



# GeoPanorama



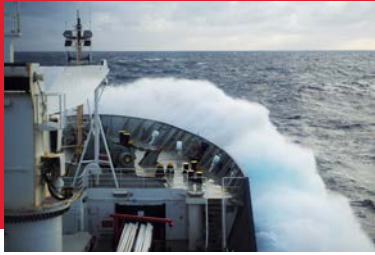
2/2016

**Quellensterben in der Schweiz: Einem einzigartigen Ökosystem geht das Wasser aus**

Seite 5

**L'analyse de la qualité de l'eau depuis les airs : quand les scientifiques sont aussi des pilotes**

Page 18



22

Eine Expedition  
zum Südozean



10

Drei Seen und die  
Geschichte der  
Landwirtschaft



39

Une plongée dans  
les abysses

## FOKUS | FOCUS

- 5 «Man hat die Quellen einfach vergessen»
- 10 Auf Spurensuche der frühen Bauern | Sur les traces des premiers agriculteurs
- 18 Le projet Léman-Baïkal: Analyser la qualité de l'eau par les airs
- 22 Südozean, ahoi! Eine Reise in die tiefe Vergangenheit
- 26 swisstopo
- 28 Le métier au quotidien

## MITTEILUNGEN | COMMUNICATIONS

- 31 Veranstaltungen | Manifestations
- 35 Neuerscheinungen | Nouvelles parutions
- 39 Ausstellungen | Expositions

### TITELBILDER | IMAGES DE COUVERTURE

Gross: Quellbach in Engelberg. (Bild: Verena Lubini)

Klein: Ultra-Leitchflugzeug bei einer Messung über dem Genfersee. (Bild: Natacha Tofield Pasche)

Grande photo: Ruisseau de source à Engelberg. (Photo: Verena Lubini)

Petite photo: Mesures en ULM au-dessus du Léman. (Photo: Natacha Tofield Pasche)

## Liebe Leserinnen, liebe Leser

Wasser ist Leben. Und wo das Wasser entspringt, da ist das Leben besonders artenreich. Quellen sind regelrechte Hotspots der Biodiversität. Doch in der Schweiz gibt es immer weniger natürliche Quellen, im Mittelland sind mehr als 90 Prozent von ihnen verdolt. Warum die Quellen verschwinden und welche Auswirkungen dies hat, erzählt uns die Gewässerökologin Verena Lubini im Interview (S. 5).

Wasser ist auch Geschichte. Seen zum Beispiel sind Zeugen vom Ackerbau der Römer und der Weidewirtschaft der Wikinger geworden. Forscher der Eawag sind nun dabei, die historische Entwicklung der Landwirtschaft anhand von Seesedimenten zu rekonstruieren (S. 10). Die Paläozeanografen der Universität Bern untersuchen dagegen in den Tiefen des Südozeans die Geschichte des vergangenen Klimas (S. 22). Mit allen Wassern gewaschen sind auch die Forscher der Universität Lausanne, die sich an Bord von Ultra-Leichtflugzeugen daran gemacht haben, die Wasserqualität des Genfersees und des Baikalsees zu bestimmen (S. 19).

Dann mal alle Mann an Bord und weiterlesen. Auf dass dieser Sommer nicht ins Wasser fällt.

Isabel Plana

## Chères lectrices, chers lecteurs,

L'eau c'est la vie. Et là où l'eau jaillit, le milieu est riche en espèces vivantes. Les sources sont en effet des «hot spots» de la biodiversité. Pourtant en Suisse il y a toujours moins de sources, par exemple dans le Moyen Pays plus de 90 pour cent d'entre elles ont été captées. L'écologue Verena Lubini nous explique pourquoi les sources disparaissent et quelles en sont les conséquences (p. 5).

L'eau est aussi une source pour l'histoire. Par exemple, les lacs détiennent des archives sur l'agriculture durant l'époque romaine et sur le pastoralisme chez les Vikings. Ainsi les chercheurs de l'Eawag reconstruisent l'histoire du développement de l'agriculture grâce aux sédiments lacustres (p. 10). Les paléocéanographes de l'université de Berne étudient l'évolution du climat au cours du temps dans les profondeurs de l'océan austral (p. 22). Quant aux scientifiques de l'université de Lausanne, c'est à bord d'un engin ultraléger motorisé (ULM) qu'ils analysent la qualité des eaux du Léman et du lac Baïkal (p. 19).

Maintenant, tous à bord pour poursuivre la lecture de ce numéro de Geopanorama. Et que votre été ne tombe pas à l'eau!

Isabel Plana

## «Man hat die Quellen einfach vergessen»

**In der Schweiz gibt es nur noch wenige unberührte Quellen. Seit dem 19. Jahrhundert ist ihre Zahl vor allem im Mittelland aufgrund des steigenden Wasserbedarfs für Landwirtschaft und Industrie massiv zurückgegangen. Die Gewässerökologin Verena Lubini verfolgt diese Entwicklung mit Sorge. Über Ursachen und Auswirkungen des Quellensterbens.**

INTERVIEW: ISABEL PLANA

**Wenn ich mir eine Quelle vorstelle, denke ich an ein Loch im Boden oder im Fels, aus dem Wasser sprudelt...**

Die Quelle hört nicht da auf, wo das Grundwasser austritt. Als Quelle bezeichnet man in der Ökologie den gesamten Bereich, in dem das Grundwasser ins Oberflächenwasser übergeht. Solange die Wassertemperatur jener des Grundwassers entspricht, befindet man sich im Quellbereich. Bei einer Sturzquelle, also einer Quelle, die einen Bach speist, sprechen wir etwa von den ersten zehn Metern des Baches.

**Und was macht diesen Bereich ökologisch wertvoll?**

Natürliche Quellen zeichnen sich durch eine grosse Strukturvielfalt aus. Die Strömungsunterschiede bringen stehende oder schnell fliessende Zonen mit unterschiedlichen Substraten hervor. Chemismus und Sauerstoffgehalt des Wassers verändern sich mit zunehmender Entfernung vom Ausritt. So bildet sich ein engmaschiges Mosaik verschiedener Lebensräume. Deshalb sind natürliche Quellen Hotspots der Biodiversität. Viele Quellbewohner gehören mittlerweile zu den bedrohten Arten in der Schweiz, einige befinden sich auf der Roten Liste. Zum Beispiel die Steinfliege *Isoperla lugens*, die Quellen und Quellbäche in den Bündner Alpen besiedelt. Oder die Köcherfliege *Drusus muelleri*, ebenfalls eine Al-

pen-Quellbewohnerin. Beide Arten sind als national prioritäre Arten eingestuft, was die Schweiz zu deren Förderung und Erhaltung verpflichtet.

**Sie sprechen hier von natürlichen Quellen. Wann ist eine Quelle nicht mehr natürlich?**

Wenn das austretende Grundwasser gefasst oder genutzt wird. Früher hat man dazu Brunnen gebaut, heute sind es neben den Wasserfassungen Beschneigungsanlagen und Kleinwasserkraftwerke. Auch durch Drainagen werden Quellen zerstört. Oder wenn sie, wie die Quelle im thurgauischen Kundelfingen, für eine Fischzucht genutzt werden.

**Sie haben eben Kleinwasserkraftwerke erwähnt. Haben auch Stauseen negative Auswirkungen auf die Quellen?**

Das ist schwierig zu sagen. Ausschliessen würde ich eine Beeinträchtigung von Quellen durch die Wasserkraft nicht. Mir fällt dazu das Beispiel der Felix und Regula Quelle in Glarus ein. Bei meinem letzten Besuch, kurz nachdem etwas weiter südlich das Linth-Limmernkraftwerk in Betrieb ging, habe ich die Quelle trocken vorgefunden. Ob da ein direkter Zusammenhang besteht, weiss ich nicht. Aber ich könnte mir vorstellen, dass solche Grossprojekte Veränderungen in den Grundwasserleitern hervorrufen, die sich dann andernorts bemerkbar machen.

Rechts: Natürliche Quellen wie diese im Dischmatal sind Hotspots der Biodiversität, weil sie ein Mosaik verschiedener Lebensräume ausbilden. (Bild: Verena Lubini).

### In welchen Gebieten sind natürliche Quellen am stärksten gefährdet?

Im Mittelland findet man eigentlich nur noch in Waldgebieten kleine, unberührte Quellen. Die grossen Quellen mit starker Schüttung sind im Mittelland praktisch alle gefasst oder werden anderweitig genutzt. Im Jura und in den Bergen gibt es noch grosse, natürliche Quellen, aber auch sie stehen zunehmend unter Druck.

### Welches sind die Folgen, wenn natürliche Quellen verschwinden?

In erster Linie geht mit jeder Quelle ein vielfältiger Lebensraum verloren, die Biodiversität nimmt ab, die ökologische Vernetzung wird schwächer. Wenn Quellen gefasst werden, versiegen aber auch die Bäche und Tümpel, die sie speisen, und Rieselflächen verschwinden. Die Landschaft in den Einzugsgebieten wird trockener. Das Mikroklima verändert sich, weil der kühlende Effekt, den Feuchtgebiete haben, verloren geht.

### Die Zerstörung natürlicher Quellen ist kein neues Phänomen. Warum ist das bisher kein grosses Thema in der Umweltpolitik gewesen?

Man hat die Quellen einfach vergessen. Der Mensch nutzt Quellen seit jeher und betrachtet sie bis heute hauptsächlich als Ressource, nicht als schützenswertes Biotop. Das zeigt sich alleine schon daran, dass Quellen im Gegensatz zu Mooren nicht explizit im Natur- und Heimatschutzgesetz erwähnt sind. Die einzigen rechtlichen Möglichkeiten, eine Quelle unter Schutz zu stellen, sind das Vorhandensein von Rote-Liste-Arten, indirekt über die Uferbereiche, die laut Natur- und Heimat-

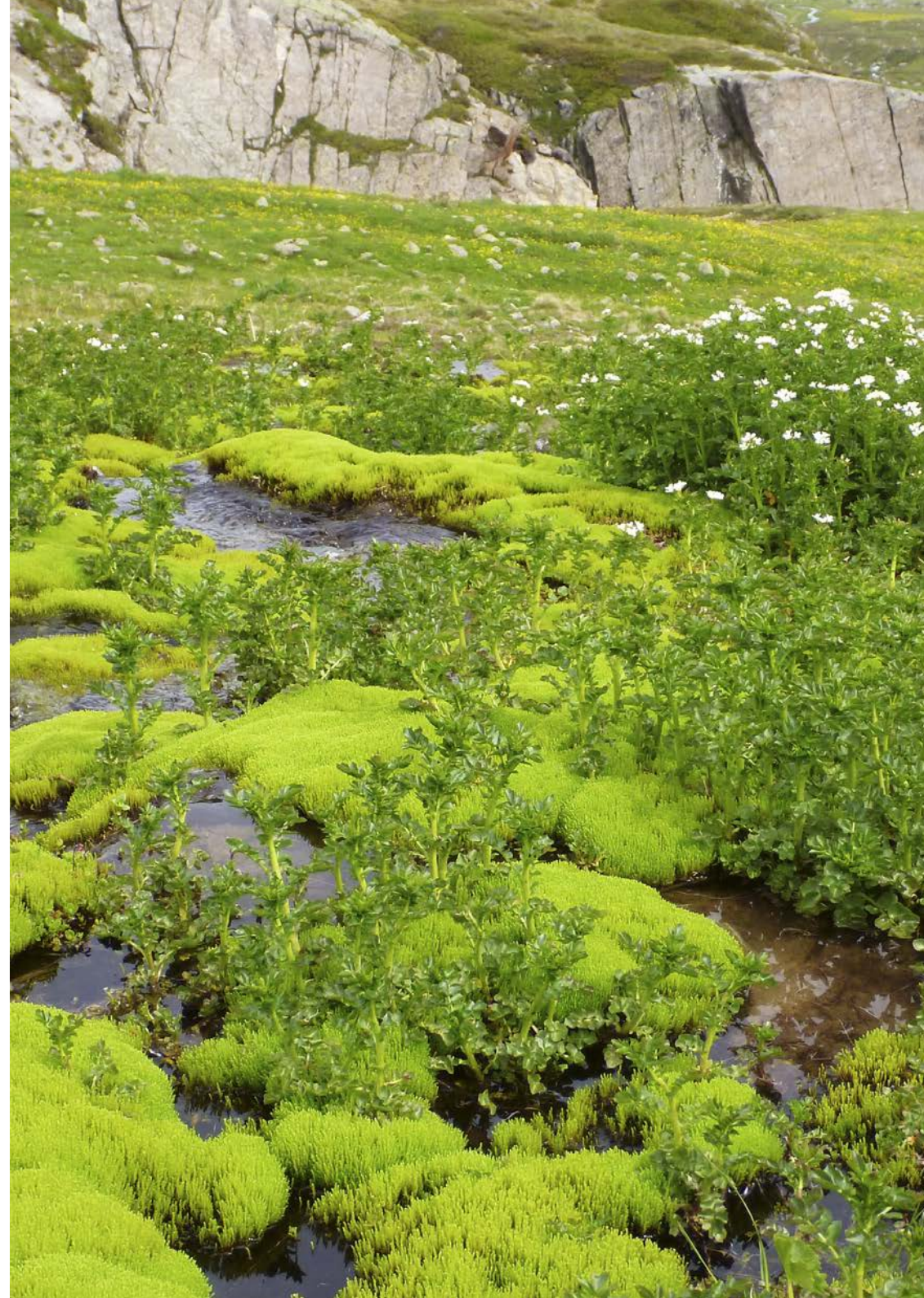
schutzgesetz geschützt sind, oder wenn es sich um eine Quelle handelt, die Teil eines geschützten Mooregebietes ist. Erschwerend kommt hinzu, dass die Kantone, die über den Schutz ihrer Quellen bestimmen, gar nicht alle ihre Quellen kennen. In den Kantonen sind praktisch nur die bereits gefassten und genutzten Standorte eingezeichnet. Zudem sind viele Quellen in privater Hand.

