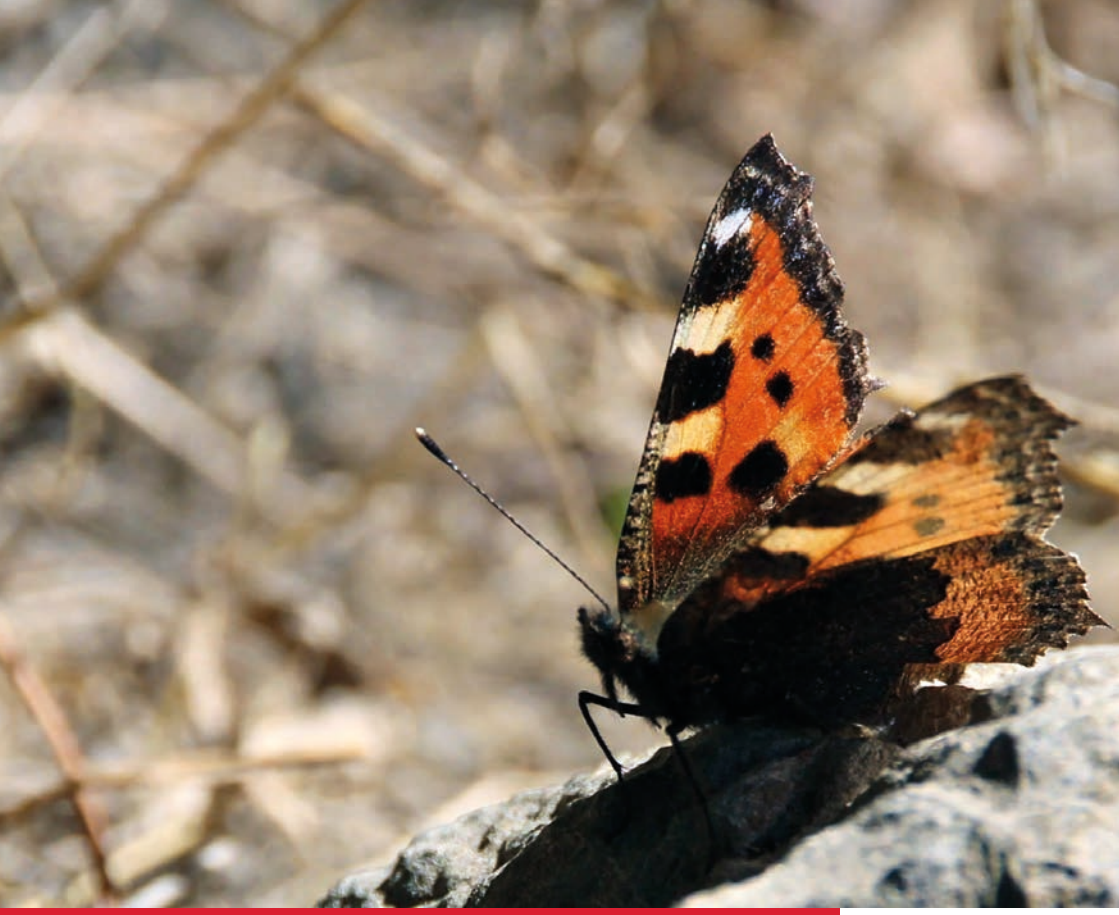
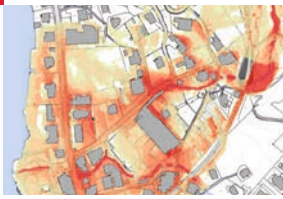




# GeoPanorama

1/2015

**Murgangschutz: Warum es sinnvoll ist, vor dem Bau numerisch zu simulieren**
Seite 9

**Des crues enfouies dans les sédiments lacustres**
Page 19

INHALT
CONTENU

25

Hochwasserschutz: Ein Modell berechnet den Geschiebetransport

**TITELBILDER | IMAGES DE COUVERTURE:**
Gross: Der «Kleine Fuchs», ein Schmetterling der Familie der Edelfalter, fliegt bald wieder rund um den Oeschinensee. (Bild: Corina Lardelli)
Klein: Numerische Simulation des Fliessweges eines Murgangs.
(Abbildung: Geländemodell: swisstopo, Plangrundlage: Geoportal Kanton Luzern)
Grande photo: La « petite tortue », un papillon de la famille des Nymphalidae, prendra bientôt son envol autour du Lac d'Oeschinen. (Image : Corina Lardelli)
Petite photo: Simulation numérique de l'écoulement d'une lave torrentielle.
(Images: Modèle numérique de terrain : swisstopo, plan : Geoportal Kanton Luzern)

sc | nat
Geosciences
Platform of the Swiss Academy of Sciences

15 Wie Gleitschnee mit dem Radar untersucht wird

30 Rossana Martini: « Le géologue ne finit jamais d'apprendre »

## FOKUS | FOCUS


5 Archäologie und Geologie der Badener Bäder

9 Laves torrentielles: Une vérification numérique des futurs ouvrages de protection

15 Gleitschnee: Wie erforscht wird, unter welchen Bedingungen Lawinen entstehen

19 Wenn Hochwasser ihre Spuren in Seesedimenten hinterlassen

25 Ein neues Modell berechnet den Geschiebetransport in Gebirgsflüssen realitätsnah

28 swisstopo

30 Blick in den Berufsalltag | Le métier au quotidien


## MITTEILUNGEN | COMMUNICATIONS


33 Medienmitteilungen | Communiqués de presse

34 Veranstaltungen | Manifestations

36 Neuerscheinungen | Nouvelles publications

38 Ausstellungen | Expositions

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Mit dieser Ausgabe verabschieden wir uns schweren Herzens von Bianca Guggenheim, die nach sechs Jahren als Redakteurin dieses Magazins beschlossen hat, mehr Zeit mit ihren Kindern zu verbringen. Von ihrem Enthusiasmus und ihrer Professionalität hat das «GeoPanorama» in all den Jahren sehr profitiert. Unter Biancas Federführung wurde «Geoscience Actuel» visuell aufgefrischt und als «GeoPanorama» neu lanciert. Auch wenn die «Verpackung» sicherlich wichtig ist und das Magazin optisch attraktiver macht, hat das «GeoPanorama» aber vor allem inhaltlich von Biancas Fähigkeiten profitiert. Nicht nur war sie stets auf der Suche nach interessanten und vielseitigen Themen für unsere Leser. Sie hat mit ihrer redaktionellen Überarbeitung der Artikel auch dafür gesorgt, dass das Magazin an Qualität gewonnen hat.

Als Nachfolgerin für Bianca dürfen wir auf der Redaktion des «GeoPanorama» ab sofort Isabel Plana begrüssen. Nach ihrem Geografiestudium an der Universität Zürich hat sie als Redakteurin der Wochenzeitung «Glattaler» gearbeitet sowie als freischaffende Journalistin unter anderem für MeteoSchweiz und die Schweizer Berghilfe. Wir sind sicher, dass Isabel dank ihrer Ausbildung als Geografin und ihrer journalistischen und redaktionellen Erfahrung ein ebenso breites Spektrum an Artikeln präsentieren wird. Und sie wird unseren Lesern vielleicht auch neue Horizonte eröffnen.

Pierre Dèzes

Chère lectrice, cher lecteur,

Avec ce numéro de «GeoPanorama» nous prenons malheureusement congé de Bianca Guggenheim qui, après six ans passés à la rédaction de ce journal, a décidé de consacrer plus de temps à voir ses trois enfants grandir. Durant toutes ces années, «GeoPanorama» a grandement profité non seulement de son enthousiasme, mais également de son exigence professionnelle. C'est sous la houlette de Bianca, que «Geoscience Actuel» a subit une mue progressive de son graphisme pour finalement éclore en tant que «GeoPanorama». Mais si «l'emballage» est certes important et rend ce journal bien plus attractif visuellement, c'est surtout au niveau du contenu que ce journal aura profité des talents de Bianca. Non seulement elle a toujours su être à l'affut de thèmes intéressants et variés à proposer à nos lecteurs, mais c'est surtout grâce a son travail de rédaction des articles que ce journal aura gagné en qualité.

Comme successeure de Bianca à la rédaction du prochain «GeoPanorama», nous aurons le plaisir d'accueillir Isabel Plana. Après des études de géographie à l'Université de Zurich, Isabel a travaillé comme journaliste indépendante entre autres pour MétéoSuisse, l'Aide Suisse aux Montagnards ou l'hebdomadaire «Glattaler». Nous sommes certains que grâce à sa formation de géographe et son expérience en matière de journalisme, Isabel saura également proposer un large panorama d'articles et qui sait peut-être ouvrir nos lecteurs à de nouveaux horizons.

Pierre Dèzes

# Von heissen Quellen und schwierigem Baugrund: Archäologie und Geologie der Badener Bäder

**Weil in Baden keine tief reichenden Bauhilfsmassnahmen eingesetzt werden dürfen, zählen die Geologen auch heute noch auf die Erfahrungen der Römer. Für die geplanten Neubauten greifen die Bauingenieure auf die vor über 2000 Jahren gemachten Erfahrungen zurück.**

ANDREA SCHAER UND JÜRG STÄUBLE

Der ehemalige Weltkurort Baden soll zu neuem Leben erweckt werden. Ein neues Thermalbad und weitere Bauten des bekannten Tessiner Architekten Mario Botta werden den Badener Bädern in den nächsten Jahren neues Leben einhauchen.

Aktuell wird in der Klus von Baden das Wasser von 20 Thermalquellen erfasst. 18 Quellfassungen liefern zwischen 570 und 950 Liter heisses Wasser pro Minute. Die Temperatur des Wassers beträgt durchschnittlich 47 Grad Celsius. Aus zwei so genannt «kalten Quellen» tritt etwas kühleres Wasser aus, welches mit 25 Grad Celsius aber immer noch als Thermalwasser bezeichnet wird. Das Thermalwasser enthält hohe Anteile an Mineralsalzen (hauptsächlich gelöstes Steinsalz und Gips). Das Wasser führt zudem Gase wie beispielsweise Kohlensäure und Schwefelwasserstoff. Letzterer ist für den Geruch nach faulen Eiern verantwortlich.

**Geschichte der Badener Thermalquellen**

Vermutlich kannten und besuchten die in der Region der heutigen Stadt Baden lebenden Menschen bereits vor über 2 000 Jahren die dortigen Thermalquellen. Um die Zeitenwende begannen die Römer die Thermalquellen im Limmatknie zu fassen, und bauten grosse Thermenanlagen. Das Heilbad und die Siedlung von «Aquae Helveticae» (lat. Heilquellen in Helvetien) sind entstanden. Im Mittelalter wurde Baden zum führenden Heilbadeort nördlich der Alpen. Zahlreiche gekrönte Häupter aus ganz Europa besuchten die Stadt und ihre Bäder. Während des Bade- und Kurbooms des 19. Jahrhunderts wurde Baden zum Weltkurort. Im 20. Jahrhundert verlor der Badekurort dann immer mehr an Bedeutung: Verschiedene Hotels und Badeanlagen wurden geschlossen.

## Herkunft des Thermalwassers

Die Thermalquellen von Baden und Ennetbaden entspringen im Kern der Lägernfalte – dort, wo das Limmattal die ältesten Felsschichten anschneidet. Das Thermalwasser des Muschelkalks steht unter Druck und steigt deshalb selbständig an die Terrainoberfläche auf – immer dort, wo der generell schlecht durchlässige Deckel aus Keupermergel Löcher aufweist. Die durchlässigen Stellen sind durch Gipslösung (Gipskarst) und Brüche im Fels entstanden. Durch Nachgrabungen und Bohrungen an den ursprünglich natürlichen Thermalwasseraufstössen sind die heutigen Quellfassungen entstanden. Diese sind somit nicht zufällig verteilt, sondern entlang der linearen Bruchstrukturen (tektonische Störungen) H-förmig angeordnet (siehe Grafik auf Seite 7). Die im Vorfeld der geplanten Bauvorhaben zwischen 2009 und 2012 durchgeführten archäologischen

Grabungen und geophysikalischen Untersuchungen haben gezeigt, dass im Fels noch weitere tektonische Störungen vorhanden sind. Es ist deshalb davon auszugehen, dass neben den bereits gefassten Quellen noch weitere Thermalwasseraufstösse vorhanden sind, deren Wasser unbemerkt in der Lockergesteinsbedeckung über dem Fels wegsickert oder in die Limmat austritt.

