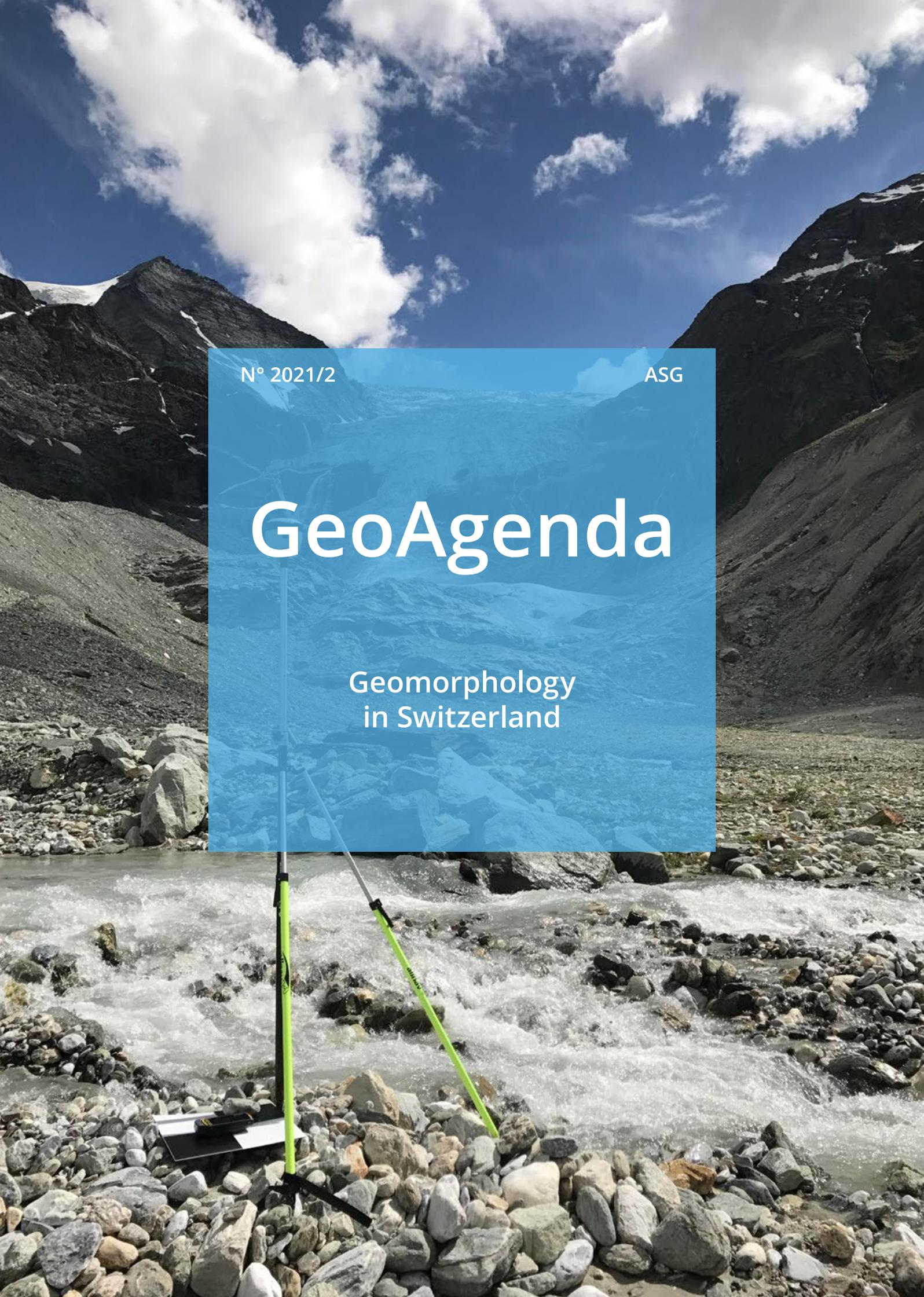


N° 2021/2

ASG

GeoAgenda

Geomorphology
in Switzerland



FOCUS / FOKUS

4

Geomorphologie
in der Schweiz

5

La géomorphologie
en Suisse

6

75 Jahre Schweizer Geo-
morphologische Gesellschaft

10

75 ans de la Société suisse
de géomorphologie

12

L'apport du Sud des Alpes
suisses dans le développe-
ment de la géomorphologie

16

Alpine streams and hydro-
power in the Swiss Water Law

22

Fribourg inventorie
ses géotopes
d'importance cantonale

26

La géomorphologie
pour tou.te.s

30

Sterbende Gletscher
und wachsende
Gletschervorfelder

34

L'usage des drones pour
le suivi des glaciers rocheux

38

Interaktive Tools
und Entscheidungshilfen
für den Risikodialog

42

Experimentelle Geomorpho-
logie: Sandkästen und die
Rolling Stones auf dem Mars

AUTRES CONTRIBUTIONS / ANDERE BEITRÄGE

46

Möglichkeiten und Grenzen
der digitalen Nutzung
des Schweizer Weltatlas

48

Wasser und Mensch
eng vernetzt

ACTUALITÉ / AKTUALITÄT

56

Manifestation
Veranstaltungen

57

Publications
Publikationen

60

Agenda



Verband Geographie Schweiz
Association Suisse de Géographie
Associazione Svizzera di Geografia



Chère lectrice, cher lecteur,

Le deuxième numéro de GeoAgenda de 2021 présente le large spectre de la géomorphologie suisse. A l'occasion des 75 ans de la Société suisse de géomorphologie, le co-président Nikolaus Kuhn est notre Guest Editor. Il introduit ce riche numéro avant de présenter la société avec l'autre co-président de la Société, Cristian Scapozza.

S'en suit un article rédigé par Cristian Scapozza qui fait le bilan des connaissances quant à l'évolution à long terme du paysage des Alpes du Sud. Ensuite, Stuart Lane discute les conséquences morphologiques de l'utilisation des plans d'eau pour la production d'électricité.

La contribution de Quentin Vonlanthen et Luc Braillard fait l'inventaire des sites du canton de Fribourg qui ont une signification morphologique particulière, alors que celle de Géraldine Régolini, Sébastien Morard et Amandine Perret présente le site internet sur la géomorphologie des Alpes développé par le Bureau Relief. Puis, la contribution d'Isabelle Gärtner-Roer décrit les changements dramatiques déclenchés par le réchauffement climatique dans les paysages des Alpes dominés par les glaciers. Dans leurs articles, Christophe Lambiel s'intéresse à l'usage des drones pour le suivi des glaciers rocheux et Andreas Zischg aux outils interactifs dans le domaine de la gestion des risques naturels. Finalement, pour clore ce Focus, la contribution de Nioklaus Kuhn ouvre les horizons de la géomorphologie en nous emmenant aussi loin que la planète Mars!

Deux articles viennent compléter la rubrique « Autres Contributions ». D'abord une interview réalisée par Francisco Klauser, avec Stefan Reusser et Christian Häberling, autour de l'Atlas mondial suisse numérique. Finalement celle de Matthias Probst sur le lien entre les humains et l'eau.

Bonne lecture,
Isabelle Schoepfer

Liebe Leserinnen und Leser,

Die zweite Ausgabe der GeoAgenda 2021 präsentiert das breite Spektrum der Schweizer Geomorphologie. Anlässlich des 75-jährigen Bestehens der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft ist Co-Präsident Nikolaus Kuhn unser Guest Editor. Er führt in dieses reichhaltige Thema ein, bevor er zusammen mit dem anderen Co-Präsidenten der Gesellschaft, Cristian Scapozza, die Gesellschaft vorstellt.

Es folgt ein Artikel von Cristian Scapozza, der den Stand des Wissens über die langfristige Entwicklung der südlichen Alpenlandschaft überprüft. Stuart Lane erörtert dann die morphologischen Folgen der Nutzung von Gewässern zur Stromerzeugung.

Der Beitrag von Quentin Vonlanthen und Luc Braillard listet Orte im Kanton Freiburg auf, die eine besondere morphologische Bedeutung haben, während Géraldine Régolini, Sébastien Morard und Amandine Perret die vom Bureau Relief entwickelte Website zur Geomorphologie der Alpen vorstellen. Danach beschreibt den Artikel von Isabelle Gärtner-Roer den durch die globale Erwärmung ausgelösten dramatischen Wandel der von Gletschern geprägten Landschaften der Alpen. In ihren Artikeln befassen sich Christophe Lambiel mit dem Einsatz von Drohnen zur Überwachung von Blockgletschern und Andreas Zischg mit interaktiven Tools im Bereich des Naturgefahrenmanagements. Zum Abschluss dieses Schwerpunkts öffnet der Beitrag von Nioklaus Kuhn die Horizonte der Geomorphologie, indem er uns bis zum Planeten Mars führt!

Zwei Artikel vervollständigen die Rubrik « Andere Beiträge ». Zuerst ein Interview von Francisco Klauser mit Stefan Reusser und Christian Häberling über den digitalen Schweizer Weltatlas. Zum Schluss kommt noch der Artikel von Matthias Probst über den Zusammenhang zwischen Mensch und Wasser.

Viel Vergnügen beim Lesen,
Isabelle Schoepfer

Geomorphologie in der Schweiz

Geschrieben von
Klaus Kuhn

2021 feiert die Schweizer Geomorphologische Gesellschaft ihr 75-jähriges Bestehen. Ursprünglich gegründet um die Erforschung der Schweizer Landschaften und ihrer Geschichte voranzutreiben, befasst sich die Arbeit der Schweizer Geomorphologinnen und Geomorphologen mittlerweile mit Fragen, die von den Folgen von Klimawandel für uns Menschen bis hin zur Suche nach Leben auf dem Mars reichen. Die vorliegende Ausgabe der GeoAgenda versucht dieses breite Spektrum der Schweizer Geomorphologie darzustellen. Zunächst werden Ziele und Arbeit der Geomorphologie zu Beginn des 21. Jahrhunderts und die Rolle der Schweizer geomorphologischen Gesellschaft vorgestellt. Dem folgen Beiträge zur Erforschung von Formen und Prozessen an der Erdoberfläche. **Cristian Scapoza** stellt den Wissenstand zur langfristigen Landschaftsentwicklung der südlichen Alpen vor, während **Stuart Lane** die kurzfristigen morphologischen Folgen der Nutzung von Gewässern zur Stromgewinnung untersucht. Es

folgen zwei Beiträge, welche den Kontakt der Geomorphologie zu Öffentlichkeit und Schulen darstellen. **Quentin Vonlanthen** und **Luc Braillard** erläutern das Freiburger Geotopinventar, also der Orte im Kanton, die morphologisch eine spezielle Bedeutung haben. Im Anschluss wird die Revision und Neugestaltung der Website zur Geomorphologie der Alpen, ein langjähriges Projekt der SGMG, von **Sébastien Morard**, **Amandine Perret** und **Géraldine Regolini** vorgestellt. Diese Webseite richtet sich insbesondere an Lehrpersonen in Schulen, dient jedoch auch dem Kontakt zur Öffentlichkeit. Den durch die globale Erwärmung ausgelösten dramatischen Wandel der von Gletschern geprägten Landschaften der Alpen beschreibt **Isabelle Gärtner-Roer** in ihrem Beitrag zur Morphodynamik von Gletschervorfeldern. Zum Abschluss der Ausgabe der GeoAgenda stellen **Christophe Lambiel**, **Andreas Zischg** und **Nikolaus Kuhn** jeweils neue Methoden in der geomorphologischen Forschung, beispielsweise die Nutzung von Drohnen und Experimenten, und Anwendung im Bereich Naturgefahrenmanagement vor. Obwohl zwangsläufig nur ein unvollständiger Überblick über die Arbeit der Geomorphologinnen und Geomorphologen in der Schweiz, verdeutlichen die Vielfalt und gesellschaftliche Relevanz der in dieser Ausgabe der GeoAgenda publizierten Beiträgen die Bedeutung der Geomorphologie innerhalb der Umweltwissenschaften. Dies spornt die Schweizer Geomorphologische Gesellschaft an, ihre Arbeit im Sinne der Disziplin, der Umwelt und der Menschen mindestens weitere 75 Jahre fortzusetzen.

Die Schweizerische Geomorphologische Gesellschaft

Die Schweizer geomorphologische Gesellschaft (SgmG) wurde 1946 von einer Arbeitsgruppe für Geographie an der Universität Basel gegründet. In den 75 Jahren ihres Bestehens hat sich die Schweizer Geomorphologie ständig entwickelt. Stand zunächst das Verständnis der Geschichte und Geographie der Vergletscherung der Schweiz im Vordergrund, entwickelte sich die Geomorphologie bis Ende des 20. Jahrhunderts zu einer inter- und transdisziplinären Disziplin, die sich mit Fragen zum Verhältnis von Mensch, Umwelt und Landschaft sowohl in der Grundlagenforschung wie auch der Anwendung der erworbenen Kenntnisse befasst. Daher fördert die SgmG das gesamte Spektrum der geomorphologischen Arbeit, insbesondere die Unterstützung des wissenschaftlichen Nachwuchses, des Wissenstransfer in Schule und Öffentlichkeit, um so zu einem ganzheitlichen Verständnis unserer Umwelt und ihrer Entwicklung beizutragen.

La géomorphologie en Suisse

En 2021, la Société suisse de géomorphologie fêtera son 75e anniversaire. Fondée à l'origine pour faire progresser l'étude des paysages suisses et de leur histoire, les travaux des géomorphologues suisses portent aujourd'hui sur des questions allant des conséquences du changement climatique pour l'homme à la recherche de la vie sur Mars. Ce numéro de GeoAgenda tente de présenter ce large spectre de la géomorphologie suisse. Tout d'abord, les objectifs et le travail de la géomorphologie au début du 21ème siècle et le rôle de la Société suisse de géomorphologie sont présentés. Viennent ensuite les contributions à l'étude des formes et des processus à la surface de la terre. **Cristian Scapoza** présente l'état des connaissances sur l'évolution à long terme du paysage des Alpes du Sud, tandis que **Stuart Lane** traite des conséquences morphologiques à court terme de l'utilisation des plans d'eau pour la production d'électricité.

Puis, deux contributions s'intéressent au lien fait entre la géomorphologie et le public ainsi que les écoles. **Quentin Vonlanthen** et **Luc Braillard** expliquent l'Inventaire des géotopes de Fribourg, c'est-à-dire les sites du canton qui ont une signification morphologique particulière. Ensuite, **Sébastien Morard**, **Amandine Perret** et **Géraldine Regolini** présentent la mise à jour du site web sur la géomorphologie de la montagne, un projet de la SSGm. Ce site web s'adresse en particulier aux enseignant.e.s dans les écoles, mais sert également de moyen de contact avec le public. Dans sa contribution sur la morphodynamique des marges proglaciaires, **Isabelle Gärtner-Roer** décrit les changements dramatiques déclenchés par le réchauffement climatique dans les paysages des Alpes dominés par les glaciers. Pour conclure

ce numéro de GeoAgenda, **Christophe Lambiel**, **Andreas Zischg** et **Nikolaus Kuhn** présentent chacun de nouvelles méthodes de recherche en géomorphologie, comme l'utilisation de drones et d'expériences, et des applications dans le domaine de la gestion des risques naturels. Bien qu'il ne s'agisse inévitablement que d'un aperçu incomplet du travail des géomorphologues en Suisse, la diversité et la pertinence sociale des articles publiés dans ce numéro de GeoAgenda illustrent l'importance de la géomorphologie au sein des sciences environnementales. Cela incite la Société suisse de géomorphologie à poursuivre son travail au profit de la discipline, de l'environnement et de la population pendant au moins 75 ans encore.

La Société Suisse de Géomorphologie

La Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) fut fondée en 1946 par un groupe de travail en géographie à l'Université de Bâle. Dans ses 75 ans d'existence, la géomorphologie suisse n'a jamais cessé de se renouveler. De la compréhension de l'histoire glaciaire de la Suisse par des géographes, elle est devenue dès la fin du XXe siècle une discipline inter- et transdisciplinaire s'intéressant à de nombreuses questions concernant la relation entre l'humain, l'environnement et le paysage dans la recherche fondamentale et appliquée. La SSGm promeut aujourd'hui tout le vaste spectre du travail géomorphologique et est active dans le transfert de connaissances au niveau didactique, publique et privée, afin de contribuer de manière toujours plus holistique à la compréhension de notre environnement et de son évolution.

75 Jahre Schweizer Geomorphologische Gesellschaft

Zur Debatte

- ▶ **Ist mein Haus vor Naturgefahren sicher, wenn es wärmer wird und die Niederschläge intensiver?**

- ▶ **Wie sollte man die Landwirtschaft an Klimawandel anpassen um Erosion zu verhindern?**

- ▶ **Kann man Flüsse renaturieren?**

- ▶ **Wie werden unsere Berglandschaften ohne Gletscher aussehen?**

Geschrieben von
Nikolaus J. Kuhn
Cristian Scapozza

Die Schweizerische Geomorphologische Gesellschaft (SGmG) wurde 1946 durch eine Arbeitsgruppe Geomorphologie an der Universität Basel gegründet. Die aktuell ca. 200 Mitglieder stammen aus verschiedenen Disziplinen, von Universitäten, der Verwaltung und auch aus privaten Büros. Die SGmG ist Mitglied der Schweizerischen Akademie der Wissenschaften (SCNAT), des Verbands Geographie Schweiz (ASG) und des Internationalen Verbands der Geomorphologen (IAG). Die SGmG setzt Geomorphologie in der Wissenschaft und der Praxis in Wert. Sie unterstützt junge WissenschaftlerInnen an Universitäten und fördert die Zusammenarbeit mit verwandten Wissenschaftsfeldern sowie den öffentlichen Dienstleistungen.

Was untersuchen GeomorphologInnen?

GeomorphologInnen untersuchen Prozesse, Formen, Materialien und die Entwicklung von Landschaften an der Erdoberfläche. Im Zusammenhang mit globaler Umweltveränderung entwickeln und fördern GeomorphologInnen das Verständnis für natürliche Prozessabläufe in Geosystemen, deren Veränderungen durch die Menschen und die Beziehungen zwischen Gesellschaften und der Natur.