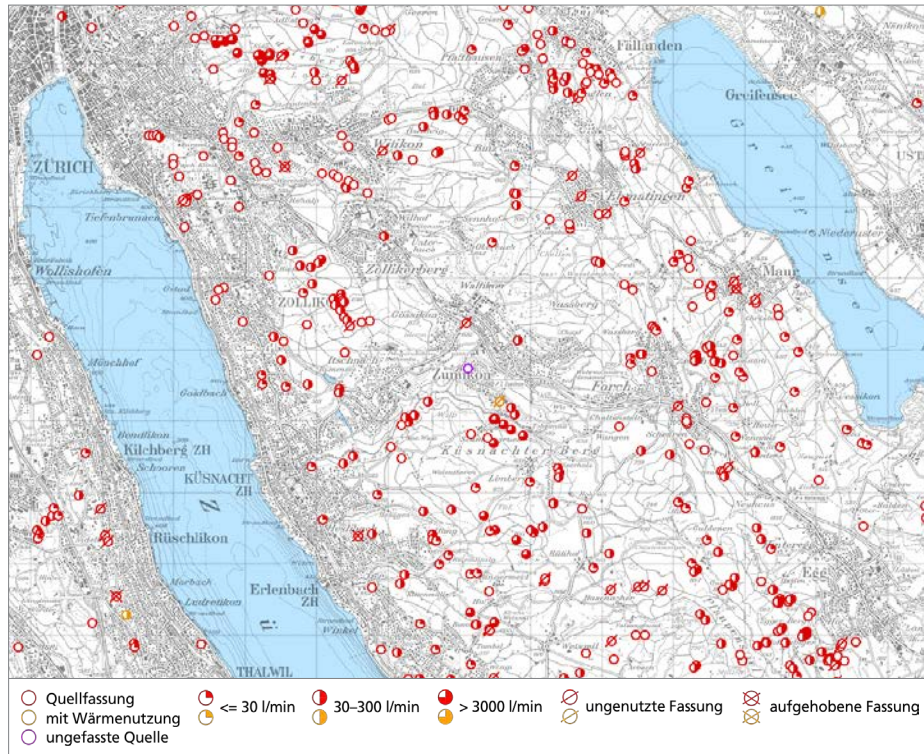
### Es fehlt also an Wissen und Aufklärung.

Das ist so. Aber langsam tut sich etwas. Das BAFU hat vor kurzem beschlossen, eine Kampagne in den Kantonen zu lancieren, an der ich mitarbeiten werde. Ziel ist es, die kantonalen Entscheidungsträger besser über Quellen zu informieren und für deren ökologische Bedeutung zu sensibilisieren. Längerfristig strebt der Bund eine Inventarisierung von Quellen an. Im Kanton Bern ist man bereits mit gutem Beispiel vorangegangen: Vor ein paar Jahren hat man mithilfe von alten Katastern Quellen ausfindig gemacht und aufgesucht. Mit der ernüchternden Erkenntnis, dass praktisch alle Quellen von damals mittlerweile gefasst oder zerstört sind.

### Lassen sich Quellen nicht revitalisieren?

Doch, es gibt Revitalisierungsprojekte. Das grösste Potenzial besteht bei Quellfassungen, die nicht mehr genutzt werden. Hier kann man die alte Brunnenstube zurückbauen, die Betonrohre entfernen. Das BAFU subventioniert solche Quellrevitalisierungen. Das Problem ist aber einmal mehr, dass die meisten Kantone gar nicht wissen, wo überall Quellen sind, die zu revitalisieren sich lohnen würde. Oder dass die Quellen auf Privatgrundstücken liegen und der Kan-





Die bekannten Quellstandorte zwischen dem Zürichsee und dem Greifensee, Stand Juni 2015. Die einzige bekannte Quelle, die in diesem Gebiet noch ungefasst ist, liegt in Zumikon (lila Kreissymbol). (Karte: GIS-Browser Kanton Zürich).

ton deshalb keinen Zugriff hat. Die meisten Gewässerrevitalisierungen wurden bisher übrigens im Rahmen vom Hochwasserschutz vollzogen – und nicht aus ökologischer Überzeugung.

**Bringt eine Revitalisierung den ökologisch gewünschten Effekt?**

Die Lebensbedingungen für die natürliche Quellflora und -fauna lassen sich sicherlich optimieren, wenn man die Verbauungen entfernt. Aber eine verschwundene Art kehrt nur selten zurück. Das hat man

schon bei revitalisierten Bächen feststellen müssen: Selbst viele Jahre nach der Revitalisierung war die Biodiversität noch immer klein im Vergleich zu jener in unberührten Bachabschnitten.

**Dann könnte man sich das Ganze ja eigentlich sparen, oder?**

Nein, aber man muss jeden Fall für sich anschauen. Es gibt Quellen, da lohnt sich eine Revitalisierung. Zum Beispiel wenn in dem Gebiet die ökologische Vernetzung noch soweit besteht, dass sich Quellbewohner

verbreiten und in die revitalisierte Quelle einwandern können. Liegt eine Quelle hingegen in der Landwirtschaftszone, wo das Wasser mit Dünger und Pestiziden belastet ist, bringt eine Renaturierung wenig. Denn die Wasserqualität ist genauso entscheidend wie die Unversehrtheit des Quellbereichs.

**Wäre eine sanfte Nutzung von Quellen möglich?**

Ja, wenn man das Wasser nicht direkt am Quellmund, sondern erst nach den kritischen zehn Metern fassen würde, bliebe der Quelllebensraum erhalten. Ein solches Beispiel habe ich in Santa Maria im Münstertal gesehen. Das ist aus ökologischer Sicht die ideale Lösung, aber technisch wahrscheinlich etwas aufwendiger.

**Wovon geht in Zukunft die grösste Gefahr für noch natürliche oder revitalisierte Quellen aus?**

Der Eintrag von Pestiziden, Dünger und auch von Antibiotika aus der Landwirtschaft ist sicherlich eines der Hauptprobleme im Hinblick auf die Wasserqualität. Im Berggebiet kommt ein steigender Wasserbedarf hinzu, zum einen durch den Ausbau der Maiensässe für die touristische Nutzung im Sommer, zum anderen durch die zunehmende künstliche Beschneidung der Pisten im Winter. Nicht zuletzt setzt auch der Klimawandel den Quellen zu. Gerade kleinere Quellen trocknen mehr und mehr aus. Die ökologische Vernetzung wird dadurch in Zukunft noch mehr abnehmen – und mit ihr auch die Chance auf erfolgreiche Quell-Revitalisierungen.



**Zur Person**

Verena Lubini ist eine auf Gewässer und ihre Lebensgemeinschaften spezialisierte Biologin mit eigenem Büro in Zürich. Sie berät Behörden und Private im Zusammenhang mit der Umweltschutzgesetzgebung bei Eingriffen in Gewässer. Zudem war sie an verschiedenen nationalen Projekten wie den Roten Listen, dem Biodiversitätsmonitoring, dem Quell-Klimaprojekt oder der Entwicklung von Bewertungsmethoden für Quellen beteiligt.

*lubini@sunrise.ch*

## Auf Spurensuche der frühen Bauern

Seen speichern nicht nur Wasser, sondern auch erodiertes Bodenmaterial, das über Jahrtausende hinweg von Flüssen und Bächen in sie hineingespült worden ist. Diesen Umstand macht sich die Gruppe Sedimentologie der Eawag zunutze, um die landwirtschaftliche Entwicklung und ihre Folgen für die Böden zu rekonstruieren.

MISCHA HAAS, NATHALIE DUBOIS

Seit der Entstehung erster landwirtschaftlicher Gemeinschaften und Siedlungen im frühen Holozän haben die Menschen die Landschaft zu ihrem Nutzen verändert. Über die Jahrtausende rodeten sie immer mehr Wälder, um den wachsenden Bedarf an Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen zu decken. Der Gesamtverlust von natürlichen Wäldern wird momentan auf 35 Prozent der ursprünglichen, globalen Waldfläche geschätzt.

Ohne den Schutz einer stabilisierenden Vegetationsdecke sind die Böden starker Erosion ausgesetzt. Die damit verbundene Auswaschung von Nährstoffen hat weitreichende Folgen: Die Pedosphäre, das grösste terrestrische Reservoir für Kohlenstoff auf der Erde, wandelt sich je länger je mehr von einer Senke zu einer Quelle für Treibhausgase wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas. Heutzutage wird die CO<sub>2</sub>-Emission aus landwirtschaftlich degradierten Böden auf ungefähr 1,6 Gigatonnen pro Jahr geschätzt.

Obwohl die landwirtschaftlich bedingte Bodenerosion und ihr Einfluss auf den globalen Kohlenstoffkreislauf gut erforscht sind, bleiben bezüglich ihrer Entwicklung im historischen Kontext viele Fragen offen.

## Sur les traces des premiers agriculteurs

Les lacs ne contiennent pas seulement de l'eau, mais aussi des éléments provenant de l'érosion des sols et charriés depuis des millénaires par les rivières et les ruisseaux. Les chercheurs du groupe de sédimentologie de l'Eawag s'appuient sur ce processus pour reconstruire le développement de l'agriculture et son impact sur le sol.

Depuis l'apparition des premières communautés agricoles et des premiers hameaux au début de l'Holocène, les hommes ont modifié le paysage à leur profit. Au fil des millénaires, ils ont défriché de plus en plus de forêts pour répondre à la demande croissante en zones résidentielles et agricoles. La perte totale des forêts naturelles est actuellement estimée à 35 pour cent de la superficie forestière mondiale d'origine.

Sans la protection de la couverture végétale stabilisatrice, les sols sont fortement exposés à l'érosion. La perte des nutriments qui y est associée a des conséquences considérables : la pédosphère, le plus grand réservoir terrestre de carbone, est en train de passer du statut de puits à celui de source de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux. De nos jours, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des sols agraires dégradés sont estimées à environ 1,6 gigatonne par an.

Bien que l'érosion des sols causée par l'agriculture et son influence sur le cycle global du carbone soient bien documentées, de nombreuses questions demeurent quant à son développement dans le contexte historique. Comment le stockage du carbone or-



Feldarbeit zum ersten: Forscher bergen einen Sedimentkern aus dem Zürichsee (Obersee). (Bild: Nathalie Dubois) | Les scientifiques prélèvent une carotte de sédiment dans le lac de Zurich.

Wie verhielt sich die Speicherung von organischem Kohlenstoff in Böden vor dem Eingriff der Menschen? Wie gross war der Einfluss der frühen, vorindustriellen Landwirtschaft auf die Kohlenstoffdynamik der Böden? Was sind die Effekte von Landaufgabe oder einem Wechsel zu bodenschonenden Landwirtschaftspraktiken?

### Drei Seen, drei Geschichten

Die Forschungsgruppe Sedimentologie an der Eawag befasst sich intensiv mit diesen Fragen. Das kürzlich gestartete SNF-Projekt PALEOFARM versucht die anthropogene Bodenerosion und ihren Einfluss auf den Kohlenstoffkreislauf mithilfe von Seesedimenten zurückzuverfolgen. Seesedimente bilden hervorragende terrestrische Archive,

organisch in den Böden vor dem Eingriff der Menschen? Welche Rolle spielte die Landwirtschaft vorindustrieller Zeiten bei der Speicherung von Kohlenstoff in den Böden? Welche Rolle spielte die Landwirtschaft vorindustrieller Zeiten bei der Speicherung von Kohlenstoff in den Böden? Welche Rolle spielte die Landwirtschaft vorindustrieller Zeiten bei der Speicherung von Kohlenstoff in den Böden? Welche Rolle spielte die Landwirtschaft vorindustrieller Zeiten bei der Speicherung von Kohlenstoff in den Böden?

### Trois lacs, trois histoires

Le groupe de recherche de sédimentologie de l'Eawag se consacre intensément à ces questions. Le projet SNF PALEOFARM lancé récemment recherche les traces de l'érosion des sols d'origine anthropique et son impact sur le cycle du carbone en utilisant les sédiments lacustres. Ces derniers forment d'excellentes archives terrestres, car ils reflètent les conditions environnementales passées



Feldarbeit zum zweiten: Auf dem zugefrorenen Onego-See in Russland konnten die Forscher mit Dreibein, Gravity-Corer und viel Einsatz zahlreiche Sedimentkerne ziehen. (Bild: Mischa Haas) | Avec un trépied, un carottier gravitaire et beaucoup d'efficacité, les chercheurs arrivent à prélever de nombreuses carottes de sédiment dans le lac gelé d'Onego en Russie.

weil sie die vergangenen Umweltbedingungen des gesamten Einzugsgebiets sehr detailliert widerspiegeln.