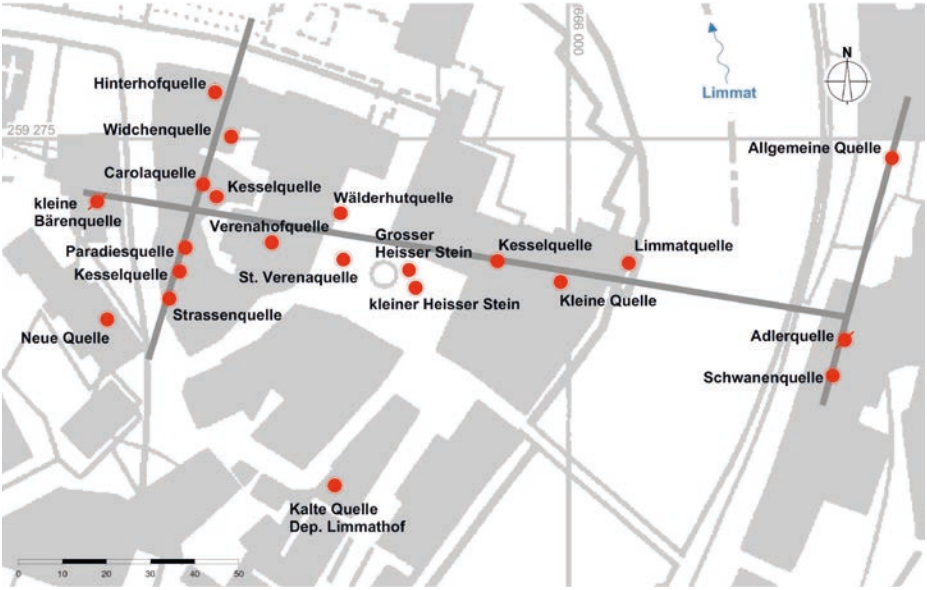
## Römische Pionierleistungen

Bei den archäologischen Ausgrabungen waren die römischen Thermenanlagen, deren Reste in der Limmatbiegung untersucht werden konnten, von besonderem Interesse. Mit dem Bau der römischen Thermen beginnt die Bädergeschichte von Baden. Die dafür geschaffenen baulichen und hydrotechnischen Voraussetzungen bilden die Grundlage für alle späteren Bauten und Badeinrichtungen in den Bädern. Die Römer erfassten auf der tiefsten Flussaue unmittelbar in der Flussbiegung verschiedene Thermalwasseraufstösse und bauten ihre Bäder direkt auf dem Keuperfels. Sie hatten aber schon bald mit Schwierigkeiten zu kämpfen: Einerseits mussten die nahe am Fluss gelegenen Bauten vor dem Limmathochwasser geschützt werden, andererseits verläuft unter einem Teil der römischen Bauten eine tektonische Störung, längs welcher es durch die permanente Lösung von Gips zur Entstehung von Dolinen kam.

## Eine bewegte Baugeschichte

Als erste grössere Baumassnahme legten die Römer den Untergrund frei. In einem aus Eichenbohlen gefertigten Kasten wurde der Thermalwasseraufstoss gefasst. Dendrochronologische Datierungen haben ergeben, dass die verwendeten Bauhölzer zwischen 18 und 21 Jahren nach Christus geschlagen wurden. Die ersten Thermalwasserfassungen sind damit zu Beginn des zweiten Jahrzehnts nach Christi Geburt entstanden.

Die dendrochronologischen Datierungen liessen weitere Schlüsse zu: Zwischen 29 und 31 nach Christi Geburt fand ein grösserer Ausbau der Thermenanlagen statt. Der Untergrund wurde mit Eichenstämmen befestigt. Auf massiven, aus Terrazzomörtel (mit Ziegelschrot durchsetzter Kalkmörtel) gegossenen Fundamentplatten wurden Gebäude mit beheizten Räumen erbaut. Offenbar gelang es den römischen Baumeistern aber nicht, die Naturkräfte zu kontrollieren. Bereits nach knapp zwei Jahrzehnten wies die Fundamentierung durch die Auswaschung des Untergrundes so massive Schäden auf, dass eine umfassende Neufundamentierung und Neubebauung des Areals in Angriff genommen werden musste. Dabei wurde die erwähnte Quellfassung aufgegeben. Offensichtlich war diese Fassung für die weitere Nutzung nicht geeignet. Durch das Verstopfen dieser Quelle konnte vermutlich die Schüttungsmenge anderer, im Konzept der Bauherren besser gelegenen Quellfassungen erhöht werden. Die aufgegebene Quelle wurde mit einer Holzkonstruktion überspannt. Anschliessend wurde darüber eine Fundamentplatte aus Terrazzomörtel gegossen. Auf diesen Fundamenten errichteten die Römer abermals beheizte Räume, vermutlich Schwitz- und Dampfbäder. Erneut konnten die unterirdischen Setzungs- und Auswaschungsprozesse nicht gestoppt werden und verursachten im Laufe der Zeit weitere Schäden. Im 3. Jahrhundert wurden die Beschädigungen zu stark und die Bauten im




Lage der Badener Thermalwasserfassungen: Diese sind H-förmig entlang der linearen Bruchstrukturen, die durch tektonische Störungen entstanden sind, angeordnet (die Adlerquelle existiert nicht mehr). (Grafik: Jürg Stäuble)

Ruinen römischer Badegebäude: Durch die Auswaschung und Setzung des Untergrunds wurden diese stark verkippt und zerrissen. (Bild: Kantonsarchäologie Aargau)

betroffenen Bereich mussten aufgegeben werden.

Die gemeinsamen Abklärungen von Archäologen und Geologen haben bisher weitgehend unbekannte Informationen über die Eigenheiten des Untergrunds im Bereich der Badener Thermalquellen zutage gebracht. Die Erkenntnisse zur Ursache der Schäden an den römischen Bauten und die von den damaligen Baumeistern getroffenen Massnahmen beeinflussten auch die aktuelle Planung: Die Fundamentierung der geplanten Neubauten wurde überdacht und neu erarbeitet.

Der geplante Neubau liegt im Thermenschutzbereich, wo keine tief reichenden Bauhilfsmassnahmen (Pfähle, Jetting, Injektionen etc.) zulässig sind. Die Geologen und Bauingenieure haben deshalb ein spezielles Konzept für das Fundament entwickelt, welches ein vollflächiges, steifes Abfanggeschoss unter dem geplanten Untergeschoss vorsieht. Dieses soll die Überbrückung von Störungszonen und Einsturztrichtern sicherstellen und für möglichst gleichmässig verteilte Bodenpressungen sorgen.

Andrea Schaer
Kantonsarchäologie Aargau
andrea.schaer@ag.ch

Dr. Jürg Stäuble
Geologisches Büro Dr. Heinrich Jäckli AG
staeuble@jaeckli.ch

# Murgänge: Wenn Simulationsresultate in die Massnahmenplanung fliessen

**Im Rahmen des integralen Schutzkonzeptes (ISK) für den Vitznauer Plattenbach wurden numerische Simulationsresultate direkt in die Massnahmenplanung miteinbezogen. Dieses Vorgehen ist in der Schweiz noch nicht Standard, obwohl bauliche Schutzmassnahmen so ideal beurteilt und optimiert werden können.**

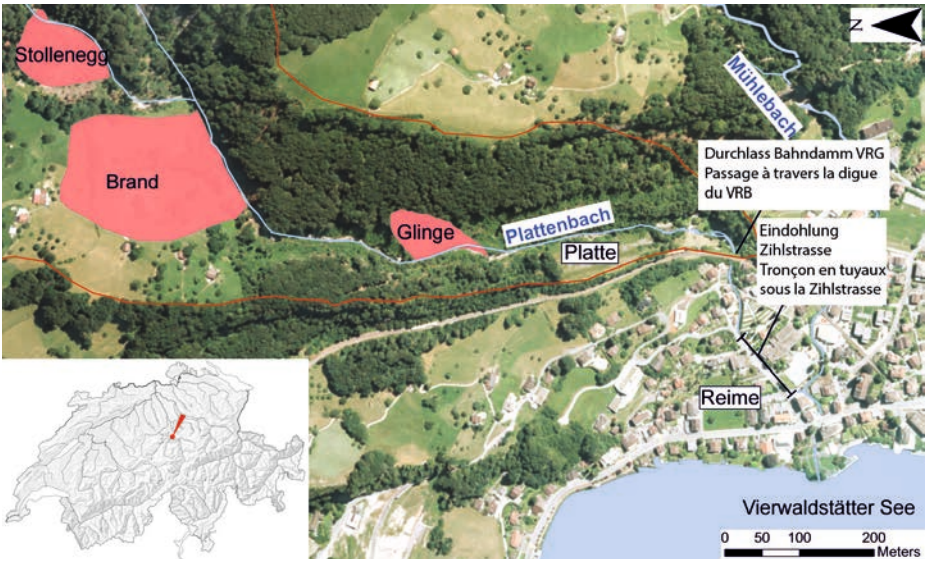
# Laves torrentielles: Une vérification numérique des futurs ouvrages de protection

**Les résultats de simulations numériques ont été inclus directement dans la planification des mesures inhérentes au concept de protection intégrée du Plattenbach, un torrent qui traverse le village de Vitznau (LU). Bien qu'elle permette d'évaluer et d'optimiser idéalement des mesures de protection.**

BENJAMIN HOHERMUTH, CHRISTOPH GRAF, JÖRN HEILIG

Will man die von einem Murgang ausgehende Gefahr erfassen, so müssen verschiedene Murgangkenngrössen anhand von historischen Daten und durch Feldbegehungen festgelegt werden. Für den Vitznauer Plattenbach haben die Verantwortlichen eine erste

Pour appréhender le danger imputable à une lave torrentielle, il faut en établir différents paramètres sur la base de données historiques et de levés de terrain. Les responsables de la sécurité liée au Plattenbach de Vitznau ont d'abord estimé le danger dans




Die Gegend rund um den Vitznauer Plattenbach: Das Einzugsgebiet des Bergbachs ist durch eine rote Linie abgegrenzt, die Rutschgebiete sind rot hinterlegt. | Alentours du Plattenbach de Vitznau : le bassin versant du torrent est délimité par une ligne rouge et les zones de glissement sont indiquées par une surface rouge. (Kartendaten: swissimage/swisstopo)

Gefahrenbeurteilung im Rahmen des «Vorprojektes ISK Plattenbach 2011» erarbeitet. Diese wurde vom «ISK Vitznauer Bäche» 2013 überprüft und leicht angepasst.

Die Beurteilung kam zu klaren Resultaten: Die Feststoffe im Plattenbach stammen von drei tiefgründigen Rutschungen im Einzugsgebiet (siehe Abbildung auf der vorhergehenden Seite). Der Plattenbach verläuft mehrheitlich auf Fels, wodurch weitere Materialeinträge durch progressive Erosion vernachlässigt werden können. Die Randbedingungen für die numerische Simulation – ein bekanntes Startgebiet und ein gut abschätzbares Ereignisvolumen – sind also weitgehend klar. Einzig das maximale Schubvolumen, welches durch die Transportkapazität des Plattenbachs beeinflusst wird, birgt relativ grosse Unsicherheiten.

le cadre d'un avant-projet intitulé « Vorprojekt ISK Plattenbach 2011 », puis ils ont vérifié et légèrement modifié leur appréciation lors de l'étude « ISK Vitznauer Bäche 2013 »

La conclusion est claire: les matériaux solides qui jonchent le lit du Plattenbach proviennent de trois glissements profonds situés dans le bassin versant (voir figure page précédente). Comme le torrent coule principalement sur du rocher, on est en droit de négliger l'apport de matériaux dû à l'érosion des berges. Les conditions pour réaliser une simulation numérique — une zone de départ connue et des événements de volume aisé à estimer — sont donc en grande partie satisfaites. Seul le volume maximal des coulées, influencé par la capacité de charriage du Plattenbach, est entaché d'incertitudes notables.

**Einsatz numerischer Modelle bei Murgang-Ereignissen**

Murgänge kommen im alpinen und voralpinen Raum zwar relativ selten vor, die daraus entstehenden Schäden können aber sehr gross sein. Insbesondere deshalb sind numerische Simulationsmodelle wie das an der WSL entwickelte RAMMS (Rapid Mass Movement System) so wichtig. Modelle wie dieses sind bei der Beschreibung der Ausbreitung und Reichweite von Murgängen gut einsetzbar. Sie ermöglichen es, verschiedene Szenarien und Annahmen rechnerisch zu testen und auf Schwachstellen hin zu überprüfen. Nachdem der Ist-Zustand anhand numerischer Modelle realistisch beschrieben wird, können Vorschläge für mögliche Massnahmen entwickelt und überprüft werden.

**Application de modèles numériques aux laves torrentielles**

Les laves torrentielles sont relativement rares dans les Alpes et les Préalpes, mais les dégâts qu'elles occasionnent peuvent être considérables. C'est pourquoi les modèles de simulation comme le logiciel RAMMS (Rapid Mass Movement System), développé au WSL, sont importants. Ils se prêtent bien pour décrire l'extension et la distance de propagation des laves torrentielles. Ils permettent de tester numériquement divers scénarios et hypothèses et d'examiner les points faibles des torrents. Une fois la situation présente décrite d'une manière réaliste à l'aide de modèles numériques, il est possible de concevoir des mesures de protection et de les soumettre au banc d'essai.

## Reibung bestimmt den Murgangumfang

Das in RAMMS (siehe Kasten auf der gegenüberliegenden Seite) implementierte rheologische Modell nach Voellmy-Salm beschreibt die Reibung in einem Murgang mit zwei Parametern; einem geschwindigkeitsunabhängigen Term für die trockene Reibung und einem geschwindigkeitsabhängigen Term für die turbulente innere Reibung. Die beiden Parameter steuern die Fliessgeschwindigkeit und die Reichweite des simulierten Murganges. Diese Reibungsparameter können nicht direkt ermittelt werden, sie müssen anhand von gut dokumentierten Ereignissen und Analogieschlüssen aus vergleichbaren Murganggerinnen kalibriert werden.