Geomorphologie in der Schweiz

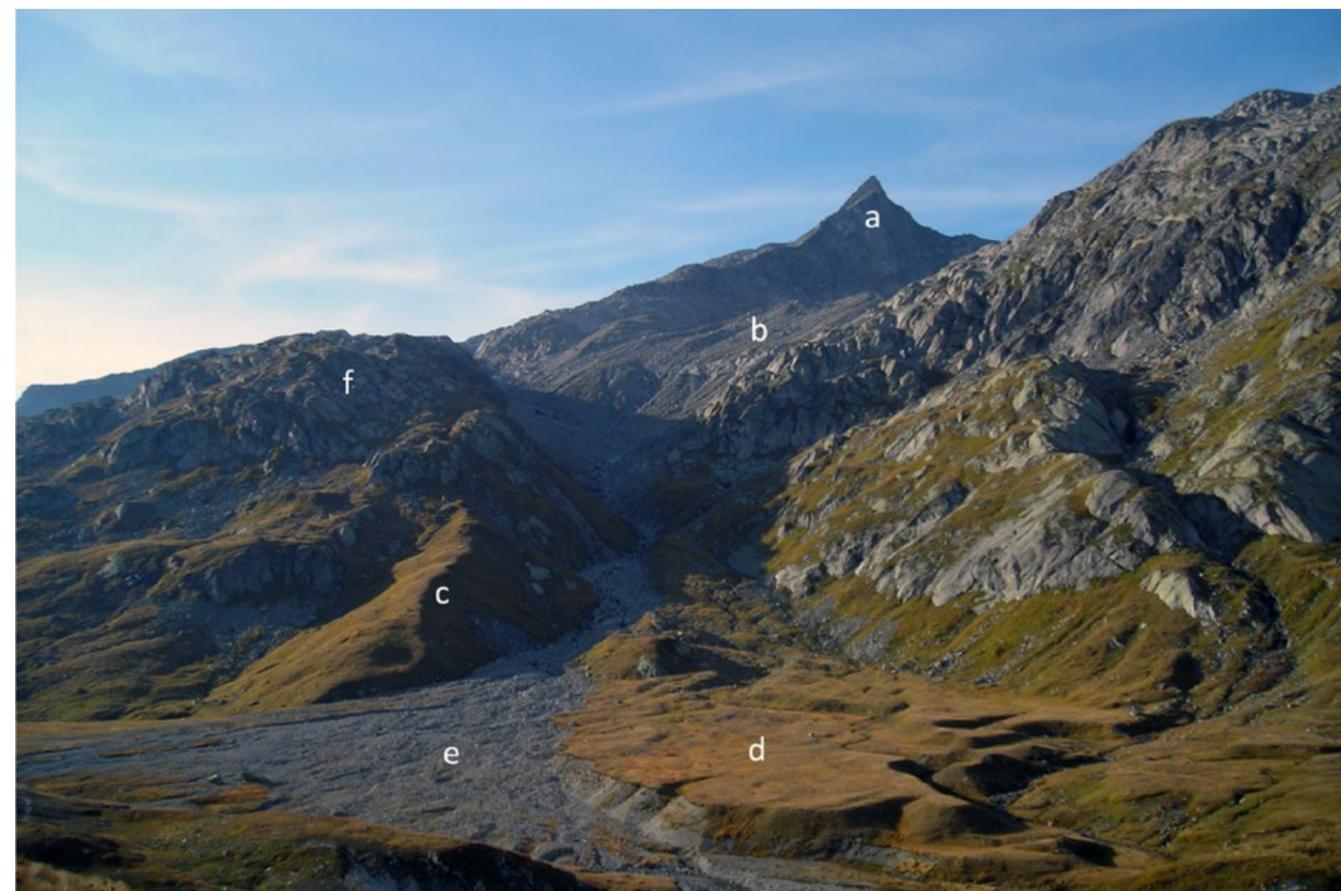
Das Wort Geomorphologie ist griechischen Ursprungs und bedeutet so viel wie die Wissenschaft der Formen der Erde bzw. genauer der Erdoberfläche. Damit wird auch schon deutlich, dass die Geomorphologie über die reine Formenbeschreibung des Reliefs hinausgeht: im Zentrum der Forschung steht vielmehr die Frage, wie bestimmte Kräfte (beispielsweise durch Vulkanismus, Erdbeben, aber auch Frosteinwirkung oder Niederschläge), Prozesse (wie Steinschlag, Lawinen, das Fliessen von Wasser) und Materialien (z.B. Gesteinsarten, Bodenarten, Eis) zusammenwirken, um die Formen an der Erdoberfläche hervorzubringen, die wir heute beobachten können.

«Das Wort Geomorphologie ist griechischen Ursprungs und bedeutet so viel wie die Wissenschaft der Formen der Erde bzw. genauer der Erdoberfläche.»

In diesem weiten Feld hat sich die Schweizerische Geomorphologie laufend mit wichtigen und aktuellen Aspekten befasst. So haben bereits in den vorigen Jahrhunderten H.-B. de Saussure und L. Agassiz und in der Folge E. Brückner und A. Penck entscheidende Beiträge für das Verständnis der glazialen Landschaften geleistet. Nach der Gründung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft (SGmG) im Jahre 1946 standen zunächst geomorphologische Kartierungen zur Klärung der Vergletscherungsgeschichte der Schweiz im Vordergrund. Dabei zeigte es sich immer mehr, dass auch in den Spuren anderer Prozesse, beispielsweise der Bodenbildung oder der Morphologie von Gewässern, wesentliche Informationen zu landschaftsgeschichtlichen bzw. klimageschichtlichen Fragen zu finden sind. Im gleichen Zeitraum hat sich ausserdem die Periglazial-Geomorphologie zu einem wichtigen Zweig der Schweizerischen Geomorphologie entwickelt, der heute in angewandten Fragen zu Permafrost und Klimawandel eine bedeutende Rolle spielt.

Eine Disziplin in ständigem Wandel

Seit etwa 1980 hat sich das Betätigungsfeld der Geomorphologinnen und Geomorphologen noch weiter vergrössert: das Verständnis der Prozesse, die



Hochgebirgsgeomorphologie: Glaziale und fluvioglaziale Landschaft im Greina-Gebiet in den Kantonen Graubünden und Tessin. Frontalansicht auf den Piz Gaglianera (3121 m/Meer), der ein sehr gutes Beispiel für ein Gletscherhorn ist (a). Moränen vom Ende der Kleinen Eiszeit sind im Kessel nördlich des Gipfels (b) in grau sichtbar. Im Vordergrund die rechte Seitenmoräne (mit Vegetation), entstanden am Ende des Tardiglazials (c), ein fluvioglazialer Schwemmfächer (terrassiert und vegetationsbedeckt), der aus der Überarbeitung der glazialen Ablagerungen zu Beginn des Holozäns entstand (d) und der heutige Schwemmfächer (e). Beachten Sie die Morphologie der Felsen in der Mitte des Fotos (f), die auf eine Fließrichtung des Eises während des letzten Glazialen Maximums von rechts nach links im Bild und damit von Alpennordseite nach Süden hinweist.

zur Landschaftsentwicklung und deren Nutzung, besonders als Folge von Umweltwandel, beitragen, rückte zusätzlich sowohl in die Grundlagenforschung wie die Anwendung. Neben der Arbeit in Feld und Labor nimmt dabei die Entwicklung und Nutzung von numerischen Modellen einen immer grösseren Raum ein. Seit den 90er Jahren befassen sich zudem verschiedene Akteure mit der Aufnahme, der Kartierung und der Inwertsetzung des geomorphologischen Erbes.

Entsprechend der Vielfalt der Themen haben sich der ursprünglich aus der Geographie entstandenen Vereinigung Vertreterinnen und Vertreter aus weiteren Disziplinen wie Geologie und Erdwissenschaften, Kultur-, Vermessungs- und Bauingenieurwesen, Fluss- und Wasserbau, Biologie oder Chemie angeschlossen. Diese Vielfalt belegt, dass viele der Fragestellungen zum Verhältnis zwischen Menschen und Landschaft, in der Schweiz speziell im Zusammenhang mit den vielfältigen Aspekten der Klimaveränderung, nur inter- oder transdisziplinär bearbeitet werden können. Die Geomorphologie im Allgemeinen, die SGmG im Besonderen, verknüpfen dabei Grundlagenforschung mit praxisorientierten Fragen von Behörden oder Privaten.

«Die Schweizer Geomorphologische Gesellschaft fördert das gesamte Spektrum geomorphologischer Arbeit in der Schweiz.»

Die SGmG fördert das gesamte Spektrum geomorphologischer Arbeit. Grundlagenforschung wird insbesondere durch die Unterstützung des wissenschaftlichen Nachwuchses an den Universitäten unterstützt (Abb. 1). Der Transfer dieses neu erworbenen Wissens zu Landschafts- und Umweltwandel in die Lehre an Schulen und Universitäten wird mit Projekten wie *Geomorphologie de la Montagne* (<https://geomorphologie-montagne.ch>) erreicht. Desweiteren tragen Tagungen und Seminare dazu bei, eine breite Öffentlichkeit über den Beitrag der Geomorphologie zum Verständnis unserer Umwelt und deren Entwicklung zu informieren.



Abb. 1: Exkursion der Young Geomorphologists während einer Exkursion nach Réchy im Jahr 2020. Foto: Elisa Giaccone (elisa.giaccone@gmail.com)



Nikolaus J. Kuhn

ist Geomorphologe und Leiter der Forschungsgruppe Physiogeographie und Umweltwandel an der Uni Basel. Seine Gruppe erforscht die Bedeutung von Oberflächenprozessen für Mensch und Umwelt und versucht dabei die Rolle von Prozessen und deren Veränderung für die globale Umwelt des Planeten Erde zu verstehen.

nikolaus.kuhn@unibas.ch



Cristian Scapozza

PhD en géographie de l'Université de Lausanne, est chercheur senior à la Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI). Ses domaines principaux de recherche sont la géomorphologie alpine, la géoarchéologie des fonds de vallée et la cartographie géologique du Quaternaire. Depuis 2020 il est le président de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm/SGmG).

cristian.scapozza@supsi.ch

Die Präsidenten und Sekretaren der SGMG seit 1946 / Les présidents et secrétaires de la SSGm depuis 1946.

Periode / Période	Präsident / Président	Sekretar / Secrétaire
1946 – 1950	Hans Annaheim	Erich Schwabe
1951 – 1953	Alfred Bögli	Erich Schwabe
1954 – 1959	René Nertz	Erich Schwabe
1960 – 1964	Erich Schwabe	F. Hofer
1965 – 1971	Rudolf Salathé	Walter Geissbühler
1972 – ?	Dietrich Barsch	Lorenz King
1973 – 1985	?	?
1980 – 1985	Hartmut Leser	?
1986 – 1988	Martin Gamper	Max Maisch
1989 – 1991	Wilfried Haerberli	Max Maisch
1992 – 1994	Markus Zimmermann*	Max Maisch
1995 – 1998	Michel Monbaron	Christoph Hegg
1999 – 2001	Daniel Vonder Mühl	Christoph Hegg
2002 – 2004	Christoph Hegg	Emmanuel Reynard
2005 – 2007	Emmanuel Reynard	Ralph Lugon
2008 – 2010	Reynald Delaloye	Michelle Bollschweiler
2011 – 2013	Isabelle Gärtner-Roer	Michelle Bollschweiler (– 2012) Benno Staub (2012 –)
2014 – 2016	Christoph Graf	Benno Staub (– 2015) Isabelle Kull (2015 –)
2017 – 2019	Nikolaus J. Kuhn	Isabelle Kull
Seit / depuis 2020	Cristian Scapozza	Dorota Czerski

*Markus Zimmermann a été remplacé en 1994 par le vice-président Wilfried Haerberli car il était engagé sur le volcan Pinatubo.

75 ans de la Société suisse de géomorphologie

À débattre

- ▶ **Ma maison est protégée des dangers naturels, quand il va faire plus chaud et les précipitations vont être plus intenses ?**
- ▶ **Comment l'agriculture doit s'adapter au changement climatique pour prévenir l'érosion des sols ?**
- ▶ **L'Humain peut renaturer les fleuves ?**
- ▶ **Comment vont apparaître nos paysages de montagne sans glaciers ?**

Écrit par
Nikolaus J. Kuhn
Cristian Scapozza

La Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) fut fondée en 1946 par un groupe de travail en géomorphologie à l'Université de Bâle. Ses 200 membres actuels environ proviennent de vastes disciplines, universités, administration et aussi du monde de l'industrie. La SSGm est membre de l'Académie Suisse des Sciences (SCNAT), de l'Association Suisse de Géographie (ASG) et de l'Association Internationale des Géomorphologues (AIG). La SSGm a pour but de promouvoir la géomorphologie en soutenant des jeunes chercheurs dans les universités et en favorisant les relations avec d'autres domaines scientifiques proches et les services publics.

Qu'est-ce qu'étudient les géomorphologues ?

Les géomorphologues étudient les processus, les formes, les matériaux et l'évolution des paysages à la surface de la Terre. Dans le contexte de changements environnementaux globaux, les géomorphologues ont pour mission de développer et de promouvoir la compréhension des processus naturels des géosystèmes et les relations entre les sociétés et la nature.

La géomorphologie en Suisse

Le mot géomorphologie est d'origine grecque et signifie science des formes de la Terre ou encore, plus précisément, science des formes de la surface de la Terre. La géomorphologie va au-delà de la simple description des formes du relief: sa recherche se concentre sur la compréhension des relations et du fonctionnement entre certains facteurs (par ex. le volcanisme, les tremblements de terre, le gel ou les précipitations), processus (par ex. les chutes de pierres, les avalanches, l'écoulement de l'eau) et matériels (par ex. les roches, dépôts, sols ou la glace) qui interagissent pour produire les formes de la surface terrestre que nous pouvons observer dès nos jours.

Dans ce vaste contexte, la géomorphologie suisse a toujours abordé des questions importantes et d'actualité. Ainsi, dans les siècles passés, H.-B. de Saussure et L. Agassiz, suivis par E. Brückner et A. Penck, ont apporté des contributions fondamentales à la compréhension des paysages glaciaires. Après la fondation de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) en 1946, l'accent a été mis surtout sur la cartographie géomorphologique afin de dresser un cadre complet de l'histoire glaciaire de la Suisse. Il est cependant devenu de plus en plus évident que les traces d'autres processus, par exemple la formation des sols ou la morphologie des cours d'eau, fournissaient également des informations importantes pour la compréhension de l'histoire du paysage et du climat. Dans la même période, la géomorphologie périglaciaire s'est rapidement développée pour devenir une branche significative de la géomorphologie suisse, en jouant aujourd'hui un rôle crucial dans les questions de recherche concernant le pergélisol et le réchauffement climatique.

Une discipline constamment mise à jour

Depuis 1980 environ, le champ d'activité des géomorphologues s'est d'avantage élargi. La compréhension des processus contribuant au développement des paysages et à leur utilisation, notamment comme conséquence des changements environnementaux, est passée partiellement de la recherche fondamentale à la recherche appliquée. Outre les travaux de terrain et les épreuves de laboratoire, le développement et l'utilisation toujours plus intense de modèles numériques revêt une importance toujours croissante. Depuis les années 1990, plusieurs acteurs ont également été impliqués dans l'inventorisation, la cartographie et la médiation du patrimoine géomorphologique.



Géomorphologie des fonds de vallée : paysage fluvial de la partie inférieure du Piano di Magadino, entre Bellinzona et le Lac Majeur. En trait-tillé, le paléodelta de Cugnasco, qui en 4950 a. J.-C. était encore sur le Lac Majeur, qui se terminait quelque kilomètre en amont et atteignait un niveau moyen de 205–200 m/mer (aujourd'hui il est à 193 m/mer). Ce paléodelta a été fossilisé vers 1800 a. J.-C. par la progradation du delta du Ticino. Photo : C. Scapozza.

Conformément à la diversité des thématiques abordées, les représentants d'autres disciplines scientifiques telles que la géologie et les sciences de la Terre, le génie civil et rural, la topographie, l'ingénierie hydraulique et fluviale, la biologie et la chimie ont intégré l'association, qui au début était centrée presque exclusivement sur la géographie. Cette diversité est la preuve que de nombreuses questions concernant la relation entre l'humain, l'environnement et le paysage, qui en Suisse est aussi strictement liée avec les multiples effets du changement climatique, ne peuvent être abordée que de manière inter- ou transdisciplinaire. La géomorphologie en général, et la SSGm en particulier, associent par conséquent la recherche fondamentale aux questions orientées vers la pratique, émanant des autorités publiques ou des milieux privés.

« Le mot géomorphologie est d'origine grecque et signifie science des formes de la Terre ou encore, plus précisément, science des formes de la surface de la Terre. »

La SSGm promeut aujourd'hui tout le vaste spectre du travail géomorphologique. La recherche fondamentale est soutenue notamment grâce à la promotion des jeunes scientifiques dans les écoles universitaires. Le transfert des nouvelles connaissances acquises sur le paysage et les changements

environnementaux dans l'enseignement scolaire et universitaire est réalisé grâce à des projets tels que *Géomorphologie de la montagne* (<https://geomorphologie-montagne.ch>). En outre, les conférences et les séminaires permettent de (in)former le large public à l'importante contribution donnée par la géomorphologie à la compréhension de notre environnement et de son évolution.

« La SSGm promeut aujourd'hui tout le vaste spectre du travail géomorphologique. »

Quellen / Sources

geomorphology.ch

Reynard E., Häuselmann P., Jeannin P.-Y., Scapozza C. 2021. Geomorphological Landscapes in Switzerland. In: Reynard E. (ed.), Landscapes and Landforms of Switzerland. Cham, Springer, pp. 71–80. doi.org/10.1007/978-3-030-43203-4_5

Salathé R. 1971. 25 Jahre Schweizerische Geomorphologische Gesellschaft 1946 – 1971. Geographica Helvetica 26, pp. 97–98. doi.org/10.5194/gh-26-97-1971

L'apport du Sud des Alpes suisses dans le développement de la géomorphologie

À débattre

- ▶ **Le moine bénédictin Placidus a Spescha, précurseur de la géographie alpine et de la glaciologie.**
- ▶ **Les observations menées par William Morris Davis dans les vallées supérieures du Canton du Tessin.**
- ▶ **Le terrain d'étude privilégié de Hans Annaheim, fondateur et premier président de la SSGm/SGmG.**
- ▶ **La morphogénèse glaciaire des vallées et des lacs, révisée en clé fluviatile à la fin du XX^e siècle.**

Écrit par
Cristian Scapoza

Entre le XVIII^e siècle et le XX^e siècle, le Sud des Alpes Suisses a été le théâtre d'explorations de la part de nombreuses personnalités qui ont fait l'histoire de la recherche sur les environnements de montagne et sur le climat. Les plus célèbres ont certainement été le grison Placidus a Spescha, précurseur de la géographie alpine, et l'étasunien William Morris Davis, « père » de la géomorphologie moderne. Les vallées supérieures du Tessin ont également attiré l'attention de nombreux chercheurs de l'aire germanophone qui se sont intéressés à la morphogénèse des Alpes Léponentines tout en contribuant au développement de la géomorphologie et à la création de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm/SGmG).

Les pionniers

Pendant la période où l'alpinisme et la science s'entremêlaient et constituaient le plus souvent une seule discipline, l'un des plus grands pionniers des sciences naturelles alpines fut certainement le bénédictin grison Placidus a Spescha (1752–1833), né Julius Baptist. Géographe, minéralogiste et alpiniste, il dédia sa vie à la découverte, description et étude des Alpes Léponentines et fut l'auteur de nombreuses premières ascensions à cheval entre la région du Col du Luckmanier, de la Greina et de l'Adula/Rheinwadhorn.

Son rôle de pionnier de l'alpinisme lui fut reconnu déjà par ses contemporains. Le célèbre alpiniste anglais Douglas William Freshfield (1845–1934), rédacteur en chef de l'« Alpine Journal » entre 1872 et 1880, l'a défini comme étant le deuxième personnage le plus important des annales de l'alpinisme du XIX^e siècle après Horace-Bénédict de Saussure, et le premier alpiniste de son temps (Fig. 1).

Placidus a Spescha a eu moins d'importance en tant que précurseur des études climatiques et glaciologiques, domaines dans lesquels il fut rapidement oublié. Mais grâce à ses observations minutieuses et à sa profonde connaissance du terrain, il compte parmi les pionniers de l'étude climatique des milieux de haute montagne (notamment des glaciers) de la première moitié du XIX^e siècle, au même titre que des personnalités de premier plan comme Johann Wolfgang Goethe, Jean de Charpentier, Louis Agassiz et Ignaz Venetz.

«Die Eis- und Schneemassen haben sich beträchtlich angehäuft und sind stark thalabwärts gegangen.»

Placidus a Spescha, 1818.

Parmi les grands scientifiques qui ont visité les Alpes Léponentines entre la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle, le plus célèbre a certainement été le géographe et géologue étasunien William Morris Davis (1850–1934). Père de la première théorie importante de la morphogénèse sur des bases climatiques, le « cycle d'érosion », Davis est unanimement considéré comme le fondateur de la géomorphologie moderne. Il visita le Tessin à la fin du XIX^e siècle, décrivant et analysant la morphologie de ses vallées profondément incisées pour étayer sa théorie de la « sculpture des montagnes par les glaciers » (« the sculpture of mountains by glaciers »).

Avec ses observations, Davis entendait tester et affiner le modèle classique d'érosion glaciaire proposé en 1864 par le géologue écossais Sir Andrew Crombie Ramsay (1814–1891). Il observa, par exemple, la hauteur discordante des vallées suspendues par rapport au fond de la vallée principale entre le Val d'Ambra et la Valle Leventina à Pollegio, et entre la Valle di Lodrino et la Riviera à Osogna, ce qui lui permit de développer un modèle général de la genèse des vallées surcreusées.