Im Fokus der Studie stehen drei Regionen mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Vergangenheit. In der Region rund um den Murtensee im Drei-Seen-Land wird seit über 2000 Jahren intensiv Landwirtschaft betrieben. Pfahlbauer, keltische Stämme und die Römer bestellten hier das Land und haben dabei ihre Spuren hinterlassen. Das zweite Forschungsgebiet liegt in Russland: Die Geschichte des Lavijärvi-Sees in der russischen Republik Karelien erzählt von einem markanten Wechsel von Feldwirtschaft zu Viehwirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg. Die dritte und letzte Etappe der Feldforschung führt die Wissenschaftler diesen Sommer auf die Vatnahverfi Peninsula im Südwesten Grönlands. Im Mittelalter entstand in dieser Region eine grosse Wikingersiedlung mit intensiver Weidwirtschaft. 500 Jahre später, im 16. Jahrhundert, setzte die «Kleine Eiszeit» ein, worauf alle Siedlungen und Farmen aufgegeben werden mussten. In der Zeit danach hat sich die Natur fast vollständig erholt, ehe das Land 1920 von Dänemark wiederbesiedelt wurde.

#### Fossile Moleküle – Ideale Zeitmarker?

In Zeiten des globalen Klimawandels wissen wir, dass auch kleine klimatische Änderungen einen grossen Einfluss auf unsere Umwelt haben. Um das anthropogene Signal in einem Sedimentarchiv isoliert betrachten zu können, werden daher oft ein interdisziplinärer Ansatz und unterschiedliche geochemische, physikalische sowie biologische Analyseverfahren gewählt.

Im Rahmen des PALEOFARM-Projekts wird an einer neuen Methode gearbeitet, um

de l'ensemble du bassin versant dans les moindres détails.

Au centre de l'étude se trouvent trois régions au passé agricole distinct. Dans la zone autour du lac de Morat dans le pays des Trois-Lacs, la pratique de l'agriculture intensive remonte à plus de 2000 ans. Les palafittes, les tribus celtiques et les Romains ont dominé cette région en y laissant chacun leur marque. Le second territoire de recherche se trouve en Russie: l'histoire du lac Lavijärvi dans la République russe de Carélie reflète un changement frappant de champs cultivés intensivement à de simples pâturages après la Seconde Guerre mondiale. La troisième et dernière étape de recherche sur le terrain conduira cet été les scientifiques sur la péninsule Vatnahverfi, au sud-ouest du Groenland. Au Moyen Age, une grande colonie de Vikings (et leurs pâturages) s'était établie dans cette région. 500 ans plus tard, au 16ème siècle, le «petit âge glaciaire», a mené à l'abandon de toutes les fermes et colonies. Dans les siècles qui suivirent, la nature a presque entièrement récupéré ses droits jusqu'à ce que la terre soit à nouveau repeuplée en 1920 par le Danemark.

#### Molécules fossiles – marqueurs de temps

A l'heure actuelle du changement climatique mondial, nous savons que même de petits changements climatiques peuvent avoir un grand impact sur notre environnement. Afin de pouvoir isoler le signal anthropique dans une archive sédimentaire, une approche interdisciplinaire est souvent choisie, comprenant des méthodes d'analyse géochimiques, physiques et biologiques.

Dans le cadre du projet PALEOFARM, une nouvelle méthode pour quantifier l'érosion des sols d'origine anthropique est développée.

die anthropogene Bodenerosion zu quantifizieren. Im Fokus der Studie stehen dabei sogenannte Blattwache, pflanzliche Moleküle, die fast überall in der Natur vorkommen. Dank ihres atomaren Aufbaus sind sie im Boden schwer abbaubar und bleiben über lange Zeit als fossile Moleküle erhalten.

Bei der Bildung von Blattwachsen verarbeitet die Pflanze das isotopische Kohlenstoffsignal ( $^{14}\text{CO}_2$ ) der Atmosphäre, welches wie ein Zeitstempel im atomaren Aufbau der einzelnen Moleküle gespeichert wird. Das Alter der einzelnen Moleküle kann mit Hilfe der Radiokarbon-Datierungsmethode rekonstruiert werden. Dies macht Blattwache zu idealen Tracern, um die Dynamik des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs zu verfolgen – und auf die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung zu schliessen. Denn durch das Pflügen werden der organische Kohlenstoff und die darin enthaltenen Blattwache aus tieferen, älteren Bodenhorizonten mobilisiert, von Fließgewässern abtransportiert und schliesslich in den Seen abgelagert. Blattwache, die wesentlich älter sind als die übrigen Sedimentpartikel in der entsprechenden Sedimentschicht, wären somit ein Indiz für intensive Landwirtschaft und anthropogene Bodenerosion. Dieser vielversprechende Ansatz wurde in dieser Form noch nie ausprobiert und könnte viele offene Fragen beantworten.

### Vermächtnis der Römischen Bauern

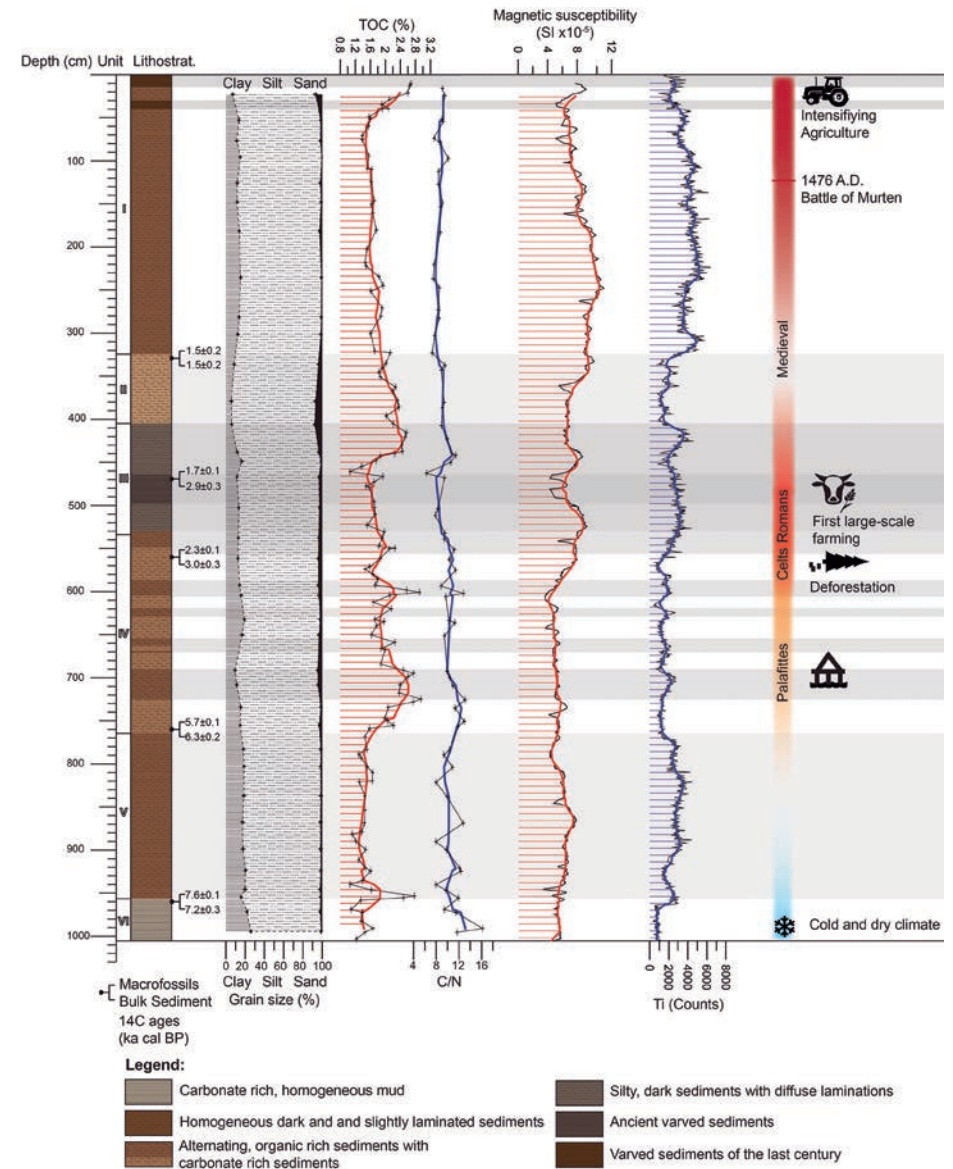
Der zehn Meter lange Sedimentkern des Murtensees erzählt von einer bewegten Vergangenheit im Drei-Seen-Land und reicht insgesamt 8000 Jahre zurück. Spannend für den Zweck der Studie sind vor allem die letzten 5000 Jahre, als die ersten Pfahlbauer

peé. L'étude se concentre sur des cires de feuilles, des molécules végétales que l'on trouve presque partout dans la nature. Grâce à leur structure atomique, elles persistent dans les sols et sont préservées au cours du temps, devenant peu à peu des molécules « fossiles ».

Lors de la croissance de la feuille, la plante utilise le carbone atmosphérique, dont le signal isotopique ( $^{14}\text{CO}_2$ ) fonctionne comme un minuteur stocké dans la structure atomique des molécules individuelles. L'âge de ces dernières peut être reconstruit avec la méthode de datation au radiocarbone. Les cires de feuilles forment ainsi des traceurs idéaux de la dynamique du carbone stocké dans les sols, fournissant entre autres des informations sur l'intensité de l'utilisation agricole. En effet, le labourage mobilise les couches profondes et plus anciennes du sol, entraînant le carbone organique, y compris les cires de feuilles, qui sont ensuite transportés par les rivières et finalement déposés dans les lacs. La présence de cires de feuilles nettement plus âgées que le reste des particules dans la couche correspondante de sédiments serait donc une indication d'une agriculture intensive et de l'érosion des sols d'origine anthropique. Cette approche prometteuse, qui n'a jamais été appliquée de cette manière, pourrait répondre à de nombreuses questions.

### L'héritage de l'agriculture romaine

Une carotte de sédiment du lac de Morat – longue de dix mètres – raconte 8000 ans de l'histoire de la région des Trois-Lacs. Les 5000 dernières années sont les plus intéressantes pour cette étude, lorsque les premiers palafittes se sont installés sur les



Erste Resultate des Murtensee-Sedimentkerns: Die  $^{14}\text{C}$ -Datierungen, die Korngrößenverteilung, die Menge an organischem Kohlenstoff, das Kohlenstoff-Stickstoff Verhältnis sowie die Magnetisierbarkeit der Minerale und die Titankonzentration, welche für den Eintrag von Bodenmaterial stehen. (Bild: Mischa Haas). | Premiers résultats de la carotte de sédiments du lac de Morat: La datation  $^{14}\text{C}$ , la distribution de la taille des particules, la quantité de carbone organique, le rapport carbone-azote, et la susceptibilité magnétique et la concentration de titane, qui représentent tous deux l'entrée de matériaux du sol.



an den Ufern des Murtensees siedelten. Die Sedimente dieser Zeit erzählen von einem Klima, welches kleineren und grösseren Schwankungen ausgesetzt war. Helle, karbonatreiche Sedimente, abgelagert unter kühleren Bedingungen, wechseln sich mit dunklen organischen Lagen aus wärmeren und niederschlagsreicheren Zeiten ab. Es wird vermutet, dass die damit verbundenen Seespiegelschwankungen auch die Pfahlbauten stark bedroht haben. Heute zeugen viele Überreste von verschiedenen Pfahlbauersiedlungen aus dieser Zeit.

100 v. Chr. ist in den Seesedimenten ein markanter Anstieg an abgetragenem Bodenmaterial zu erkennen. Sehr augenfällig sind vor allem die Warven, die jährlichen Sedimentlagen, die sich zu dieser Zeit bildeten. Sie entstehen bei einer Temperaturschichtung des Seewassers unter sauerstoffarmen Bedingungen am Seegrund durch erhöhten Nährstoffinput. Doch woher kam dieser abrupte Anstieg an Nährstoffen, der zur Eutrophierung des Sees beitrug?

Die Antwort auf diese Frage finden wir, wenn wir die Gegend im Süden des Murtensees in Augenschein nehmen. Dort liegen die Ruinen der antiken Römerstadt Aventicum. Zur Zeit der Römer wurde rund um den Murtensee grossflächig Waldrodung betrieben, um Platz für Siedlungen und Felder zu schaffen. Zudem hielten neue Landwirtschaftspraktiken Einzug und prägten das Landschaftsbild dieser Zeit. Als Folge dieses rasanten Wechsels in der Bodennutzung wurden innert kurzer Zeit grosse Mengen an Bodenmaterial und Nährstoffen in den See gespült. Mit dem Einsetzen eines kalten und trockenen Klimas sowie dem Fall des Römischen Reiches, nahm auch die Landwirtschaft im 5. Jahrhundert wieder ab.

rives du lac de Morat. Les sédiments de cette époque témoignent d'un climat avec de petites et grandes fluctuations. Des sédiments clairs, riches en carbonates, déposés dans des conditions plus fraîches, alternent avec des couches organiques sombres provenant de périodes plus chaudes et plus humides. On pense que les variations du niveau lacustre qui sont associées à ces fluctuations climatiques ont sérieusement menacé les maisons sur pilotis. Aujourd'hui, de nombreux vestiges témoignent de divers villages palafittes à cette époque.

