Unterstützt durch Spezialisten aus dem In- und Ausland sollen der Kantonsregierung bis zum Frühling 2006 konkrete Sofortmassnahmen und eine langfristige Strategie vorgeschlagen werden.

Néanmoins, cette dernière rencontre se distingue des autres par son organisation. En effet, les visiteurs étaient attendus à la gare de Porrentruy et pris ensuite en charge pour être conduits en car sur le site à empreintes de dinosaures de Courtedoux. Contrairement aux autres journées « portes ouvertes » dont l'accès était libre, cette visite guidée qui durait au total près de 4 heures était payante. Cette nouvelle organisation avait notamment pour but de tester auprès du public l'intérêt suscité par une éventuelle mise en valeur durable des découvertes de la Paléontologie A16. Dans ce sens, un groupe de travail cantonal constitué de représentants des mondes scientifique, politique et économique se réunit régulièrement depuis 2004. Soutenu par des experts suisses et étrangers, il doit fournir au Gouvernement jurassien pour le printemps 2006 un rapport afin de susciter des réactions politiques immédiates et proposer une stratégie à long terme.

Motiviert durch die positive Bilanz der Besuchstage im Oktober konzentriert sich die Arbeitsgruppe vor allem auf die Absicht, in Zukunft der wissenschaftlichen Grundlagenforschung einen besonderen Stellenwert zuzuordnen. So sollen Besucher die Möglichkeit haben, in einem Museum oder Geopark alle Abläufe von paläontologischen Ausgrabungen bis hin zur Präparation, Archivierung und wissenschaftlichen Auswertung mitzuerleben und sich auch an einzelnen Abläufen zu beteiligen. Die Besucher haben dadurch natürlich auch einen direkten Zugang zur wissenschaftlichen Welt der Interpretation der Ökosysteme der Vergangenheit.

#### **Erste konkrete Erfolge...**

An der Fundstelle von Chevenez-Combe Ronde wird momentan an der Verlängerung einer Autobahnbrücke gearbeitet, welche die Dinosaurierspuren von internationaler Bedeutung langfristig schützen (überdachen) und zugänglich machen soll. Ein weiteres Brückenprojekt befindet sich zur Zeit in der Planungsphase.

Inaktive Grabungen werden im Winter durch spezielle Folien und teilweise mit Holzschnitzeln, Sand oder Kies vor Frostschäden geschützt. Wegen der gegenwärtig intensiven Bautätigkeit an der A16, werden im kommenden Winter die Grabungen erstmals unter grossen Grabungszelten weitergeführt.

Weitere Informationen unter  
<http://www.palaeojura.ch>.

Motivée par le bilan positif des visites d'octobre dernier, la démarche du groupe de travail est de proposer dans le futur une infrastructure publique, sous la forme d'un musée et d'un géoparc, où le visiteur pourra suivre toutes les étapes, de la fouille à l'analyse scientifique, qui permettent aux paléontologues d'interpréter et de comprendre les écosystèmes du passé.

#### **Déjà des retombées concrètes...**

L'importance paléontologique d'une des dalles à empreintes de dinosaures sur le site de Chevenez-Combe Ronde a permis sa sauvegarde à long terme par la correction d'un ouvrage de l'autoroute actuellement en construction. De plus, la protection durable d'un deuxième site est à l'étude.

Dans l'immédiat, avant de connaître les résultats du groupe de travail, les sites de fouille inactifs seront protégés durant l'hiver contre le gel par la pose de bâches en tissu et en plastique, recouvertes partiellement d'une couche de copeaux de bois, de sable ou de gravier. Pour la première fois par contre, d'autres sites à empreintes de dinosaures seront fouillés en continu durant la mauvaise saison compte tenu de l'avancement des travaux autoroutiers.

Pour plus d'informations, consultez notre site Internet à l'adresse  
<http://www.palaeojura.ch>.

Jacques Ayer, Wolfgang A. Hug,  
Damien Becker, Jean-Paul Billon-Bruyat,  
Daniel Marty

République et Canton du Jura – Office de la Culture  
Paléontologie A16  
Hôtel des Halles, Case postale 64  
2900 Porrentruy 2  
tél. 032 420 84 27

## Expertenbericht zum Entsorgungsnachweis Opalinuston der Nagra

Die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) nimmt im vorgelegten Expertenbericht Stellung zu den erdwissenschaftlichen und bautechnischen Aspekten des Projektes Opalinuston der Nagra. Die Nagra erbringt in diesem Projekt den Nachweis, dass abgebrannte Brennelemente (BE), verglaste hochaktive Abfälle (HAA) und langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) in einem geologischen Tiefenlager im Opalinuston des Zürcher Weinlandes sicher entsorgt werden können.

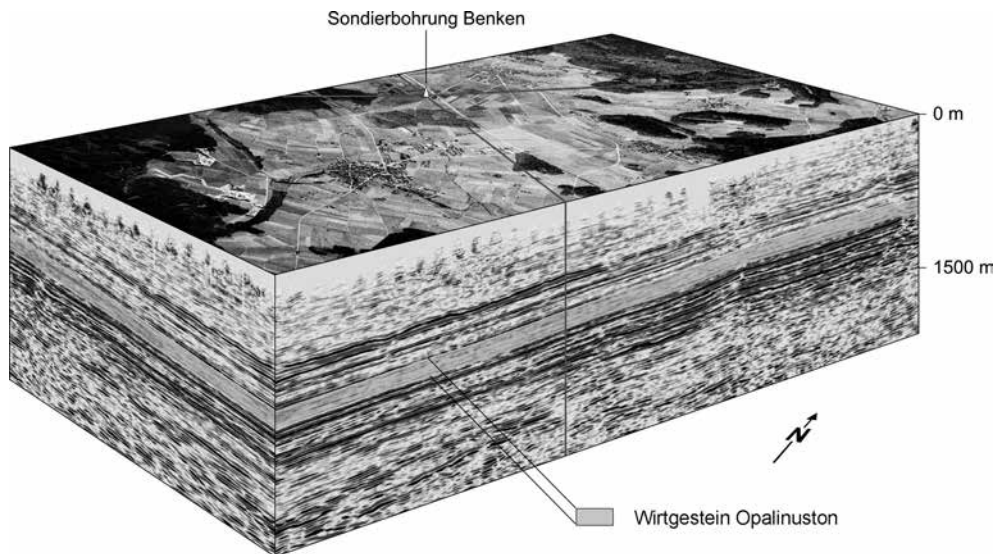
## Rapport d'experts sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique dans les argiles à Opalinus