Für den Plattenbach wurde nur ein Murgangereignis aus dem Jahre 1910 dokumentiert: Damals löste sich nach starken Regenfällen im Gebiet Stollenegg eine Rutschung, wodurch es zu einem sehr grossen Murgang kam. Gemäss einer historischen Quelle hat dieser das alte Schulhausareal im Gebiet Reime ein bis zwei Meter hoch überflutet. Anhand dieser Quelle sowie mithilfe des heutigen Geländeverlaufs auf dem Schwemmkegel konnte die totale Ausbreitung des Murgangs rekonstruiert werden. Dank dieser Informationen konnte ein plausibler Bereich für die Reibungsparameter des numerischen Modells definiert werden.

## Korrekte Geländemodelle sind wichtig

Digitale Geländemodelle (DGM) bilden die Basis für numerische Simulationen. Sensitivitätsanalysen haben gezeigt, dass alle Auflösungen, die Flächen von mehr als fünf auf fünf Meter berücksichtigen, schmale, tief eingeschnittene Gerinne wie den Platten-

Le frottement détermine la taille des laves torrentielles

Le modèle rhéologique selon VoellmySalm implémenté dans le logiciel RAMMS (voir encadré ci-contre) utilise deux paramètres pour décrire les frottements dans une lave torrentielle: un terme indépendant de la vitesse est appliqué au frottement sec et l'autre, tributaire de la vitesse, au frottement interne en régime turbulent. Ces deux paramètres déterminent la vitesse d'écoulement et la distance de propagation des laves torrentielles simulées. Ils ne peuvent pas être établis directement, aussi faut-il les calibrer en partant d'événements bien documentés et en procédant par analogie avec des chenaux comparables sujets à des laves torrentielles.

Dans le Plattenbach, seule une lave torrentielle datant de 1910 est documentée: de fortes pluies avaient déclenché, dans le secteur de Stollenegg, un glissement de terrain qui avait dégénéré en grande lave torrentielle. D'après une source historique, la coulée avait submergé le périmètre de l'ancienne école située dans le quartier de Reime jusqu'à une hauteur d'un à deux mètres. Son extension totale a été reconstituée en tenant compte de cette source et de la morphologie actuelle du cône de déjection. Ces informations ont permis d'assigner une fourchette plausible aux paramètres de frottement du modèle numérique.

## Des modèles numériques de terrain précis sont importants

Les simulations sont basées sur des modèles numériques de terrain (MNT). Une analyse de sensibilité a indiqué que les résolutions de maille supérieure à cinq mètres sur cinq

bach nicht genügend detailliert abbilden können. Dadurch werden Ausbrüche aus dem Gerinne falsch simuliert. Für Berechnungen innerhalb des Siedlungsgebietes werden Geländedetails erst ab Auflösungen, die Flächen von einem auf einen Meter berücksichtigen, zufriedenstellend dargestellt. Deutlich wichtiger als die Auflösung des DGM bleibt aber die Güte der Geländedaten: Die Qualität und Aktualität des DGM fällt bei den Simulationen viel mehr ins Gewicht als die Variation der Reibungsparameter (siehe Abbildung auf der gegenüberliegenden Seite). Es ist deshalb wichtig, dass ein DGM vorab durch Feldbegehungen überprüft und allenfalls durch Vermessungsaufnahmen optimiert wird.

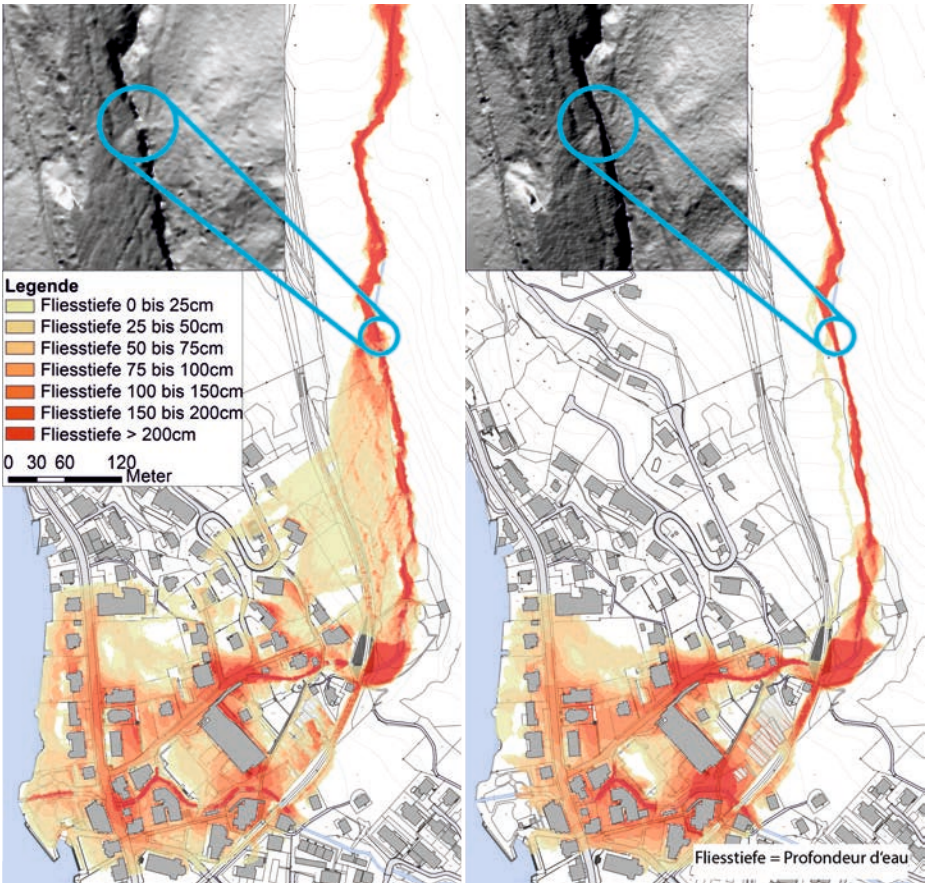
## Überprüfung der Schutzmassnahmen

Dank einer neuen RAMMS-Funktion können Gebäude und bauliche Schutzmassnahmen im numerischen Modell nun ebenfalls berücksichtigt werden: So genannte «No-Flux»-Zellen ermöglichen das Ausschneiden von Zellen aus dem Berechnungsgitter. So können bestimmte Bereiche als nicht durchströmbar definiert werden. An den Zellenrändern können dazu Kennwerte wie Fliesshöhe und -geschwindigkeit als Eingangsgrössen für die Dimensionierung von Schutzbauwerken abgelesen werden. Was, wenn zu viel Material kommt und die Rückhaltebecken überlastet sind? Im Modell können in einem weiteren Schritt sogar Objektschutzmassnahmen getestet und optimiert werden: Durch numerische Simulationen kann überprüft werden, ob bestimmte Massnahmen sich allenfalls negativ auf benachbarte Gebäude auswirken und die Intensitäten dort erhöhen. RAMMS liefert damit eine objektive Grundlage zur Beurteilung

étaient insuffisantes pour restituer d'une manière assez détaillée les chenaux encaissés comme celui du Plattenbach. Les arrachements dans le chenal ne sont alors pas simulés correctement. Lorsque les calculs portent sur une localité, les détails du terrain ne sont représentés correctement que si la maille est inférieure ou égale à un mètre. Mais plus importante encore est la pertinence des données décrivant la morphologie: la qualité et l'actualité des MNT influencent beaucoup plus les simulations que les variations des paramètres de frottement (voir figure page ci-contre). Il est donc important de vérifier les modèles numériques de terrain sur place et de les améliorer si nécessaire à l'aide de mensurations.

## Vérification des mesures de protection

Grâce à une nouvelle fonction implémentée dans le logiciel RAMMS, il est désormais possible de considérer les bâtiments et les ouvrages de protection dans le modèle numérique de terrain: l'attribut « NoFlux » permet de fixer dans la grille de calcul des cellules qui ne pourront pas être parcourues par des laves torrentielles. On peut aussi tirer des caractéristiques telles que la hauteur et la vitesse d'écoulement dans les cellules de bordure et utiliser ces valeurs pour dimensionner des ouvrages de protection. Que se passe-t-il lorsqu'un bassin de rétention des matériaux charriés est surchargé par l'arrivée de matériaux? Le modèle permet également de tester des mesures de protection d'objets et de les optimiser: on peut même recourir à la simulation numérique pour examiner si certaines mesures ont éventuellement une incidence négative sur des bâtiments voisins en y augmentant l'intensité des laves torrentielles. Le logiciel




Die der numerischen Simulation zugrunde liegenden digitalen Geländemodelle sind enorm wichtig: Der Fliessweg auf dem DGM der amtlichen Vermessung (links) unterscheidet sich aufgrund eines kleinen Artefakts, welcher zu unrealistischen Ausbrüchen führt, stark vom Fliessweg auf einem DGM, das auf einer aktuellen LIDAR Überfliegung basiert (rechts). | Le choix du modèle de terrain utilisé pour réaliser une simulation numérique est crucial: le cheminement d'une lave torrentielle dans le MNT tiré de la mensuration officielle (à gauche) diffère considérablement, à cause d'un petit artefact qui simule des arrachements irréalistes, de son cheminement dans un MNT basé sur un survol LIDAR (à droite). (Geländemodell|Modèle numérique de terrain: swisstopo, Plangrundlage|plan:Geoportal Kanton Luzern)

der Restintensität nach Massnahmen und zur Beurteilung ihrer Wirksamkeit.

## Expertenwissen bleibt unersetzbar

Nach der Kalibrierung gibt das numerische Modell den mutmasslichen Fliessweg und die Reichweite des Murgangs von 1910 wieder. Eine Sensitivitätsanalyse erfasste den Einfluss der Berechnungsparameter und legte eine optimale Auflösung des Geländerasters fest. Aus den Berechnungsresultaten

RAMMS fournit donc une base objective pour évaluer l'intensité résiduelle d'un événement une fois les mesures mises en œuvre et pour vérifier l'efficacité de ces mesures.

## Le savoir des experts reste irremplaçable

Le modèle numérique, une fois calibré, restitue le cheminement et la distance de propagation probables de la lave torrentielle de 1910. Une analyse de sensibilité a révélé

der verschiedenen Szenarien wurden Intensitätskarten abgeleitet und so verschiedene Massnahmenvorschläge evaluiert. Die numerischen Simulationen können einen erheblichen Beitrag zur Dimensionierung und Optimierung von Massnahmen leisten, sie ersetzen aber niemals das Expertenwissen sowie klassische Bemessungsansätze. Im Idealfall werden die beiden Methoden ergänzend eingesetzt.

## Mehr Sicherheit in Vitznau

Die numerischen Simulationen von Murgängen im Plattenbach haben zur Optimierung der Sicherheitsmassnahmen rund um den Vitznauer Bergbach beigetragen. Zum Schutz vor Murgängen sind im Rahmen «ISK Vitznauer Bäche» konkrete Massnahmen geplant: Das Geschiebe soll vorerst im Gebiet Brand zurück gehalten werden. Sollte dies einmal nicht ausreichen, so sorgt ein Überlastkorridor auf dem Kegel für den Abtransport des Materials. Der Überlastkorridor soll entlang der Zihlstrasse ausgeschieden werden (siehe Abbildung auf Seite 9). Mit der Überprüfung der baulichen Schutzmassnahmen im numerischen Modell können weitere Erkenntnisse, etwa für die Planung von ergänzenden organisatorischen Massnahmen, gewonnen werden.

Benjamin Hohermuth
hohermuth@vaw.baug.ethz.ch

Christoph Graf,
christoph.graf@wsl.ch

Jörn Heilig
Joern.heilig@holinger.com

l'influence des paramètres intervenant dans les calculs et permis de déterminer la résolution optimale de la grille. Les résultats obtenus lors du calcul de différents scénarios ont été utilisés pour établir des cartes des intensités et proposer ensuite des mesures de protection. Les simulations numériques sont d'une grande utilité pour dimensionner et optimiser les mesures, mais elles ne remplaceront jamais le savoir des experts et les modes de dimensionnement classiques. Dans le cas idéal, les deux méthodes sont appliquées en complément l'une de l'autre.

## Le village de Vitznau mieux protégé

Les simulations numériques des laves torrentielles qui dévalent le Plattenbach ont participé à l'amélioration de la sécurité aux alentours de ce torrent qui traverse Vitznau. Des mesures concrètes ont été planifiées dans le cadre de l'étude « ISK Vitznauer Bäche » afin de protéger le village contre les laves torrentielles: les matériaux charriés seront d'abord retenus dans le secteur de Brand, puis, si cela devait s'avérer insuffisant, un couloir de décharge aménagé le long de la Zihlstrasse acheminerait le surplus à travers le cône de déjection (voir figure page 9). Le modèle numérique, appliqué pour étudier des mesures de protection relevant de la construction, fournit également des informations qui aideront à concevoir des mesures d'organisation complémentaires.