100 ans avant J.-C., on observe une augmentation marquée de l'arrivée de matériaux du sol dans les sédiments lacustres. Le plus frappant reste la formation de varves à cette époque, des couches de sédiments au rythme annuel. Ce type de varve n'est préservé que lorsque les eaux du fond du lac ont une faible teneur en oxygène, qui résulte souvent d'un apport accru de nutriments. Mais d'où vient cette soudaine augmentation des nutriments qui contribue à l'eutrophisation du lac?

La réponse à cette question se situe au sud du lac de Morat. On y trouve les ruines de l'ancienne ville romaine Aventicum. A l'époque romaine, une déforestation à grande échelle a été effectuée autour du lac de Morat, afin de faire place aux colonies et aux champs. En outre, de nouvelles pratiques agricoles ont émergé et façonné le paysage de cette époque. En raison de cette évolution rapide de l'utilisation des terres, de grandes quantités de sol et d'éléments nutritifs ont été lessivées dans le lac en un court laps de temps. Avec l'apparition d'un climat froid et sec, et la chute de l'Empire romain, l'agriculture a fortement diminué à partir du 5<sup>ème</sup> siècle.

200 Jahre später, im Mittelalter, sind erneut Anzeichen intensiver Landwirtschaft und erhöhter Bodenerosion erkennbar, welche bis heute andauern. Eutrophierung und Warvenbildung, wie jene zur Zeit der Römer, setzten ab 1940 als Folge übermässigen Düngens der Felder wieder ein.

Obwohl das Projekt PALEOFARM erst am Anfang steht, zeigen die ersten Resultate des Murtensees, dass die historische Entwicklung der Landwirtschaft gut aus den Spuren im Seesediment herausgelesen werden kann. In einem zweiten Schritt gilt es nun, den vielversprechenden Ansatz der Blattwachs-Datierung anzuwenden, um die bisherigen Resultate mit dem Kohlenstoffkreislauf in Verbindung zu bringen.

---

**Mischa Haas**

Abteilung Oberflächengewässer, Eawag  
*mischa.haas@eawag.ch*

200 ans plus tard, au Moyen Age, les signes d'une agriculture intensive et de l'érosion des sols sont à nouveau reconnaissables dans les sédiments, et continuent à ce jour. L'eutrophisation et la formation de varves, telles que celles de la période romaine, reviennent en 1940 suite à l'utilisation excessive d'engrais.

Bien que le projet PALEOFARM n'en soit qu'à ses débuts, les premiers résultats de Morat montrent que le développement historique de l'agriculture peut être retracé dans les sédiments du lac. La deuxième étape consiste maintenant à appliquer l'approche prometteuse de la datation des cires de feuilles, afin de relier les résultats préliminaires obtenus au cycle du carbone.

---

**Nathalie Dubois**

Département Eaux des surfaces, Eawag  
*nathalie.dubois@eawag.ch*

## Le projet Léman-Baïkal : Analyser la qualité de l'eau par les airs

**Le but du projet Léman-Baïkal, coordonné par le Centre de Limnologie de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, est de comparer la qualité des eaux du Léman en Suisse et du lac Baïkal en Russie grâce à de nouvelles technologies. A cette fin, les chercheurs suisses et russes utilisent des engins motorisés ultra-légers (ULM).**

NATACHA TOFIELD PASCHE

En général, on considère que la qualité d'eau est bonne quand celle-ci ne dégage pas d'odeurs désagréables, n'est pas de couleur brune ou verte, et n'est pas envahie par des algues et des plantes aquatiques. Mais en fait, la qualité de l'eau d'un lac peut être évaluée par l'analyse de différents paramètres physico-chimiques comme : la transparence de l'eau ainsi que les concentrations en chlorophylle a, en matières en suspension et en phosphore. L'apport massif de matières en suspension et de nutriments dus aux activités anthropogéniques est le principal facteur de la dégradation des lacs, qui entraîne une prolifération excessive des algues. C'est le processus d'eutrophisation des lacs.

Pour estimer et comparer la qualité des eaux des lacs Léman et Baïkal, une équipe de chercheurs suisses et russes détermine les concentrations en matière en suspension, chlorophylle a et substances organiques provenant du bassin versant grâce à de nouvelles technologies. A l'EPFL, les laboratoires de topométrie, de systèmes d'information géographique, de physique des systèmes aquatiques et de technologie écologique utilisent la télédétection pour élaborer des cartes de la qualité de l'eau des deux lacs. En Russie, les chercheurs du « Bai-

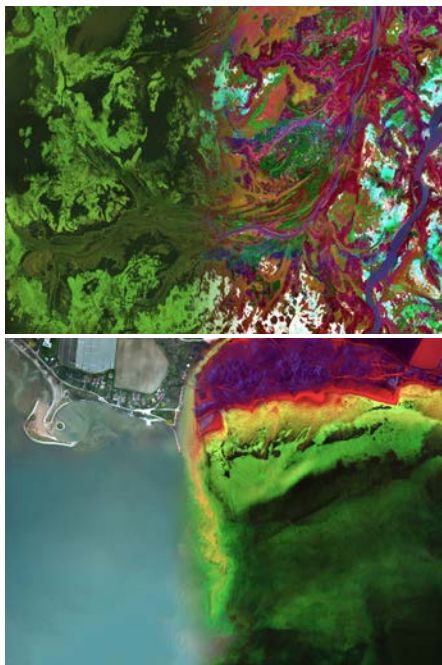
kal Institute for Nature Management » et de la « Lomonosov Moscow State University » se servent d'images pour cartographier les plantes aquatiques et l'évolution temporelle du delta de la Selenga.

### Reconnaître les constituants d'un pixel

Afin d'obtenir des cartes de la qualité de l'eau à haute résolution, le laboratoire de topométrie de l'EPFL a développé une nouvelle plateforme de télédétection, avec une caméra hyperspectrale. L'avantage des images hyperspectrales est vite démontré : un appareil photo couleur classique comporte uniquement trois bandes (rouge, bleu et vert), certains satellites possèdent plusieurs bandes larges et discontinues, alors que l'imagerie hyperspectrale enregistre plus d'une centaine de bandes étroites et contiguës. Cette méthode innovante permet de reconnaître les constituants d'un pixel grâce à leurs signatures spectrales. Les caméras hyperspectrales voient donc mieux que nos propres yeux.

La télédétection des lacs permet de mesurer les propriétés optiques de l'eau de surface et ainsi de déterminer la quantité de chlorophylle-a présente dans les algues, des particules en suspension et de la matière organique dissoute, fréquemment appelée

A gauche: Vue sur le delta de la Selenga au lac Baïkal depuis l'ULM. (Image: Natacha Tofield Pasche)



Vues aériennes de l'embouchure du delta de la Selenga aux lac Baïkal (en haut) et de la Venoge au Léman, obtenues avec une image RGB à gauche et une image hyperspectrale à droite. (Images: Dragos Constantin)

substances jaunes. En effet, les rayons solaires sont absorbés différemment par l'eau, le phytoplancton (les algues) et les substances jaunes en fonction des différentes longueurs d'ondes. Le spectre d'eau varie aussi en fonction du taux de concentration de ces paramètres. Grâce à ce spectre, il est donc possible de mesurer les propriétés principales de l'eau.

L'avantage des images hyperspectrales est de pouvoir créer des cartes étendues de la qualité de l'eau, afin de connaître l'hétérogénéité spatiale de ses propriétés. Traditionnellement, les échantillonnages en ba-

teau ont lieu en plusieurs points et ne couvrent donc pas une région entière comme la télédétection. C'est donc une véritable innovation.

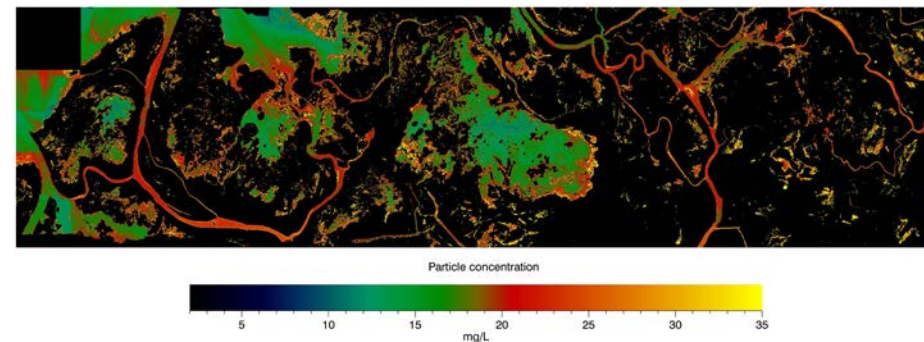
### Une équipe en ULM et l'autre en bateau

Mais comment prendre des images avec la nouvelle caméra hyperspectrale? L'EPFL a choisi d'utiliser des engins ultra-légers motorisés (ULM), car leur coque ouverte permet de placer facilement l'équipement, ce qui n'est pas le cas dans un avion. De plus, les ULM sont très maniables et peuvent voler de 500 mètres à 4000 mètres d'altitude. A 1000 mètres, la résolution des pixels au sol est de 1 mètre, une résolution spatiale encore jamais obtenue.

Lors des campagnes de mesures, deux équipes travaillent toujours simultanément et dans le même périmètre d'étude. Le pilote d'ULM suit les trajets prédéfinis, pendant qu'un chercheur enregistre les images. A bord du bateau, l'autre équipe prend des échantillons d'eau, des profils verticaux et des mesures de spectres à la surface du lac à différents points. Ces mesures in-situ permettent de calibrer les images hyperspectrales, afin de produire des cartes quantitatives de la surface du lac.

### Des vols en Suisse et en Russie

En Suisse, une quarantaine de vols ont été effectués au-dessus du Léman à partir de l'aérodrome de Prangins. Ces vols ont été répartis en avril et mai 2013, en février et mars 2014, en avril et mai 2014, en septembre 2014 et en avril et juin 2015. Ces différentes périodes permettent de comprendre l'évolution temporelle de la qualité de l'eau. La totalité du lac a été couverte



Un exemple d'une carte des concentrations en particules en 2014 dans le delta du Selenga. (Image: Vincent Nouchi)

lors de deux vols en haute altitude. Mais les zones spatiales d'intérêt étaient plutôt les embouchures du Rhône, de l'Aubonne et de la Venoge, des endroits où le mélange d'eaux de différentes qualités crée d'intéressantes structures.

En Sibérie à l'Est de la Russie, trois campagnes de mesures ont été organisées au lac Baïkal en juillet 2013, 2014 et 2015. Lors des deux premières années, les vols se sont concentrés sur le delta de la rivière Selenga – un enchevêtrement d'îles, de rivières et de plantes aquatiques sur 540 kilomètres carrés, soit presque la taille du Léman. En 2015, les chercheurs suisses et russes ont étudié six sites autour du lac Baïkal. Le but était de déterminer la variabilité spatiale des algues (phytoplancton) et de caractériser la répartition des plantes invasives nouvellement recensées (type *Spyrogira*). Pour cela, un navire scientifique avec à son bord une équipe de douze chercheurs a évolué pendant un mois autour du lac, alors que les deux ULM ont été acheminés par la route sur les trois sites des côtes bouriates. Cette collaboration entre la Russie et la Suisse fut fructueuse, et quatre chercheurs russes ont

passé quatre mois à l'EPFL afin d'apprendre le traitement des images.

Après une longue chaîne de traitement des images et grâce à la calibration in-situ, des cartes des concentrations en particules, chlorophylle-a et substances jaunes pourront être produites. Etant donné les quantités importantes de données récoltées, le traitement est toujours en cours, mais les premiers résultats sont tout à fait prometteurs.

Les chercheurs espèrent évaluer bientôt l'hétérogénéité de la qualité des eaux des deux lacs à une résolution spatiale et temporelle encore rarement obtenues.

—  
Natacha Tofield-Pasche  
Centre de Limnologie de l'EPFL  
natacha.tofield-pasche@epfl.ch

## Südozean, ahoi! Eine Reise in die tiefe Vergangenheit

Das, woran viele beim Stichwort «Südozean» als erstes denken, ist Wasser, Eis und Kälte. In der Tat hat es der Südozean noch nicht unter die Top 10 Urlaubsziele geschafft. Doch für Paläozeanografen, wie jene der Universität Bern, ist er mehr als eine Reise wert. Denn so rau die südlichen Breitengrade der 40er und 50er auch sein mögen – unter Seemännern werden sie auch als «Roaring Forties» (Donnernde Vierziger) und «Howling Fifties» (Wilde Fünfziger) bezeichnet –, sie spielen eine fundamentale Rolle im Klimasystem.