Dans le présent rapport, la Commission de Gestion des Déchets Nucléaires (KNE) se prononce sur les aspects géologiques et techniques du projet Argiles à Opalinus, dans lequel la Nagra démontre la faisabilité d'un stockage sûr des assemblages combustibles radioactifs usés (AC), des déchets de haute activité vitrifiés (DHA) et des déchets de moyenne activité à vie longue (DMAL), dans un dépôt géologique profond au sein des Argiles à Opalinus du Weinland zurichois, au nord de la Suisse.

ERIK FRANK

Die KNE kommt nach Prüfung der erdwissenschaftlichen Datengrundlagen zum Schluss, dass der Standortnachweis mit dem Projekt Opalinuston erbracht ist. Die erdwissenschaftlichen Annahmen, welche die Nagra bei der Entwicklung der Szenarien für den Nachweis der Langzeitsicherheit getroffen hat, basieren auf sorgfältig zusammengetragenen und nachvollziehbaren Daten. Diese wurden entsprechend dem

Après examen approfondi des données géologiques, la KNE arrive à la conclusion que l'existence d'un site géologique approprié pour un stockage final de AC, DHA et DMAL au sein des Argiles à Opalinus du Weinland zurichois est démontrée. Les hypothèses géologiques faites par la Nagra pour l'évaluation de la sécurité à long terme sont basées sur des données acquises et interprétées de manière soigneuse. La KNE reconnaît



Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse ausgewertet und interpretiert. Wo eine ausreichende Datenbasis heute noch fehlt, hat die Nagra konservative Annahmen getroffen. Die Dokumente der Nagra stellen eine gute Synthese von selbst erarbeiteten Erkenntnissen und Literaturdaten dar.

Die Tektonik des Zürcher Weinlandes wurde von der Nagra sorgfältig und umfassend untersucht. Im Zentrum des Untersuchungsgebietes, wo der Opalinuston in einer Tiefe von 600 bis 750 m liegt, lässt sich ein rund 15 km<sup>2</sup> grosser Bereich mit ruhigen Lagerungsverhältnissen abgrenzen. Die Daten über die geologische Entwicklungsgeschichte lassen keine Vorgänge erkennen, die in der nächsten Million Jahre eine Erosion der Barrieregesteine des Tiefenlagers in diesem Gebiet bewirken könnten.

Der Opalinuston ist im Zürcher Weinland recht einheitlich ausgebildet und um 110 m mächtig. Die Gesteinseigenschaften des Opalinustons sind hin-

le fait que la Nagra interprète les données géologiques de manière correcte selon les règles de l'art en utilisant les dernières connaissances et méthodes de la science. En cas d'informations lacunaires, la Nagra applique systématiquement les hypothèses les moins favorables. La documentation de la Nagra représente une bonne synthèse des données de terrain, de laboratoire et de la littérature.

La situation tectonique du Weinland zürchois a été examinée de manière minutieuse par la Nagra. Au centre de la région d'étude, où les Argiles à Opalinus se situent à une profondeur de 600 à 750 m, les données de la sismique 3-D confirment une stratification non-perturbée dans une région dont la surface est approximativement de 15 km<sup>2</sup>. L'analyse et l'interprétation de toutes les informations disponibles sur l'évolution géologique n'ont pas mis en évidence un quelconque processus capable, durant le prochain million d'années, de mettre à nu la roche encaissante des Argiles à Opalinus.

sichtlich seiner Eignung zur Lagerung radioaktiver Abfälle als günstig zu beurteilen. Die Dominanz der feinen Korngrößen und der hohe Tongehalt führen zu einer sehr geringen hydraulischen Durchlässigkeit und bestimmen das hohe Einschlussvermögen des Opalinustons. Für Hydrochemische Untersuchungen wurden Porenwasserproben aus Bohrkernen extrahiert. Sie zeigen, dass es sich bei den Porenwässern im Opalinuston um schichtgebundenes, geochemisch überprägtes Formationswasser handelt, welches über Millionen von Jahren hinweg eingeschlossen blieb. Dieses Wasser ist durch diffusive Ionenwanderung überprägt und widerspiegelt in seiner chemischen Zusammensetzung noch Anteile des ursprünglichen Meerwassers, in dem die Sedimente vor rund 180 Mio Jahren abgelagert wurden.

Die KNE hat das Konzept und die bautechnische Machbarkeit des geologischen Tiefenlagers überprüft. Sie kommt zum Schluss, dass der Bau des Lagers in der vorgeschlagenen Tiefenlage von 650 m unter den felsmechanischen Gegebenheiten im Opalinuston machbar ist. Hinsichtlich Anordnung der Zugangsbauwerke, Vorgehensweise beim Schachtbau und Dimensionierung der Querschnitte der Untertagebauwerke hat die KNE einige Kritikpunkte und Anregungen, welche aber die grundsätzliche Machbarkeit nicht in Frage stellen.

Die KNE hat bei der Überprüfung des Projektes Opalinuston verschiedene offene Fragen formuliert, welche im Rahmen der weiteren Untersuchungen geklärt werden müssen. Offene Fragen ergeben sich vor allem im Zusammenhang mit den Veränderungen, welche

L'argile à Opalinus du Weinland zurichois est assez homogène et mesure environ 110 m d'épaisseur. Les propriétés de cette roche sont jugées favorables pour un stockage final. La prépondérance des grains fins et un pourcentage élevé de minéraux argileux induisent une très faible conductivité hydraulique et assurent un colmatage convenable pour une isolation des déchets radioactifs. Les eaux de pore extraites des carottes de forage sont salines et sont restées piégées dans l'Argile pendant des millions d'années. La composition géochimique de ces eaux n'a été altérée que par des processus de diffusion ionique et elles contiennent encore des sels marins qui datent de la période de dépôt, il y a quelques 180 millions d'années.