**Traduction:**
Christian Marro
TRADUCTONET
chmarro@traductonet.ch

# Gleitschnee: Wie erforscht wird, unter welchen Bedingungen Lawinen entstehen

**Gleitschnee und Gleitschneelawinen können Menschen und Infrastrukturen gefährden. Über die kritische Anfangsphase des Schneegleitens ist noch wenig bekannt. Mittels Terrestrischer Radar-Interferometrie können nun erstmals Gleitschnee-Aktivitäten im Hang berührungslos und mit grosser Präzision erfasst werden. Die so gewonnenen Daten ermöglichen neue Einblicke in die Entstehung von Gleitschneelawinen.**

RAFAEL CADUFF, ANDREAS WIESMANN, YVES BÜHLER, CHRISTINE PIELMEIER

Langsam gleitende Schneemassen können enorme Kräfte entwickeln – das wurde im Winter 2011/12 besonders deutlich. Damals glitten in der Schweiz vielerorts meterhohe Schneepakete auf dem ungefrorenen Boden ab. Dies führte insbesondere in Schneesportgebieten zur Gefährdung der Infrastruktur. So kam es beispielsweise in Lungern-Schönbüel zur Beschädigung eines Sesselliftes durch das langsame Schneegleiten. Daneben ist es möglich, dass aus den gleitenden Schneemassen nach starker Beschleunigung selbst in relativ flachem Gelände Gleitschneelawinen entstehen. Für die Prognostiker sind diese Lawinen besonders schwierig voraussehbar, da momentan nur Modelle zur Verfügung stehen, die auf Wetterdaten basieren. Bisher standen nicht ausreichend Daten zur Entwicklung und Validation verfeinerter Modelle zur Verfügung. Solch präzise Daten – beispielsweise über das Gleitverhalten der Schneedecke – wurden bisher nur punktuell mit aufwändigen Instrumenten wie mit Gleitschuhen, die vor dem Einschneien angebracht wurden, erhoben. Flächige Messungen, etwa mit bildbasierten Techniken, können erst eingesetzt werden, wenn bereits Extensionsrisse, so genannte «Fischmäuler», in der Schneedecke sichtbar werden.

## Schneeoberflächen im Mikrowellenradar

Dank Radar-Interferometrie können erstmals detaillierte Einblicke ins Deformationsverhalten der Schneedecke gewonnen werden: Die Terrestrische Radar-Interferometrie stellt eine neue, berührungslose Methode dar, anhand welcher das langsame Rutschverhalten der Schneedecke gemessen werden kann. Von einem fixen Standort aus wird die Oberfläche mit schwachen Radiowellen im Mikrowellenband mit Wellenlängen im Zentimeter-Bereich beleuchtet. Das ausgesendete Signal wird von der Schneeoberfläche zurück gestreut. Das empfangene Echo beinhaltet einerseits Informationen über die Stärke des zurück gestreuten Signals, andererseits – da es sich bei den Interferometern um so genannt kohärente Systeme handelt – aber auch über den Wellendurchgang (die so genannte Phase). Resultat dieses Echos ist ein zweidimensionales Bild der Oberfläche. Die Auflösung beträgt normalerweise wenige Meter. Jeder Bildpunkt enthält Informationen bezüglich der Intensität und der Phase.

Die absolute Distanz zwischen dem Messgerät und der Oberfläche kann aufgrund von Limitierungen in der Auflösung nur auf 80 Zentimeter genau bestimmt werden. Dennoch ist es anhand der Phasendifferenzen zweier Phasenbilder möglich, die Oberflächenverschiebungen entlang der Blickrichtung des Messgerätes zu erkennen – und zwar bereits im Bereich von Millimetern. Aufgrund dieser Eigenschaften wird

die Terrestrische Radar-Interferometrie häufig zur Überwachung und Vermessung von instabilen Felswänden eingesetzt. Hier liefern selbst Messungen in Abständen von mehreren Monaten wichtige Informationen über die Felsstabiltät. Schnee hingegen ist sehr dynamisch. Insbesondere Schmelz- und Umwandlungsprozesse verursachen starke Störungen in den Phasenbildern. Die dielektrischen Eigenschaften von nassem und trockenem Schnee unterscheiden sich stark – und somit auch die Rückstreueigenschaften im Radarsignal. Wenn die Änderungen zu gross werden, was im Schnee innert weniger Minuten geschehen kann, wird von einem Kohärenzverlust des Signals gesprochen. Dann kann keine quantitative Aussage mehr gemacht werden.

## Über Schneespuren zur Lawinendetektion

Erste Tests mit dem «Gamma Portable Radar Interferometer» (GPRI) fanden im Frühjahr 2012 und 2013 auf der Mägisalp im Skigebiet Meiringen-Hasliberg statt. Sie haben gezeigt, dass interferometrische Schneemessungen sinnvolle Resultate liefern. So konnten beispielsweise einzelne Spuren von Variantenfahrern exakt lokalisiert werden. Dies, weil nicht nur dielektrische, sondern auch mechanische Änderungen der Schneedecke zu einem Kohärenzverlust im Radar-Phasenbild führen. Sehr schnelle, lokale Störungen in der Schneedecke können mittels der Bestimmung der Kohärenz detektiert und kartiert werden. Somit sind auch Lawinenabgänge detektierbar, was anhand von zwei kontrollierten Lawinenexperimenten bestätigt werden konnte. Letztere wurden vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung organisiert.

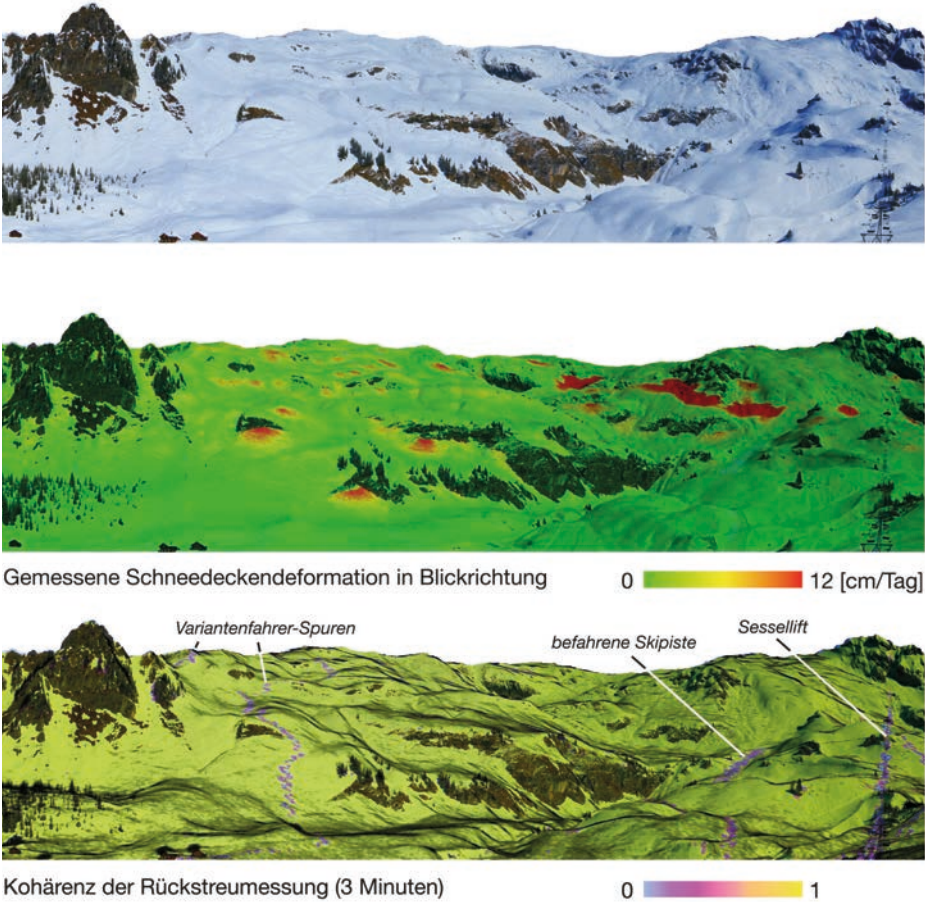
Ein Vorteil gegenüber der visuellen Kontrolle von Lawinenabgängen ist, dass die Methode auch dann funktioniert, wenn kein Tageslicht vorhanden ist. Die eingesetzten Mikrowellen durchdringen auch Wolken problemlos.

## Gleitschnee-Hänge unter Beobachtung

Die Resultate der Mägisalp-Versuche haben gezeigt, dass mit Aufnahmeintervallen von wenigen Minuten kohärente, also ungestörte, Bewegungen der Schneedecke gemessen werden können. In der Summe werden so über den Hang verteilt mehrere eng begrenzte Gebiete sichtbar, die in Bewegung sind. Eine präzise Überlagerung mit gleichzeitig aufgenommenen Fotos bestätigte die Vermutung: Lokales Schneegleiten kann gemessen werden. Die gemessenen Bewegungen stimmen exakt mit der Lage von typischen Gleitschnee-Strukturen wie Extensionsrissen und Stauchungen der Schneedecke überein.

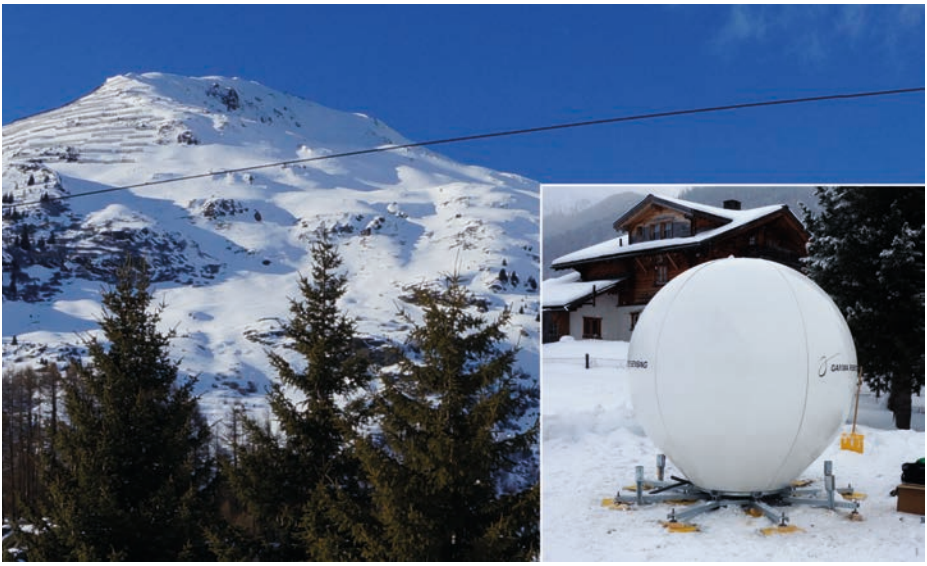
## Langzeit-Beobachtung der Schneedecke

In einem nächsten Schritt wurden die Messungen von einigen Stunden auf mehrere Monate ausgedehnt. Das Terrestrische Radar-Interferometer wurde hierfür mit einem Radom vor Wind und Wetter geschützt. So konnten kontinuierlich Aufnahmen vom Davoser Dorfberg gemacht werden. Ziel war es, mittels Aufnahmeintervallen zwischen einer und fünf Minuten Lawinenabgänge detektieren zu können. Da im Frühjahr 2014 am Dorfberg ausserordentlich wenig Schnee lag, konnten nur einzelne kleinere Abgänge kartiert werden. Die Gleitschneeaktivität konnte hingegen gut beobachtet werden.




Resultate der Terrestrischen Radar-Interferometrie-Kampagne vom 27. März 2013 auf der Mägisalp (Skigebiet Meiringen-Hasliberg): Das mittlere Bild zeigt die Lage von Taschen mit starkem Schneegleiten, welches über wenige Stunden gemessen wurde. Das untere Bild zeigt die Kohärenzkarte, ein Mass für die Qualität der interferometrischen Deformationsmessung. Mit der Kohärenzkarte lassen sich kurzfristig auftretende mechanische Störungen der Schneeoberfläche, wie Spuren von Skifahrern auf und neben der Piste oder Lawinen, kartieren. (Abbildung: Rafael Caduff)

Diese Langzeit-Beobachtung machte es möglich, die Geschwindigkeitsentwicklung über einen längeren Zeitraum verfolgen zu können. Dabei zeigte sich eine täglich auftretende zyklische Geschwindigkeitsverteilung: Wenn die Schneetemperaturen im Frühling tagsüber bis gegen null grad Celsius angestiegen sind, kam es zu Phasen mit starker Beschleunigung. In der Nacht, wenn die Temperaturen tiefer wurden, hat sich die Bewegung wieder verlangsamt. In einem Fall resultierte ein kleiner Gleitschnee-Lawinenabgang nach einer kurzen Beschleunigungs-Phase mit einer maximalen Geschwindigkeit



Langzeiteinsatz eines Radar-Interferometers am Dorfberg in Davos: Der Radom dient als Wetterschutz und ist durchlässig für Radiowellen. (Bilder: Rafael Caduff)

von 2.9 Zentimetern pro Stunde. In einem anderen Fall kam es zu sehr starken Beschleunigungen mit Geschwindigkeiten von bis zu 43 Zentimetern pro Stunde. Hierbei öffnete sich ein über vier Meter breiter Gleitschnee-Riss. Es kam allerdings zu keinem Lawinenabgang. Um die Methode quantitativ validieren und kalibrieren zu können, fanden im Winter 2014/15 weitere kontinuierliche Dorfberg-Messungen statt, die noch im Detail ausgewertet werden müssen.

## Neue Daten für Lawinenvorhersage

Die hohe Präzision der radar-interferometrischen Messungen macht es möglich, Gleitschnee-Gebiete in Echtzeit zu beobachten – noch bevor an der Schneeoberfläche sichtbare Strukturen auftreten. An solchen Orten werden gezielt weitere Daten erhoben (Schneestruktur, Temperaturverhältnisse, Wassergehalt etc.). Anhand dieser werden nun numerische Modelle erstellt, mit welchen erforscht wird, warum es in einigen Fällen zu Gleitschneelawinen kommt, in anderen hingegen eine begonnene Bewegung wieder abklingt.