SAMUEL L. JACCARD, JULIA GOTTSCHALK

Der tiefe Ozean ist ein immenser Kohlenstoffspeicher. Er enthält etwa 60-mal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre. Zwei Prozesse beeinflussen dieses Speichervolumen massgeblich: Zum einen steht das Kohlenstoffreservoir im Südozean durch die aus der Tiefe aufsteigenden Wassermassen im regen Austausch mit dem Oberflächenwasser, und damit mit der Atmosphäre. Wird dieser Austausch zum Beispiel durch eine Meereisdecke behindert, steigt die Kohlenstoffspeicherung im tiefen Ozean an. Zum anderen ist die Photosynthese im Oberflächenwasser des heutigen Südozeans durch einen Mangel an Eisen limitiert. Wird jedoch eisenhaltiger Staub in den Ozean eingetragen, steigt die Photosyntheserate an: Primärproduzenten wie Algen und Bakterien nehmen mehr Kohlenstoff auf und wandeln ihn in Biomasse um. Das abgestorbene organische Material wird dann in die tiefen Bereiche des Südozeans transportiert.

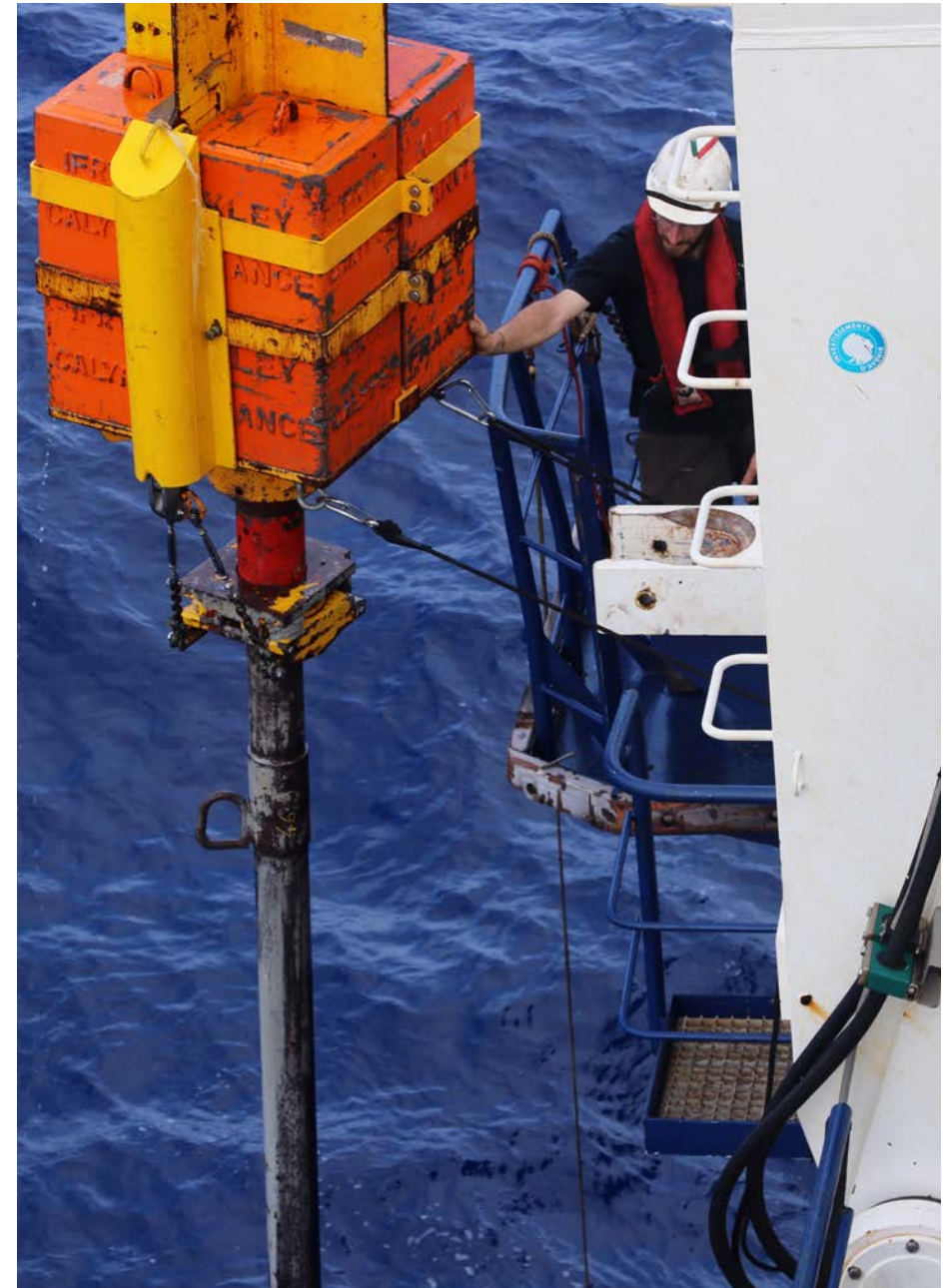
Man nimmt an, dass durch die Dominanz einer dieser Prozesse – den unterbundenen Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre sowie der vermehrten Primärproduktion –, oder durch ein Zusammenspiel beider, die atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zu Kaltzeiten auf ein Minimum sanken.

Seit der Industrialisierung hat der Ozean etwa 30 Prozent des durch den Menschen ausgestossenen Kohlenstoffdioxids aufge-

nommen. Dies geschieht zu einem grossen Teil im Südozean, weil dort Tiefenwasser gebildet wird, welches im Vergleich zur Atmosphäre an CO<sub>2</sub> untersättigt ist und dieses deshalb aufnehmen kann. Und weil besonders in kalten Regionen die Löslichkeit des Kohlenstoffdioxids hoch ist. Mit der Tiefenwasserbildung wird der überschüssige Kohlenstoff in die Tiefe transportiert, wo er für Jahrhunderte oder gar Jahrtausende von der Atmosphäre abgeschirmt bleibt. Ohne diese Prozesse wäre die heutige CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre um etwa 50 ppm höher als die gegenwärtigen rund 400 ppm.

### Seefeste Wissenschaftler gefordert

Anhand von marinen Sedimentkernen können die verschiedenen Klimaprozesse im Südozean und deren Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf rekonstruiert werden. Dies hat sich das SNF-Projekt «Past changes in Southern Ocean overturning circulation – implications for the partitioning of carbon and oxygen between the ocean and the atmosphere» zur Aufgabe gemacht. Darin gehen Paläozeanografen der Universität Bern zusammen mit französischen Kollegen vom Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (Gif-sur-Yvette) der Fülle an Prozessen, die Einfluss auf die atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen haben, buchstäblich auf den Grund.



Feldarbeit an Bord des Forschungsschiffes *Marion Dufresne*: Mit dem Schwerelot wird ein Sedimentkern aus dem Südozean geborgen. (Bild: Lionel Jaffrès)

Das ist nicht einfach und bringt für die Forscher monatelange und kräftezehrende Entbehrungen auf hoher See mit sich. Im Rahmen einer Expedition haben die Berner Wissenschaftler an Bord des französischen Forschungsschiffes *Marion Dufresne* marine Sedimentkerne aus dem Südozean entnommen. Es ist eines der wenigen Schiffe, das allein durch gravitative Bekernung, also ohne Bohrtechnik, bis zu 60 Meter lange Kerne aus dem Meeresboden ziehen kann. Dies entspricht je nach Ablagerungsrate mehreren 100 000 Jahren Klimageschichte. Mit Bohrtechnik gewonnene Kerne reichen meist noch weiter in die Vergangenheit zurück, sodass das Klimageschehen über noch längere Zeiträume untersucht werden kann. Zwei wichtige Erkenntnisse haben die Berner Forscher aus den verschiedenen Sedimentkernen bisher gewonnen.

**Schwächelnde Ozeandurchmischung**

Seit dem Aussterben der Dinosaurier vor rund 65 Millionen Jahren hat sich die Erde beständig abgekühlt, was schliesslich zur Vergletscherung der Nordhemisphäre im späten Pliozän führte. Modellsimulationen legen nahe, dass ein Abfallen der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration unter die Marke von 400 bis 450 ppm die Ursache dafür gewesen sein könnte.

Bohrkerne vom Nordpazifik und vom Südozean haben dies bestätigt. Die darin gemessene Konzentration von biogenen Komponenten wie Opal weist auf einen drastischen Rückgang der Primärproduktion im Oberflächenwasser vor 2,7 Millionen Jahren hin. Grund dafür dürfte ein Abbruch der Ozeandurchmischung gewesen sein, da dadurch kaum noch nährstoff- und CO<sub>2</sub>-reiches Tiefenwasser in die Oberflächenschicht

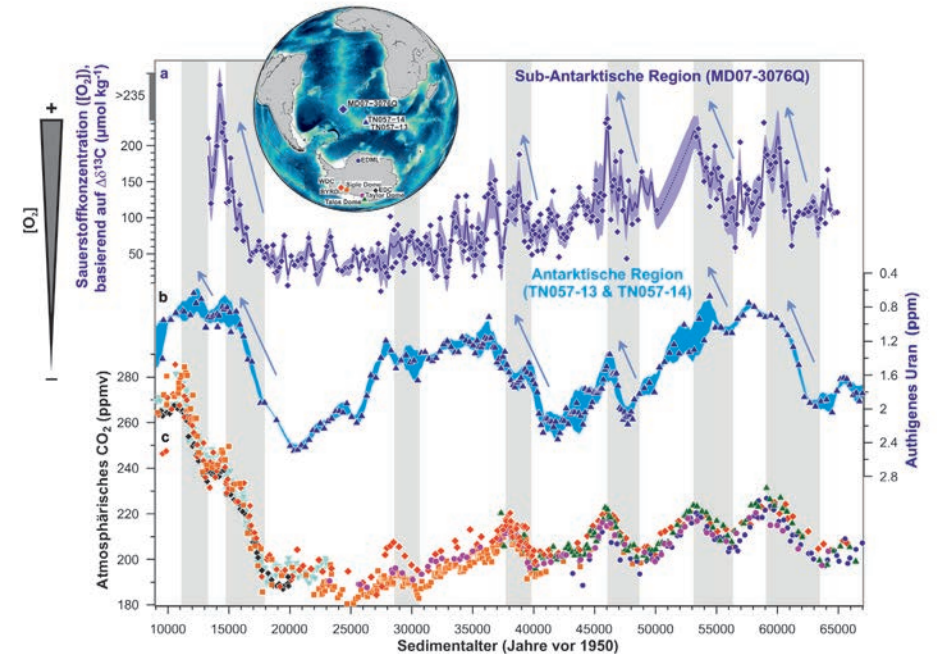
gelangte. Gleichzeitig schwächte sich damit aber auch der CO<sub>2</sub>-Austausch mit der Atmosphäre ab. Man geht deshalb davon aus, dass der Abbruch in der Ozeandurchmischung für die zunehmende Einlagerung von Kohlenstoff im Meer verantwortlich ist, was zur Bildung der Eisschilde in den Nordpolarregionen vor 2,7 Millionen Jahren beigetragen hat.

**Kalkschaler spiegeln CO<sub>2</sub>-Gehalt wieder**

Auch während der letzten Warm- und Eiszeitzyklen spielte die Kohlenstoffspeicherung im Tiefenozean eine entscheidende Rolle. Um den Kohlenstoffgehalt im Ozean so präzise wie möglich zu rekonstruieren, machen sich Paläozeanografen die enge Beziehung zwischen den Konzentrationen des im Wasser gelösten Sauerstoffs und Kohlenstoffs zunutze. Beim Zersetzungsprozess des organischen Materials im Tiefenozean wird dem Meerwasser Sauerstoff entzogen, und im Gegenzug reichert es sich mit Kohlenstoff an. Verschiedene Indikatoren im Ozeansediment weisen auf dieses Kohlenstoff-Sauerstoff-Verhältnis hin.

Zum Beispiel gibt die Konzentration von Uran, das nur unter chemisch reduzierenden, also sauerstoffarmen Bedingungen im Sediment als Mineralkomplex ausfällt, Aufschluss über die Sauerstoffkonzentration. Einen weiteren Hinweis gibt der Gradient der Kohlenstoffisotope in den Kalkschalen von Einzellern, sogenannten Foraminiferen, die im Sediment leben. Dieser Gradient zeigt, wie stark Sauerstoff vom Tiefenwasser ins Sediment diffundiert, und ist proportional zu der Sauerstoffkonzentration im Bodenwasser.

Hochauflösende Studien an Sedimentkernen aus dem Atlantischen Sektor des



Vergangene Sauerstoffkonzentrationen im Südozean können anhand von biologischen und chemischen Indikatoren, zum Beispiel den Gradienten der Kohlenstoffisotope von Kalkschälern (Foraminiferen) und der Konzentration von in-situ produzierten Uranausfällungen im Sediment, rekonstruiert werden. Der Vergleich mit dem CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre deutet auf den starken Beitrag von ozeanischen Prozessen auf den globalen Kohlenstoffkreislauf hin. (Grafik: Julia Gottschalk)

Südozeans haben in diesem Jahr gezeigt, dass Änderungen dieser beiden Indikatoren mit dem Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre eng verknüpft sind. Die Kohlenstoffspeicherung im gesamten Südatlantik hat in der letzten Eiszeit also vermutlich einen starken Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre ausgeübt. Um besser zu verstehen, wie das Zusammenspiel von Ozeandurchmischung, Staubeintrag und Primärproduktion den Kohlenstoffspeicher des Südozeans und damit das Klima beeinflusst, hat die Berner Paläozeanografie-Gruppe in naher Zukunft weitere Forschungsfahrten geplant. Denn es wartet noch viel wertvolles Probenmaterial zwischen den Donnernden Vierzigern und den Wilden Fünfzigern.