La KNE a examiné le concept de la construction du dépôt final au sein des Argiles à Opalinus à 650 m de profondeur. Elle arrive à la conclusion que la construction est techniquement faisable. En ce qui concerne l'agencement du tunnel d'accès et la construction du puits, la KNE a identifié quelques points critiques dans le dimensionnement des ouvrages et elle suggère des modifications, qui toutefois ne mettent pas en question la faisabilité du projet.

La KNE a soulevé un certain nombre de questions qui doivent être clarifiées dans le cadre de futurs travaux. Ces questions concernent en particulier les changements des propriétés des Argiles à Opalinus, changements qui pourraient être induits par le processus de construction des ouvrages d'une part, et par le dépôt des déchets radioactifs d'autre part. Ces questions doivent être examinées par des expériences in situ dans un futur laboratoire souterrain.

im Opalinuston durch die baulichen Eingriffe und die durch die Abfalleinlagerung induzierten chemischen und physikalischen Prozesse ausgelöst werden. Diese Fragen müssen im Rahmen eines untertägigen Felslabors geklärt werden.

Dr. Erik Frank  
 Sekretär der Kommission Nukleare Entsorgung  
 Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen  
 5232 Villigen-HSK  
 erik.frank@hsk.ch  
 Tel. 056 310 39 45

Die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) ist eine Subkommission der Eidgenössischen Geologischen Fachkommission (EGK). Sie berät die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) in wichtigen erdwissenschaftlichen Fragen der nuklearen Entsorgung. Die Kommission umfasst acht Mitglieder, vornehmlich aus dem Hochschulbereich, welche die verschiedenen in der geologischen Tiefenlagerung relevanten erdwissenschaftlichen Fachdisziplinen abdecken. Die Berichte der KNE und der HSK können auf dem Internet unter [www.hsk.ch](http://www.hsk.ch) heruntergeladen werden.

### Mitglieder der KNE

| Name                           | Institution                                            | Fachgebiet                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Dr. P. Hufschmied (Vorsitz)    | Emch+Berger                                            | Untertagebau, Bautechnik, Hydromodellierung |
| Dr. H.P. Funk                  | ETH Zürich                                             | Geologie                                    |
| Dr. A. Johnson                 | EAWAG                                                  | Aquatische Chemie                           |
| Dr. R. Kipfer                  | EAWAG                                                  | Umweltphysik, Isotopenhydrogeologie         |
| Prof. S. Löw                   | ETH Zürich                                             | Ingenieurgeologie, Felsmechanik             |
| Prof. H.R. Pfeifer             | Uni Lausanne                                           | Geochemie, Umweltwissenschaften             |
| Prof A. Steck*                 | Uni Lausanne                                           | Petrographie, Strukturgeologie              |
| Prof. A. Wetzell               | Uni Basel                                              | Sedimentologie, Stratigraphie               |
| Prof. M. Burkhard**            | Uni Neuchâtel                                          | Strukturgeologie, Tektonik                  |
| Sekretariat:                   |                                                        |                                             |
| Dr. E. Frank , Dr. P. Bitterli | Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, HSK |                                             |

\* Vorsitzender und Mitglied der KNE bis Ende 2003  
 \*\* Neues Mitglied der KNE ab Sommer 2004

# Metadatenbank Isotopenbeobachtung im Wasser der Schweiz

MARC SCHÜRCH

Für hydrologische und hydrogeologische Studien werden in der Schweiz zunehmend die stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium, das radioaktive Isotop Tritium sowie die Umweltmarkierstoffe  $^3\text{H}/^3\text{He}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ , FCKWs und  $\text{SF}_6$  verwendet.

Sauerstoff-18, Deuterium und Tritium sind Bausteine des Wassermoleküls und bieten sich dadurch als natürliche Markierstoffe für Studien im Wasserkreislauf an. Das Signal von Sauerstoff-18 und Deuterium ist für eine gegebene Jahreszeit, für ein spezifisches Niederschlagsgebiet und für die von diesem Gebiet gespeisten Oberflächenwasser charakteristisch. Durch Infiltration des Niederschlags- und des Oberflächenwassers gelangt das Isotopensignal ins Grundwasser, wo mit dessen Hilfe die Mischungsanteile der Oberflächen- und Grundwasseranteile sowie die Grundwasserfliessrichtungen und -herkunft bestimmt werden können.

Für die Datierung junger Grundwässer werden heute Umweltmarkierstoffe wie  $^3\text{H}/^3\text{He}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ , FCKWs und  $\text{SF}_6$  eingesetzt. Bereits mit wenigen Messungen von Umweltmarkierstoffen können wichtige Erkenntnisse über die Grundwasserdynamik (z.B. Aufenthaltszeit) gewonnen werden. Mischungsanteile mehrerer Wasserkomponenten können durch die Kombination verschiedener Umweltmarkierstoffe quantifiziert werden.

Die Isotope und Umweltmarkierstoffe in Wasserproben wurden und werden an zahlreichen Orten der Schweiz von unterschiedlichen Institutionen gemessen. Dabei werden Isotopenbestimmungen im Niederschlag, in Fließgewässern, in Seen, in Gletschern, im Schnee und im Grundwasser vorgenommen. Um einen Überblick über diese wertvolle Datenbasis zu ermöglichen, führt die Sektion Hydrogeologie des Bundesamtes für Wasser und Geologie (demnächst das Bundesamt für Umwelt, BAFU) ein Inventar der Metadaten der verschiedenen Isotopenstudien (letzte Aktualisierung: 2005). Dieses Inventar umfasst für jede der rund 350 Studien jeweils Lokalität, Koordinaten, Höhe, Messperiode, Typ der Messstation, beobachtete Isotope, verantwortliche Institution und Literaturhinweise.