Rafael Caduff
GAMMA Remote Sensing AG
caduff@gamma-rs.ch

# Wenn Hochwasser ihre Spuren in Seesedimenten hinterlassen

**Ein Forscherteam hat anhand von Seesedimenten die Häufigkeit von Hochwasserereignissen in den Alpen während der letzten 10 000 Jahre untersucht. Diese Ereignisse kamen in kühleren Zeiten deutlich häufiger vor. Die Gewinnerin des CHGEOL-Awards 2014 weiss, warum dem so ist.**

# Des crues enfouies dans les sédiments lacustres

**Une équipe de chercheurs, à l'aide de sédiments lacustres, a étudié la fréquence des crues dans les Alpes durant ces dernières 10 000 années. Ces événements extrêmes étaient beaucoup plus courants pendant les époques froides. La gagnante de l'Award CHGEOL 2014 nous explique pourquoi.**

STEFANIE WIRTH, LUKAS GLUR, ADRIAN GILLI, FLAVIO ANSELMETTI

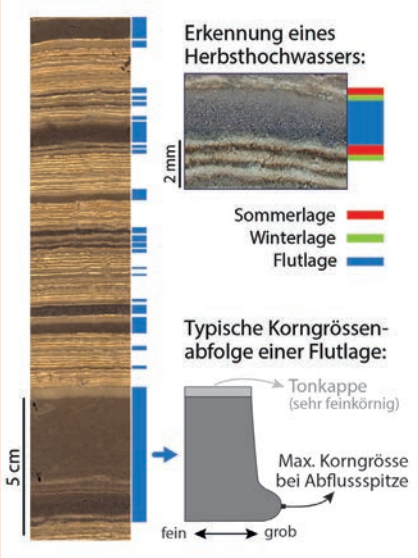
Hochwasser haben in den letzten Jahrzehnten hierzulande zu erheblichen Schäden geführt. Man hört häufig, dass die Zunahme zerstörerischer Hochwasser eng mit der Klimaerwärmung zusammenhängt.

Ces dernières années, les crues ont causé des dégâts considérables en Suisse. On entend souvent dire que l'augmentation de la fréquence de ces hautes eaux destructrices est une conséquence logique du réchauffement

**Seesedimente als Hochwasserarchive**

Bei Hochwasser-Ereignissen erreichen nicht nur enorme Wassermassen, sondern auch grosse Mengen erodierter Gesteinspartikel über verschiedene Fliessgewässer die Seen. Dieses Material wird in den Seen abgelagert. So entstehen typische Flutlagen am Seegrund, anhand welcher die Hochwasserhäufigkeit in der Vergangenheit rekonstruiert werden kann. Solche Flutlagen unterscheiden sich deutlich von normalen Seesedimenten, die Zusammensetzung der Mineralien und Pflanzenreste ist anders.

Mit Hilfe einer mobilen Plattform haben Forschende beidseits der Alpen Bohrkerne aus zahlreichen Seen entnommen, welche sich zwischen 198 und 2065 Metern über Meer befinden. Die gewonnenen Sedimentkerne sind bis zu 18 Meter lang und decken das ganze Holozän ab.



Trifft dies wirklich zu? Oder ist während der so genannten «Katastrophenlücke» von 1882 – 1976 in Vergessenheit geraten, wie verheerend Hochwasser sein können? Ein Forscherteam der ETH Zürich, der Eawag und der Universität Bern wollte es genauer wissen und hat die alpine Hochwassergeschichte im Rahmen des Projektes «FloodAlp» auf der geologischen Zeitskala rekonstruiert.

## Mehr Hochwasser in kühleren Perioden

Der anhand der Bohrkerne erstellte Hochwasserkatalog (siehe Kasten auf der vorhergehenden Seite) umfasst über 4700 Flutlagen, deren gehäuftes oder rares Auftreten mit anderen klimatischen Datensätzen ver-

climatique. Mais existe-t-il réellement un lien de cause à effet? Ou est-ce plutôt la période exceptionnellement calme de 1882 à 1976, dénuée de catastrophes naturelles majeures, qui nous a fait oublier la force dévastatrice des crues? Une équipe de chercheurs de l'EPF Zurich, de l'Eawag et de l'Université de Berne a voulu en savoir plus. Dans le cadre du projet «FloodAlp», elle s'est lancée dans la reconstitution chronologique des crues alpines sur l'échelle géologique.

## Périodes plus froides: crues plus fréquentes

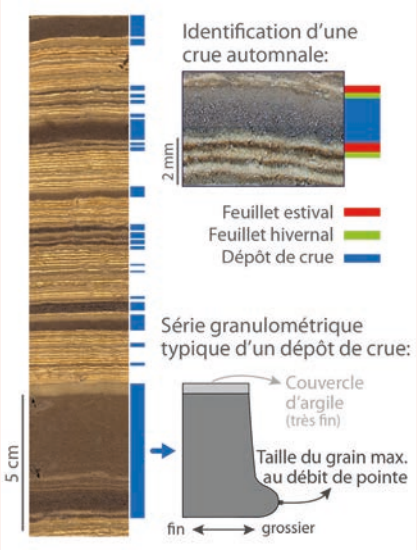
Le catalogue de crues obtenu grâce à l'analyse de carottes (voir encadré ci-dessous) est constitué de plus de 4700 dépôts de crue

**Crues archivées dans les sédiments lacustres**

Les rivières en crue, en plus d'acheminer une masse d'eau colossale vers les lacs, charrient un volume non négligeable de sédiments, ces derniers s'accumulant au fond des lacs. Ainsi se forment les dépôts de crue, qui permettent de reconstituer la fréquence dans le passé de ces hautes eaux exceptionnelles. Ces horizons sédimentaires se distinguent nettement des autres sédiments lacustres par leurs minéraux et leurs résidus végétaux.

Avec l'aide d'une plateforme mobile, une équipe de chercheurs a effectué des carottages au fond de nombreux lacs situés entre 198 et 2065 mètres d'altitude des deux côtés des Alpes. Les carottes obtenues mesurent jusqu'à 18 mètres et recoupent tout l'Holocène, époque allant de la fin de la dernière période glaciaire à aujourd'hui.

.



glichen wurde. Letztere kamen beispielsweise durch Temperatur-Rekonstruktionen oder anhand historischer Berichte zu Hochwasser-Ereignissen zustande. Das Ergebnis war eindeutig: War es kühler, so kam es häufiger zu Hochwasser-Ereignissen. Während der kleinen Eiszeit (1450-1850) traten Hochwasser-Ereignisse beispielsweise stark gehäuft auf. Im Gegensatz dazu kam es während der wärmsten Periode des Holozäns, die zwischen 6000 und 8000 Jahren vor heute anzusiedeln ist, nur zu wenigen Hochwasser-Ereignissen.

## Einfluss der Sonne

Es sind demnach klimatische Mechanismen, die zur Häufung von Hochwasser-Ereignissen während kühleren Zeitabschnitten führen. Um aufzudecken, um welche Mechanismen es sich dabei handelt, haben die Forschenden vorerst den Einfluss der Sonne auf das Klima untersucht: Die Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche ist in hohem Masse mitverantwortlich für die klimatischen Veränderungen während des Holozäns. Die langfristigen Schwankungen der Sonneneinstrahlung auf einer Zeitskala von mehreren Tausend Jahren kommen durch eine sich leicht verändernde Geometrie der Erdumlaufbahn um die Sonne sowie der Rotationsachse der Erde zustande. Diese Veränderungen spiegeln sich auch in der alpinen Hochwasserhäufigkeit wider: Während den generell warmen und trockenen Witterungsverhältnissen in der Zeit zwischen 10 000 und 4500 Jahren vor heute kam es zu deutlich weniger Hochwasser-Ereignissen als in den letzten 4500 Jahren, in welchen es generell kühler und nässer war. Nicht nur die geometrischen Verhältnisse zwischen Sonne und Erde verändern sich laufend, sondern

dont la présence plus ou moins fréquente a été comparée à des données climatiques. Celles-ci proviennent notamment de reconstitutions de séries temporelles de températures et de rapports historiques sur les crues. Le résultat est sans équivoque : quand il fait froid, les crues sont plus fréquentes. Par exemple, les multiples crues survenues durant le petit âge glaciaire (1450-1850) en attestent. Au contraire, peu de crues ont lieu pendant la période la plus chaude de l'Holocène, située il y a entre 6 000 et 8 000 ans.

## Influence du Soleil

La récurrence élevée des crues durant les époques fraîches peut donc être imputée à certains mécanismes climatiques. Afin de mettre en évidence les processus déterminants, les scientifiques se sont premièrement intéressés à l'influence du soleil sur le climat : le changement climatique de l'Holocène est fortement lié à l'ensoleillement de la surface terrestre. La géométrie de l'orbite terrestre autour du Soleil ainsi que l'axe de rotation de la Terre changent légèrement avec le temps, provocant des variations de l'ensoleillement sur une échelle de plusieurs milliers d'années. Ces fluctuations à long terme se retrouvent également dans la fréquence des crues en milieu alpin : il y a entre 10 000 et 4 500 ans, période caractérisée par un climat généralement sec et chaud, les crues étaient beaucoup moins fréquentes que durant les derniers 4 500 ans, plus froids et humides. À la configuration géométrique changeante du Soleil et de la Terre, viennent s'ajouter les fluctuations à espaces de temps réguliers de l'activité du Soleil. Le plus court de ces cycles est de onze ans ; les périodes plus longues étant des multiples de ce cycle de base. À l'aide de méthodes statistiques,

auch die Aktivität der Sonne selbst schwankt in regelmässigen Zeiträumen. Der kürzeste derartige Zeitraum beträgt elf Jahre; längere Perioden entstehen durch eine Vervielfachung dieser Grundperiode. In den Hochwasserdaten wurden deshalb anhand statistischer Methoden auch Wiederkehrperioden gesucht, die typisch für die Schwankung der Sonnenaktivität sind. Dabei wurde rasch klar: Die Sonnenaktivität hat sich stark auf die Hochwasserhäufigkeit ausgewirkt.

Doch wie hängen Sonne und Wetterlagen, die zu Hochwasser-Ereignissen führen, zusammen? Die Sonneneinstrahlung beeinflusst die Temperatur sowie die Strömungsmuster in der Atmosphäre. Der grösste Teil der in den Alpen anzutreffenden Feuchtigkeit stammt vom Nordatlantik. Das Strömungsmuster über Letzterem reagiert stark auf solche Temperaturveränderungen. Wenn die Sonnenaktivität schwach ist und kühle Bedingungen herrschen, befindet sich die Zone der stärksten Westwinde über dem Nordatlantik auf ungefähr denselben Breitengraden wie die Alpen. Diese Situation führt zu häufigeren Niederschlägen und Hochwasser-Ereignissen in der Alpenregion. Bei wärmeren Bedingungen befinden sich die Westwinde weiter nördlich und liefern ihre Feuchtigkeit dementsprechend nach Skandinavien.

## Hauptsächlich im Sommer und Herbst

Für die Südalpen konnte mit Hilfe jahreszeitlich geschichteter Seesedimente – so genannte Warven – sogar die Jahreszeit der Hochwasser ermittelt werden. Die Untersuchung der Warven in den Südalpen hat gezeigt, dass 63 Prozent der Hochwasser-Ereignisse im Herbst, 26 Prozent im Sommer, und nur

les données de crues ont donc été passées au peigne fin en quête de périodes de retour typiques des variations de l'activité solaire. Il s'est rapidement avéré que l'activité du Soleil influence grandement la fréquence des crues.

Mais comment le Soleil affecte-t-il les conditions météorologiques qui favorisent les crues ? L'ensoleillement influence la température ainsi que les courants atmosphériques. La majeure partie de l'humidité qui s'accumule au niveau des Alpes provient de l'Atlantique Nord. Les courants surplombant ce dernier réagissent fortement aux fluctuations de la température. Lorsqu'un temps froid et peu ensoleillé prédomine, la zone de l'Atlantique Nord touchée par les vents d'ouest les plus forts se situe à la même latitude que les Alpes. Cette situation météorologique favorise la formation de précipitations accrues sur les Alpes et donc une fréquence plus importante des crues dans la région. Dans le cas de conditions atmosphériques plus chaudes, les vents d'ouest soufflent plus au nord, le temps pluvieux affectant dans ce cas-ci la Scandinavie.

## Principalement en été et en automne

Grâce aux feuillets saisonniers – dénommés varves – des sédiments lacustres du sud des Alpes, la saisonnalité des crues de cette région a même pu être établie. Ainsi, l'analyse de ces varves a révélé que 63 pour cent des crues ont eu lieu en automne, 26 pour cent en été et seulement 11 pour cent en hiver et au printemps confondus. Le même schéma saisonnier est observé pour les crues dévastatrices de ces dernières décennies. Non seulement la fréquence des crues automnales est plus élevée, mais ces dernières se dis-

Ausrüstungsaufbau auf dem Fälensee im Säntisgebiet: Anhand der Reflexionsseismik werden die Seesedimente abgebildet.| Lac de Fälen, région du Säntis : Installation de l'équipement de sismique réflexion pour la visualisation des sédiments lacustres. (Foto: Adrian Gilli)

11 Prozent im Winter und Frühling vorgekommen sind. Dieses Muster stimmt klar mit dem Auftreten von verheerenden Hochwasser-Ereignissen während der letzten Jahrzehnte überein. Die Herbsthochwasser waren nicht nur am häufigsten, sondern zeichneten sich zusätzlich noch durch die mächtigsten Flutlagen aus. Dies deutet darauf hin, dass die mit solchen Ereignissen verbundenen Regenfälle äusserst intensiv gewesen sein mussten. Die ergiebigen und langanhaltenden Niederschläge, die während der letzten beiden Jahre im Herbst in den Südalpen aufgetreten sind, bestätigen die Resultate.