En plus de ses descriptions et analyses géomorphologiques, on peut considérer William Morris Davis aussi comme un précurseur du géotourisme, car il invita ouvertement ses collègues voyageurs (*travellers*) à s'arrêter dans cette partie des Alpes et à se prendre du temps pour y observer le relief.

«It is my hope that this article may lead a few of the many thousand travellers who annually invade Italy by the St. Gotthard route, to stop a day or two (...).»

William Morris Davis, 1900.

De Die Alpen im Eiszeitalter à la création de la SSGm/SGmG

Comme le préconisait Davis, les vallées supérieures tessinoises attiraient dans les décennies successives l'intérêt de nombreux chercheurs, provenant principalement de l'aire germanophone. C'est notamment le cas des géographes et géologues allemands Albrecht Penck (1858–1945) et Eduard Brückner (1862–1927), qui s'intéressaient aux glaciations dans les vallées tessinoises et qui les ont décrites et intégrées dans leur travail monumental de 1909 dédié

aux Alpes pendant l'ère glaciaire (« Die Alpen im Eiszeitalter »). Ou encore, du géographe allemand Hermann Friedrich Christian Lautensach (1886–1971), qui publia en 1910 sa thèse de doctorat dédiée à l'étude de la morphologie glaciaire et à la morphogénèse des Alpes tessinoises. Il y définit, en particulier, trois niveaux de systèmes de terrasses d'érosion, correspondant à la fois aux fonds de vallée creusés par érosion fluviatile et à cause des glaciations entre les Époques du Miocène (23.03–5.33 Ma) et de l'Holocène (entre 11.77 ka et aujourd'hui), en plus du fond de vallée actuel.

Entre la fin de l'Époque du Miocène et le début de celle du Pliocène (5.33–2.59 Ma), l'incision du relief originel par érosion fluviatile, conséquence de la surrection des Alpes, conduisit à la naissance du premier système de terrasses, appelé « niveau de Pettanetto ». Un deuxième système, le « niveau de Bedretto », se serait formé de manière similaire entre les Époques du Pliocène et du Pléistocène (de 2.59 Ma à 11.77 ka). Un nouveau soulèvement des Alpes au cours du Pléistocène provoqua une nouvelle phase d'incision fluvioglaciaire, due à la fois à la tectonique (soulèvement des Alpes) et au climat (glaciations), et donna naissance au troisième système de terrasses, le « niveau de Sobrio » (Fig. 2). D'après ce modèle, le fond de vallée actuel aurait été finalement incisé par l'érosion glaciaire pendant le Pléistocène supérieur et rempli par des dépôts glaciaires, fluvioglaciaires, lacustres et fluviatiles lors de la déglaciation, formant un quatrième et dernier système de terrasses.

Ces études sur la morphogénèse des Alpes ont vu à l'œuvre aussi l'un des pères de la géomorphologie suisse, le géographe bâlois Hans Annaheim (1903–

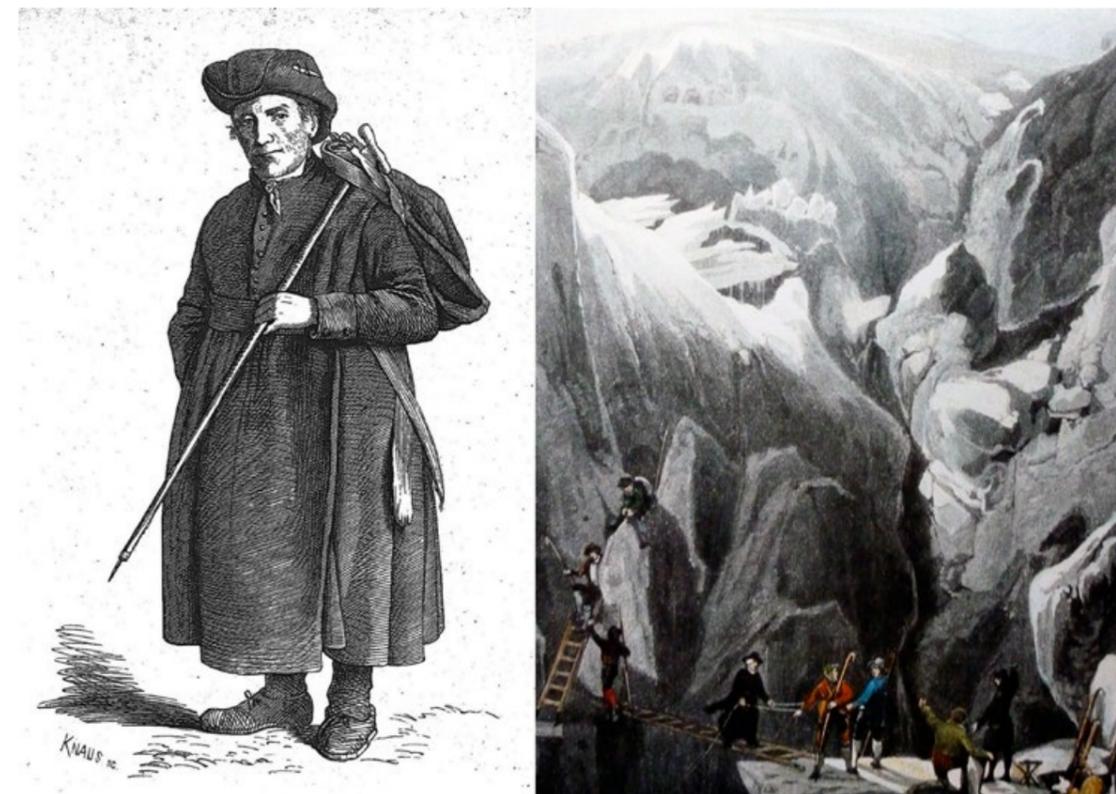


Fig. 1 : Placidus a Spescha dans un portrait publié dans l'Annuaire du CAS de 1868/1869 (à gauche) et en train de traverser le glacier du Rheinwald, sur un tableau de Johann Ludwig Bleuler de 1818 (à droite). Source : Scapoza (2019).



Fig. 2 : Les terrasses de la rive droite de la Valle Leventina en amont de Piotta vues depuis le Passo Sassello (2336 m/mer) et interprétées selon le système développé au début du XX^e siècle. Photo : C. Scapoza.

1978). Les études qu'il mena intéressèrent l'ensemble du Sud des Alpes, du Saint Gothard jusqu'à la marge méridionale de la chaîne alpine (Fig. 3), et l'amènèrent à diffuser la culture géomorphologique en fondant, en 1946, la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm/SGmG) dont il fut le premier président.

Les travaux de Hans Annaheim stimulèrent nombreux chercheurs de la Suisse italienne. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer Giacomo Gemnetti (1885–1963), qui fut le président de la Società ticinese di scienze naturali (STSN) entre 1937 et 1940 et qui publia en 1938 un cahier dédié à la partie méridionale du Canton du Tessin pendant l'époque glaciaire. Puis, le géomorphologue Aldo Godenzi du Val Poschiavo, qui étudia avant tout la morphologie glaciaire et la morphogénèse du Val Poschiavo, du Groupe du Bernina et de la Valle dell'Adda. Par la suite, Godenzi s'intéressera au territoire de la Valle Mesolcina, du Val Calanca et de la vallée du Ticino jusqu'à la limite ouest constituée par le fleuve lui-même.

L'héritage laissé par ces travaux est tel que la subdivision des vallées du Sud des Alpes selon trois systèmes de terrasses d'érosion fluviale et glaciaire, auxquels s'ajoute le fond de vallée actuel, a perduré dans la communauté scientifique jusque dans les années 1990, avec une persistance même dans les années plus récentes.

D'après les connaissances actuelles sur la genèse de ces systèmes de terrasses, la plupart d'entre eux serait le résultat de tassements profonds des versants. C'est le cas pour les localités-type du « niveau de Bedretto » au Val Bedretto et du « niveau de Sobrio » entre Osco et Sobrio, tandis que dans d'autres cas ces niveaux de terrasses emboîtés correspondent à des changements lithologiques majeurs et/ou tectoniques dans la structure géologique.



Cristian Scapoza PhD en géographie de l'Université de Lausanne, est chercheur senior à la Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI). Ses domaines principaux de recherche sont la géomorphologie alpine, la géoarchéologie des fonds de vallée et la cartographie géologique du Quaternaire. Depuis 2020 il est le président de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm/SGmG).

cristian.scapoza@supsi.ch
Photo : C. Ambrosi

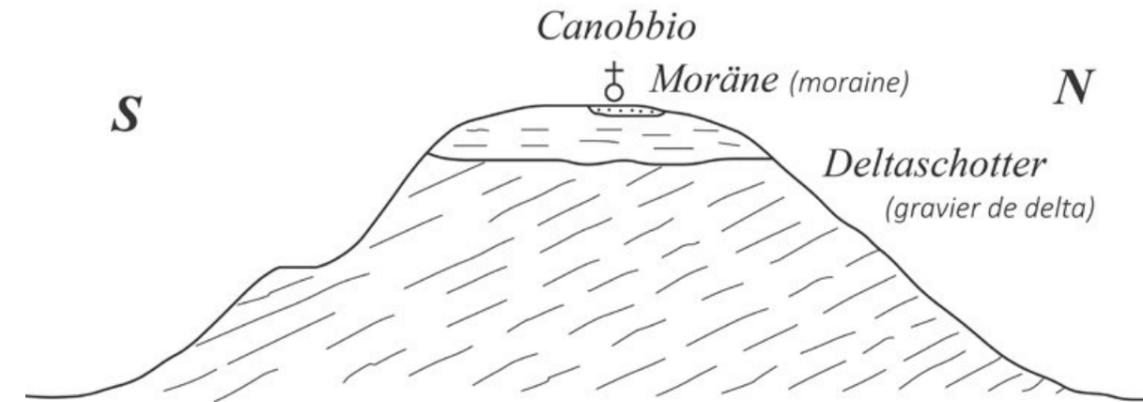


Fig. 3 : Profil à travers la terrasse de kame (paléo-delta) et la moraine de Canobbio à Lugano. Sur la terrasse visible sur le côté sud du profil y était le Campus SUPSI jusqu'en janvier 2020. Source : modifié d'après H. Annaheim, 1934, <https://doi.org/10.5169/seals-159382>

Des versants des vallées aux fonds des lacs

Si les vallées du Sud des Alpes ont été considérées par plus d'un siècle comme d'origine exclusivement glaciaire, nous savons depuis les années 1970/1980 que leur origine et leur approfondissement bien plus marqué par rapport aux vallées du Nord des Alpes sont dus à l'érosion intensive d'origine fluviale ayant eu lieu avant les glaciations de la Période Quaternaire (entre 2.59 Ma et aujourd'hui).

Les observations de surfaces d'érosion dans la *Gonfolite lombarda* (la molasse du Sud des Alpes déposée pendant les Époques de l'Oligocène et du Miocène) et les prospections de sismique réflexion menées sur les grands lacs insubriens et sur le fond de vallée de la basse Valle Leventina et du Piano di Magadino, ont permis de comprendre qu'aussi bien le fond des lacs que le substratum rocheux sont situés à plusieurs centaines de mètres au-dessous du niveau actuel de la mer (Fig. 4). Les fonds des lacs du Sud des Alpes présentent des profondeurs atteignant -200 m/mer et leur plan d'eau est plus bas de 266 m par rapport au Nord des Alpes. Malgré cela, les lacs du Sud des Alpes sont en moyenne 130 m plus profonds par rapport à ceux du Nord des Alpes. Si l'on considère également la morphologie particulièrement encaissée des fonds de vallée (profil en « V ») et la profondeur du substratum rocheux qui peut atteindre les 600–700 m en dessous du niveau actuel de la mer, les vallées du Sud des Alpes ont été interprétées comme résultant d'une érosion très intense pendant l'Époque du Miocène. Leur incision aurait été particulièrement marquée pendant l'adite « crise de salinité messinienne » ayant eu lieu pendant l'Étage du Messinien (7.25–5.33 Ma). Celle-ci fut causée par des événements répétés d'assèchement presque complet de la mer Méditerranée en raison de la fermeture du détroit de Gibraltar pour des raisons tectoniques, ce qui entraîna un abaissement significatif du niveau de base de l'érosion fluviale.

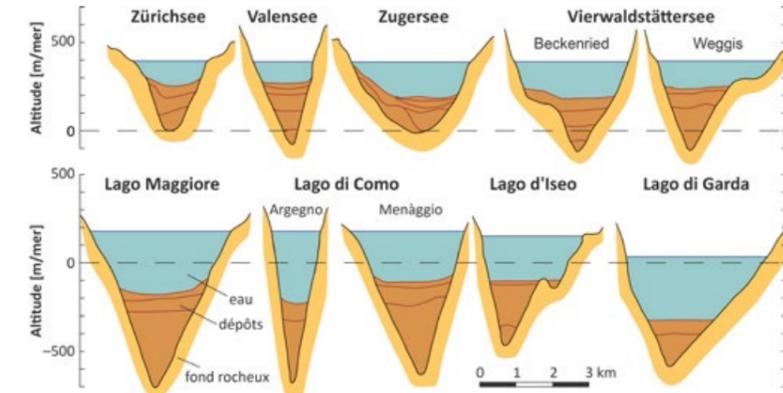


Fig. 4 : Profils à travers la partie profonde de certains lacs du Nord (en haut) et du Sud des Alpes (en bas). Source : modifié d'après P. G. Finckh, 1978, [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(78\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0025-3227(78)90036-1)

Sources

Scapoza C. 2019 : Lo studio delle Alpi Lepontine dal Settecento ai giorni nostri. In : Maracci M. (a cura di), Storie di montagna. 100 anni UTOE Bellinzona. Bellinzona, Unione ticinese operai escursionisti (UTOE), pp. 22–39.

Scapoza C. 2019 : Pater Placidus a Spescha, précurseur de la glaciologie au début du XIX^e siècle dans les Alpes de l'Adula. Annales valaisannes 2019, pp. 249–259.

Scapoza C. & Ambrosi C. 2021: Between Glaciers, Rivers and Lakes: The Geomorphological Landscapes of Ticino. In : Reynard E. (ed.), Landscapes and Landforms of Switzerland. Cham, Springer, pp. 325–336. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43203-4_22

Alpine streams and hydropower in the Swiss Water Law: what role for geomorphology?

To debate

- ▶ The Swiss Water Law now explicitly requires sediment management in hydropower-impacted streams
- ▶ New remote sensing and modelling technologies allow for geomorphology to be central to this management
- ▶ Efficient and effective sediment management needs to be sensitive to geomorphic processes

Written by
Stuart N. Lane

Sediment is the template upon which life in rivers and streams depends. Since 2011, Switzerland has added the management of sediment to its Water Law. Hydropower infrastructure strongly modifies the connection of sediment from upstream to downstream and so it has been a particular focus of new river management plans. These plans need to be informed by geomorphological analyses to avoid recommendations that are at best costly but not needed and that at worst have more negative downstream impacts than before they were implemented.

The Swiss Water Law: the need for geomorphology in managing Alpine hydropower

Switzerland distinguishes itself by having a strong federal law to protect the water environment, one that was accepted after a popular vote in 1992. Whilst this still leaves individual Cantons some latitude to decide how the law should be implemented, it has resulted in a major shift in water protection. Whereas a primary focus of the initial version of this law was securing the minimum flows needed, such as downstream of hydropower infrastructure, an important modification in 2011 strengthened the law considerably. The latter included a requirement for more proactive restoration of degraded rivers based upon the notion of "room for the river" and river revitalization; but also the inclusion of sediment considerations in river management. These latter were developed in a

modification of the ordinances associated with the law in 2011 which makes explicit the responsibility of Cantons to submit sediment management plans that wherever possible maintain the downstream transfer of sediment. By the end of 2030, where river exploitation has strongly impacted the sediment regime, mitigation measures must be put in place. Since 2011, the Federal Environment Office has commissioned research and developed a set of publications to guide this mitigation. In theory, at least, these changes bring geomorphology to the forefront of mitigating hydro-power impacts on streams. So what role could and should geomorphology play?

"The current formulation of the Swiss Water Law takes no account of how a given river discharge interacts with its stream bed to determine habitat."

New methods, new technologies

The first is methodological. Over recent years geomorphologists have embraced and developed emerging geospatial technologies especially those associated with low-cost un-crewed airborne vehicles (UAVs). These are unlocking our ability to design and to follow mitigation schemes. Unlike the assumptions made in many sediment transport analyses, rivers are at least two-dimensional; the net sediment transport regime is a function of the interaction between spatially-distributed patterns of the force exerted by a river on its bed and bed sedimentology. Equally, the habitat available in a river is the sum of a set of the habitat "patches" available at any one time. The patches themselves are dynamic in terms of their habitat value as discharge changes. Lane et al. (2020) developed and applied a framework (Figure 1) that uses UAVs for the correct application of hydrodynamic models for predicting how both sediment transport potential and river habitat change as a function of stream discharge (Figure 2). The current formulation of the Swiss Water Law takes no account of how a given river discharge interacts with its stream bed to determine habitat. However, evidence from applying

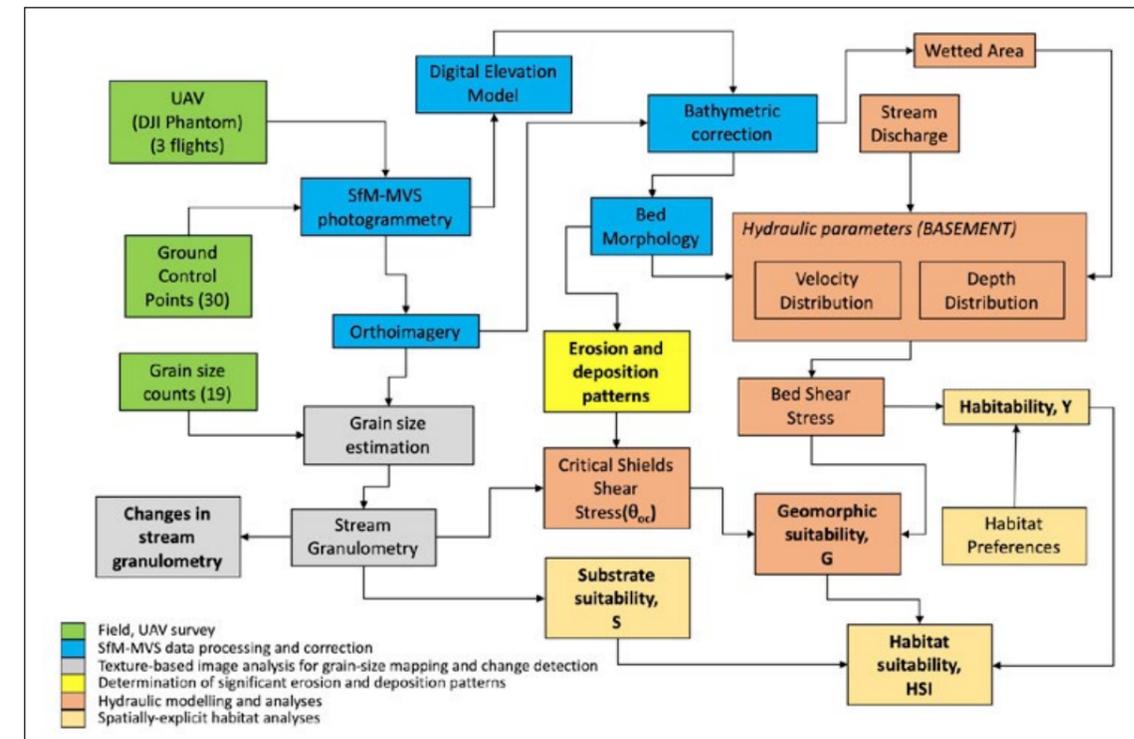


Figure 1. A methodology for harnessing geospatial data acquisition and analysis for designing dam releases and assessing the impacts of those releases (after Lane et al., 2020). Field unmanned airborne vehicle survey is combined with SfM-MVS photogrammetric data processing to produce digital elevation models and geometrically-corrected (orthoimages) of the stream bed, corrected for the effects of refraction. Analysis of the orthoimages allows mapping of stream granulometry. Repeating data collection after dam releases allows erosion and deposition and changes in stream granulometry to be mapped. The digital elevation models can be combined with discharge data to provide maps of shear stress which if combined with maps of granulometry can be used to parameterize erosion and identify zones of possible stream-bed colmatation. With knowledge of habitat preferences habitat can be mapped, including its changing spatial distribution as discharge changes.