Das Inventar der Isotopenbeobachtung ermöglicht es «historische» Isotopendaten aufzufinden und diese mit den aktuellen Daten zu vergleichen. Isotopenvergleiche erlauben es, zeitliche Veränderungen (Trends) der Niederschlags-, Oberflächenwasser-, Grundwasser- sowie Oberflächenwasser-/Grundwassermischungs-Verhältnisse zu erkennen, was insbesondere in der Klimadiskussion wertvolle Aufschlüsse liefert.

Die punktuellen Informationen der Metadatenbank ergänzen die inzwischen 14-jährigen Isotopendatenserien des nationalen Beobachtungsnetzes

NISOT, die regionale und saisonale Trends in der Isotopensignatur aufzeigen. Im Rahmen von NISOT werden seit 1992 Sauerstoff-18, Deuterium und Tritium im Niederschlag, Oberflächenwasser und Grundwasser monatlich beobachtet. NISOT umfasst derzeit 13 Niederschlags-, 7 Oberflächenwasser- und 3 Grundwasserstationen. Die Niederschlagsstationen erfassen das Isotopen-Inputsignal der verschiedenen Klimaregionen (Jura, Mittelland, Alpen, Südalpen) und Höhenstufen der Schweiz. Die Stationen liegen in der Nähe von Stationen der MeteoSchweiz, wo weitere Parameter wie Temperatur und Dampfdruck bestimmt werden. Die Oberflächenwasserstationen erfassen

den Abfluss und Isotopensignaturen der grossen Flüsse des Landes und befinden sich meistens an den Hauptzuflüssen zu den grossen Seen. Weiterhin umfasst das Messnetz eine Quelle aus einem Molasse-Grundwasserleiter und zwei Förderbrunnen in Lockergesteins-Grundwasserleitern in Flusstalebenen.

Marc Schürch  
Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG)  
Landesgeologie (LG) – Sektion Hydrogeologie  
Hydrogeologie - Beobachtungsnetze,  
Koordinationsstelle für Markierversuche  
3003 Bern-Ittigen  
Tel. 031 323 03 21  
marc.schuerch@bwg.admin.ch  
<http://www.bwg.admin.ch/themen/geologie/d/iso-bank.htm>

AUS DEN MUSEEN / NOUVELLES DES MUSÉES

## Une nouvelle équipe dans le Muséum d'histoire naturelle de Genève

Le 1er janvier 2006, Danielle Decrouez, actuellement conservateur en chef des sciences de la Terre et conservateur du département de géologie et de paléontologie, prendra la direction du Muséum d'histoire naturelle de Genève suite au départ en retraite de Volker Mahnert.

A cette date, Lionel Cavin deviendra le conservateur du département de géologie et de paléontologie. Originaire de Bex (Vaud), il obtient tout d'abord un diplôme de biologie à l'université de Neuchâtel puis un diplôme d'études appliquées de paléontologie des vertébrés à l'université de Montpellier

(France) et enfin une thèse en 1997 à l'université de Paris: «Les actinoptérygiens du Turonien de Goulmina (Maroc) et l'évolution des ichthyofaunes actinoptérygiennes entre le Jurassique supérieur et le Paléocène». Après différentes expériences dans les domaines de l'archéologie, de la biologie mais surtout de la paléontologie en Suisse (Bâle, Berne, Neuchâtel, Porrentruy), en France (Espéraza), en Grande-Bretagne (Londres) et en Thaïlande, il effectue de 2003 à 2005 un post-doctorat au Natural History Museum de Londres grâce à une bourse de la «Marie Curie fellowship».

Son axe principal de recherche est l'étude des facteurs abiotiques qui agissent sur les caractères biologiques ainsi que les réponses de la biosphère aux changements globaux, en utilisant le registre fossile des poissons osseux comme étude de cas. Son second axe de recherche porte sur l'ostéologie et la phylogénie des actinoptérygiens et sarcoptérygiens du Mésozoïque.

Christian Meister, chargé de recherche depuis 1992, étudie les ammonites du Lias (paléontologie, biostratigraphie, paléogéographie et stratigraphie séquentielle) et les ammonites du Crétacé d'Afrique occidentale (Niger, Nigéria, Maroc, Tunisie, Gabon, Angola). Il est responsable du working group du Pliensbachien dans le cadre de l'International subcommission on Jurassic Stratigraphy (ISJS), de l'International commission on Stratigraphy (ICS) et de la Commission of the International Union of Geological Sciences (IUGS).

**Heures d'ouverture**

Ouvert tous les jours de 9 h 30 à 17 h 00, sauf le lundi. Entrée libre (sauf certaines expositions temporaires)

**Contact**

Muséum d'histoire naturelle  
Route de Malagnou 1, 1211 Genève 6  
tél. 022 418 63 00, fax 022 418 63 01  
info.mhn@mhn.ville-ge.ch  
<http://www.ville-ge.ch/musinfo/mhng/>

Il est également rédacteur en chef de la Revue de Paléobiologie, éditée au Muséum.

André Piuz, chargé de recherche, est entré au Muséum le 1er mai 2005. Originaire de Genève, il effectue ses études à l'Université de Genève. Après un diplôme d'ingénieur géologue (Etude multidisciplinaire du Jurassique supérieur dans la région de Nyons (SE de la France). Sédimentologie, micropaléontologie, palynologie, géochimie, stratigraphie séquentielle), il soutient une thèse en 2004: «Micropaléontologie d'une plate-forme bioclastique échinodermique: les calcaires à entroques du Bajocien du Jura méridional et de Bourgogne». Ses recherches au Muséum, dans le cadre d'une collaboration avec l'Institut Forel de l'Université de Genève, porteront sur les micro-organismes lacustres. Il est également responsable du département de microscopie électronique.

Pierre-Alain Proz, collaborateur scientifique depuis 1996, est responsable du laboratoire de cathodoluminescence. Il participe également aux activités didactiques et à la gestion des collections du département.

(source:

*Muséum d'histoire naturelle, Genève)*

## «Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate»

M. Spreafico & R. Weingartner, mit Beiträgen von verschiedenen Autoren. Berichte des Bundesamtes für Wasser und Geologie, BWG, Serie Wasser, Nr. 7, 2005.