## Blick in die Zukunft

Zurück zur Ausgangsfrage: Müssen wir in Zukunft aufgrund der Klimaerwärmung mit häufigeren Hochwasser-Ereignissen rechnen? Betrachtet man die wichtigsten Resultate dieser Studie – das vermehrte Auftreten von Hochwasser-Ereignissen während kühleren Klimaperioden sowie die Konzentration der Ereignisse auf die warmen Jahreszeiten – so kann man künftig von einer Ab-

tinguent en plus par les dépôts de crue les plus importants. Ceci met en évidence la grande intensité des événements pluvieux ayant provoqué ces débits extrêmes. Les précipitations longues et abondantes qui ont touché le sud des Alpes durant les deux automnes passés confortent ces résultats.

## Que nous réserve l'avenir ?

Retour à la question de départ : faut-il s'attendre à plus de crues dans le futur à cause du réchauffement climatique ? Vue les résultats les plus importants de cette étude – crues plus fréquentes pendant les époques fraîches et concentration des hautes eaux durant les saisons chaudes – on peut plutôt conclure à des crues plus rares.

Cependant, plus l'air est chaud, plus sa capacité à emmagasiner la vapeur d'eau est grande, ce qui laisse présager des crues plus violentes. Il est très difficile d'estimer l'intensité des hautes eaux sur la base d'archives géologiques ou de modèles climatiques. Les projets de recherches futurs devraient par

nahme der Hochwasserhäufigkeit ausgehen. Wärmere Luft kann aber deutlich mehr Wasserdampf aufnehmen, weshalb die zu erwartenden Hochwasser-Ereignisse vermutlich intensiver und damit gefährlicher werden. Die Stärke der Hochwasser-Ereignisse ist sowohl über geologische Archive als auch über Klimamodelle sehr schwierig zu erfassen. Gerade deshalb sollte diesem Aspekt in zukünftigen Forschungsprojekten besondere Beachtung geschenkt werden. Erst ein vertiefteres Prozessverständnis ermöglicht eine realistische Gefahrenabschätzung, in der sowohl die Häufigkeit als auch die Stärke von Hochwasser-Ereignissen ermittelt werden kann.

Stefanie Wirth
Centre d'hydrogéologie et de géothermie,
Université de Neuchâtel
stefanie.wirth@unine.ch

conséquent consacrer une attention particulière à cet aspect. Une estimation réaliste du danger relatif aux crues nécessite une compréhension approfondie des processus les régissant, qui rendrait possible le calcul de leur fréquence ainsi que de leur intensité.

**Traduction:**
Claire Carlier
Centre d'hydrogéologie et de géothermie,
Université de Neuchâtel
claire.carlier@unine.ch

# Ein neues Modell berechnet den Geschiebetransport in Gebirgsflüssen realitätsnah

**Der Geschiebetransport während eines Hochwassers kann zu Gerinneveränderungen führen, wodurch grosse Schäden möglich sind. ForscherInnen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft haben ein Modell entwickelt, das die in zwei Flüssen gemachten Geschiebetransport-Beobachtungen erfolgreich nachrechnen konnte.**

DIETER RICKENMANN, FLORIAN HEIMANN, ALEXANDRE BADOUX, MARTIN BÖCKLI

Während Hochwasserereignissen werden in Wildbächen und Gebirgsflüssen grosse Mengen an Geschiebe und Feinsedimenten transportiert. Dadurch verändert sich in der Regel die Gerinnemorphologie. Wenn die Transportkraft des Wassers sehr gross ist, können durch Ufererosionen oder Absenkungen der Gerinnesohlen zusätzliche Sedimente aufgenommen und mittransportiert werden. Übersteigen die eingetragenen Geschiebemengen die lokale Transportkraft, so treten Ablagerungen auf. Es kann dann zu Gerinneverlagerungen kommen. Diese Prozesse können grosse Schäden verursachen und sind deshalb in Bezug auf die Gefahrenbeurteilung sehr wichtig.

Im August 2005 hat ein Jahrhunderthochwasser verschiedene Orte auf der Alpennordseite der Schweiz stark in Mitleidenschaft gezogen. Der Geschiebetransport spielte dabei eine wichtige Rolle, stellenweise kam es zu starken Gerinneveränderungen und zu grossen Schäden. Von den damals aufgetretenen Schadenskosten von über drei Milliarden Schweizer Franken sind gut ein Drittel auf Geschiebetransport-Prozesse zurückzuführen.

Auswirkungen des Hochwassers vom 20. – 23. August 2005: Ufererosion und Gerinneveränderungen im Flussbett der Landquart oberhalb von Klosters (flussaufwärts betrachtet). (Foto: Schweizer Luftwaffe).

## Erste Anwendungen von sedFlow

Das Modell sedFlow kam erstmals zur Berechnung des Geschiebetransports in zwei etwa 20 Kilometer langen Abschnitten der Kleinen Emme (Luzern) sowie des Flusses Brenno (Tessin) zum Einsatz. In beiden Fällen konnte – nach einer Eichung des Modells – der über einen bestimmten Zeitraum beobachtete generelle Trend des Geschiebetransports in den Simulationen plausibel abgebildet werden (siehe Grafik auf der gegenüberliegenden Seite). Eine Ausnahme im Brenno stellte der Bereich unterhalb einer Geschiebeentnahme (bei Kilometer neun) dar, welche von sedFlow nicht berücksichtigt werden konnte. Die dort simulierten Ablagerungen entsprechen dem natürlichen Verhalten des Flusses, das in einem Szenario ohne menschliche Eingriffe zu erwarten wäre.

Beim Brenno erfolgte die Eichung vor allem über die Anpassung der repräsentativen Gerinnebreite in flacheren Abschnitten mit Ablagerungstendenzen. Bei Versteilungen (Knickpunkte im Längsprofil, siehe Grafik auf der gegenüberliegenden Seite) musste im Modell eine im Vergleich zu den Feldaufnahmen gröbere Anfangs-Kornverteilung gewählt werden. Im Fluss vorhandene grobe Blöcke, die beispielsweise durch Murgänge aus steilen Seitenbächen in den Brenno gelangt sind, können bei der Erfassung der Korngrössen mit der gängigen Methode nicht in ausreichendem Masse berücksichtigt werden. Erst durch diese Anpassung wurden die Knickpunkte in der Simulation nicht stärker als nötig erodiert. In einer Sensitivitätsanalyse haben die Forschenden zusätzlich die Relevanz verschiedener Eingangsparameter sowie deren Auswirkung auf die Simulationsresultate untersucht. So konnten die relevanten Kalibrationsparameter ausgeschieden werden. Für die beiden untersuchten Gebirgsflüsse wurden daneben verschiedene zukünftige Hochwasserszenarien angenommen sowie der Einfluss von unterschiedlich grossen Seiteneinträgen auf den Geschiebetransport im Vorfluter analysiert.

Die Effizienz von sedFlow zeigt sich in der Berechnung des Geschiebetransportes über mehrere Jahre, wofür die Simulation nur wenige Stunden Rechenzeit benötigt. Die Studien zeigen ausserdem die Anwendbarkeit des neuen Modellwerkzeugs für verschiedene Fragestellungen rund um die Geschiebedynamik von Gebirgsgewässern.

## Der Praxisanwendung steht nichts im Weg

Nach einer Eichung konnte das Modell sedFlow die in den beiden Flüssen gemachten Beobachtungen erfolgreich nachrechnen – sowohl bezüglich der Sohlenveränderungen als auch zu den Geschiebefrachten. Ein relativ einfaches mechanistisches Modell reicht also aus, um die generellen Trends des beobachteten Geschiebetransportes (Fracht, Sohlenveränderungen) entlang der Untersuchungsstrecken plausibel abzubilden. Das Modell sedFlow ist damit sehr geeignet für Praxisanwendungen.

Alexandre Badoux
badoux@wsl.ch
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

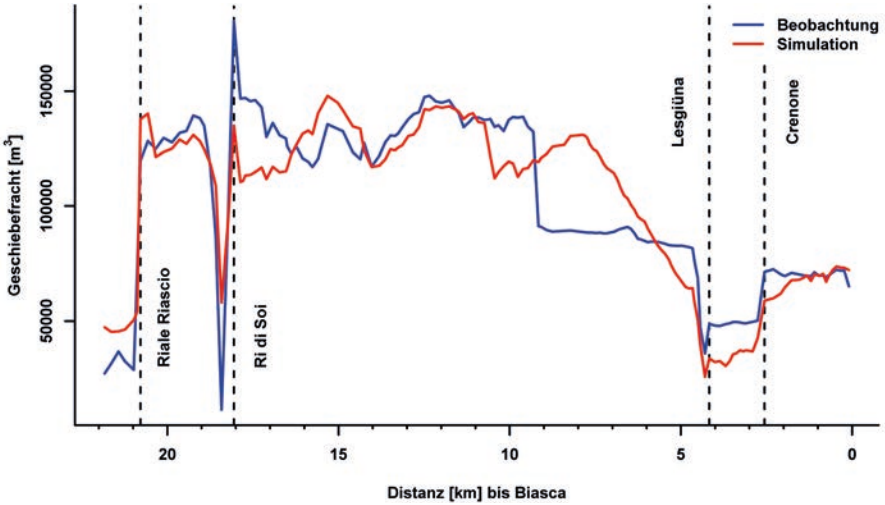
**Weitere Informationen:**
www.wsl.ch/sedFlow

**Das Geschiebetransport-Modell sedFlow: Die Details**

Forscherinnen und Forscher der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL haben das eindimensionale numerische Simulationsprogramm sedFlow speziell für Gebirgsfluss-Berechnungen entwickelt. Es ist im Rahmen eines Projektes des Nationalen Forschungsprogrammes NFP61 (SEDRIVER) entstanden. Die wichtigsten Eigenschaften des Modells:

- sedFlow berücksichtigt neueste Ansätze zur Berechnung des Geschiebetransportes in steilen Gerinnen mit bedeutender Rauigkeit (zum Beispiel grobe Blöcke).
- Mit sedFlow sind individuelle Transport-Berechnungen für verschiedene Korngrössen möglich.
- Die Berechnungszeiten für die Modellierung ganzer Einzugsgebiete sowie zur Analyse verschiedener Szenarien sind sehr kurz.
- sedFlow ermöglicht eine einfache Aufbereitung und Auswertung der Simulationsdaten mit gängigen Tabellenkalkulationsprogrammen.

Der Querschnitt eines Flusses wird im Modell einem Rechteckprofil angenähert. Für die Berechnung des Fliesswiderstandes stehen im Wesentlichen zwei Optionen zur Verfügung. Drei Methoden ermöglichen die hydraulische Abflussberechnung. Um die Geschiebefracht realitätsnah zu bestimmen, kann aus verschiedenen Formeln die passende gewählt werden. Die Simulationen können so den Fragestellungen und Bedingungen angepasst werden. Bisher wurde das Modell ausschliesslich für Forschungsstudien verwendet, es kann aber auch für praktische Fragestellungen eingesetzt werden und steht allen Interessierten auf der Webseite der WSL zusammen mit dem vollständigen Quellcode und einer umfangreichen Dokumentation zur Verfügung.




Gesamt-Geschiebefracht des Flusses Brenno, aufsummiert für die Jahre 1999 bis 2009: Die Simulationsstrecke reicht von Olivone (km 22) bis zur Mündung des Brenno in den Ticino (Biasca, km 0). Die gestrichelten vertikalen Linien kennzeichnen die Einmündungen der wichtigsten Seitenbäche. (Grafik: WSL)

# swisstopo: Spannende geologische Exkursionen auch im 2014

**Auch im vergangenen Jahr ist die geologische Exkursionsreihe von swisstopo gut angekommen: Es wurde viel Interessantes über die Gesteine von Luzern und Lausanne verraten. Weitere Exkursionen führten in den Jura, nach Graubünden und ins Tessin.**

SANDRINE VALLIN

Die Exkursionsreihe des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo ist im Jahr 2013 auf viel positives Echo gestossen, weshalb auch im vergangenen Jahr zwischen Mai und September zehn geologische Exkursionen angeboten wurden.

**Luzern:** Die Teilnehmenden haben ausführlich die städtischen Gesteine und deren Geschichte erforscht. Die ältesten Gebäude der Stadt wurden aus Sandstein errichtet – beispielsweise der untere Teil des Rathausturmes. Mit grob gemahlenen erratischen Blöcken hat man dem Turm anschliessend mehr Widerstandsfähigkeit verliehen. Besonders interessant: Kalksteine, die hauptsächlich als Bindemittel für den Mörtel verwendet wurden, sind nur selten in den Bauten anzutreffen.

**Lausanne:** Die Teilnehmenden sind vom obersten Bereich des «Vallée du Flon» bis ans Stadttor gewandert. Die Wasserfälle des «Flon» sind durch sich abwechselnde Mergel- und Sandsteinbänke gekennzeichnet. Der Fluss fliesst nach den Wasserfällen weiter in Richtung Stadt, wo den Teilnehmenden die Stadtentwicklung über die Jahrhunderte vorgestellt wurde.