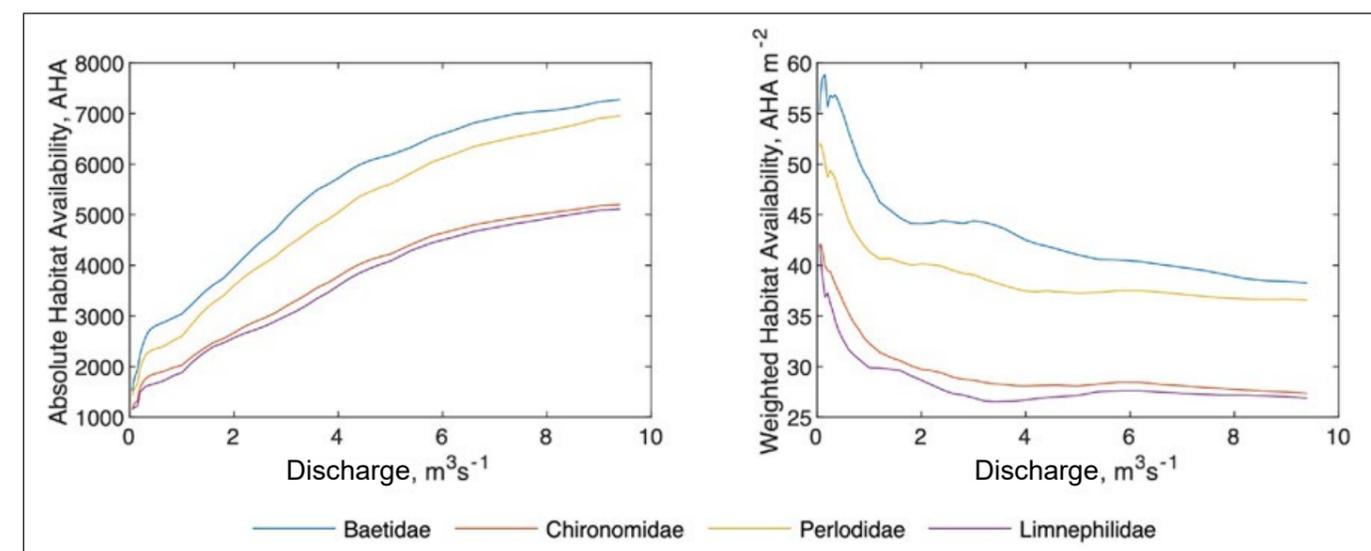


Figure 2. Model predictions of how habitat changes for four insect families based upon the methodology shown in Figure 1, for the total available habitat (2a) and the habitat per unit area inundated for a reach of the Turtmanna river, VS. Lane et al. (2020) found that the measured relative abundance of these families reflected the relative abundance in these model predictions.

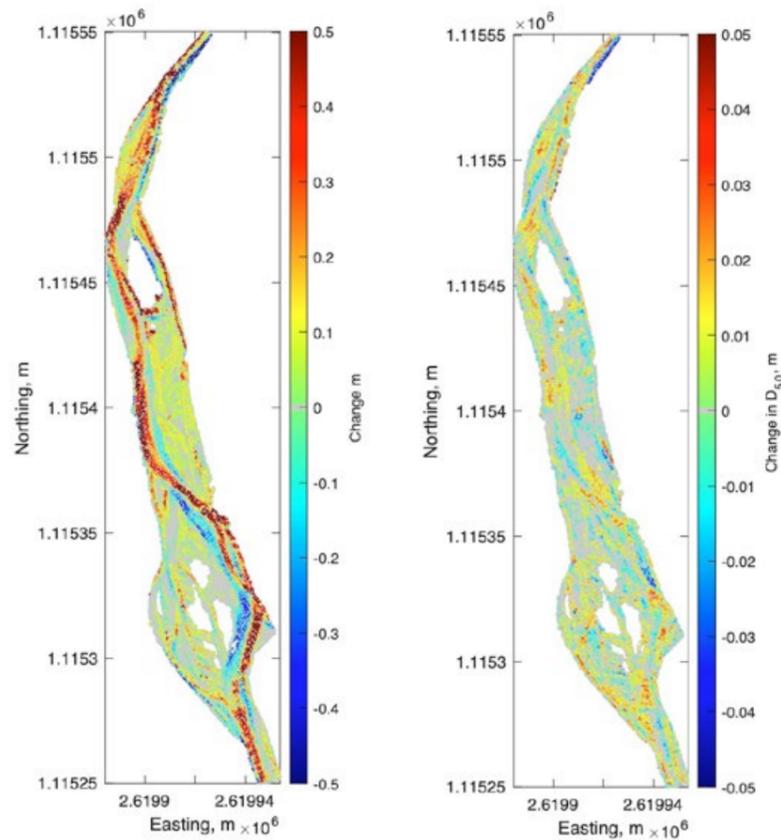


Figure 3. Patterns of erosion and deposition (3a) and median grain-size (D_{50}) changes based upon the methodology shown in Figure 1, in response to a flushing flow in the Turtmanna river, VS, after Lane et al., (2020).

this framework to different braided Alpine streams impacted by hydropower suggests that the optimal minimum flow can vary strongly between streams. Similarly, this framework can be used to provide more reliable estimates of the size of the artificial flood needed to rework the stream bed to reduce problems like colmation. The associated technologies also allow mitigation proposals to be tested, such as by following erosion and deposition patterns (Figure 3a) or spatially-distributed grain-size changes (Figure 3b), something required in law to judge the success of proposed and adopted measures.

Alpine river management means revitalization not restoration

Many Alpine streams are still going through a state of transient response to post Little Ice Age climatic amelioration, especially those in glaciated catchments. Through both physical (e.g. Lane et al., 2017) and biological processes (e.g. Miller and Lane, 2019) such rivers should become progressively more stable through time. Rapid climate change due to human activities is also forcing Alpine streams into new functional regimes. Human impacts, like dam building or abstraction of water for hydropower, are superimposed on this time-dependent process. The notion of restoring human-impacted rivers to their pre-hydro-

power state makes no sense. The focus has to be on revitalizing those rivers, that is bringing life back to them where hydropower has had negative impacts. In doing so, we need to be very careful of transferring to Alpine streams concepts developed in very different environments. Take the example of stream bed colmation, the clogging of stream-beds by fine sediment. It is often assumed that a pristine river should have little or no colmation. It is well-demonstrated that dams can exacerbate colmation because they reduce the magnitude and frequency of morphology-forming floods, capable of reworking the stream bed and so liberating fine sediment. However, Alpine catchments produce some of the highest rates of erosion, and fine sediment production known on Earth, and so their streams should be naturally laden with fine sediment. They should naturally be colmated. Indeed, the problem in stream is not colmation itself (there are many examples of flora and fauna that rely upon fine sediment accumulation on stream beds to provide suitable habitat) but where colmation is sufficient to reduce oxygen availability in the stream bed, exacerbated by streams being too stable for too long, such that further biogeochemical changes happen. Colmation may be exacerbated by hydropower, but the presence of colmation on the stream-bed downstream of an Alpine dam is not necessarily due to hydropower, partially or even completely. Indeed, as hydropower infrastructure commonly traps fine sediment behind dams, it may actually reduce fine sediment flux to zones downstream. The presence of colmation on the stream bed downstream of dams may then reflect either flushing operations or the supply of fine sediment from ungauged but geomorphologically active tributaries. This example of colmation emphasizes the need to think about the specificities of Alpine river basins when making management recommendations.

Trialling river management plans: looking in and beyond the river

Current approaches in Switzerland recognize assume that hydropower infrastructure leads to a shortage of gravel and coarser sediment downstream. The Federal government now recognizes that some hydropower infrastructure maintains sediment connection (e.g. water offtakes that have to be periodically flushed of sediment) and is actively investigating this hitherto overlooked type of hydropower impact. However, dams clearly disconnect sediment. To mitigate dam impacts, four options have been suggested: (1) engineer a bypass tunnel or remove the dam to allow sediment to pass; (2) modify flushing flows associated with normal dam operation to allow coarser sediment to pass; (3) introduce a morphology-forming flood to rework rivers downstream of dams; and (4) artificial replenishment of gravel downstream of dams.

"citation citation citation
citation citation
citation citation citation"

Most trials of river management plans that focus on these solutions use a simple cause-effect model; it is commonly assumed that the hydropower installation is the primary driver of the state of a hydropower-impacted river; and there is little or no reference to the state of the river that has been impacted, its geomorphology. Trials have tended to focus on the need to introduce morphology-forming floods downstream of dams to rework the stream bed. However, recent tests of such floods and modified dam-flushing flows in the Hérémence and Turtmanna valleys (VS) have produced surprising results. Sediment transport begins with mobilisation of fine sediment at very low discharges (Lane et al., 2020; e.g. Figure 4). In both cases, remote sensing showed that the river-beds were completely reworked at discharges substantially lower than those thought necessary to rework the stream bed. The ease with which sediment transport started suggested other sources of water and sediment, notably from unregulated tributaries downstream of hydropower infrastructure, that had prevented sediment sorting and the development of stream armouring. Such sources were shown to supply coarse sediment but also the water needed to counter the stabilization of the stream-bed and the negative consequences of colmation. Despite being candidate trials for morphology-forming floods as sites downstream of hydropower dams, their local geomorphological context renders such floods unnecessary. In essence, effective river management must look at

what is going on in the river and around it to decide if expensive mitigation measures are needed.

In Alpine catchments, unregulated tributaries matter

In application of the Swiss Water Law it is now recognized that lateral sediment supply from unregulated catchments may compensate for at least some sediment starvation downstream of dams. However, the approach to quantifying this supply is commonly based upon an engineering analysis that assumes a long-term equilibrium between sediment supply and transport capacity in each tributary. It does not take into account the geomorphology of the basin nor potential sediment availability, parameters that in Alpine environments can have strong spatial gradients. Figure 5 presents a model designed to do this based upon potential sediment supply and using an analysis of connectivity (Lane et al., 2017) combined with mapping of active sediment sources.

"citation citation citation
citation citation
citation citation citation"

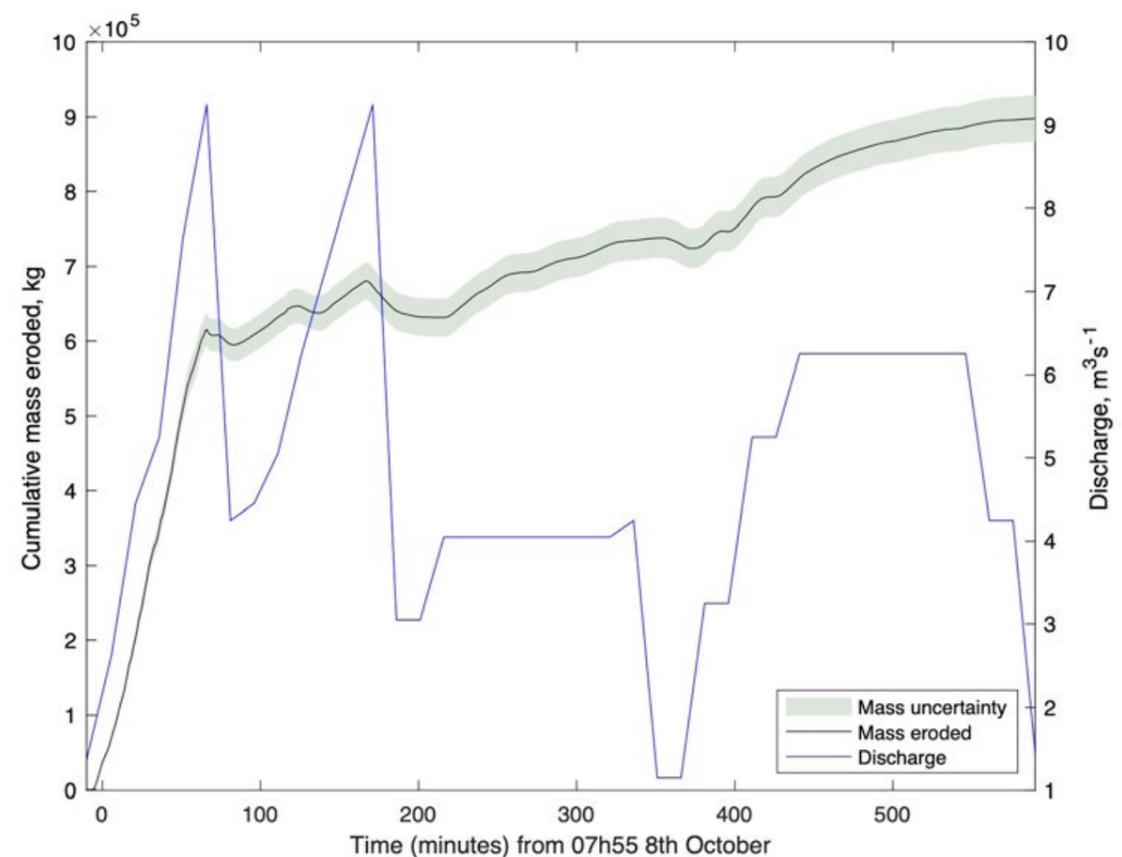


Figure 4. Sediment eroded in suspension from a reach of the Turtmanna river, VS during a flushing event. The plot shows a rapid rise in eroded sediment during the rising limb of the first flushing wave, emphasizing that only small increases in discharge were sufficient to evacuate finer material from the stream bed.

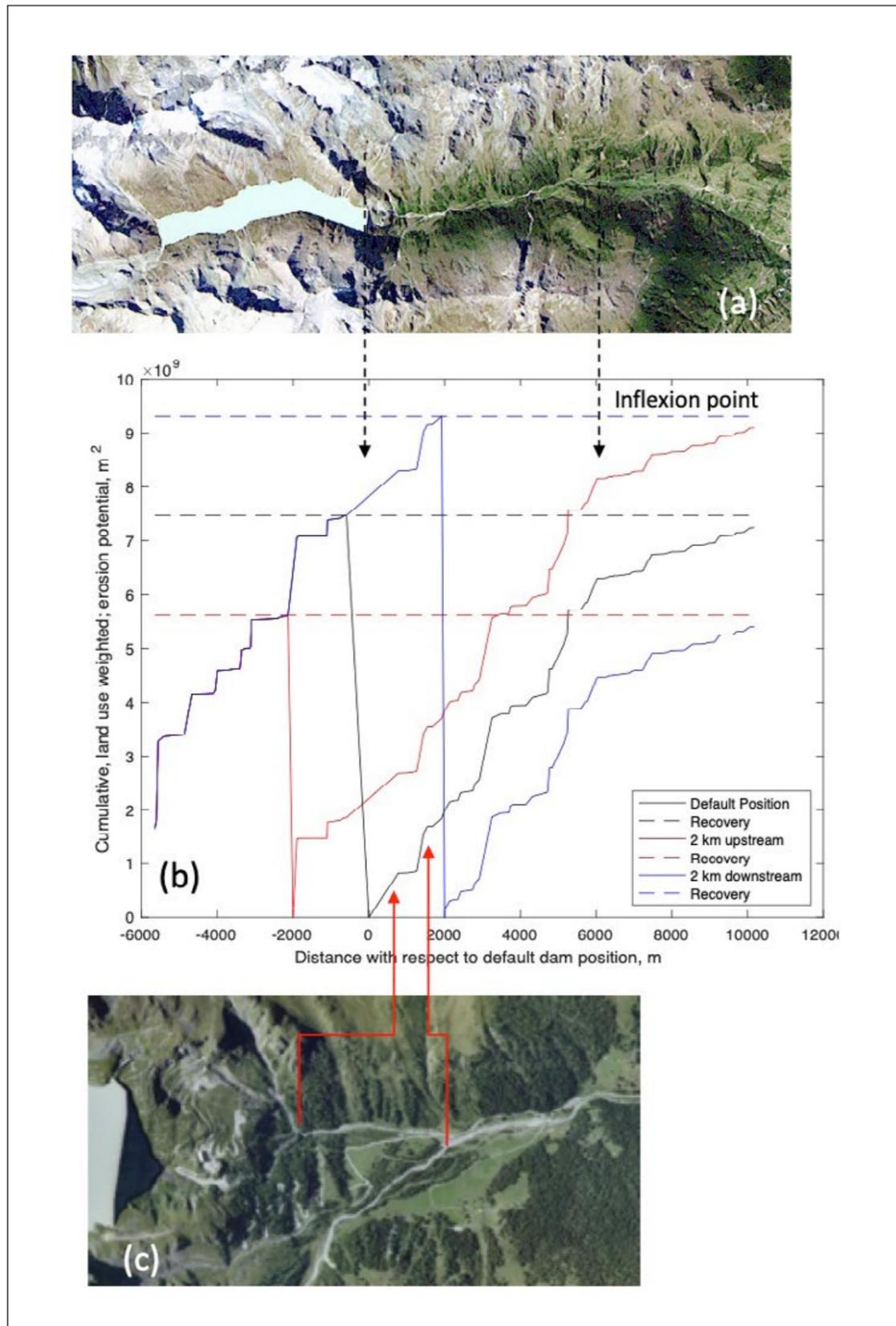


Figure 5. Results of a heuristic analysis of the discontinuity distance in relation to sediment supply for the Hérémence valley (5a) in south-west Switzerland (©SwissTopo). Results (5b) show sediment accumulation upstream of the dam; the hypothetical stockage of accumulated sediment behind the dam, reinitialization and then further accumulation. Recovery to pre-dam levels is shorter were the dam to be further upstream and longer if further downstream. An inflexion point in the rate of sediment accumulation downstream of the dam (5b) reflects the image (5a) which shows reduced cryosphere influence downstream. Equally, the area immediately downstream of the dam in its current position (5c) shows the importance of individual tributaries in the re-supply of sediment. ©SwissTopo.

First, the analysis shows how from 6 km upstream of the dam to the dam itself there is a progressive increase in total potential sediment supply to a maximum at the dam. If we assume no flushing of this sediment, the curve falls to zero as all sediment is stored behind the dam. It then rises downstream with the supply of sediment from unregulated tributaries. Second, Figure 5 shows the effects of moving the dam 2 km upstream and 2 km downstream from its default position. The downstream distance required to recover conditions at the dam varies substantially; dam position controls the volume of sediment that is ultimately trapped by the dam. Third, there is a marked reduction in the rate of recovery of supplied sediment at around 6 km downstream which is a function of two processes; (1) progressive reduction in the altitudinal range of tributaries, increasing the surface area that has developed stable vegetation cover; and (2) progressive reduction in mean tributary slope. These reduce erosion potential and hence sediment supply. Thus, the position of the dam influences not only the quantity of sediment stored behind the dam and disconnected from downstream but also the effectiveness with which tributaries can replenish sediment.

The key message from this analysis is that the geomorphological context of a dam's location matters and simplistic assumptions of the importance of tributaries based upon assumed relationships between sediment supply and transport capacity need to be avoided. The impacts of a dam should be considered with respect to potential sediment supply upstream (and hence the degree of disconnection) and potential natural sediment replenishment downstream; that is where it is located and its geomorphological context.