Zur nachhaltigen, ökologisch optimalen und wirtschaftlich sinnvollen Nutzung der Ressource Wasser sind Kenntnisse über Qualität und Quantität der ober- und unterirdischen Wasservorkommen in Raum und Zeit unabdingbar. Darum ist gesellschaftlich und ökologisch gesehen eine systematische Langzeitbeobachtung der verschiedenen Elemente des Wasserkreislaufes notwendig.

M. Spreafico & R. Weingartner,  
avec des contributions de divers auteurs.  
Rapports de l'Office fédéral des eaux et de la géologie,  
OFEG, Série Eaux, No 7, 2005

On ne peut exploiter la ressource en eau de façon durable, optimale d'un point de vue écologique et raisonnable d'un point de vue économique, sans connaissances de la qualité ainsi que de la quantité des eaux superficielles et souterraines dans l'espace et le temps. C'est pourquoi l'observation systématique et à long terme des différents éléments du cycle de l'eau est d'une importance fondamentale du point de vue socio-économique.

MARC SCHÜRCH

Die vorliegende Publikation dokumentiert den Stand des Wissens in der Schweiz bezüglich der Oberflächengewässer und des Grundwassers anhand ausgewählter Aspekte und Resultate. Die verschiedenen Elemente des Wasserkreislaufes werden nacheinander in zehn Kapiteln erklärt, die jeweils die Datenerfassung, die Messmethoden und die Auswertung von Einzelereignissen beschreiben und durch zahlreiche Darstellungen illustrieren.

Dans cette nouvelle publication, divers thèmes et résultats ont été retenus pour documenter l'état des connaissances relatives aux eaux superficielles et souterraines en Suisse. L'ensemble des éléments du cycle de l'eau font l'objet des dix chapitres de cet ouvrage; les processus d'acquisition des données ou de mesure, les méthodes de mise en valeur des résultats, l'analyse d'aspects particuliers y sont exposés et illustrés par de nombreuses figures.

Das Grundwasser nimmt im Wasserkreislauf und somit in dieser Publikation eine wichtige Rolle ein; Grundwasser stellt insbesondere rund 30 % der weltweiten Süsswasserreserven dar und trägt zu mehr als 80 % zur Wasserversorgung der Schweiz bei. Das Grundwasser ist Bindeglied zwischen Hydrologie und Geologie, ist ein wertvoller Rohstoff und ein Lebensraum für eine Vielzahl nicht pathogener und somit schützenswerter Mikroorganismen. Das Grundwasser transportiert im Untergrund aber auch verschiedenste Substanzen, Schadstoffe eingeschlossen und kann Naturgefahren wie Rutschungen auslösen.

Die Publikation wendet sich an eine breite Öffentlichkeit: Verwaltungen, Schulen, Forschung, beratende Geologie- und Ingenieurbüros, Fachspezialisten und Personen, die am aktuellen Wissensstand der ober- und unterirdischen Gewässer interessiert sind. Diese Publikation liegt in deutscher und englischer Sprache vor.

#### **Vertrieb:**

BBL, Vertrieb Publikationen  
CH-3003 Bern.

Bestellnummer: 804.507 d (Deutsche Version), 804.507 e (Englische Version).

Marc Schürch  
Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG)  
Landesgeologie (LG) – Sektion Hydrogeologie  
Hydrogeologie - Beobachtungsnetze,  
Koordinationsstelle für Markierungsversuche  
3003 Bern-Ittigen  
Tel. 031 323 03 21  
marc.schuerch@bwg.admin.ch

Entre autres, une large place est réservée aux eaux souterraines, un des éléments majeurs du cycle de l'eau, puisqu'il représente environ 30 % des réserves d'eau douce du globe terrestre et qu'il couvre plus de 80 % de l'approvisionnement en eau de la Suisse. L'eau souterraine est notre matière première la plus précieuse, source d'eau potable et de chaleur, milieu d'accueil d'une multitude de microorganismes non pathogènes dignes de protection. Elle constitue aussi un vecteur pour le transport de substances y compris de polluants dans le sous-sol et un facteur déclenchant des dangers naturels, comme les mouvements de terrain.

Cette publication s'adresse à un large public: domaines de l'administration, de l'enseignement, de la recherche, des entreprises de conseil, spécialistes et personnes intéressées par l'état des connaissances relatives aux eaux superficielles et souterraines en Suisse. Cet ouvrage existe en deux versions, respectivement allemande et anglaise.

#### **Diffusion:**

BBL/OFCL, Vertrieb Publikationen  
CH-3003 Bern.

No de commande: 804.507 d (version allemande), 804.507 e (version anglaise).

## Synthesebericht Hitzesommer 2003

Synthesebericht basierend auf den  
Beiträgen zum «Forum Hitzesommer  
2003» vom 7. Juli 2005

Der Rekordsommer 2003 war gesamt-europäisch sehr wahrscheinlich der heisseste seit mindestens 500 Jahren. Die Temperaturen lagen in der Schweiz und in grossen Teilen Mitteleuropas 3 bis 5°C über dem langjährigen Mittelwert. Dazu kam eine ausserordentliche Trockenheit. Die Auswirkungen für die Schweiz waren gravierend. Klimamodelle zeigen, dass solche Sommer in Mitteleuropa schon in einigen Jahrzehnten deutlich häufiger oder sogar regelmässig auftreten könnten. Es ist wahrscheinlich, dass bereits gegen Ende dieses Jahrhunderts jeder zweite Sommer so heiss oder noch heisser ausfallen wird als der Sommer 2003.

Der vorliegende Synthesebericht gibt einen Überblick über die wichtigsten Auswirkungen auf die Schweiz. Er beruht auf den Vorträgen am «Forum Hitzesommer 2003» sowie auf Forschungsarbeiten zum Thema, welche bereits verfügbar sind. Dieser Bericht soll einen ersten Überblick über Schwerpunkte geben und das Interesse an weiterführenden Forschungsarbeiten wecken.