**Jura:** Als erstes haben sich die Teilnehmenden in Paläontologen verwandelt und sich auf die

# Edition 2014 des excursions géologiques de swisstopo

**La découverte sous un autre angle de Lucerne et Lausanne, ainsi que des virées en terres jurassienne, grisonne et tessinoise ont ponctué l'édition de l'année passée.**

Suite au succès de l'édition 2013, le Service géologique national de swisstopo a proposé, de mai à septembre 2014, une nouvelle série de dix excursions géologiques pour le grand public.

**Lucerne :** Les participants ont parcouru la ville en long et en large à la recherche des pierres et de leur histoire. Comme dans les plus anciens bâtiments de la ville, la partie inférieure de la tour de l'hôtel de ville a été construite avec du grès. Des blocs erratiques concassés ont été utilisés pour donner de la résistance à cette tour. Fait intéressant, les calcaires, surtout employés pour la préparation du mortier servant à la liaison des matériaux, sont rares dans les constructions.

**Lausanne :** Du haut de la vallée du Flon, les participants ont marché jusqu'aux portes de la ville. Les cascades du Flon, marquées par l'alternance de bancs de grès et de marnes, ont ponctué leur descente en direction de la ville où le développement de celle-ci au cours des siècles leur a été présenté.

**Jura :** Pour débuter la journée, les participants se sont mués en paléontologues à la recherche d'une petite bête. Ils ont recherché le plus beau fossile du coin en gratouillant la terre ! Après une pause bien méritée, ils ont admiré le jardin botanique de Porren-

Die Tessiner Exkursion mit ganz besonderen Gästen: Der Fluss Brenno bahnt sich hier seinen Weg durch dolomitische Gesteine. | Au Tessin, en compagnie de curieux visiteurs: La rivière Brenno qui se fraye un passage à travers des dolomies. (Photo: swisstopo)

Suche nach kleinen Tieren gemacht. Dabei haben sie die schönsten Fossilien entdeckt. Nach einer wohlverdienten Pause ging es weiter in den botanischen Garten von Porrentruy. Dort haben die Teilnehmenden echte Dinosaurierspuren, die in Kalksteinplatten erhalten geblieben sind, untersucht.

**Tektonikarena Sardona:** In den Bergen oberhalb des Ortes Flims präsentierte sich die Glarner Hauptüberschiebung den Teilnehmenden auf eindrückliche Weise.

**Tessin:** Bei strahlendem Sonnenschein haben die Teilnehmenden die Geologie und die Landschaftsformen des Bleniotals entdeckt – mit dabei waren einige neugierige tierische Zuhörer.

Swisstopo ist davon überzeugt, dass geologische Themen die breite Öffentlichkeit interessieren und will es weiterhin allen ermöglichen, die Landschaft aus einem neuen Blickwinkel entdecken zu können.

**Weitere Informationen:**
www.swisstopo.ch/geologicalhike

truy et observé de véritables traces de dinosaures préservées sur une dalle calcaire !

**Tektonikarena Sardona:** En partant de Flims dans les Grisons, les participants ont profité d'une belle journée pour admirer le chevauchement principal de Glaris, toujours aussi impressionnant pour le commun des mortels.

**Tessin:** Sous un soleil radieux, les participants ont découvert la géologie et les formes du paysage du haut du Val Blenio en compagnie de quelques intrus, fort curieux !

Après cette deuxième édition, le Service géologique national de swisstopo est toujours persuadé que la géologie attire un public varié et curieux de découvrir le paysage qui l'entoure sous un autre angle.

Sandrine Vallin
sandrine.vallin@swisstopo.ch

**Plus d'informations:**
www.swisstopo.ch/geologicalhike

## De l'Université de Sienne à l'Université de Genève

**Avec Rossana Martini, c'est un parcours universitaire linéaire et une devise à retenir : « Travailler dur, sans compter son temps et saisir chaque opportunité qui se présente. »**

***GeoPanorama:* Qu'est-il écrit sous votre nom sur la carte de visite ?**
*Rossana Martini:* Professeure, mais il pourrait également y figurer Sédimentologue-Biostratigraphe.

**Concrètement, en quoi consiste votre métier au quotidien ?**
Chaque jour de la semaine est un peu différent, en fonction de mes obligations : l'enseignement, l'administration et la recherche. Lorsque j'enseigne, je consacre le temps avant le cours à le réviser. Le reste de la journée est dévolu à la gestion administrative du département et à ma recherche. En tant que directrice du département, mes tâches administratives et de gestion occupent une grande partie de la semaine, 40 pour cent ou plus, cela dépend des jours et des périodes. Au cours de la journée, je rencontre régulièrement les secrétaires et les techniciens pour assurer le bon fonctionnement du département et des laboratoires.

De par ma position, je participe à de nombreuses réunions auxquelles je suis conviée, ou que je convoque moi-même. Dans les deux cas, il y a bien entendu la préparation et la prise de connaissance des points qui figurent à l'ordre du jour. Si durant la semaine il m'est donné de pouvoir consacrer un peu de temps à ma recherche : observer au microscope, lire des publications, rédiger des papiers scientifiques, cela me réjouit beaucoup. Ce qui me plaît par-dessus tout, et me permet de me ressourcer, c'est de pouvoir prendre le temps de discuter et d'échanger avec mes diplômants, doctorants et post-doctorants sur l'avancement des recherches de mon groupe. Ce sont là des moments privilégiés et très appréciés.

**Quels sont vos principaux lieux de travail ?**
Mon bureau au Département des sciences de la Terre. En ce qui concerne ma recherche, je dispose d'un local où sont installés les microscopes et où se trouve ma bibliothèque scientifique.

**Quel fut votre parcours scolaire et universitaire ?**

Je suis née en Toscane, où j'ai effectué tout mon parcours scolaire et j'ai obtenu le titre de Docteure ès sciences en géologie, à l'Université de Sienne. Pendant l'année qui a suivi ma soutenance de thèse, j'ai travaillé sur un mandat de recherche pour la Societé Carbosulcis, en Sardaigne et j'ai déposé mon dossier de candidature pour une Bourse de la Confédération Suisse, pour faire un post-doctorat à l'Université de Genève. J'ai obtenu la bourse et, en octobre 1985, je suis arrivée au Département de géologie et paléontologie. C'est dans ce département, qui est devenu depuis le Département des sciences de la Terre, que j'ai accompli toute ma carrière universitaire. Après avoir occupé diverses fonctions, je suis actuellement Professeure associée et Directrice du département.

À quelle heure vous levez-vous le matin (journée de travail) ?
*A sept heures.*

Que faites-vous avant de partir au travail ?
*Je me prépare et je ne prends pas de petit-déjeuner.*

Vous y rendez-vous en vélo ou en voiture ?
*En voiture.*

Que faites-vous en premier en arrivant au bureau le matin ?
*J'allume mon ordinateur et je prends un café « ristretto », seule ou en compagnie.*

Croissant au chocolat ou pomme pour les dix heures ?
*Ni l'un ni l'autre, juste un deuxième « ristretto ».*

Quelle est votre préférence : bureau ou travail sur le terrain ?
*Le travail sur le terrain, sans hésitation.*

A quelle heure se termine votre journée ?
*Habituellement, je travaille au département jusque vers 19 heures. D'ordinaire, le soir à la maison, je travaille encore environ 2 heures.*

Quel était votre rêve d'enfant ?
*Devenir exploratrice. Quelque part je le suis devenue...*

**Qu'appréciez-vous le plus dans votre métier ?**
Avant toute chose, je suis géologue et j'ai une véritable passion pour mon métier. Ce dernier, me permet d'effectuer des missions scientifiques sur le terrain en Europe, au Japon, aux Etats Unis, et ailleurs dans le monde, ce qui n'a pas de prix. J'apprécie tout particulièrement la grande diversité de mes tâches, le contact et les échanges avec tous les membres du département, de même qu'avec les étudiants.

**Quelles tâches déléguez-vous volontiers ?**
Je n'ai pas tellement l'habitude de déléguer beaucoup de tâches. Cependant, quand le besoin s'en fait sentir, je n'hésite pas à demander l'aide de mes collègues ou/et collaborateurs.

**Quelle est la particularité de votre travail par rapport aux autres ?**
C'est de faire une recherche enthousiasmante et d'avoir une grande liberté pour la mener. D'avoir l'opportunité de voyager, de rencontrer et d'échanger avec des collègues, de passer des observations à échelle kilométrique sur le terrain, à celles ultra- et microscopiques en laboratoire.

**Etiez-vous spécialement formé(e) pour votre travail ?**
Oui, je me suis formée pendant plusieurs années à mon travail de géologue, toutefois c'est un métier pour lequel on ne finit jamais d'apprendre.

**Quelle est la plus belle chose qui vous soit arrivée dans la vie professionnelle ?**
D'avoir contribué à l'avancement des connaissances dans mon domaine de recherche et d'avoir été reconnue par la communauté scientifique internationale dans les domaines de compétences qui sont les miens.

**Avez-vous un rêve dans le domaine professionnel ?**
Contribuer, grâce à ma recherche, à la compréhension de l'évolution de la Vie sur notre planète.

**Quel conseil donneriez-vous à une personne qui veut faire le même métier que vous ?**
Travailler dur, sans compter son temps et saisir chaque opportunité qui se présente. Tôt ou tard, cela portera ses fruits.

**Selon vous quelles sont les qualités requises pour exercer ce métier ?**
Il faut être persévérant et curieux, intéressé à savoir comment et pourquoi nous sommes là aujourd'hui. Intéressé également à comprendre les processus naturels qui modifient depuis plus de 4 milliards d'années la surface de la planète et de prédire son évolution.

**Est-il facile de concilier vie professionnelle et vie personnelle ?**
Il faut savoir dissocier les deux, ce qui n'est pas toujours évident.

Rossana Martini
rossana.martini@unige.ch

# Klimawandel: Ozeanzirkulation im Atlantik war stabiler als erwartet

Die Studie in der Fachzeitschrift «Nature» lässt Schlüsse auf die Vergangenheit der so genannten nordatlantischen Ozeanzirkulation zu: Wissenschaftler des Oeschger-Zentrums für Klimaforschung der Universität Bern, des Instituts für Umweltphysik der Universität Heidelberg, des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel und der ETH Zürich konnten belegen, dass die Strömung – entgegen der Erwartungen – relativ stabil war. Nur während kurzer Extremphasen der letzten Eiszeiten war sie schwächer als heute.

Die nordatlantische Ozeanzirkulation transportiert warmes Wasser in den Norden und sorgt so für ein verhältnismässig mildes Klima in Europa. Der Zusammenbruch dieser Strömung, welche auch den bekannten Golfstrom mit einschliesst, hätte einen drastischen Temperaturrückgang auf dem Kontinent zur Folge. Manche Klimawissenschaftler vermuten, dass ein solches Szenario eintreten könnte, wenn im Zuge des Klimawandels die Eispanzer Grönlands schmelzen. Dabei gelangt vermehrt Süsswasser in den Atlantik, welches die Zirkulation stört.

Gemäss der neuen Studie schwächte sich der Wärmetransport während der Eiszeiten nur in jenen Phasen ab, in welchen sich bereits sehr grosse Eisschilde gebildet hatten, die weit in den Süden reichten. Während der relativ kurzen Schmelzphasen der letzten Eiszeit ergossen sich grosse Mengen Süsswasser in den Nordatlantik. Da diese eiszeitlichen Eisschilde nicht mehr existieren, sei die Ozeanzirkulation heute wohl «stabiler» als bisher angenommen, sagt der Berner Physiker Jörg Lippold. «Es ist unwahrscheinlich, dass sie im Zuge des Klimawandels durch verstärktes Abtauen von Grönlandeis zusammenbricht und es zum Temperatursturz kommt.» Evelyn Böhm von der Universität Heidelberg ergänzt indes, die Befunde der «Nature»-Studie seien kein Grund zur Entwarnung: «Rückschlüsse auf die möglichen Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels lassen sich aus den aktuellen Ergebnissen nur begrenzt ziehen», sagt sie. «Denn die heutigen $CO_2$-Emissionen bedeuten einen bis dato nie dagewesenen Eingriff in das Klimasystem.»

Die Studie beruht auf der Analyse eines in 4500 Metern Meerestiefe vor den Bermudas gebohrten Sedimentkerns. Anhand von Messungen verschiedener Isotope gelang es erstmals, die Stärke der atlantischen Zirkulation während der vergangenen 140 000 Jahre zu rekonstruieren. «Diese befindet sich entweder in einem abgeschwächten ‹kalten› Modus, in dem warmes Oberflächenwasser nicht so weit in den nördlichen Atlantik vorstösst oder in einem intensiven ‹warmen› Modus wie heute, bei dem warmes Wasser weit in den Norden gelangt», sagt Marcus Gutjahr vom GEOMAR in Kiel. «Entgegen bisheriger Annahmen konnten wir zeigen, dass sich der Ozean während der letzten Eiszeit meist im Warm-Modus befand», ergänzt Gutjahrs Kollege Martin Frank.