Stuart Lane is Professor of Geomorphology at the University of Lausanne since 2011. He has published over 300 articles in peer reviewed scientific journals and books. He edits the journal *Earth Surface Processes and Landforms*. His current research focuses on the interactions between climate change, glaciology, hydrology, geomorphology and ecosystems in the environments created by re-treating glaciers.

stuart.lane@unil.ch

Résumé

Des géomorphologues ont développé et appliqué des technologies pour améliorer la gestion des sédiments dans les cours d'eau alpins. Informer les plans de gestion des rivières à l'aide de ces technologies permet de tenir compte du contexte géomorphologique dans l'atténuation des impacts de l'hydroélectricité. Il en résultera probablement un compromis plus optimal entre la revitalisation des cours d'eau alpins et la garantie d'une production d'électricité durable via l'hydroélectricité.

Zusammenfassung

Geomorphologen haben Technologien entwickelt und angewendet, um ein besseres Sedimentmanagement in alpinen Flüssen zu ermöglichen. Durch die Information über Flussmanagementpläne unter Verwendung dieser Technologien kann der geomorphologische Kontext berücksichtigt werden, um die Auswirkungen der Wasserkraft abzuschwächen. Das Ergebnis dürfte ein optimaler Kompromiss zwischen der Wiederbelebung der Alpenbäche und der Sicherung einer nachhaltigen Stromerzeugung über Wasserkraft sein.

Bibliography

Lane, S.N., et al. 2017. *Geomorphology*, 277, 210-27
 Lane, S.N., et al. 2020. *Remote Sensing*, 12, 3868
 Miller, H.R. and Lane, S.N., 2019. *Progress in Physical Geography*, 43, 24-45

Fribourg inventorie ses géotopes d'importance cantonale

À débattre

- ▶ **Qu'est-ce qu'un géotope et pourquoi les préserver ?**
- ▶ **92 géotopes d'importance cantonale distribués sur le Plateau (39) et les Préalpes (53).**

Écrit par
Quentin Vonlanthen
Luc Braillard

Les géotopes, définition

Les géotopes sont des portions du territoire dotées d'une importance géologique, géomorphologique ou géoécologique particulière (Fig. 1). Ils représentent des témoins importants de l'histoire de la Terre et donnent un aperçu sur l'évolution passée et actuelle du paysage, du climat et de la vie (Strasser et al., 1995). Certains géotopes ont une extension très limitée (blocs erratiques, gisements fossilifères, affleurements rocheux, carrières, gravières, dolines, etc.) alors que d'autres occupent une surface bien plus étendue (glissements de terrain, gorges, lits de rivière, montagnes, collines, vallées, etc.).

« Les géotopes représentent des lieux d'un grand intérêt didactique, propices à la transmission des connaissances scientifiques au plus grand nombre. »

Un patrimoine à protéger et à mettre en valeur

Les géotopes constituent les éléments remarquables du patrimoine géologique au sens large. En tant qu'objets d'étude des sciences de la Terre, ils contribuent à une meilleure compréhension des processus géologiques et géomorphologiques à l'origine des reliefs et du paysage. Ils représentent ainsi des lieux d'un grand intérêt didactique, propices à la transmission des connaissances scientifiques au plus grand nombre.

Les géotopes font partie intégrante de nos paysages et caractérisent leurs traits principaux. Ils constituent quelquefois des lieux singuliers, de véritables « curiosités ou monuments naturels » dotés d'une valeur esthétique indéniable. Leur sauvegarde

s'inscrit donc dans une démarche de protection du paysage.

Bon nombre de géotopes cumulent également des qualités additionnelles qui dépassent le strict cadre des géosciences : intérêts culturels, religieux, historique, socio-économique ou touristique. De plus, les géotopes remplissent souvent une fonction importante pour la biodiversité en offrant des conditions de vie particulières susceptibles d'accueillir une flore et une faune diversifiées.

La conservation des géotopes dépasse donc le seul intérêt des sciences de la Terre et la préservation de ces objets bénéficie à la société toute entière. Leur prise en compte dans l'aménagement du territoire s'inscrit dans une démarche de développement durable et la mise en valeur de ces sites peut contribuer à l'essor d'un tourisme doux à l'échelle régionale. Les géotopes remarquables devraient donc être conservés pour la postérité et protégés des actions qui portent préjudice à leur intégrité, leur structure, leur forme ou leur dynamique naturelle.

Contexte de l'inventaire

Depuis les années 1970, la protection de la nature en Suisse et dans le canton de Fribourg s'est presque exclusivement focalisée sur la préservation de la faune, de la flore et des écosystèmes. Malheureusement, le patrimoine géo(morpho)logique, considéré à tort comme immuable et inaltérable, n'a pas bénéficié de la même attention.

« En 2012, la notion de géotope a été explicitement introduite dans la nouvelle loi cantonale sur la protection de la nature et du paysage (LPNat). »

Dans son rapport stratégique intitulé *Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse* (Strasser et al., 1995), le Groupe de travail pour les géotopes en Suisse mettait déjà en exergue ce manque de (re) connaissance et le peu de considération accordée au patrimoine géologique par les instances étatiques. Sous l'impulsion du collège d'experts soutenu par l'Académie suisse des sciences naturelles, un important recensement des géotopes a été mené à l'échelle



Fig. 1 : Exemples de géotopes fribourgeois d'importance cantonale. De gauche à droite et de haut en bas : cascade du Seeweidbach ; vallum morainique de Tissiniva au pied des Dents de Brenleire et de Folliéran ; exurgence de Jaun ; ermitage de la Madeleine ; carrière de l'Evi ; lit fluvial actif de la Singine ; doline du Mongeron et structure plissée des Dents de Broc, du Chamois et du Bourgo en arrière-plan ; gorges de la Sarine ; carrière de flysch de Tatüren.

nationale. La première version de *l'Inventaire des géotopes suisses* a été publiée en 1999 et a subi plusieurs modifications jusqu'à sa dernière révision en 2011 (Reynard et al., 2012). La liste finale compte 322 objets répartis sur l'ensemble des cantons suisses, dont 14 intégralement ou partiellement situés en territoire fribourgeois. Malheureusement, cette liste n'a pas obtenu de statut officiel au niveau fédéral et n'a donc, à ce jour, aucune valeur juridique contraignante.

A l'échelle cantonale, un *Inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg* a été réalisé à l'Université de Fribourg dans les mêmes années (Grandgirard, 1999). Il répertorie 330 géotopes géomorphologiques disposant chacun d'une fiche de description succincte. Son équivalent géologique est resté à l'état d'ébauche et correspond à une simple liste de 45 sites cantonaux d'intérêt géologique. Là encore, ces travaux n'ont pas eu de portée politique puisque la thématique des géotopes n'a pas été prise en compte dans la révision du Plan directeur cantonal adopté en 2002, un document qui a fixé les lignes directrices de l'aménagement du territoire fribourgeois pour presque deux décennies.

En 2012, la notion de géotope a été explicitement introduite dans la nouvelle loi cantonale sur la protection de la nature et du paysage (LPNat). Dans ses dispositions générales, la LPNat stipule que les **géotopes d'importance cantonale (GIC)** doivent être inventoriés, préservés et mis en valeur. Avec cette nouvelle loi, et la révision en cours du plan directeur cantonal, le canton de Fribourg dispose désormais d'une base légale favorable à une réelle prise en compte des géotopes dans son développement territorial.

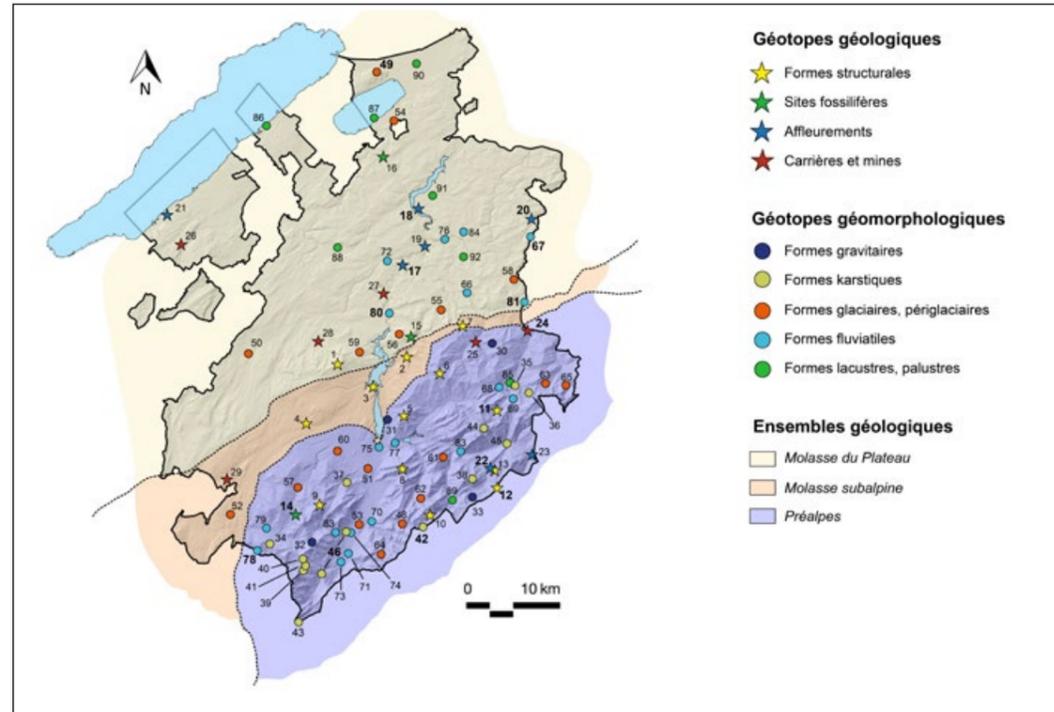
« La LPNat stipule que les géotopes d'importance cantonale (GIC) doivent être inventoriés, préservés et mis en valeur »

Inventaire des GIC (FR)

En 2016, la Section nature et paysage du Service cantonal des forêts et de la nature a pris contact avec le département de Géosciences de l'Université de Fribourg afin d'établir un Inventaire des GIC.

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un travail de Master (Vonlanthen, 2019). Une consultation d'experts a été mise sur pied afin de récolter des propositions de géotopes. Ces nouvelles données ont été croisées avec les travaux préexistants sur les géotopes fribourgeois. La sélection finale s'est opérée par catégories thématiques et a abouti à une liste de **92 géotopes d'importance cantonale**. Répartis sur l'ensemble du territoire fribourgeois, ces objets offrent un aperçu globalement représentatif de la géologie du canton et illustrent sa richesse géomorphologique. La méthode de sélection utilisée garantit par ailleurs une certaine diversité typologique en intégrant des sites qui présentent des intérêts géoscientifiques variés (Fig. 2, page suivante).

Fig. 2 : Types et répartition des 92 géotopes d'importance cantonale (proposition qui doit encore faire l'objet d'une mise en consultation publique). Les numéros en gras correspondent aux objets figurant également à l'Inventaire des géotopes suisses.



Quentin Vonlanthen est titulaire d'un Master en géographie (*option Dynamics in Glaciology and Geomorphology*) réalisé à l'Université de Fribourg en 2019. Son travail de recherche a porté sur la sélection des géotopes fribourgeois d'importance cantonale. Il travaille actuellement à la réalisation des fiches de cet inventaire, sur mandat du Service des forêts et de la nature du canton de Fribourg.

quentin.vonlanthen@unifr.ch



Luc Braillard est maître-assistant et collaborateur scientifique au département de Géosciences de l'Université de Fribourg. A côté de sa recherche en géomorphologie et de ses mandats de cartographie géologique, il s'engage depuis plus de 15 ans pour transmettre auprès du grand public sa passion des sciences de la Terre.

luc.braillard@unifr.ch

Références bibliographiques

Grandgirard, V. (1999). *Inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg*. Institut de Géographie de l'Université de Fribourg, non publié.

Reynard, E., Berger, J.-P., Constandache, M., Felber, M., Grangier, L., Häuselmann, P., Jeannin, P.-Y., et Martin, S. (2012). *Révision de l'inventaire des géotopes suisses : rapport final*. Lausanne: Groupe de travail pour les géotopes en Suisse.

Strasser, A., Heitzmann, P., Jordan, P., Stapfer, A., Stürm, B., Vogel, A., et Weidmann, M. (1995). *Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse : un rapport stratégique*. Fribourg: Groupe de travail suisse pour la protection des géotopes.

Vonlanthen (2019). *Géotopes fribourgeois d'importance cantonale : Approche méthodologique et inventaire*. Travail de master, Département de Géosciences, Géographie, Université de Fribourg

A la suite de ce travail, le Service des forêts et de la nature a mandaté le département de Géosciences pour élaborer l'étude de base en vue de l'intégration des GIC dans le plan directeur cantonal. Il s'agit notamment de :

1. Délimiter précisément les périmètres des objets
2. Elaborer une fiche d'inventaire pour chacun des 92 GIC
3. Rédiger un rapport explicatif

Les fiches d'inventaire, en cours de finalisation, représentent le cœur de ce projet (Fig. 3). Ces fiches descriptives d'une longueur de 4 à 8 pages présenteront l'importance scientifique de chaque site tout en proposant des mesures de protection et de mise en valeur concrètes à l'intention des communes. Richement illustrées, elles constitueront par ailleurs des documents didactiques contribuant à la mise en valeur des géotopes. Elles permettront à des projets de promotion et de valorisation du patrimoine géo(morpho)logique fribourgeois de voir le jour dans les années à venir.

Une fois intégré au plan directeur cantonal, l'inventaire des GIC obtiendra une valeur légale contraignante et la protection de ces objets sera assurée. Les fiches d'inventaire et le périmètre des objets seront mis à disposition du grand public.

Inventaire des géotopes d'importance cantonale



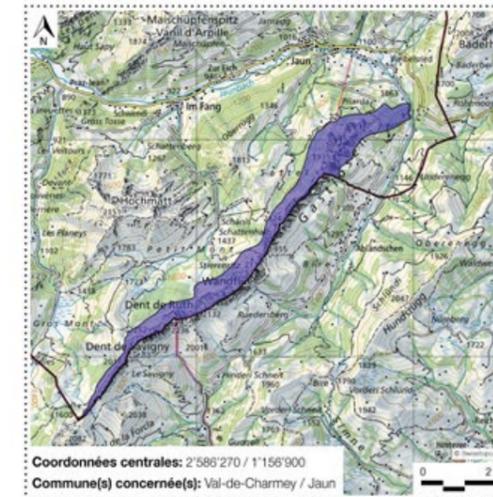
Chaîne des Gastlosen

Gastlosen - Sattelspitzen - Wandflue - Zuckerspitz - Dent de Ruth - Dent de Savigny - Les Pucelles - Corne Aubert **GIC n° 12**

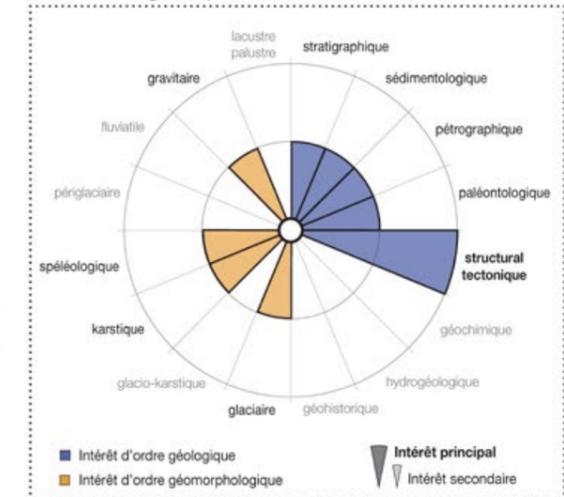
Brève description:

Les Gastlosen représentent l'une des chaînes les plus emblématiques des Préalpes fribourgeoises. Considérées dans leur ensemble, elles constituent un géotope structural illustrant le comportement tectonique « cassant » qui caractérise la nappe des Préalpes médianes rigides. Lors de l'orogénèse préalpine, les roches de cette nappe ne se sont pas plissées mais se sont redressées sous la forme d'une écaille constituant l'imposante barre rocheuse que l'on observe aujourd'hui. Les diverses roches sédimentaires formant les Gastlosen s'observent aisément le long du sentier montant du Chalet du Soldat au *Wolfs Ort*, dont l'ascension représente un voyage dans le temps d'une bonne centaine de millions d'années.

Localisation



Intérêts du géotope



Aperçu du site



Fig.1: Vue sur les Sattelspitzen (2124 m) qui constitue une partie de la chaîne des Gastlosen.

La géomorphologie pour tou.te.s

www.geomorphologie-montagne.ch

- Un site web pour comprendre la géomorphologie
- Des textes, photos et illustrations expliquant les principaux processus naturels actifs dans les régions de montagne, en particulier les phénomènes liés aux glaciers et au permafrost
- Des dossiers pédagogiques pour l'enseignement de la géomorphologie au niveau secondaire II

Écrit par
Sébastien Morard
Amandine Perret
Géraldine Regolini

La géomorphologie pour l'enseignement et les intéressés

En 2007, la Société suisse de géomorphologie ouvrait le site *Géomorphologie de la montagne - Fiches pour l'enseignant*. Durant les 10 dernières années, les environnements alpins ont fortement changé, en particulier dans le domaine de la cryosphère. Une mise à jour des données scientifiques vulgarisées étaient indispensables. De plus une enquête réalisée en 2017 auprès du corps enseignant du secondaire II de Suisse romande a mis en évidence l'intérêt de disposer d'activités pédagogiques prêtes à l'emploi. C'est dans ce contexte qu'est né le nouveau site *Géomorphologie de la montagne froide*. S'il vise en premier lieu les écoles du post-obligatoire, le contenu du site est également adapté à un public plus large comme les accompagnateurs de moyenne montagne ou plus globalement toute personne intéressée par les environnements alpins.

« Le contenu du site est également adapté à un public plus large comme les accompagnateurs de moyenne montagne ou plus globalement toute personne intéressée par les environnements alpins. »

Un site web relouké

L'actualisation du contenu des fiches ainsi que la création de dossiers pédagogiques vont de pair avec la refonte du site internet www.geomorphologie-montagne.ch. Ce dernier s'adapte au support sur lequel il est utilisé et propose une découverte aisée et personnalisée du contenu grâce aux nombreux liens entre les différentes parties du site. Sur la page d'accueil l'internaute découvre en vidéo, texte et image ce qu'est la géomorphologie. Il peut ensuite explorer deux thématiques de la montagne froide: la géomorphologie glaciaire et périglaciaire. Une section du site est dédiée aux dossiers pédagogiques. Pour une utilisation ultérieure ou l'enseignement, les différentes fiches et dossiers peuvent être téléchargés. À terme, le site internet va accueillir des vidéos produites par la SSGm visant à faire connaître la géomorphologie et le métier de géomorphologue à un large public.

Glaciers et sols gelés, hier, aujourd'hui et demain

Les deux thématiques géomorphologie glaciaire et de la géomorphologie périglaciaire ont entièrement été révisées. Les données présentées ont été mises à jour et certaines fiches ont été remaniées, parfois doublées, afin de refléter l'évolution scientifique réalisée dans ces deux domaines. Chaque thématique comporte entre 5 et 6 chapitres qui regroupent plusieurs fiches didactiques. Toutes les fiches sont très largement illustrées à l'aide de photos, schémas, dessin ou document d'archive). Un paragraphe synthétique a été systématiquement introduit au début de chaque fiche, pour ajouter un niveau de lecture plus rapide.

Les 6 chapitres sur les glaciers développent les aspects de la géomorphologie glaciaire (fonctionnement d'un glacier, processus et formes), mais font également la part belle à l'épistémologie (histoire glaciaire) et aux glaciations à travers le temps (causes et extensions). La thématique se clôt sur le sujet des évolutions climatiques: projections futures et interactions avec les glaciers.