Dieser Synthesebericht kann unter  
<http://www.proclim.ch/products/heatwave03>  
herunter geladen werden.

## The Alps and our Planet

The African Matterhorn: a Geological  
Story, (english version of «Le Cervin est-il Africain?») by Michel Marthaler

Once upon a time, long, long ago, the Earth comprised one huge continent, Pangea, that was washed by a single vast ocean. The first dinosaurs walked in that distant morning, 250 million years ago; and it was then that the geological history of the Alps can be said to have begun. Theirs is an extraordinary story, long, rich and complex. Yet though complex, it is illuminated for us by another fascinating history, that of the still unfolding dynamic of the planet itself.

This book invites any reader curious about our planet to embark on an immense journey through time and space. The planet's saga is recorded in its own prodigious memory; inscribed in its very rocks and landscapes. The mountains of the world – which once were deserts, savannahs, tropical rain forests, sea shores or ocean depths – are the offspring of the vast, slow drifting of oceans and continents.

Editions LEP Loisirs et Pédagogie  
For more details, phone 021 651 25 70  
To order: [commande@editionslep.ch](mailto:commande@editionslep.ch) or  
[www.editionslep.ch](http://www.editionslep.ch)

## WEITERBILDUNG / FORMATION CONTINUE

### Zertifikatskurs

## Nachhaltige Entwicklung

**17. / 18. Januar 2006, Bern**

Möchten Sie einen Überblick über Nachhaltige Entwicklung erhalten und

- lokale, nationale und internationale Nachhaltigkeitsstrategien und -projekte näher kennen lernen;
- Chancen und Risiken von Projekten erkennen können;
- Ihre Projekte in nachhaltiger Entwicklung erfolgreich angehen?

Im Einzelmodul «Einführung in Nachhaltige Entwicklung» profitieren Sie vom Erfahrungswissen unserer Fachpersonen, die hautnah bei der Bildung von Strategien oder der Umsetzung von Projekten dabei waren.

Falls Sie sich später weiter qualifizieren möchten, ist ein Einstieg in den Zertifikatskurs (unter Anrechnung des besuchten Einzelmodules) jederzeit möglich.

Anmeldeschluss: 27. Dezember 2005

### Kontakt

Dr. Christine Reist Hofmann  
Interfakultäre Koordinationsstelle für  
Allgemeine Ökologie (IKAO), Universität Bern  
Schanzeneckstr. 1, Postfach 8573, 3001 Bern  
Tel. 031 631 39 71  
[christine.reist-hofmann@ikaoe.unibe.ch](mailto:christine.reist-hofmann@ikaoe.unibe.ch)  
<http://www.ikaoe.unibe.ch/weiterbildung/zkne>

### Fortbildungskurs

## Internet und Geoinformationssysteme

**6. – 10. März 2006, ETH Zürich, Hönggerberg**

Grundprinzipien der Kommunikation im Internet, Informationsvermittlung und Gestaltung eigener Internet-Seiten, Realisierung eines Prototyp-GIS, Einbindung des Prototyp-GIS im Internet, Entwicklung von Funktionen, Nutzung der Geoinformation durch Internet.

Zielpublikum: GIS Fachleute, die sich im Thema weiterbilden wollen.

Anmeldefrist: 23.01.2006

Kurskosten: SFr. 590.–

### Kontaktadresse

S. Sebestyen  
Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie,  
ETH Hönggerberg, HIL, 8093 Zürich  
Tel. 044 633 3157, Fax: 044 633 11 01  
[sebestyen@geod.baug.ethz.ch](mailto:sebestyen@geod.baug.ethz.ch)  
[http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk\\_home.html](http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk_home.html)

## Fortbildungskurs

# Von GIS-Daten zur interaktiven Webkarte

**6. – 10. März 2006, ETH Zürich,  
Hönggerberg**

Funktionen von GIS-Programmen für kartografische Zwecke, Dateiformate und Datenquellen, Aufbereitung von GIS-Daten mit Grafikprogrammen, Webformate für Karten, Grafische Gestaltung von Webkarten (Symbolisierung, Layout, Interaktion, Animation), Programme zur Erstellung von Webkarten.

Zielpublikum: Kartenauteuren/innen, die einfache Techniken für die Erstellung von Webkarten erlernen wollen; Anwender/innen von GIS-Software, die alternative Lösungen zu kommerziellen Web-Servern kennen lernen wollen. Die Teilnehmer/innen sollten Grundkenntnisse in HTML mitbringen.

Anmeldefrist: 23.01.2006

Kurskosten: SFr. 590.–

## Kontaktadresse

S. Sebestyen

Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie,  
ETH Hönggerberg, HIL, 8093 Zürich  
Tel. 044 633 3157, Fax: 044 633 11 01  
sebestyen@geod.baug.ethz.ch  
[http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/  
ndk\\_home.html](http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk_home.html)

## Zertifikatslehrgang

# Understanding Landslide Processes and Mechanisms

**Fundamentals, methods and applications to landslide risk mitigation**

**3. – 7. April 2006, ETH Zürich,  
Hönggerberg**

Global change and its impact on mass movements as well as the growing vulnerability of the modern societies have raised the public awareness of natural hazards during the last decades. Future generations of earth scientists and engineers will be increasingly involved in preventing damage and loss of life due to ground instabilities. During the last few years, several detailed studies of unstable rock slopes have been conducted by various institutions using new methods to better characterise the geological disposition, time dependant failure mechanisms.

This post graduate credit course aims to increase the understanding of landslide features, mechanisms, monitoring methods and simulation tools based on a combination of fundamental lectures, case study analyses and field studies.