**Weitere Auskünfte:**
Dr. Jörg Lippold, Institut für Geologie
joerg.lippold@geo.unibe.ch

## Naturgefahren und Risiken: Veränderungen und Herausforderungen

### Schweizerische Geomorphologische Gesellschaft: Jahrestagung 17. – 19. Juni 2015, Innertkirchen

Die Naturgefahrensituation hat sich in den letzten Jahren zum Teil deutlich verändert: geomorphologische Prozesse (z.B. Murgänge) weisen unterschiedliches Systemverhalten auf und führen zu bisher nicht bekannten und überraschenden Ereignissen im Ablauf und im Ausmass. Infolge dessen kommt es zu grossen Schäden, neue zusätzliche Risiken entstehen. Klimaänderung, meteorologische Extremereignisse und Umweltveränderungen tragen wesentlich zur sich verändernden Naturgefahren- und Risikosituation bei, deren kurz-, mittel- und langfristige Auswirkung auf die Prozesse sind jedoch schwierig zu erfassen und abzuschätzen.

Die Tagung soll aufzeigen, welche aktuellen Erklärungsansätze, Methoden, Monitoringsysteme und Analysemethoden die Forschung für das Systemverhalten und die Veränderungen von Naturgefahren und Risiken bietet, welche Herausforderungen aufgrund dieser Naturgefahrensituation in den Alpen bestehen (auch hinsichtlich Risikomanagement) und wie sich diese Prozesse in Zukunft entwickeln können.

**Weitere Informationen und Anmeldeformular:**
http://goo.gl/3lyaTS

## Climates of the past – lessons for the future

### Conference 5. – 7. Juli 2015, Monte Verita (TI)

Climate in the geological past was marked by major fluctuations in carbon cycling and by greenhouse pulses. Related changes in the biosphere are recorded in geological archives on land and under the sea. The conference will provide an overview on current research in Mesozoic climatology and it will address relevance of palaeoclimate investigations in the current debate on future climate change. Focus of the conference will be the Jurassic-Cretaceous, with some discussion on Triassic oceans and climate.

**Organizers:** Helmut Weissert, Hugh Jenkyns, Stefano Bernasconi, Gerald Haug.

**Participants:** The number of participants is limited to 80.

**Further information:**
www.climategeology.ethz.ch/climateofthepast

# Exploration & Development of Deep Geothermal Systems DEEGEOSYS

## Certificate of Advanced Studies 3rd Edition 2015 – 2016

In Switzerland and Europe, the number of specialists in deep geothermal systems is very limited. This Certificate of Advanced Studies (CAS DEEGEOSYS) is dedicated to train scientists and engineers in several fields of applied geothermics. They will be capable of organizing and leading exploration and development projects of deep geothermal resources (deep aquifers and Enhanced Geothermal Systems).

The CAS DEEGEOSYS includes four one-week long modules separated by a two-month break. Each module covers a specific topic.

- Module 1: Geothermics and Geophysics
- Module 2: Geochemistry and Hydrochemistry
- Module 3: Drilling and Logging
- Module 4: Reservoir Evaluation and Production

Organization and Venue:
Centre for Hydrogeology and Geothermics CHYN, University of Neuchâtel

**Further information:**
www.unine.ch/foco

# 10th International Carbon Dioxide Conference

## First announcement and mailing list subscription 20 – 25 August 2017, Interlaken

The Swiss science community and the Oeschger Centre for Climate Change Research are proud to organize the 10th anniversary International Carbon Dioxide Conference (ICDC). The first conference of this series took place in Bern, Switzerland, and we now bring the conference back to the Bern area. The focus of ICDC10 is on changes in carbon dioxide and the carbon cycle, and their interactions and links to climate and human activities from the regional to the global scale, and from the past into the future.

The ICDC10 will be held back-to-back with the WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, other Greenhouse Gases and Related Measurement Techniques (GGMT-2017) in Dübendorf, Switzerland.

The purpose of this conference is to bring together scientists from different disciplines to work towards an integrated view on the global cycle of carbon in the Earth System. Spatial scales considered range from local and regional towards global synthesis, temporal scales from hours to millennia. Periods addressed include the contemporary, industrial, and future, as well as the last millennia, glacial/interglacial, and stadial/interstadial periods.

**Further information:**
http://www.oeschger.unibe.ch/events/conferences/icdc10/

## Der Ozean im Gebirge

**Helmut Weissert, Iwan Stössel:**
**Der Ozean im Gebirge –**
**Eine geologische Zeitreise durch die Schweiz**
**3. überarbeitete Auflage 2015**
**200 Seiten**
**Format 20 x 24 cm, broschiert**
**CHF 48.00 / EUR 42.00 (D),**
**ISBN 978-3-7281-3606-0**
**vdf Hochschulverlag AG,**
**ETH Zürich**

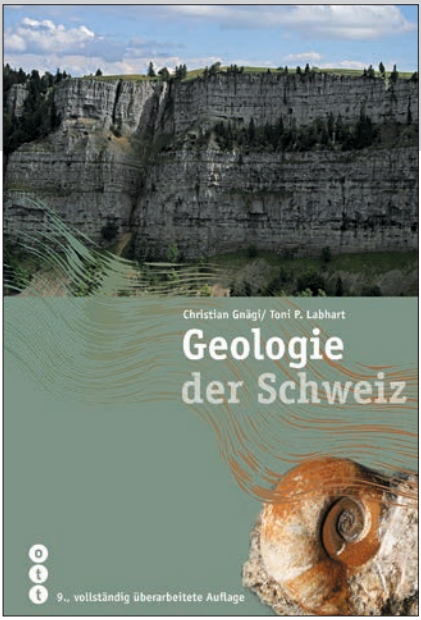
Dieses Buch nimmt Sie mit auf eine geologische Zeitreise durch die Schweiz. Erkennen Sie die Zusammenhänge zwischen Plattentektonik und Gebirgsbildung am Beispiel der Alpen und des Juras. Erfahren Sie, wie Sedimentgesteine als Archive zur Geschichte eines vergangenen Ozeans sowie zur Entstehung eines Gebirges dienen.

Das Buch hilft bei der Suche nach Spuren der Ozeangeschichte in der Landschaft Schweiz, es sensibilisiert für Zeichen von Plattenkollisionen und gibt Hinweise auf vergangene Vergletscherungen. Am Beispiel der geologischen Analyse einer Landschaft werden auch Arbeitsmethoden der Geologie vermittelt.

Nicht zuletzt ist auch der Mensch ein geologischer Faktor: Durch den Abbau von Salz, Kohle oder Kies, die Wassernutzung oder auch die Lagerung von Atommüll greift er immer wieder in natürliche Stoffkreisläufe ein und bestimmt so die Geschichte der geologischen Entwicklungen mit.

**Die dritte Auflage enthält neu ein Kapitel mit Cartoons von Mike van Audenhove: «Alpen by Mike».**

# Geologie der Schweiz




**Christian Gnägi, Toni Labhart (2015):**
**Geologie der Schweiz.**
**9. vollständig überarbeitete Auflage**
**208 Seiten, broschiert**
**CHF 45.00**
**ISBN 978-3-7225-0142-0**
**ott verlag**

Wie sind die Riesenbergkristalle vom Planggenstock entstanden? Warum findet man auf der Scesaplana auf 3000 Meter über Meer versteinerte Meerestiere? Woher kommen die farbenprächtigen Kiesel in der Emme? Sicher haben Sie auch schon unterwegs über skurrile Felsen, verbogene Gesteinsschichten oder auffällige Steine gestaunt. Da möchte man doch wissen, wie diese Felsform entstanden ist, wie jene Versteinerung heisst, wie alt die Berge sind – und vieles mehr. Bei solch alltäglichen Beobachtungen setzt dieses Buch an. Es möchte helfen, die in der Landschaft verborgenen Geschichten über ihr Werden und Vergehen zu entdecken – und dabei die Sprache der Geologie nahebringen. Naturbegeisterten und Lernenden, die sich mit der Materie befassen, wird hiermit ein knapp gehaltenes und gut illustriertes Werk zum Einstieg geboten.

**…bereits in der 9. Auflage**

Der Autor Toni Labhart hat über dreissig Jahre erfolgreich das Buch «Geologie der Schweiz» geprägt und immer erweitert. Er hat nun für die Neuauflage 2015 den Stab an Christian Gnägi übergeben. Mit dieser Neuauflage erhält das Buch eine neue Struktur. Die Inhalte wurden aktualisiert und erweitert.

## «Rock Fossils»
## Ab dem 18. März 2015

**Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern**
www.nmbe.ch

# «Rock Fossils»: Die heimliche Liebelei zwischen Wissenschaft und harter Rockmusik

Es gibt Wissenschaftler, die neuen, bislang unbekannten Tierarten Namen geben, welche einen Bezug zum Fundort oder zur Form haben. Es gibt aber auch Wissenschaftler, die eine neu entdeckte Art ihrem liebsten Rockstar widmen. Gerade in der Paläontologie gibt es eine Menge Wissenschaftler, die nicht nur Fossilien lieben, sondern auch mit derselben Leidenschaft der Rockmusik frönen – der harten Rockmusik. Die Sonderausstellung «Rock Fossils – Ja, es ist Liebe» lüftet diese bislang verdeckt gehaltene Liebelei der Naturwissenschaften.

Die Sonderausstellung präsentiert Dinosaurier und eine Vielzahl anderer Fossilien, welche die Namen von Bands oder Sängern aus der Rock-Szene tragen. So haben beispielsweise AC/DC, Lemmy von Motörhead, Ramones, Beatles, Rolling Stones und die Sex Pistols ihren festen Platz in der Erdgeschichte eingenommen. Die Ausstellung wurde erstmals im Geomuseum in Faxe (DK) gezeigt. Das Naturhistorische Museum der Burgergemeinde Bern (NMBE) hat die Ehre, die Ausstellung als erstes Haus ausserhalb Skandinaviens zeigen zu dürfen – noch vor dem Museum für Naturkunde in Berlin.

Die Paläontologen des NMBE widmen eine bislang unbekannte Seeigel-Art der Band Eluveitie. Zudem wird der Punk-Band Broilers ein ganz besonderer Meeressaurier gewidmet. Die beiden international erfolgreichen Bands werden im Skelettsaal des Museums exklusive Gratis-Konzerte geben.

**Weitere Informationen: www.rockfossils.ch**

**IMPRESSUM**
**Herausgeber | Editeur:** Platform Geosciences, Swiss Academy of Sciences (SCNAT)
**Redaktion | Rédaction:** Bianca Guggenheim, Pierre Dèzes, Platform Geosciences
**Redaktionskomitee | Comité de rédaction:** Saskia Bourgeois, Meteotest, Bern;
Danielle Decrouez, géologue et directrice honoraire du Muséum d'histoire naturelle, Genève;
Lorenz Meier, Geopraevent, Zürich; Edith Oosenbrug, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern;
Kaarina Riesen Kuhn, Kanton Aargau, Abteilung für Umwelt, Aarau; Marcel Pfiffner, Landesgeologie,
Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern
**Beiträge | Contributions:**
Die nächsten Redaktionsschlüsse: 30. Juni 2015, 30. September 2015.
Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge verantwortlich. |
Prochains délais rédactionnels: 30 juin 2015, 30 septembre 2015.
Les auteurs sont responsables du contenu de leurs articles.
Abonnement: CHF 25.– pro Jahr für 4 Ausgaben | par année pour 4 éditions
**Redaktionsadresse | Adresse de la rédaction:**
GeoPanorama | ETH Zürich LFW A2, Universitätsstrasse 2, 8092 Zürich
Tel. 044 632 79 80 | redaktion@geosciences.scnat.ch | www.geosciences.scnat.ch
**Layout | Mise en page:** Bianca Guggenheim
**Druck | Impression:** Albrecht Druck und Satz, Obergerlafingen
**Auflage | Tirage:** 1000 Ex.
ISSN 1662-2480

| | |
|---|---|
| **1.4.15** | **16th Swiss Global Change Day**, Freies Gymnasium, Beaulieustrasse 55, Bern. *www.proclim.ch/4dcgi/proclim/de/Event?3222* |
| **7.–11.4.15** | **Volcanoes, climate and Society,** Bicentenary of the great Tambora eruption, University of Bern. *www.oeschger.unibe.ch/events/conferences/tambora* |
| **1.–3.6.15** | **Lawinen und Recht,** Seminar, Kongresszentrum Davos. *www.slf.ch/more/lur* |
| **17.–19.6.15** | **Naturgefahren & Risiken – Veränderungen und Herausforderungen,** Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft, Innertkirchen, BE. *www.sgmg2015.unibe.ch* |
| **5.–9.7.15** | **Climates of the past – lessons for the future,** conference, Monte Verita, CSF, Ascona. *www.climategeology.ethz.ch/climateofthepast* |
| **5.–10.7.15** | **9th Symposium for European Freshwater Sciences,** conference, Geneva. *www.sefs9.ch* |
| **23.–28.8.15** | **14th International Swiss Climate Summer School,** Ascona. *www.c2sm.ethz.ch/education/summerschool2015* |
| **14.–18.9.15** | **Zertifikatslehrgang ZLG,** Hydrogeological Field Investigation, Thur and Tiergarten field test sites and Schloss Münchenwiler. *www.zlg.ethz.ch* |
| **12.11.15** | **Zustand der Gewässer in der Zentralschweiz,** Kollegi Stans, 19.30 Uhr, keine Anmeldung, freier Eintritt. |
| **20.–21.11.15** | **13th Swiss Geoscience Meeting,** Basel. *www.geoscience-meeting.ch* |

4 Ausgaben
pro Jahr für 25.–
online abonnieren unter
www.geosciences.ch

**Abonnement für**

Name _____

E-Mail _____

Adresse _____

_____