Les 5 chapitres sur le pergélisol explorent en détail les conditions d'existence des sols gelés, leur typologie et répartition. Ils mettent en lumière toute l'étendue des mesures réalisées ces trente dernières années, jusqu'aux modèles actuellement utilisés pour prédire l'occurrence du permafrost. Le découpage en trois grands environnements (parois rocheuses, ter-

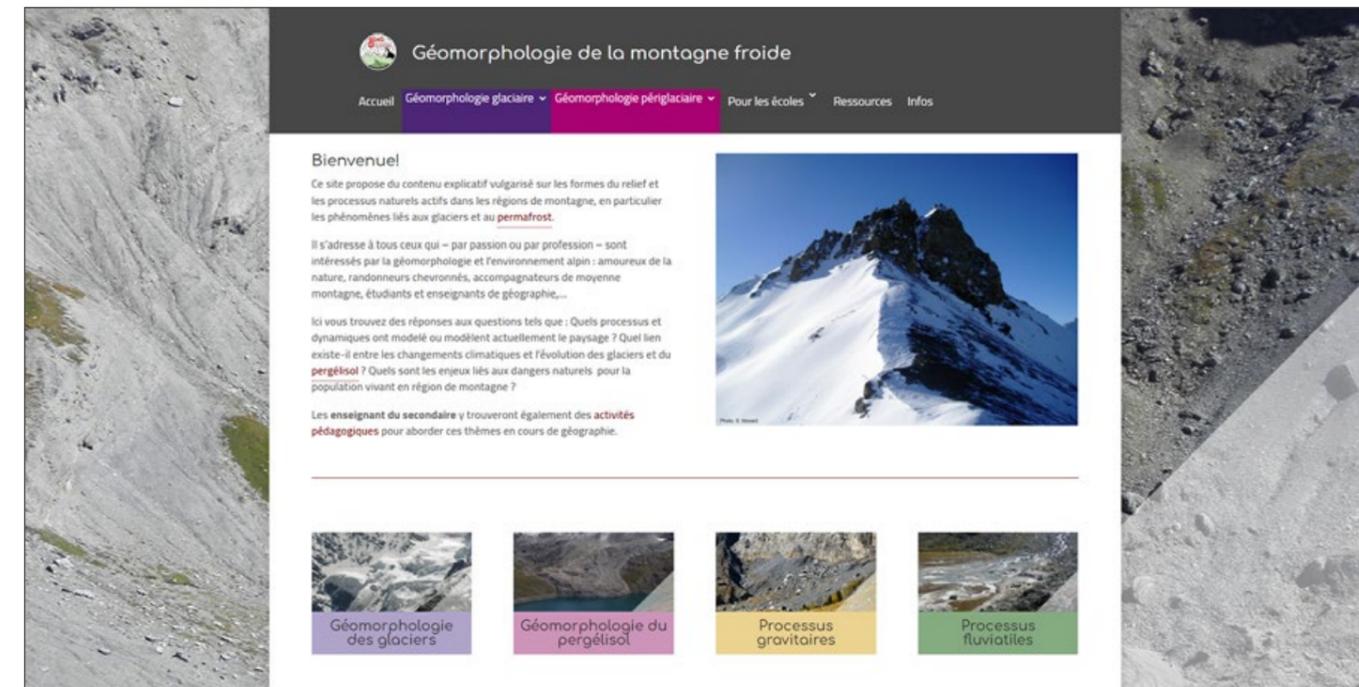


Fig. 1: Page d'accueil du site web Géomorphologie de la montagne froide : www.geomorphologie-montagne.ch.

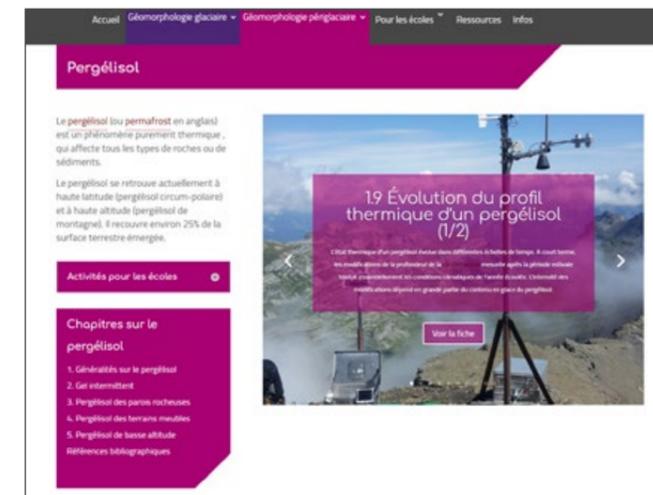


Fig.2: Rubrique Géomorphologie périglaciaire. Une fiche de ce chapitre s'affiche au hasard sur la droite pour attirer l'attention du lecteur. En bas à gauche, la table des matières donne accès aux chapitres principaux de cette rubrique.



Fig. 3: Disposition en catelles des fiches concernant le pergélisol des terrains meubles.

rains meubles et basse altitude) intègre également l'évolution récente du climat et ses interactions avec le pergélisol.

Il est prévu de mettre à jour le contenu de deux autres thématiques : les processus gravitaires et fluviaux. Les anciennes fiches sont pour l'instant disponibles sous l'onglet ressources dans leur version originale.

« Afin de valoriser le contenu théorique du site, plusieurs dossiers pédagogiques ont été nouvellement créés, en partie au collège St-Michel où ils ont pu être testés avec des élèves. »

Des dossiers pédagogiques reposant sur des données de terrain

Afin de valoriser le contenu théorique du site, plusieurs dossiers pédagogiques ont été nouvellement créés, en partie au collège St-Michel où ils ont pu être testés avec des élèves. Ces activités se basent sur des données de terrain et utilisent des outils géographiques modernes comme les guichets cartographiques. Elles ont été pensées pour permettre à la

fois un enseignement à l'aide de support numérique ou papier selon le choix de l'enseignant. Hasard du calendrier, toutes les activités sont parfaitement compatibles avec un enseignement à distance. Quatre dossiers sont actuellement disponibles et deux supplémentaires sont en préparation afin de couvrir l'entier de la Suisse romande.

La découverte progressive par l'élève d'un phénomène nouveau est placée au cœur de ces activités. Par exemple, le dossier *Les détectives du pergélisol : étude du versant de Tsarminne (Val d'Arolla)* vise à découvrir ce phénomène difficilement perceptible qu'est le pergélisol. Contrairement aux glaciers, c'est un phénomène thermique, caché sous la surface du sol. Il est donc essentiellement invisible. Cependant, des formes du paysage comme les glaciers rocheux trahissent sa présence. Pour connaître son occurrence, les scientifiques utilisent une batterie variée de méthodes : modélisation numérique, études géophysiques ou géodésiques sur le terrain, mesures des températures en surface ou en forage, cartographie géomorphologique, etc. L'objectif de ce dossier est d'initier les élèves à une partie de ces méthodes. Une enquête pour rendre visible l'invisible !



Fig. 5 : Enseignement hybride de la géomorphologie de la montagne froide au temps du Covid-19: les exercices peuvent se réaliser sur format papier, à l'aide d'un ordinateur portable ou depuis la maison en visio-conférence.

Remerciements

Le projet de révision et de refonte de site internet a été rendu possible grâce au soutien de nombreux partenaires et sponsors. La Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) les remercie sincèrement pour leur généreuse contribution : Académie Suisse des Sciences naturelles (SCNAT), Fondation Herbette (UNIL), Centre interdisciplinaire de recherche sur la montagne (UNIL), La Murithienne, Société fribourgeoise des Sciences naturelles (SFSN), Parc régional naturel Pfyn-Finges, Société Suisse pour la Recherche sur le Quaternaire (CH-QUAT), Collège St-Michel.

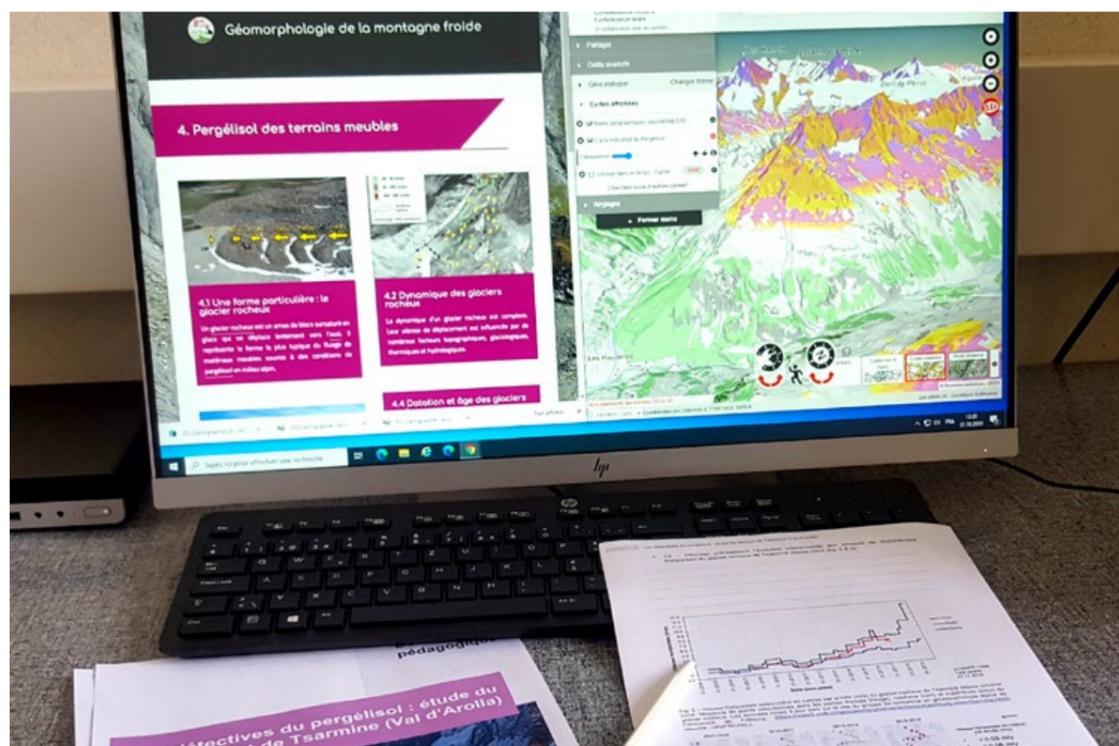


Fig. 4 : *Les détectives du pergélisol* ; un des dossiers pédagogiques proposés permettant aux élèves de découvrir les environnements alpins par des travaux pratiques.



Sébastien Morard

Il est docteur en Géographie avec une thèse sur le pergélisol. Depuis 2014, il travaille pour le bureau Geoazimut Sàrl, actif dans la cartographie et les systèmes de mesures, en parallèle d'une activité principale comme enseignant au collège St-Michel à Fribourg.



Amandine Perret

Elle est docteure en Géographie, spécialisée en géomorphologie glaciaire. Depuis 2012, elle travaille pour le bureau d'étude Relief, actif dans le domaine de la médiation des géosciences et la valorisation du géopatrimoine.



Géraldine Regolini

Elle est docteure en Géographie avec une thèse sur la valorisation du géopatrimoine. Depuis 2012, elle travaille pour le bureau d'étude Relief, actif dans le domaine de la médiation des géosciences et la valorisation du géopatrimoine.

Sterbende Gletscher und wachsende Gletschervorfelder – gezeichnet vom Wandel

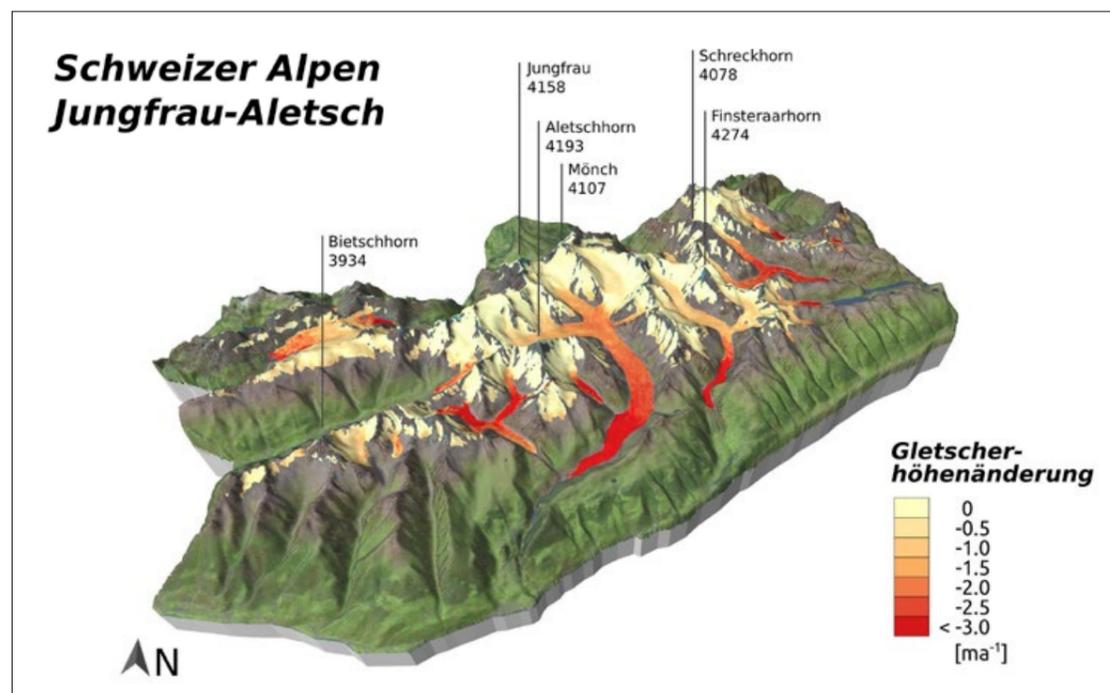
Zur Debatte

- ▶ Seit der Jahrtausendwende hat sich der Gletscherrückgang stark beschleunigt.
- ▶ Die schwindenden Gletscher sind zugleich Sinnbild und Mahnmal des Klimawandels.
- ▶ Während die Gletscher schrumpfen, wachsen die Gletschervorfelder.
- ▶ Gletschervorfelder sind gekennzeichnet vom Sedimenttransport durch gravitative und fluviale Prozesse und stetigem Wandel der Prozesse und Formen.

Geschrieben von
Isabelle Gärtner-Roer

Seit dem Ende der sogenannten «Kleinen Eiszeit» um 1850 ziehen sich die Gletscher zurück und hinterlassen eindrückliche Landschaften. Diese sind gezeichnet von grossen Moränenbastionen, vereinzelt Seen, Mengen an lockerem Sediment, aufkommender Vegetation und wilden Bachläufen.

Abbildung 1: Mittlere jährliche Höhenänderung der Gletscher in der Jungfrau-Aletsch-Region (2000–2014). Hintergrund Landsat 8 & SRTM U.S. Geological Survey, www.usgs.gov. Quelle: www.dlr.de; Abbildung: Christian Sommer.



Solche Landschaften zeigen sich in den meisten vergletscherten Regionen der Erde, so auch in den Europäischen Alpen. In den letzten 20 Jahren hat sich der Gletscherschwund nochmals deutlich verstärkt. Etwa 17 Prozent des gesamten Eisvolumens der Alpen sind seit der Jahrtausendwende verschwunden, das entspricht etwa 22 Kubikkilometern (Sommer et al. 2020). Die stärksten Verluste traten in den Gebirgsmassiven der Schweizer Alpen auf, wie zum Beispiel in der Region Jungfrau-Aletsch. Hier ging die Eisdicke zwischen 2000 und 2014 im Durchschnitt um 0.72 Meter pro Jahr zurück. Der starke Gletscherrückgang hinterlässt in den Vorfeldern der Gletscher deutliche Spuren und das zurückweichende Eis macht Platz für andere Transportmedien, wie das Wasser und die Gravitation.

«Das zurückweichende Eis macht Platz für andere Transportmedien, wie das Wasser und die Gravitation.»

Während der Gletscher schrumpft, wächst das Gletschervorfeld – und zeigt eine hohe Dynamik

Die Volumenänderungen gehen mit Veränderungen der Gletschergeometrie und vor allem Änderungen an der Gletscherzunge einher. Diese zieht sich in höhere Lagen zurück, das Eis gibt loses Sediment frei und die Eisschmelze gibt über den Sommer viel Wasser ins System, zumindest solange noch Eis vorhanden ist. Während der Gletscher schrumpft, wächst das Gletschervorfeld. Aus der Eiswüste wird zunächst eine Geröllwüste. Dieser Übergang vom glazial-dominierten zum ehemals-glazial-geprägten System ist gezeichnet vom Wandel, denn es laufen viele verschiedene gravitative und fluviale Prozesse ab, die immer wieder neue Landformen ausbilden. Diese dynamische Phase dauert meist mehrere Jahrzehnte bis sich nach einer gewissen Anpassungszeit ein neues, stabiles Gleichgewicht einstellt. Die genaue Dauer dieser Anpassungszeit, sowie die Sukzession von ablaufenden Prozessen und entstehenden Formen ist lokal sehr unterschiedlich (abhängig vor allem von morphologischen Faktoren) und auch erst an wenigen Orten untersucht. Ein prominentes Beispiel ist der Morteratschgletscher im Oberengadin. Für diesen Gletscher, bzw. sein lebendiges Vorfeld, wurde bereits in den 1990er Jahren eine ausführliche Beschreibung zur Gletscherdynamik, den geomorphologischen Landformen, sowie zur Bodenbildung, Pionierpflanzen und Waldbildung zusammengestellt (Maisch et al. 1999). Diese Informationen wurden zu einem Gletscherlehrpfad auf ca. 3 Kilometern mit 20 Posten (zwischen Bahnhof Morteratsch und der aktuellen Gletscherzunge) zusammengestellt. Im Gelände sind zudem in regelmässigen Abständen die Positionen der früheren Gletscherzunge angezeigt, so dass der Gletscherrückgang und der damit einhergehende Wandel seit dem Ende der «Kleinen Eiszeit» erwartet werden kann..

«Es zeigt sich eine interessante Formen- und Prozessvielfalt, die stetigem Wandel unterworfen ist.»