## Contact

Dr. B. Oddsson

ZLG ETH in angew. Erdwissenschaften,  
ETH Zentrum, CAB, 8092 Zürich  
Tel. 044 632 37 36, Fax 044 632 11 12  
bjoern.oddsson@erdw.ethz.ch  
<http://www.ndk.ethz.ch/>

**Zertifikatslehrgang**

## **Geologie im Tunnelbau II Lockergesteinstunnel**

**Die erdwissenschaftlichen Aufgaben im Untertagbau zwischen Vorauserkundung und Schlussdokumentation**

**3. – 9. September 2006, ETH Zürich und  
CSF Monte Verità, Ascona**

Die Urbanisierung und das Verlangen der heutigen Gesellschaft nach Mobilität führen vermehrt zu Erstellung von Verkehrswegen in untiefem Lockergesteinsuntergrund unserer Städte. Der moderne Tunnelbau befindet sich zudem in einem starken Wandel, welcher durch zunehmende Mechanisierung und Geschwindigkeit getrieben wird. Neue Erkenntnisse erlauben es, die Vielfalt der Verhaltensweisen des geologischen Untergrundes besser verstehen und prognostizieren zu können. Die zahlreichen Tunnelprojekte die gegenwärtig realisiert werden bieten der Praxis und den Hochschulen eine ausgezeichnete Gelegenheit die bewährten geologischen Arbeitsmethoden und Techniken zu verfeinern und neue Grundlagen-Kenntnisse zum Untertagebau zu entwickeln.

### **Kontaktadresse**

Dr. B. Oddsson  
ZLG ETH in angew. Erdwissenschaften,  
ETH Zentrum, CAB, 8092 Zürich  
Tel. 044 632 37 36, Fax 044 632 11 12  
bjoern.oddsson@erdw.ethz.ch  
<http://www.ndk.ethz.ch/>

**Formation continue**

## **MANKARST**

**Hydrogeology and Management of  
Karst Groundwater Resources**

**18 – 20 septembre 2006, Univ. Neuchâtel**

The course aims at providing a fundamental understanding of karst hydrogeological systems and the sustainable management of their valuable groundwater resources. This includes a presentation of specially adapted investigation techniques, focussing on the assessment of groundwater quality and contamination problems, as well as a sound discussion of innovative approaches to groundwater vulnerability mapping.

The course is designed for hydrogeologists, engineers, land use planners, etc., dealing with karst groundwater, as well as for university students preparing their master or PhD thesis in the field of karst hydrogeology. We hope to welcome participants from the fields of research, consulting and administration in order to stimulate an exchange of ideas.

**Registration before 1 August 2006**

### **Contact**

Dr. Nico Goldscheider &  
Prof. François Zwahlen  
Centre for Hydrogeology (CHYN)  
University of Neuchâtel  
[nico.goldscheider@unine.ch](mailto:nico.goldscheider@unine.ch)

<http://www2.unine.ch/foco/page11222.html>

## Phil.Alp

**Die Alpen aus der Sicht junger  
Forschender**

**23. / 24. März 2006, Glarus**

Die ICAS organisiert zum fünften Mal die Tagung «Phil.Alp: Die Alpen aus der Sicht junger Forschender». Das Ziel der Tagung ist es, jungen Forschenden die Möglichkeit zu geben, die Ergebnisse ihrer kürzlich abgeschlossenen Dissertation, Lizentiats-, Master- oder Diplomarbeit oder Fachhochschul-Diplomarbeit über ein alpenspezifisches Thema einem interdisziplinären Publikum vorzustellen. Wir wenden uns dazu an die in der Alpenforschung tätigen Institute und Organisationen und an alle Dozierenden, welche Dissertationen oder Diplomarbeiten zu Alpenthemen betreuen. Wir laden Sie ein, uns Nachwuchsforschende für eine Präsentation anlässlich der Tagung Phil.Alp 2006 vorzuschlagen. Da die Tagung in Glarus stattfindet, möchten wir besonders jene Forschenden zur Einreichung ihrer Kandidatur animieren, welche sich mit Fragen der Glarner oder Ostschweizer Alpen beschäftigen.

### Kontakt

ICAS – Interakademische Kommission  
Alpenforschung  
Schwarztorstrasse 9, 3007 Bern  
icas@scnat.ch  
Tel. 031 318 70 18 Fax 031 312 16 78  
<http://www.alpinestudies.ch> → PhilAlp 2006

## Stofftransport in Böden und Gewässern

**Gemeinsame Jahrestagung der BGS und  
der SGHL 2006**

**30./31. März 2006, Univ. Zürich Irchel**

Die Anreicherung und Verlagerung von lebensnotwendigen, aber auch schädlichen Stoffen im Boden und in Gewässern gehört zu den zentralen Umweltthemen unserer Gesellschaft. Treibende Kraft für Stofftransport im terrestrischen Ökosystem ist das Wasser, welches entweder auf verworrenen Wegen durch den Boden sickert oder oberflächlich durch Bäche, Flüsse und Seen strömt.

Mit dieser Tagung möchten die beiden Fachgesellschaften BGS und SGHL aktuelle Fragestellungen und Lösungsansätze zum Stofftransport zusammenbringen. Stofftransport ist ein Prozess, der die enge thematische Verbindung der beiden Fachgesellschaften bestens aufzeigt. In diesem Sinn ist es das Ziel dieser Veranstaltung, eine umfassende und kritische Standortbestimmung zu den neusten Erkenntnissen auf diesem Gebiet zu machen.

Anmeldeschluss für Beiträge: 13.1.2006

### Tagungssekretariat

Nicole Näf  
BABU GmbH  
Rautistrasse 13, 8047 Zürich  
Tel. 043 311 10 47, Fax 043 311 10 41  
bgs.gs@soil.ch  
<http://www.soil.ch/BGS/index.html>

## 7th Swiss Global Change Day

### Tagung

## Swiss Tunnel Congress 2006

### 20. April 2006, Bern

The Swiss Global Change Day is an event where the whole global change community can meet and discuss ongoing problems in a transdisciplinary manner.

The aim is to present recent highlights in global environmental change research as well as to point out challenges for future research.

Besides there is the opportunity for people from governmental institutions, economy and politics to ask questions and explain their needs and views on the presented topics. Discussions with "provocators" will provide the corresponding frame.