—  
**Samuel Jaccard**  
 Paläozeanografie, Institut für Geologie und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern  
*samuel.jaccard@geo.unibe.ch*

—  
**Julia Gottschalk**  
 Paläozeanografie, Institut für Geologie und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern  
*julia.gottschalk@geo.unibe.ch*

## Die Geologie des Gotthard-Basistunnels

Im Verkehrshaus in Luzern kann man zurzeit eines der längsten geologischen Profile bestaunen – dank der Mitarbeit von swisstopo.

An der Sonderausstellung «NEAT – Tor zum Süden», die zurzeit im Verkehrshaus Luzern läuft (S. 42), dreht sich alles um den kürzlich eröffneten Gotthard-Basistunnel. Die Ausstellung umfasst unter anderem ein 57 Meter langes geologisches Profil, das die spektakulären Ausmasse des Bergmassivs aufzeigt.

Das Modell basiert auf den geologischen Daten, welche die Landesgeologie swisstopo den Ausstellungsbauern zur Verfügung gestellt hat. Neben dem geologischen Profil, welches die verschiedenen Felsformationen entlang des Tunnels detailliert zeigt, hat swisstopo auch 52 Felsproben dazu gelie-

## La géologie du tunnel de base du Gothard

Au Musée Suisse des Transports à Lucerne on peut découvrir un des plus longs profils géologiques, grâce à la contribution de swisstopo.

L'exposition temporaire «NLFA – La porte vers le sud» au Musée Suisse des Transports à Lucerne bat son plein (voir p. 42). Elle est centrée sur le tunnel ferroviaire de base du Gothard, inauguré le 1<sup>er</sup> juin. L'exposition s'articule, entre autres, autour d'un profil géologique de 57 mètres de long. Cette coupe au millième illustre la dimension impressionnante de la masse rocheuse.

Le Service géologique national de swisstopo a fourni les informations géologiques pour la réalisation de la maquette. A côté du profil géologique qui montre les différentes formations rocheuses traversées par le tunnel, il y a 52 échantillons de roches mis à

disposition. Ces échantillons sont disposés le long du profil et permettent de mieux comprendre les caractéristiques des différentes formations rocheuses. L'exposition s'achèvera le 24 octobre 2016, mais la maquette sera conservée et encore visible pendant plusieurs années au Musée des Transports.

Die Sonderausstellung im Verkehrshaus schliesst am 24. Oktober 2016 ihre Türen. Das Modell des geologischen Profils bleibt jedoch bestehen und kann bis auf weiteres besucht werden.

### Exkursion in die Gotthardregion

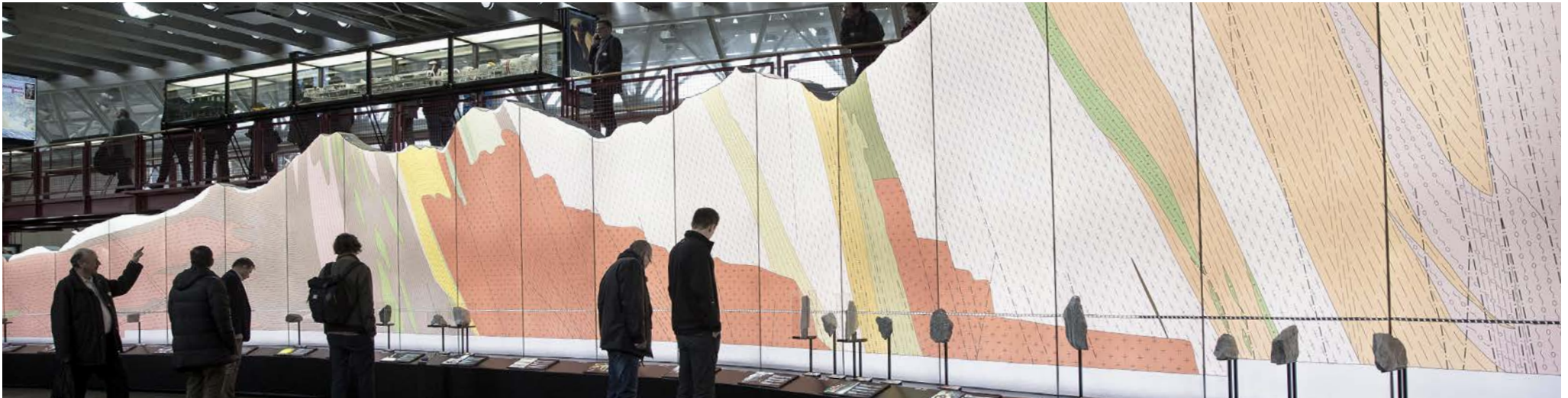
swisstopo nimmt die Eröffnung des Gotthard-Basistunnels zum Anlass und organisiert am 21. August eine Exkursion ins Gotthardgebiet. Diese ist Teil einer Reihe von geführten thematischen Exkursionen, die kostenlos angeboten werden. Mehr dazu unter [www.swisstopo.ch/geologicalhike](http://www.swisstopo.ch/geologicalhike).

disposition par swisstopo. Grâce à ces échantillons disséminés le long du profil, on peut découvrir les caractéristiques des différentes formations rocheuses. L'exposition s'achèvera le 24 octobre 2016, mais la maquette sera conservée et encore visible pendant plusieurs années au Musée des Transports.

### Excursion dans la région du Gothard

swisstopo saisit l'occasion de l'inauguration du tunnel de base du Gothard pour organiser une excursion dans cette région le 21 août. Cette excursion s'inscrit dans la série des excursions thématiques guidées gratuites 2016. Plus d'informations sur [www.swisstopo.ch/geologicalhike](http://www.swisstopo.ch/geologicalhike).

Sandrine Vallin  
[sandrine.vallin@swisstopo.ch](mailto:sandrine.vallin@swisstopo.ch)



Die Sonderausstellung im Verkehrshaus zeigt ein Modell des geologischen Profils entlang des Gotthard-Basistunnels. (Bild: Dominik Baur) | L'exposition présente une maquette du profil géologique le long du tunnel de base du Gothard.



## « Dans le domaine de l'eau, il y a encore beaucoup à faire »

Javier García est venu en Suisse il y a dix ans pour finir ses études d'ingénieur civil à l'EPFL. Et il y est resté jusqu'à ce jour, collaborant dans des projets de recherche dans les domaines de l'hydrologie et de l'hydraulique. En 2015, il a repris la direction du Centre de recherche sur l'environnement alpin CREALP à Sion.

### GeoPanorama: Qu'est-il écrit sous votre nom sur la carte de visite?

Javier García: PhD in Sciences EPFL — Civil Engineer UPV.

### Concrètement, en quoi consiste votre métier au quotidien?

D'une part il y a la gestion du CREALP en tant que directeur et d'autre part, le travail d'ingénieur dans les projets que nous réalisons dans les domaines de l'hydrologie et de l'hydraulique.

### Quels sont vos principaux lieux de travail?

Sion, au bureau du CREALP, et à l'EPFL pour des collaborations dans des projets de recherche.

### Quel fut votre parcours scolaire et universitaire?

J'ai étudié le Génie Civil en Espagne et je suis venu en Suisse en 2005 pour finir mes études d'ingénieur, dans le cadre d'un programme d'échange étudiant. Ensuite, j'ai

collaboré avec le Laboratoire de Constructions Hydrauliques de l'EPFL où j'ai réalisé une thèse dans le domaine de l'hydrologie et l'hydraulique.

### Qu'appréciez-vous le plus dans votre métier?

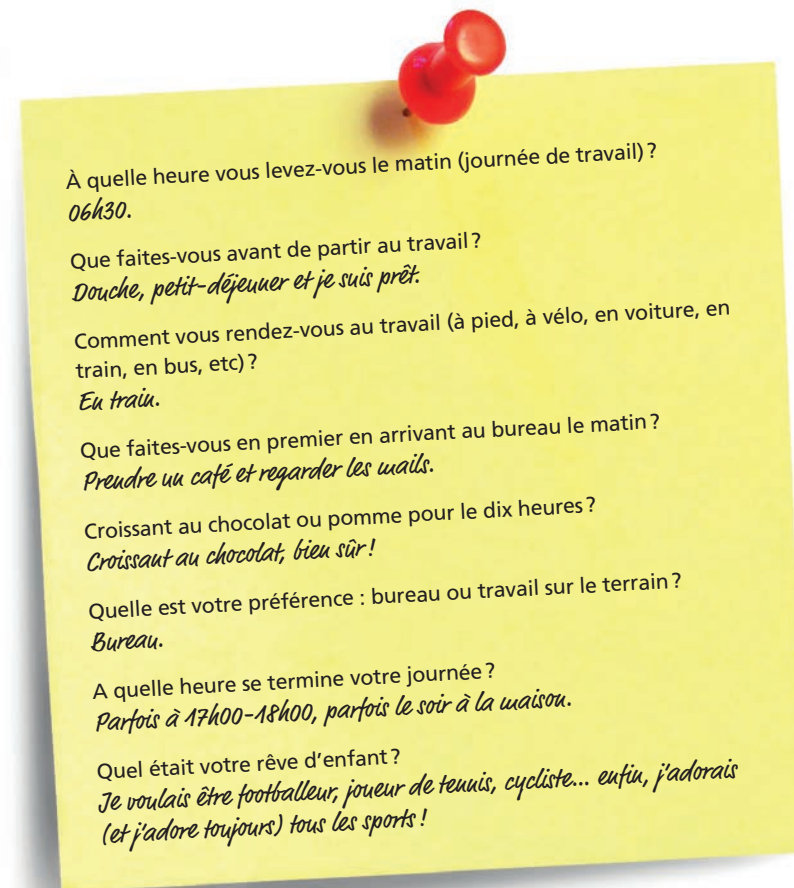
Les besoins qui existent encore dans le domaine de l'eau, il y a encore beaucoup de méthodologies à développer, des incertitudes un peu partout, des solutions multiples, des projets multi-objectifs...

### Quelles tâches déléguez-vous volontiers?

La formation et le développement des collaborateurs étant très importants à mes yeux, j'essaie de déléguer des tâches variées qui font avancer plus vite le travail au quotidien, mais qui permettent aussi aux collaborateurs d'acquérir de nouvelles compétences.

### Quelle est la particularité de votre travail par rapport aux autres?

Tout travail est différent. La multidisciplinarité est une évidence au CREALP, ce qui



nous amène continuellement à relever de nouveaux défis car il est impossible de tout connaître en géologie, hydrogéologie, hydrologie, hydraulique, risques naturels, développement web, etc.

### Y a-t-il un point (ou des points) que vous souhaiteriez améliorer?

La synergie entre les projets. Cela a l'air d'être simple, mais c'est loin d'être le cas, cela implique une excellente planification

et une très bonne coordination entre tous les collaborateurs.

### Etiez-vous spécialement formé pour votre travail?

En tant qu'ingénieur civil spécialisé en hydrologie et hydraulique et aussi avec une thèse dans ces domaines, ma formation est appropriée et adaptée à mon travail, même si je continue à apprendre tous les jours. En tant que directeur, j'ai suivi différents

cours de gestion de projets et de gestion d'équipes mais il me reste encore du chemin à parcourir.

### Quelle est la plus belle chose qui vous soit arrivée dans la vie professionnelle?

Être appelé par différents professionnels d'autres pays pour me demander des conseils.

### Avez-vous un rêve dans le domaine professionnel?

Ne jamais arrêter d'apprendre ni d'être motivé. Cela me suffirait largement pour être heureux dans la vie professionnelle.

### Quel conseil donneriez-vous à une personne qui veut faire le même métier que vous?

Réfléchir, ne jamais décider trop vite. Et ne pas trop réfléchir pour décider dès que possible.

### Selon vous quelles sont les qualités requises pour exercer ce métier?

Des connaissances de base plus ou moins approfondies et surtout une vue d'ensemble la plus large et la plus précise possible.

### Est-il facile de concilier vie professionnelle et vie personnelle?

Pas toujours, mais j'essaie de faire de mon mieux des deux côtés, sans négliger l'un ou l'autre.

Javier García

[javier.garcia@crealp.vs.ch](mailto:javier.garcia@crealp.vs.ch)

## CAS Räumliche Informationssysteme

## Journée de formation continue

### Sattelfest im Umgang mit Geodaten

Ab 7. November 2016, ETH Zürich

Seit mehr als drei Jahrzehnten sind Räumliche Informationssysteme (RIS), auch Geografische Informationssysteme (GIS) genannt, im Einsatz. Die komplexe Arbeitsweise mit RIS/GIS und ihre dynamische Entwicklung erfordern eine systematische Aus- und Weiterbildung. Der CAS-Kurs RIS/GIS soll einen Beitrag zum besseren Verständnis dieser Systeme und ihres wirtschaftlichen Einsatzes leisten.