Ein anderes interessantes Gletschervorfeld zeigt sich beim Findelengletscher oberhalb von Zermatt im Wallis. Mit einer Grösse von etwa 13 Quadratkilometern gehört er, wie der Morteratschgletscher, zu den



Abbildung 2: Der Morteratschgletscher und sein Vorfeld im Sommer 2019, Ansicht von der linken Seitenmoräne. Im Hintergrund die Arena von Piz Palù, Bellavista und Piz Bernina (von links nach rechts). Foto: I. Gärtner-Roer.

grösseren Gletschern der Schweiz. Seine Zunge liegt auf etwa 2600 Metern. Wie auch am Morteratschgletscher ist sein Vorfeld eingebettet in die stattlichen Seitenmoränen, die den Hochstand der «Kleinen Eiszeit» um 1850 anzeigen. Diese Moränenbastionen sind am Findelengletscher etwa 3 Kilometer lang und 140 Meter hoch. Sie sind im oberen Bereich gekennzeichnet durch regelmässige Rinnen, die durch Erosion durch Niederschlagswasser entstanden sind. Ansonsten ist dieser Bereich sehr stabil. Ganz im Gegensatz zum Fussbereich der Moränen, in denen sich teilweise noch Eis befindet, welches zu Kriechbewegungen und Absackungen durch Eisschmelze führt. Dies zeigt sich auch in der weniger steilen Topographie. Im direkten Kontaktbereich mit der rezenten Gletscherzunge dominieren Schmelzprozesse. Diese bilden kleine Abflussrinnen, die sich zu einem Gletscherbach verbinden. Entlang dieser Rinnen wird kontinuierlich Lockermaterial erodiert und in der flacheren Schwemmebene abgelagert. Die Schwemmebene ist begrenzt durch eine Endmoräne, die in einer kurzen Vorstossphase des Findelengletschers in den 1980er Jahren abgelagert wurde. Unterhalb dieser Linie findet kaum noch Sedimentverlagerung statt und eine dichte Vegetationsdecke hat sich etabliert. Dieser Bereich ist somit klar von den Gletscherprozessen entkoppelt, während sich der Bereich oberhalb von Jahr zu Jahr verändert. Der fluviale Sedimenttransport bewirkt, dass sich das Bachbett immer wieder verlagert und dabei andere Landformen erodiert. Direkt vor der Gletscherzunge befindet sich zudem oftmals sogenanntes Toteis. Das ist Eis welches bereits abgetrennt ist vom Gletscherkörper und nur langsam schmilzt, da es durch eine Schuttschicht vor der direkten Sonneneinstrahlung geschützt ist. Dort, wo diese Toteiskörper bereits komplett geschmolzen sind, bilden sich kleine Seen, die auch als Toteislöcher bezeichnet

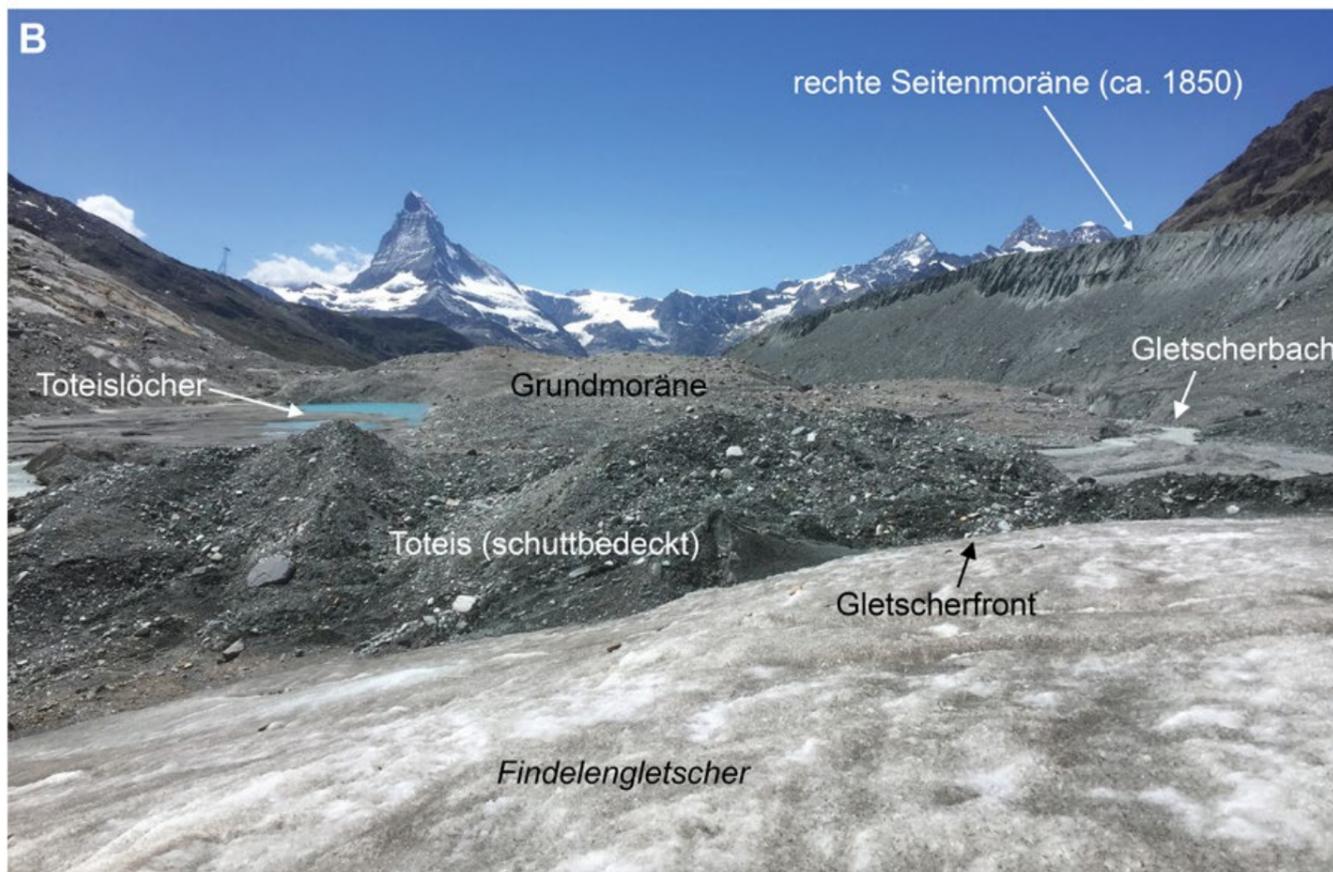


Abbildung 3: Der Findelengletscher und die aktuellen Landformen in seinem Vorfeld im Sommer 2019, Ansicht von der Endmoräne der 1980er Jahre Richtung Gletscher (A), sowie von der Gletscherzunge Richtung Talausgang und Matterhorn (B). Fotos: I. Gärtner-Roer.

werden. Während Gletschervorfelder durch die Moränen meist von den umliegenden Hängen entkoppelt sind, findet sich am Findelengletscher ein eher selten vorkommender Hangrutsch, der im Jahr 2009 von der höher gelegenen Talflanke abgegangen ist, die rechte Seitenmoräne durchbrochen hat und das Moränenmaterial auf die Gletscherzunge geschoben hat (die Farbunterschiede des Materials sind in Abbildung 3A gut zu erkennen). Derartige Prozesse beeinflussen die Prozesse an der Gletscherfront, indem sie zusätzliches Lockermaterial in das System einbringen und ganz lokal das Abschmelzen der Gletscherzunge verzögern. Durch den Weitertransport des Materials sind die Spuren des Hangrutsches aber bereits nach wenigen Jahren verschwunden, bis auf die markante Lücke in der weiterhin stattlichen Moräne. Insgesamt zeigt sich eine interessante Formen- und Prozessvielfalt, die stetigem Wandel unterworfen ist.



Foto: H. Gärtner

Isabelle Gärtner-Roer ist Geographin an der Universität Zürich. In verschiedenen Projekten widmet sie sich den geomorphologischen Veränderungen in Gletschervorfeldern. Neben ihrer Forschungs- und Lehrtätigkeit im Bereich Geomorphologie und Glaziologie ist sie seit 2007 Mitarbeiterin des World Glacier Monitoring Service (WGMS), der Gletscherdaten aus aller Welt zusammenträgt und zugänglich macht.

Referenzen

Sommer, C. et al. 2020: Rapid glacier retreat and downwasting throughout the European Alps in the early 21st century. *Nature Communications*, 11, 3209.
 Maisch, M. et al. 1999: Lebendiges Gletschervorfeld. Engadin Press AG, Samedan.

«Die raum-zeitliche Analyse der Prozesse in Gletschervorfeldern steht noch in den Anfängen.»

Da die raum-zeitliche Analyse der Prozesse, sowie der damit verbundenen Formen die sich bilden oder wieder erodiert werden, in Gletschervorfeldern noch in den Anfängen steht, bedarf es weiteren detaillierten Studien. Während Glaziologen für die Quantifizierung des Gletscherrückgangs bereits erfolgreich verschiedene Fernerkundungsdatensätze nutzen, könnten dieselben Datensätze noch vermehrt von Geomorphologen genutzt werden, um die Dynamik in den Vorfeldern der Gletscher zu quantifizieren und typische Abfolgen zu beschreiben. Von angewandtem Nutzen wäre dies zum Beispiel für die Abschätzung von Sedimentmengen, die gegebenenfalls für den Weitertransport, zum Beispiel durch Murgänge, zur Verfügung stehen und ein Naturgefahrenpotential bilden können.

Sterbende Gletscher – Einladung zur Beerdigung

Seit einigen Jahren werden vielerorts Beerdigungen von Gletschern gefeiert, um auf den starken Gletscherrückzug und die Auswirkungen des Klimawandels aufmerksam zu machen. So wurde im Sommer 2019 am Rest des Ok Gletschers (Okjökull) in Island eine Abschiedszeremonie organisiert. Zu diesem Anlass wurde vor Ort eine Plakette mit dem Titel «Brief an die Zukunft» installiert, auf der unter anderem steht: «In den nächsten 200 Jahren werden alle unsere Gletscher voraussichtlich den gleichen Weg gehen. Dieses Denkmal soll zeigen, dass wir wissen, was geschieht und was getan werden muss.» (weblink: [Iceland holds funeral for first glacier lost to climate change | Iceland | The Guardian](#)). Im

September des gleichen Jahres wurde auch am traurigen Rest des Pizolgletschers im Kanton St. Gallen eine Gedenkfeier abgehalten, organisiert vom Schweizer Alpenclub SAC. Auch hier wurde darauf aufmerksam gemacht, dass in den kommenden Jahren viele kleine Gletscher komplett verschwinden werden und dass der menschenverursachte Klimawandel die Hauptursache dafür ist. Zudem wurde der Bezug zu den Menschen überall auf der Welt gemacht, die vom Klimawandel betroffen sind. Somit kommt den Gletschern als Symbol des Klimawandels eine warnende Funktion hinzu (weblink: [Gedenkfeier für den Pizolgletscher | Schweizer Alpen-Club SAC \(sac-cas.ch\)](#)).

L'usage des drones pour le suivi des glaciers rocheux

À débattre

- ▶ Quels sont les apports du drone dans le suivi des glaciers rocheux ?
- ▶ Quelles sont les limitations de cette technologie ?

Écrit par
Christophe Lambiel
Sebastián Vivero

Au cours de la dernière décennie, l'usage des drones civils s'est fortement démocratisé dans de multiples domaines, du fait notamment d'une baisse significative du prix des appareils. L'engouement pour les drones touche particulièrement les sciences de la terre, et en particulier la géomorphologie, avec un nombre croissant d'études mobilisant des drones pour des applications telles que la cartographie géomorphologique ou la détection des changements topographiques. Cet article aborde la question de l'apport du drone pour le suivi des glaciers rocheux.

Les glaciers rocheux constituent les marqueurs les plus visibles de l'occurrence du pergélisol dans les environnements de montagne. En Suisse, le suivi systématique des mouvements des glaciers rocheux a débuté à l'aube des années 2000, en partie sous l'égide du réseau de monitoring suisse du pergélisol

(PERMOS). Les données récoltées annuellement témoignent d'une accélération généralisée des glaciers rocheux, en réponse au réchauffement marqué du pergélisol. Dans un contexte de montagnes fortement peuplées comme c'est le cas pour la Suisse, la surveillance des glaciers rocheux revêt donc une importance particulière.

Il existe différents types de méthodes de suivi des glaciers rocheux, et plus largement des mouvements de versant: mesures (terrestres) par GNSS, station totale ou lidar, suivi par GNSS permanents, interférométrie radar, photogrammétrie aérienne, surveillance par webcams, etc. Le drone apparaît comme une technologie additionnelle pouvant offrir de nouvelles perspectives dans le suivi des mouvements de versant, en particulier pour des régions difficiles d'accès ou présentant des risques objectifs liés à l'instabilité du terrain ou à des chutes de pierre. Or, le drone n'avait jusqu'à récemment que peu été utilisé pour quantifier les changements de surface sur les glaciers rocheux.

« Le drone n'avait jusqu'à récemment que peu été utilisé pour quantifier les changements de surface des glaciers rocheux. »



Fig. 1. Aile volante Ebee RTK (à gauche) et quadcopter Phantom 4 (à droite).

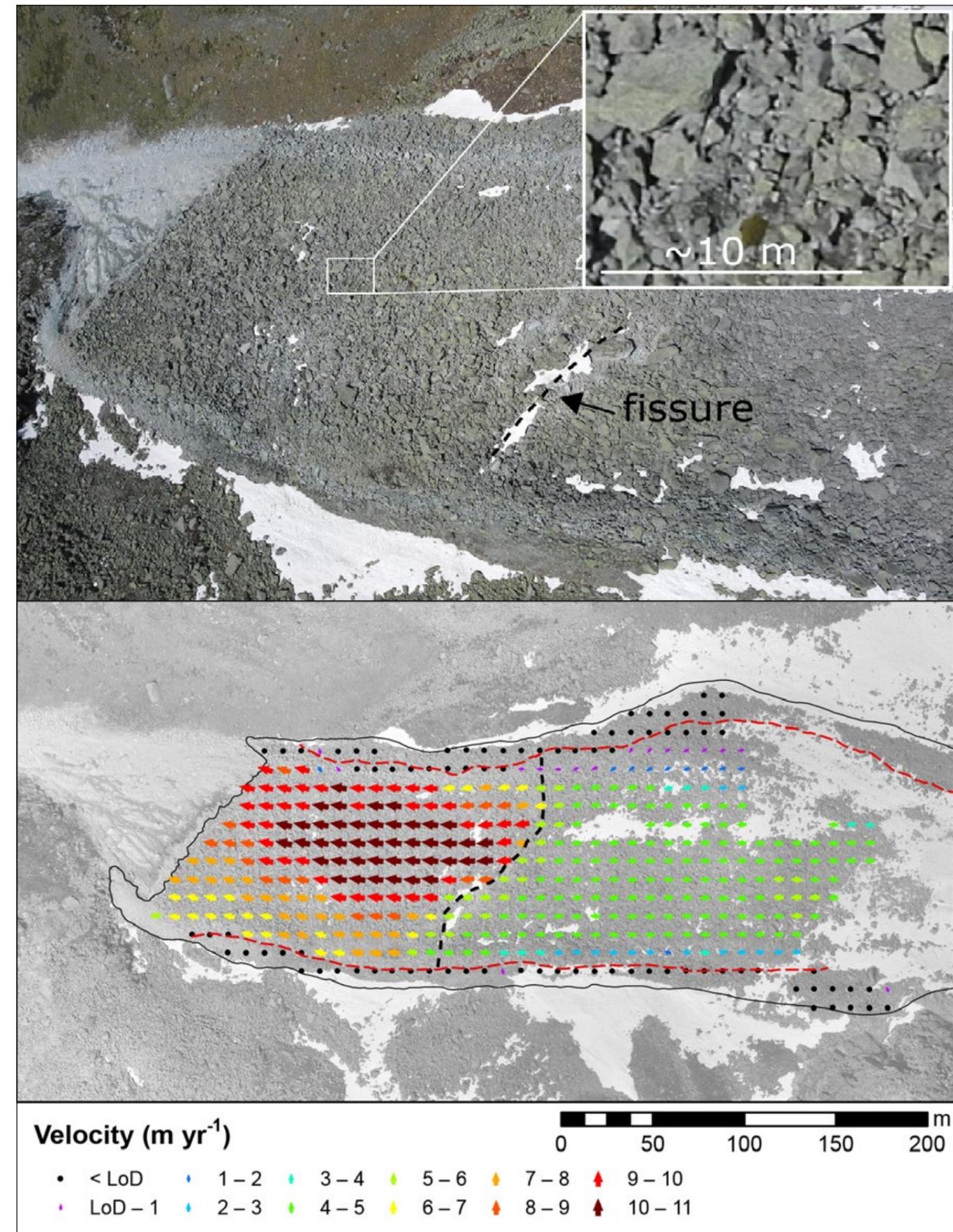


Fig. 2. Vue aérienne sur le glacier rocheux de Tsarminne prise par drone en juin 2019 (en haut) et vitesses horizontales de surface entre juin et septembre 2019 (en bas).

Les potentialités des drones pour l'amélioration de la compréhension des mécanismes de déformation des glaciers rocheux sont explorées à travers le travail de thèse de Sebastián Vivero, doctorant à l'Université de Lausanne. Pour cela, plusieurs glaciers rocheux ont été survolés une à deux fois par année depuis 2016, soit par une aile volante, soit par un quadcopter (Fig. 1). Lors de chaque vol, plusieurs dizaines, voire centaines de photos sont acquises et utilisées ensuite pour en produire un nuage de points, une orthomosaïque d'images et un modèle numérique de terrain. Une série de modèles 3D des glaciers rocheux investigués peut être visualisée ici: <https://sketchfab.com/UNIL-IDYST>.

« Les rapaces voient généralement d'un mauvais œil l'intrusion d'un tel concurrent sur leur territoire. »

Un des sites investigués dans le cadre de cette recherche est le glacier rocheux de Tsarmine (Arolla), une formation étudiée depuis 2003 par les Universités de Fribourg et de Lausanne. Les vitesses de ce glacier rocheux ont considérablement augmenté ces dernières années, passant de 1 m/an en 2010 à environ 12 m/an 10 ans plus tard. Dix vols de drone y ont été effectués entre 2016 et 2020, ce qui a permis d'établir un protocole de mesures robuste (voir Vivero et al. in review). La figure 2 met en évidence la haute résolution spatiale des images obtenues, offrant ainsi une vue détaillée de la surface du glacier rocheux. Parmi les résultats obtenus par autocorrélation d'image, on notera les fortes variations spatiales des vitesses, avec des valeurs maximales à l'aval d'une fissure ap-



Christophe Lambiel est maître d'enseignement et de recherche à l'Institut des dynamiques de la surface terrestre de l'Université de Lausanne. Il mène depuis plus de 20 ans des recherches sur le pergélisol de montagne et dirige la thèse de **Sebastián Vivero**, qui porte sur l'étude des changements géométriques des glaciers rocheux à l'aide de données spatiales à haute résolution.

christophe.lambiel@unil.ch
sebastian.vivero@unil.ch



parue au cours des dernières années.

Également situé dans le val d'Arolla, le glacier rocheux de La Roussette a connu une crise dans son activité entre 2015 et 2017. Ce glacier rocheux, qui n'avait jamais été répertorié jusqu'alors car perché au-dessus d'un versant peu accessible, avait montré des signes de déstabilisation dans sa partie terminale à partir de l'hiver 2015. En mars 2016, de grosses fissures dans le manteau neigeux avaient révélé l'ouverture récente d'une crevasse et par là-même une activité exacerbée du glacier rocheux. L'inaccessibilité et la dangerosité du site interdisant tout accès au glacier rocheux durant la saison estivale, l'investigation de sa surface à l'aide d'une aile volante avait été privilégiée. Les différents vols effectués au cours des étés 2016 et 2017 ont permis de quantifier les mouvements considérables qu'a alors connu le glacier rocheux au cœur de sa crise d'activité. La figure 3a montre la morphologie du glacier rocheux lors de son pic d'activité au début du mois de juillet 2016. Des vitesses de plus de 50 cm/jour furent mesurées entre les mois de juin et d'août. Le calcul des changements d'épaisseur à partir des modèles numériques de terrain des 10 juin et du 12 août 2016 révèlent des pertes allant jusqu'à 13 mètres au niveau de la crevasse, alors que les gains d'épaisseur d'un maximum de 4 mètres ont été mesurés dans la partie terminale (voir Vivero & Lambiel 2019).

« La haute résolution des images, et donc des données de mouvements obtenues, présentent des bénéfices certains. »

Pour ces deux études, un eBee RTK (aile volante) de la firme SenseFly a été utilisé. Ce type d'appareil présente plusieurs avantages : grande autonomie des batteries, rapidité de la mission, planification précise du plan de vol, résolution des images élevées, etc. Par contre, cet appareil nécessite une zone d'atterrissage lisse, idéalement herbeuse, sur laquelle pourra se poser le drone. Or en milieu périglaciaire alpin, ce type de conditions n'est pas toujours aisé à trouver, ce qui présente une contrainte certaine. Un autre problème de taille vient de la forme de l'appareil, qui s'apparente à un gros oiseau. Les rapaces et autres grands corbeaux voient généralement d'un mauvais œil l'intrusion d'un tel concurrent sur leur territoire. Lorsqu'une rencontre se produit, l'attaque du drone par l'oiseau est presque systématique, ce qui conduit irrémédiablement à la chute, et parfois à la destruction de l'engin. Pour éviter ces deux inconvénients, l'usage d'un appareil de type quadcopter est à privilégier, ce qui a été fait sur plusieurs autres glaciers rocheux investigués dans cette étude.