#### Contact

ProClim-  
Schwarztörstrasse 9, 3007 Bern  
proclim@scnat.ch.  
<http://www.proclim.ch/Events/7CHGCDay/7thSGCD.html>

### 22. – 23. Juni 2006, KKL Luzern

Die aktuellen Tunnelbauten im Zusammenhang mit der AlpTransit Schweiz sowie diverse weitere Tunnelprojekte aus Europa werden am 22.06.06 detailliert vorgestellt:

- Lötschberg-Basistunnel
- Gotthard-Basistunnel
- Ceneri-Basistunnel
- Autobahntunnel Islisberg
- Katzenbergtunnel (DB)
- Wienerwaldtunnel (HLAG)
- Lyon-Turin
- Madrid

Am 23.06.06 sind Exkursionen zu diversen Tunnelbaustellen geplant:

- Lötschberg-Basistunnel (Mitholz und Frutigen)
- Gotthard-Basistunnel (Abschnitt Nord und Abschnitt Süd)
- Autobahntunnel Islisberg (Zürich, TBM-Vortrieb)
- Katzenbergtunnel (Basel / Feiburg i.Brg. TBM-Vortrieb)
- Firma Herrenknecht, Schwanau: Werkbesichtigung

#### Kontakt

Thomi Bräm  
PR-Beratung + Verlag  
Felsenstrasse 11, 5400 Baden  
Tel. 056 200 23 33  
[fgu@thomibraem.ch](mailto:fgu@thomibraem.ch)  
[www.swisstunnel.ch](http://www.swisstunnel.ch)

## Conference

# Snowball Earth

16. – 21. Juli 2006, Ascona

The Snowball Earth hypothesis is one of the most intriguing and controversial research topics in the geological sciences. It tests our understanding of Earth surface processes, ocean-cryosphere-atmosphere interactions and ultimately climatic stability. Given these implications, the accurate identification and characterisation of Neoproterozoic glacial epochs is essential, not only for geological reconstruction, but also in establishing the boundary conditions for climate change on Earth.

### Themes:

- Glacial Sedimentology
- Isotope Geochemistry and Chemostratigraphy
- Geochronology; Techniques and Application
- Geodynamics and Tectonics
- Palaeomagnetism and -geography
- Palaeoceanography and Ocean-Atmosphere-Cryosphere Interaction
- Numerical Climate Modeling
- Paleontology and Molecular Biogeochemistry

### Contact

Dr. James L. Etienne  
Geological Institute, Department of  
Earth Sciences, HAD F6.1, ETH Zentrum,  
Haldenbachstrasse 44, 8092 Zürich  
[james.etienne@erdw.ethz.ch](mailto:james.etienne@erdw.ethz.ch)  
<http://www.erdw.ethz.ch> → Newsbox

# 8e Colloque d'Hydrogéologie en Pays Calcaire

21 – 23 septembre 2006, CHYN Neuchâtel

Ce colloque transfrontalier, organisé tous les 5 ans depuis 1971, alternativement par les Universités de Franche-Comté (Besançon) et de Neuchâtel (Suisse) a pour objectif de rassembler des scientifiques et professionnels qui partagent en commun l  tude de l'hydrogéologie des systèmes karstiques.

### Thèmes

1. Ecoulements et transport en zone saturée et non saturée.
2. Investigations et techniques modernes de mesures.
3. Contaminations et microbiologie des aquifères karstiques.
4. Ressources en eau et changements climatiques.

### Secrétariat du Colloque

8e Colloque d'Hydrogéologie en Pays Calcaire  
Centre d'Hydrogéologie  
Université de Neuchâtel (CHYN)  
Rue Emile-Argand 11, 2007 Neuchâtel  
tél. 032 718 26 02, fax 032 718 26 03  
[conference2006@hydrokarst.org](mailto:conference2006@hydrokarst.org)  
<http://www.hydrokarst.org/>

# Kalender **Calendrier 2006**

- 17. – 18.01.06** **Zertifikatskurs** «Nachhaltige Entwicklung», Bern,  
<http://www.ikaoe.unibe.ch/weiterbildung/zkne>
- 6. – 10.03.06** **Fortbildungskurs** «Internet und Geoinformationssysteme»,  
ETH Zürich, Hönggerberg,  
[http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk\\_home.html](http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk_home.html)
- 6. – 10.03.06** **Fortbildungskurs** «Von GIS-Daten zur interaktiven Webkarte»,  
ETH Zürich, Hönggerberg,  
[http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk\\_home.html](http://www.photogrammetry.ethz.ch/ndk/ndk_home.html)
- 23. / 24.03.06** **Phil.Alp** «Die Alpen aus der Sicht junger Forscher», Glarus,  
<http://www.alpinestudies.ch> → PhilAlp 2006
- 30. / 31.03.06** **Gemeinsame Jahrestagung der BGS und der SGHL 2006**  
«Stofftransport in Böden und Gewässern», Univ. Zürich Irchel,  
<http://www.soil.ch/BGS/index.html>
- 3. – 7.04.06** **Zertifikatslehrgang** «Understanding Landslide Processes and  
Mechanisms», ETH Zürich, Hönggerberg, <http://www.ndk.ethz.ch/>
- 20.04.06** **7th Swiss Global Change Day**, Bern,  
<http://www.proclim.ch/Events/7CHGCDay/7thSGCD.html>
- 22. – 23.06.06** **Swiss Tunnel Congress 2006**, KKL Luzern, <http://www.swisstunnel.ch>
- 16. – 21.07.06** **Conference «Snowball Earth»**, Ascona,  
<http://www.erdw.ethz.ch> → Newsbox
- 3. – 9.09.06** **Zertifikatslehrgang** «Geologie im Tunnelbau II –  
Lockergesteinstunnel», ETH Zürich und CSF Monte Verità,  
Ascona, <http://www.ndk.ethz.ch/>
- 18. – 20.09.06** **Formation continue** «MANKARST», Univ. Neuchâtel,  
<http://www2.unine.ch/foco/page11222.html>
- 21.–23.09.06** **8e Colloque d'Hydrogéologie** en Pays Calcaire, Neuchâtel,  
[www.hydrokarst.org](http://www.hydrokarst.org)