Der Kurs umfasst den gesamten Umgang mit raumbezogenen Daten und Geografischen Informationssystemen von der Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation bis zu betriebswirtschaftlichen Aspekten. Dementsprechend ist der Kurs vor allem auf Teilnehmende ausgerichtet, die ihre GIS-Tätigkeit auf eine solide theoretische Basis stellen wollen oder die sich für eine umfassende Gesamtsicht interessieren. Mit den Fallstudien und Workshops wird das Wissen vertieft und praktisch angewendet. In zwei individuell wählbaren Vertiefungsmodulen können die Teilnehmenden spezielle Themen wie PostGIS, QGIS, Geoprocessing mit ArcGIS und Python, WebGIS oder raumzeitliches Monitoring mit Drohnen intensiver studieren.

#### Mehr Informationen und Anmeldung

[www.cas-ris.ethz.ch](http://www.cas-ris.ethz.ch)

### Valorisation de la géothermie: Le rôle clé des réseaux de chaleur

4 et 10 novembre 2016, Université de Genève

La Suisse s'est engagée dans une nouvelle stratégie énergétique pour 2050 avec des objectifs très ambitieux. Aujourd'hui, la géothermie joue déjà un rôle important dans le domaine des pompes à chaleur avec plus de 2400 gigawatts issus du sous-sol. Plusieurs installations thermiques (Riehen, Lavey-les-bains, etc.) valorisent directement cette chaleur alors qu'il n'existe pas encore d'installation produisant de l'électricité en Suisse.

Cette journée de formation s'adresse aux professionnels du sous-sol, de la géothermie ou de l'énergie, aux collectivités publiques, aux chercheurs ainsi qu'aux personnes désirant acquérir des connaissances dans le domaine. Les objectifs du cours sont de mieux appréhender les filières énergétiques et le rôle de l'énergie géothermique dans le futur; de comprendre les contraintes et les opportunités liées à la valorisation de l'énergie géothermique; de connaître les points clés technico-économiques des réseaux de chaleur et d'illustrer les connaissances par des exemples réels de réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables ou de récupération.

#### Plus d'informations et inscription

[www.unige.ch/formcont/geodh](http://www.unige.ch/formcont/geodh)



## 14th Swiss Geoscience Meeting

### Time in Geosciences: Knowledge for a new beginning

November 18 and 19, 2016, Geneva

The Section of Earth and Environmental Sciences of the University of Geneva and the Platform Geosciences of the Swiss Academy of Sciences invite you to participate in the 14th Swiss Geoscience Meeting.

**On Friday 18th**, four keynote presentations will focus on this year's theme «Time in Geosciences: Knowledge for a new beginning». Klaus Mezger (University of Bern) and Andrew Knoll (Harvard University) will take us far back to the origins of Earth and Life on Earth in deep time, unlocking the fundamental aspects of the physical and biological parameters underpinning the functioning of the Earth's system. Edouard Bard (College de France, CEREGE, University Aix-Marseille, CNRS) will focus on timing and rates of environmental changes in our recent past, extracting lessons from the Holocene. The symposium will conclude with a presentation by Ulrike Niemeier (Max Planck Institute for Meteorology) who will discuss how rates of geological processes inform current geoenvironmental approaches in the context of adaptation to climate change.

**On Saturday 19th**, 22 scientific symposia (see right) will cover the diverse spectrum of current research in geoscience, encompassing the lithosphere, the hydrosphere, the cryosphere, the biosphere, the atmosphere and the anthroposphere.

The SGM also provides the ideal environment to foster informal contacts and discussion among scientists, in particular during the Swiss Geoscience Party on Friday evening (Campus Biotech) but also at the poster sessions in the main hall of the venue on Saturday. Two poster sessions are scheduled with the authors present for active discussion and feedback.

**Deadline for abstract submission** is August 31st, 2016. Depending on the number and subject of abstracts submitted, proposed sessions may be merged or new ones created. Abstracts will be initially assigned to the session indicated by the authors at the time of abstract submission. Abstracts should be submitted electronically following the instructions on the SGM2016 website.

**Deadline for registration** is October 21st, 2016. Registration and Payments should be made electronically following the instructions on the SGM2016 website. Registration fee is CHF 55.– (35.– for students/PhD students). An extra CHF 20.– will be charged for the Geoscience Party (15.– for students). Onsite registrations will be charged an extra CHF 20.–.

#### Further information

[www.geoscience-meeting.ch/sgm2016](http://www.geoscience-meeting.ch/sgm2016)

1. Structural Geology, Tectonics and Geodynamics
2. Mineralogy, Petrology, Geoschemistry
3. Gemmology
4. Palaeontology
5. The Sedimentary Record of Tectonic, Climatic and Environmental Change to Modern Times
6. Stratigraphy
7. Timing of Earth Processes: from dates to rates
8. Rock mechanics, Rock physics and Geophysics
9. Subsurface Geology & Geo-Energy
10. Open Session in Geomorphology
11. Quaternary environments: landscapes, climate, ecosystems and human activity
12. Cryospheric Sciences
13. Hydrology, Limnology and Hydrogeology
14. Environmental Biogeochemistry of Trace Elements
15. Linking Trace Element and Carbon Biogeochemistry
16. Trace elements in aquatic ecosystems: from legacy to emerging pollutants
17. Atmospheric Processes and Interactions with the Biosphere
18. Phenology and seasonality
19. Earth Observation addressing key Earth System processes
20. Geoscience and Geoinformation – From data acquisition to modelling and visualisation
21. Development and governance of geo-energies. Insights from the social sciences
22. Perspectives and challenges of mineral resource availability

## Alpenmaster

### Regionalentwicklung in Berggebieten mitgestalten

Herbstsemester 2016, HAFL, Zollikofen

Die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL der Berner Fachhochschule bietet zusammen mit der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf HSWT bei München einen Masterstudiengang mit Schwerpunkt «Regionalmanagement in Berggebieten» an. Die Absolventen verbinden ihr Wissen in ökologischen und sozio-ökonomischen Fragen mit dem Regionalentwicklungs-Management und studieren dabei die Wechselbeziehungen zwischen Natur, Landnutzung, Gesellschaft und Politik. Im Besonderen befassen sie sich mit der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung des Alpenraums, den spezifischen Naturgefahren und dem Risikomanagement, den aktuellen Methoden zur Raumanalyse (GIS), Naturschutzparks und Tourismus sowie Öffentlichkeitsarbeit und Konfliktmanagement.

Der «Alpenmaster» richtet sich an Bachelorabsolventen in Agronomie, Forstwirtschaft, Geografie, Landschaftsarchitektur, Umweltwissenschaften oder ähnlichen Fachrichtungen. Das Studium kann sowohl im Frühlings- als auch im Herbstsemester begonnen werden. Anmeldeschluss für das Herbstsemester 2016 ist der 20. August.

**Weitere Informationen**  
www.hafl.bfh.ch

## 6th International Disaster and Risk Conference

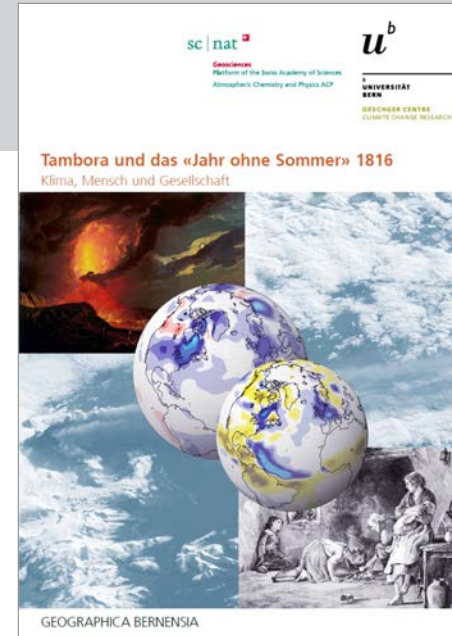
### Integrative Risk Management – towards resilient cities

August 28 until September 1, 2016, Davos

The International Disaster and Risk Conferences (IDRC) is the world's leading conferences on integrative risk management. It is a unique community of business leaders, decision makers, practitioners, UN-, IO- & NGO-agents, and scientists who share and discuss new findings and experiences about the broad spectrum of risks societies are facing today.

The 6th IDRC will be held in Davos. The conference with its various formats will again address different risk topics, cross-cutting themes and instruments focusing on urban areas and promoting resilience in cities. How to make cities less vulnerable for the many threats will be a key question. The outcomes shall contribute to a successful implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 and also integrate approaches to climate change adaptation based on the UN COP 21 Conference in Paris. Latest research findings, case studies, results-based science and technology programmes shall be presented and discussed to improve the cities' resilience.

**Further information**  
<http://idrc.info>



Im April 1815 brach in Indonesien der Vulkan Tambora aus und brachte Zerstörung über die Insel Sumbawa. Klimatische Auswirkungen zeigten sich rund um den Globus. In Europa und Nordamerika ging 1816 als das «Jahr ohne Sommer» in die Geschichte ein. In der Schweiz kam es in der Folge zu einer grossen Hungersnot – die letzte bislang.

Den Zusammenhang zwischen den klimatischen Ereignissen im Jahr 1816 und der Eruption des Tamboras hat man zwar bereits vor einem Jahrhundert erkannt. Doch erst jetzt beginnt die Wissenschaft, die mannigfaltigen Wechselwirkungen zwischen Vulkanausbrüchen und den atmosphärischen Prozessen, dem Klima, den biophysikalischen Effekten sowie den gesellschaftlichen Folgen besser zu verstehen. Wie können wir heute das Klima vor 200

## Tambora und das «Jahr ohne Sommer» 1816

**Stefan Brönnimann, Daniel Krämer:**  
**«Tambora und das Jahr ohne Sommer» 1816: Klima, Mensch und Gesellschaft»**

1. Auflage, 2016

Format A5

48 Seiten

Print 5.00 CHF; PDF kostenlos

ISBN: 978-3-905835-45-8

Geographica Bernensia, Bern

Zum Download verfügbar unter  
[www.geography.unibe.ch/tambora](http://www.geography.unibe.ch/tambora)

Jahren erforschen? War Tambora wirklich an allem Schuld? Was können wir daraus über Wechselwirkungen zwischen Klima und Gesellschaft lernen?

Eine Broschüre des Oeschger Zentrums für Klimaforschung (OCCR) der Universität Bern und der Kommission für Atmosphärenchemie und -physik der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) greift diese Fragen auf und liefert eine Synthese des Tambora-Ereignisses und seiner Auswirkungen. Im Fokus stehen dabei die Folgen in der Schweiz.

Die Broschüre ist auf Deutsch und Englisch erhältlich. Die Print-Version kann unter [gb@giub.unibe.ch](mailto:gb@giub.unibe.ch) zum Preis von 5 Franken (plus Versand) bestellt werden. Das PDF steht kostenlos zum Download zur Verfügung: [www.geography.unibe.ch/tambora](http://www.geography.unibe.ch/tambora).



## Dans les abysses du Léman

**Ulrich Lemmin (Hsg.):**  
**« Dans les abysses du Léman »**  
 1<sup>ère</sup> édition, 2016  
 152 × 220 mm, broché  
 240 pages  
 39.00 CHF  
 ISBN 9782889151059  
 PPUR, Lausanne

Niché entre la Suisse et la France, le Léman est l'un des lacs les plus connus au monde. Si sa surface est arpentée par l'homme depuis des millénaires, ses profondeurs demeurent au contraire un véritable mystère. Dans l'espoir que le Léman dévoile enfin certains de ses secrets, des scientifiques suisses et internationaux se sont aventurés à bord des sous-marins russes MIR dans les parties les plus profondes du lac, « les abysses ».

Au cours de l'été 2011 et dans le cadre du projet interdisciplinaire elemo, les chercheurs ont pu observer la morphologie surprenante des fonds à travers les hublots, récolter des échantillons des espèces mi-

croscopiques extraordinaires qui y vivent, tracer les chemins étonnants et les origines des polluants, et mettre à rude épreuve des instruments qu'ils avaient eux-mêmes développés. L'objectif: mieux comprendre les dynamiques des abysses et son effet sur l'écosystème du lac. Une mission vitale, car le Léman est le plus grand réservoir d'eau douce d'Europe occidentale et une source principale d'eau potable pour ses centaines de milliers de riverains. Il y va donc de la santé de tous, y compris de celle du lac.

C'est à cette immersion en eaux profondes et sans précédent que cet ouvrage vous invite, en retraçant ce voyage remarquable au coeur des abysses.



## Ausflug in die Glarner Geologie

**Mark Feldmann:**  
**«Ausflug in die Glarner Geologie»**  
 1. Auflage, 2016  
 247 × 207 mm, gebunden  
 209 Seiten  
 48.00 CHF  
 ISBN 978-3-85546-268-1  
 Baeschlin Verlag, Glarus

Das Glarnerland ist der einzige Kanton der Schweiz, der eine lückenlose Erdgeschichte aufzeigen kann. Von der Karbonzeit bis hin zur Gegenwart haben alle Erdzeitalter ihre Spuren hinterlassen. Diesen Umstand macht sich der Geologe Mark Feldmann in seiner neusten Publikation zunutze. Am Beispiel seines Heimatkantons gelingt ihm so eine spannende Reise durch 300 Millionen Jahre Erdgeschichte.

Sinnvoll strukturiert bietet das Buch einen Überblick über die Erdgeschichtsalter von Karbon bis Quartär und fragt nach den jeweiligen Geschehnissen in der Welt und im Glarnerland. Spalten mit Fakten laden zur vertieften Auseinandersetzung mit

dem Thema ein, sind zum allgemeinen Verständnis aber nicht zwingend. Feldmann weist zudem darauf hin, wo in Glarus das Gestein der entsprechenden Zeitalter sichtbar ist und wartet mit geologisch spannenden Wandertipps auf.

Illustriert wird das handliche Buch durch zahlreiche Fotografien und Karten, die mehrheitlich in einer neuartigen 3D-Technik erstellt wurden. Noch nie zuvor wurde die Geologie der Glarner Alpen so verständlich und anschaulich mit Fotografien, Kartenmaterial und Grafiken dargestellt. Eine Fundgrube – nicht nur für Geologen.



## Windenergieanlagen in Karstgebieten

**Schweizerische Gesellschaft  
für Höhlenforschung (Hrsg.):  
«Windenergieanlagen in Karstgebieten»**

Ausgabe 12.2015  
Als PDF zum Download verfügbar  
unter [www.isska.ch](http://www.isska.ch)

Aussi disponible en français

In der Schweiz sind zahlreiche Projekte für Windenergieanlagen in Arbeit. Ein grosser Teil davon ist auf Kreten oder auf Geländeformen aus Kalkstein, zum Beispiel der Jurakette, geplant. Die komplexe Problematik, die der Bau solcher Anlagen in Karstgebieten mit sich bringt, etwa die Ablaufgeschwindigkeit des unterirdischen Wassers, hat die Schweizerische Gesellschaft für Höhlenforschung dazu veranlasst, in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Institut für Speläologie und Karstforschung (SISKA) ein Merkblatt zum Bau von Windenergieanlagen in Karstregionen zu erstellen.

Dieses Merkblatt erklärt die Risiken und Auswirkungen von Windkraftanlagen in Karstgebieten und gibt einen Überblick über nötige Massnahmen zum Schutz der Karstlandschaft sowie der Windkraftanlage. Die Broschüre kann auf [www.isska.ch](http://www.isska.ch) heruntergeladen werden.

De nombreux projets de parcs éoliens sont en train de voir le jour un peu partout en Suisse. Une bonne partie de ces sites sont situés sur des crêtes ou des reliefs composés de roches karstiques, comme dans la chaîne du Jura. La problématique complexe que pose la construction de tout ouvrage dans le karst, ne serait-ce que par la vitesse de d'écoulement des eaux souterraines, a incité la Société suisse de spéléologie à éditer en collaboration avec l'Institut suisse de spéléologie et karstologie une notice explicative sur la construction d'éoliennes en terrain karstique.

Elle permet de mieux cerner les problèmes, les enjeux et les mesures de protection à mettre en place. Les enjeux de protection concernent d'une part le milieu karstique et d'autre part les ouvrages eux-mêmes. Cette brochure peut être téléchargée sur [www.isska.ch](http://www.isska.ch).

## Abysses

Du 21 février au 14 août 2016

Musée d'histoire naturelle Neuchâtel  
[www.museum-neuchatel.ch](http://www.museum-neuchatel.ch)



## Le mystère des profondeurs

Cette exposition lève le voile sur l'univers méconnu des abysses. Un milieu incroyable qui malgré des profondeurs extrêmes, une obscurité quasi totale, une pression écrasante et un froid glacial, accueille une vie étonnante. Pour découvrir ce monde fascinant, le Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel propose de pénétrer dans un espace unique transformé en écrin sombre qui va guider le visiteur depuis la surface vers les profondeurs les plus extrêmes.

Pour débiter sa plongée dans les abysses, le visiteur apprend à distinguer les différentes profondeurs des océans et les écosystèmes correspondants grâce à une coupe simplifiée des océans. Une chronologie illustrée de films et de photos, résume

ensuite un siècle et demi d'exploration océanographique profonde, depuis ses balbutiements au XIX<sup>ème</sup> siècle jusqu'aux robots câblés des dernières années.

C'est dans une semi-obscurité qui évoque la nuit océanique que le visiteur découvre des photographies, spécimens et vidéos de l'entre-deux eaux. Une ligne d'aquariums avec des animaux remarquables, rythme le parcours. Cette exposition itinérante, déjà présentée avec succès au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, est unique de par la rareté des animaux exposés et la qualité de leur conservation.

## Klimagarten 2085

1. April bis 18. September 2016

Alter Botanischer Garten, Zürich  
blogs.ethz.ch/klimagarten

# Klimagarten 2085 Die Pflanzenwelt unserer Zukunft



## CO<sub>2</sub>-Szenarien im Gewächshaus

Feld, Wald und Wiese, aber auch der Garten – sie alle sind vom Klimawandel betroffen. Wie sieht unsere Pflanzenwelt in der Zukunft aus? Welche Nutzpflanzen werden Schweizer Bauern künftig anpflanzen? Welche Baumarten verschwinden, welche werden wir neu bei uns antreffen? Wissenschaftler und Künstler haben sich mit diesen Fragen auseinandergesetzt und laden zu einem öffentlichen Experiment: dem Klimagarten 2085.

Im Alten Botanischen Garten in Zürich erfährt man, was globale Klimamodelle auf lokaler Ebene bedeuten. Man kann Tag für Tag mitverfolgen, wie Weizen, Mais oder Weidegras auf eine Temperaturerhöhung von zwei bis vier Grad Celsius reagieren.

Und wie sie dem Wassermangel begegnen. Dazu werden diese wichtigen Nutzpflanzen in zwei Gewächshäusern angebaut. In einem Gewächshaus wird die Temperatur auf das Szenario des UNO-Weltklimarats «Weitermachen wie bisher» eingestellt, im anderen auf das Szenario «CO<sub>2</sub>-Emissionen werden deutlich reduziert».

Jeden zweiten Donnerstag findet von 18 bis 19 Uhr eine Führung mit Vortrag zum Thema «Pflanzen und Klima» statt. Die Referate werden von Forschenden der Universitäten Zürich und Basel sowie der ETH Zürich gehalten. Keine Anmeldung erforderlich.

## Energy Challenge 2016 – Roadshow

8. Juni bis 2. Oktober 2016

Verschiedene Standorte  
www.energychallenge.ch



## Wettlauf im Energie sparen

Mit der ENERGY CHALLENGE 2016 beschreitet EnergieSchweiz, ein Programm des Bundesamts für Energie, in den Bereichen Sensibilisierung und Information neue Wege. Die nationale Challenge, die sich um die Themen Energieeffizienz und erneuerbare Energien dreht, kann man diesen Sommer in neun Energiestädten live miterleben.

Die Roadshow der ENERGY CHALLENGE 2016 ist am 8. Juni in Locarno gestartet. Weitere Stationen sind Luzern, Zürich (30.6.–3.7.), Aarau (10.–13.8.), Basel (17.–20.8.), Neuenburg (31.8.–3.9.), Montreux (7.–10.9.), Sion (21.–24.9.) und Bern (1.–2.10.). In jeder Stadt wird ein Aktionsgelände, das Energie-Village, errichtet. Es besteht aus einer Wohnbox, einem Fitnesspark, einem Ener-

giespielplatz, einer Bühne und einem Gastronomiebereich. Die Bevölkerung kann bei Aktionen mitmachen und Energie erzeugen. Als Rahmenprogramm finden in den Energie-Villages täglich kostenlose kulturelle Veranstaltungen statt.

Die Städte stehen im Wettkampf miteinander: Als Siegerin der ENERGY CHALLENGE wird jene Stadt hervorgehen, deren Bewohnerinnen und Bewohner mit der ENERGY CHALLENGE App am meisten Energie gespart haben. Die App ist kostenlos und für IOS und Android erhältlich.

## NEAT – Tor zum Süden

24. März bis 23. Oktober

Verkehrshaus Luzern  
www.verkehrshaus.ch



## Der längste Eisenbahntunnel der Welt

1882 brach mit der Eröffnung des Gotthard-Eisenbahntunnels eine neue Ära für den Transitverkehr an. 134 Jahre später findet wiederum eine bahntechnische Revolution statt: Am 1. Juni ist mit dem Gotthard-Basistunnel der längste und tiefste Eisenbahntunnel der Welt eröffnet worden. Der technische Fortschritt, der Pioniergeist und die Innovation im Tunnelbau haben diese Rekordleistung möglich gemacht. Aus diesem Anlass zeigt das Verkehrshaus in Luzern vom 24. März bis 23. Oktober die Sonderausstellung «NEAT – Tor zum Süden».

Der Tunnelbohrkopf «Sissi» und das 25 Tonnen schwere Granitrelief «San Gottardo», das dreidimensional die Topografie der

Gotthardregion zeigt, veranschaulichen die Herausforderungen, welchen sich die Tunnelbauer stellen mussten. Ein 57 Meter langes animiertes Modell des Basistunnels im Massstab 1:1000 zeigt die beeindruckende Dimension des Gebirgsprofils und dokumentiert die 50 Gesteinsschichten, die zu durchbohren waren. Handmuster, Bohrkerne und ein Klopstein laden zum Berühren und Meisseln ein.

In der Arena steht ein begehrter 15 Meter langer Tunnelabschnitt in Originalgrösse samt Bahntechnik. Und mit einer Virtual-Reality-Brille kann man den Bau der beiden Gotthard-Eisenbahntunnel mit eigenen Augen und 360-Grad-Sicht miterleben.

### IMPRESSUM

Herausgeber | Editeur: Platform Geosciences, Swiss Academy of Sciences (SCNAT)

Redaktion | Rédaction: Isabel Plana, Pierre Dèzes, Platform Geosciences

Redaktionskomitee | Comité de rédaction: Saskia Bourgeois, Meteotest, Bern; Danielle Decrouez, géologue et directrice honoraire du Muséum d'histoire naturelle, Genève; Edith Oosenbrug, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Marcel Pfiffner, Landesgeologie, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern; Bärbel Zierl, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich

Beiträge | Contributions:

Die nächsten Redaktionsschlüsse: 30. September, 31. Dezember, 31. März

Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge verantwortlich. |

Prochains délais rédactionnels: 30 septembre, 31 décembre, 31 mars

Les auteurs sont responsables du contenu de leurs articles.

Abonnement: CHF 25.– pro Jahr für vier Ausgaben | par année pour quatre éditions

Redaktionsadresse | Adresse de la rédaction:

Akademie der Naturwissenschaften, Platform Geosciences, GeoPanorama, Haus der Akademien, Laupenstrasse 7, Postfach, 3001 Bern

Tel. 031 306 93 26, redaktion@geosciences.scnat.ch, www.geopanorama.ch

Layout | Mise en page: Isabel Plana

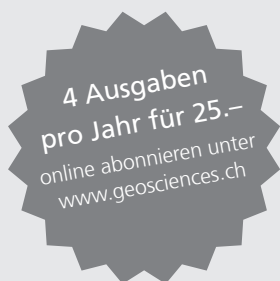
Druck | Impression: gdz, Zürich

Auflage | Tirage: 1000 Ex.

ISSN 1662-2480



28.8.–1.9.16	<b>6th International Disaster and Risk Conference</b> , «Towards resilient cities», Davos. <a href="http://idcr.info">http://idcr.info</a>
28.8.–2.9.16	<b>Swiss Climate Summer School</b> , Grindelwald, Oeschger Centre for Climate Change Research. <a href="http://www.oeschger.unibe.ch/studies/summer_school/2016/scope">www.oeschger.unibe.ch/studies/summer_school/2016/scope</a>
1.–2.9.16	« <b>Echantillonnage et mesures sur le terrain</b> », Cours en gestion de sites pollués, Université de Neuchâtel. <a href="http://www2.unine.ch/cas_sipol_atlast">www2.unine.ch/cas_sipol_atlast</a>
6.9.16	<b>Infotag Seenforschung</b> , Aktuelle Einblicke in ein bedeutendes Ökosystem, Eawag, Verkehrshaus Luzern. <a href="http://www.eawag.ch/de/lehre/weiterbildung/peak">www.eawag.ch/de/lehre/weiterbildung/peak</a>
5.–7.9.16	<b>EuroKarst 2016</b> , European Karst Conference, University of Neuchâtel. <a href="http://www.eurokarst.org">www.eurokarst.org</a>
13.–14.9.16	<b>Swiss Energy and Climate Summit 2016</b> , «Building Tomorrow», Bern. <a href="http://www.swissecs.ch">www.swissecs.ch</a>
10.–15.10.16	<b>ETH Zertifikatslehrgang</b> , 48. Block, «Geotechnische Felduntersuchungen und Bodenkennwerte», ETH Zürich. <a href="http://www.zlg.ethz.ch">www.zlg.ethz.ch</a>
29.10.16	<b>National Map Day</b> , Herbsttagung mit Werkschau, Universität Bern. <a href="http://kartografie.ch/imy/agenda">http://kartografie.ch/imy/agenda</a>
4.11.16, 10.11.16	« <b>Valorisation de la géothermie</b> », Journée de formation continue, Université de Genève. <a href="http://www.unige.ch/formcont/geodh">www.unige.ch/formcont/geodh</a>
18.–19.11.16	<b>14th Swiss Geoscience Meeting</b> , «Time in Geosciences», Geneva. <a href="http://geoscience-meeting.ch/sgm2016">http://geoscience-meeting.ch/sgm2016</a>



### Abonnement für

Name \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_