Les expériences glanées durant ces dernières années montrent que le drone est un complément intéressant aux autres méthodes mobilisées dans l'étude des mouvements de glaciers rocheux. Le faible coût



d'un quadcopter (quelques milliers de francs) et la haute résolution des images, et donc des données de mouvements obtenues, présentent des bénéfices certains. Il faut y ajouter l'augmentation de la sécurité dans les cas de terrains instables ou difficilement accessibles, l'usage du drone permettant d'opérer à distance. Par contre, plusieurs paramètres comme le vent, la neige ou la luminosité sont à prendre en considération, tout comme des facteurs limitant comme l'atterrissage, les attaques d'oiseaux pour des ailes volantes ou la reprise des nouvelles réglementations sur les drones. Il faut également compter avec un temps de traitement des données non négligeable. Le choix de la technologie à utiliser est donc à étudier minutieusement, en fonction des besoins de l'étude.

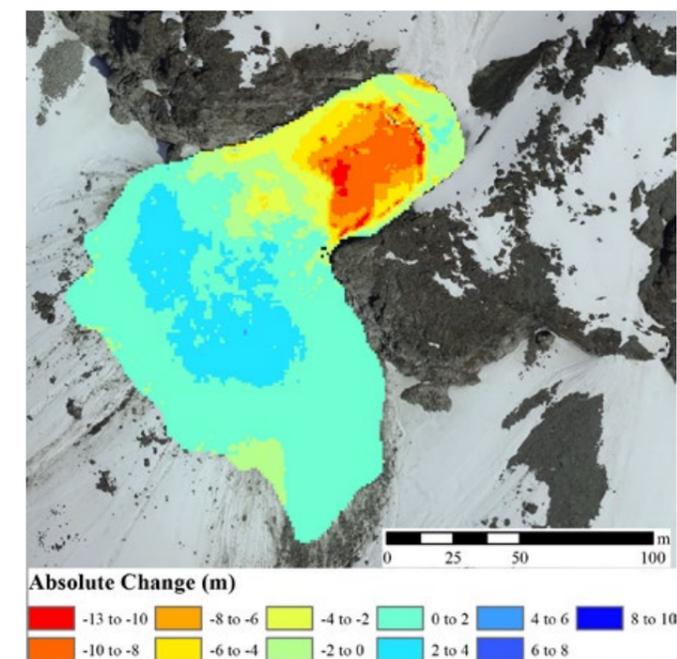


Fig. 3. En haut : Vue aérienne sur le glacier rocheux de La Roussette en juillet 2016. Le trait-tillé souligne la base du front. En bas : Changements d'épaisseur entre le 10 juin et le 12 août 2016 dans la partie déstabilisée du glacier rocheux.

Interaktive Tools und Entscheidungshilfen für den Risikodialog: www.hochwasserrisiko.ch

Zur Debatte

- ▶ Ergebnisse der «Forschungsinitiative Hochwasserrisiko» sichtbar gemacht
- ▶ Interaktive Online-Tools und Karten bieten Gemeinden Entscheidungshilfen beim Umgang mit Hochwasserrisiken
- ▶ Perspektivenwechsel von Gefahren zu Risiken
- ▶ Drohende Hochwasserschäden werden unterschätzt

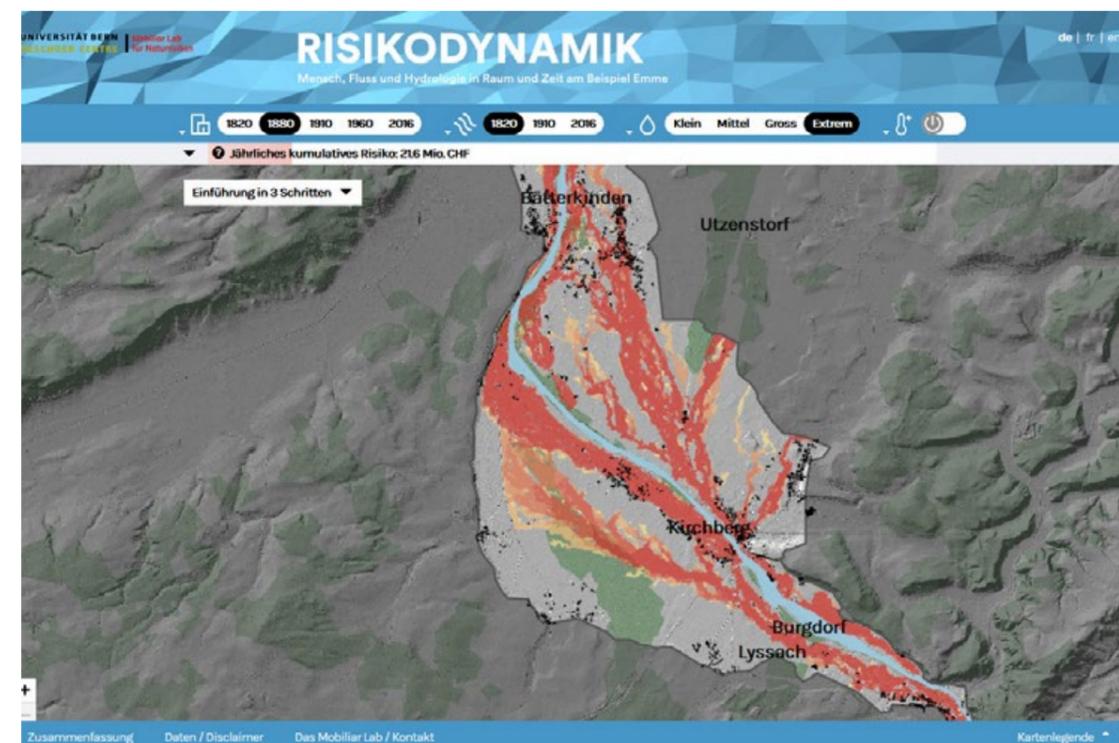
Geschrieben von
Andreas Zischg

Hochwasser sind die häufigste Ursache von durch Naturgefahren verursachten Schäden an Gebäuden. In den vergangenen 40 Jahren waren vier von fünf Schweizer Gemeinden von Hochwasserschäden betroffen. Mit der «Forschungsinitiative Hochwasserrisiko – vom Verstehen zum Handeln» ergänzen das Mobiliar Lab für Naturrisiken, das

Oeschger Zentrum für Klimaforschung und die Unit Geomorphologie des Geographischen Instituts der Universität Bern die traditionelle Prozessforschung um den Aspekt der Schäden. In dieser Initiative wurden verschiedene interaktive Online-Tools und Karten entwickelt, die als Entscheidungshilfen oder für den Risikodialog verwendet werden können. Die Tools sind auf www.hochwasserrisiko.ch veröffentlicht.

Das Überschwemmungsgedächtnis

Die Erinnerungen an Hochwasser und die Schäden, die sie verursachen, schwinden oft schnell. Ein schweizweites Bildarchiv soll diesem Vergessen entgegenwirken. Dieses Tool beantwortet die Frage zu früheren Überschwemmungsereignissen an einem bestimmten Ort. Es ist eine Bilddatenbank zu vergan-



Benutzeroberfläche des Tools «Risikodynamik». www.risikodynamik.ch

genen Hochwasserereignissen, wobei die Bilder geographisch verortet werden. Die Suche nach Bildern kann über eine Zeitleiste oder geographisch mittels Zoomen in einer Karte erfolgen. Das Besondere dabei ist, dass jede und jeder eigene Bilder verorten und hochladen kann. So wächst dieses Tool mit der Zeit ständig weiter.

Risikodynamik

Hochwasserrisiken sind keine Konstante. Sie steigen mit der Zunahme von Gebäuden und Infrastruktur in gefährdeten Gebieten und nehmen ab, wenn Massnahmen für den Hochwasserschutz umgesetzt werden. Das heisst, das Hochwasserrisiko an einem bestimmten Ort wandelt sich mit der Zeit, es ist dynamisch in Raum und Zeit. Dieses Tool erlaubt es, selbständig nachzuvollziehen, weshalb das so ist und welche Rolle dabei unterschiedliche Einflussfaktoren spielen. Das Tool ist wie ein Modellexperiment, das erlaubt, die Wirkung von einzelnen Risikotreibern (Hochwasserschutz am Fluss, Siedlungsentwicklung, Klimawandel) auf das Risiko zu analysieren, entweder isoliert oder in Kombination betrachtet.

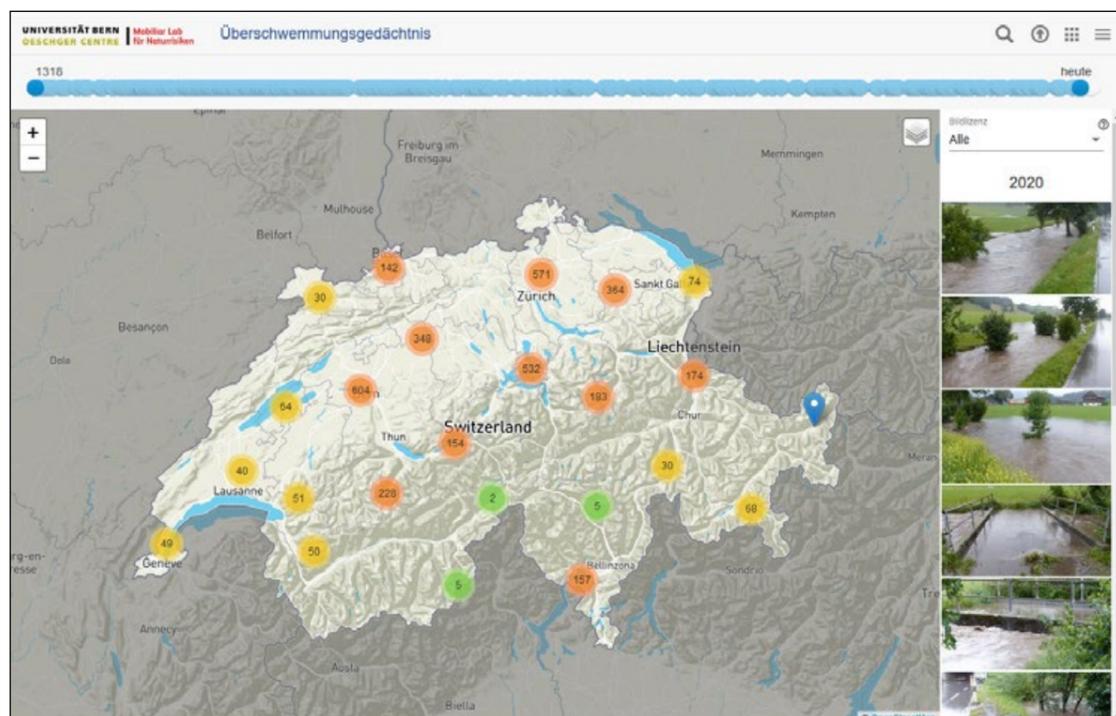
Schadenpotenzial

Nach der Fertigstellung aller Gefahrenkarten in den Schweizer Gemeinden fehlte eine räumlich hochaufgelöste Übersicht hochwassergefährdeter Schutzgüter. Diese Lücke schliesst das Tool «Schadenpotenzial Hochwasser». Basierend auf den Gefahrenkarten können pro Ort / Quartier, Gemeinde und Kanton so-

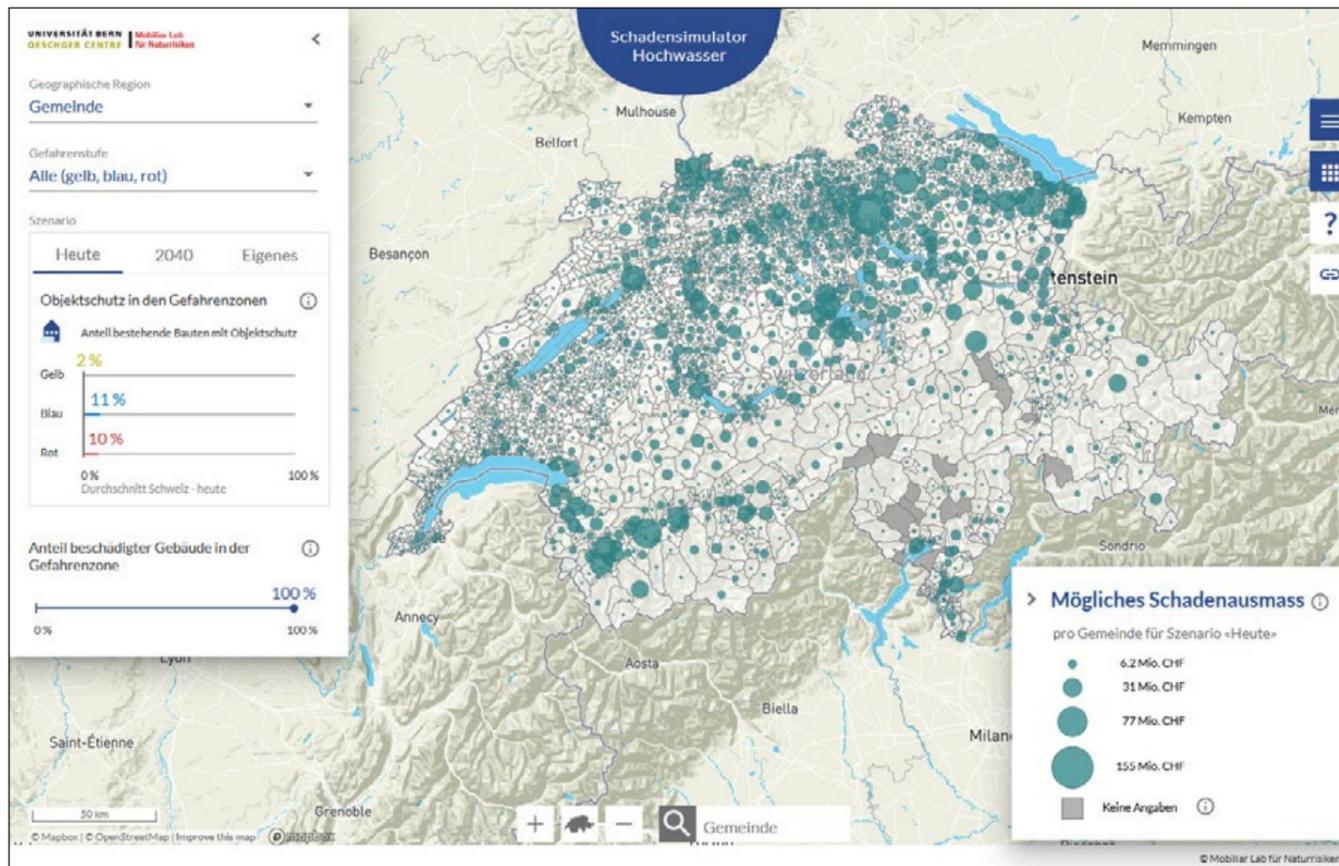
wie über ein Hexagonraster die potenziell von Hochwassern betroffenen Schutzgüter dargestellt werden. Folgende Schutzgüter stehen zur Auswahl: Gebäude (gesamt, differenziert nach Nutzung), Gebäudewerte, Personen (wohnhafte Personen, Arbeitsplätze), Spitäler, Kulturgüter, Schulen und Hochschulen sowie Alters- und Pflegeheime. Mit dem Tool kann das Schadenpotenzial von Hochwasser erstmals bis auf Ebene einzelner Quartiere schweizweit identifiziert werden. Dadurch lässt sich zeigen, wo wie viele Menschen oder wichtige Schutzgüter den Hochwassergefahren ausgesetzt sind.

Forschungsinitiative Hochwasserrisiko

Die «Forschungsinitiative Hochwasserrisiko – vom Verstehen zum Handeln» ergänzt die traditionelle Hochwasserforschung um den Aspekt der Schäden und Risiken. Besonderer Schwerpunkt wurde dabei auf innovative kartographische Visualisierungen gelegt, die im Risikodialog von Behörden eingesetzt werden können.



Benutzeroberfläche des «Überschwemmungsgedächtnis» www.überschwemmungsgedächtnis.ch

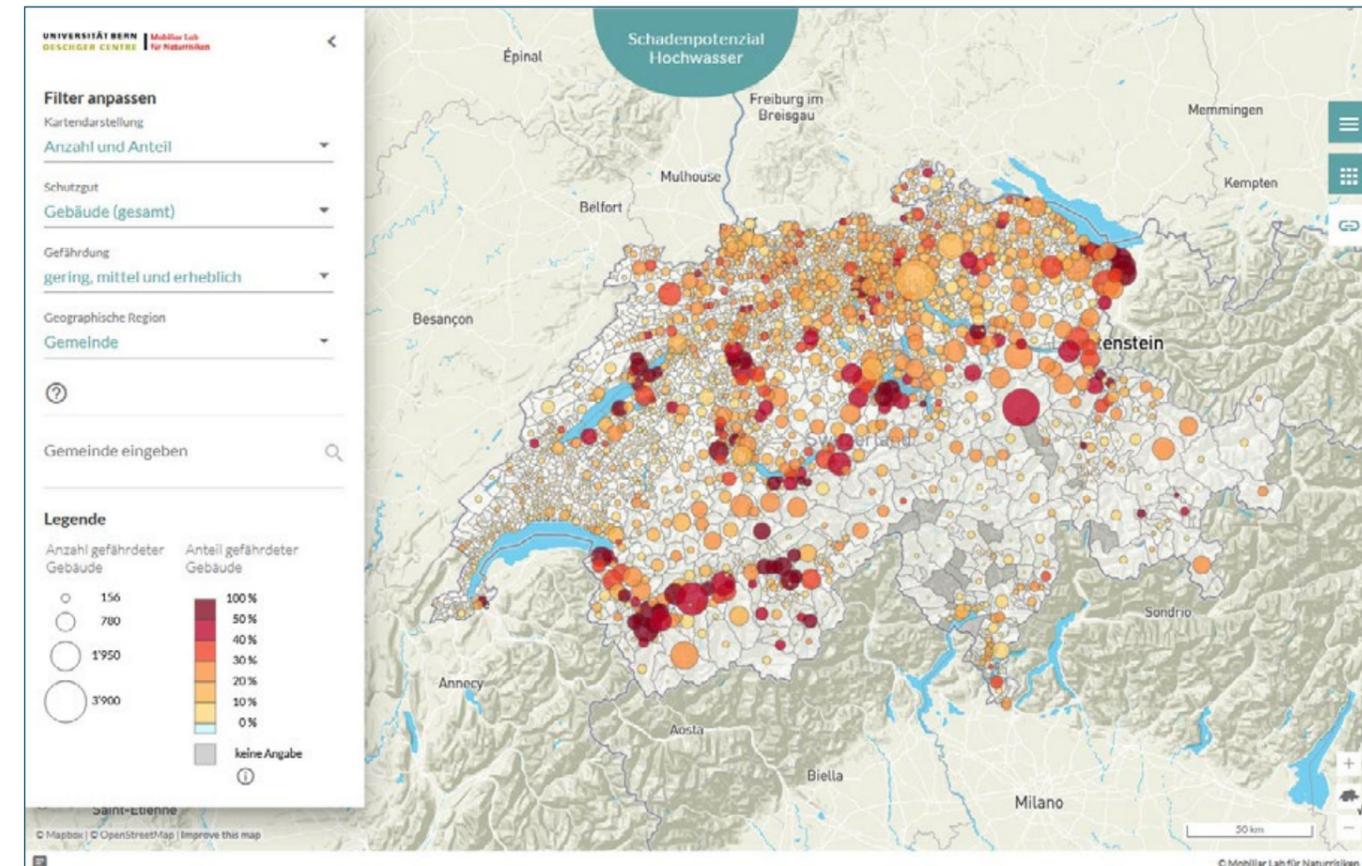


Benutzeroberfläche des Tools «Schadensimulator». www.schadensimulator.ch

Schadensimulator

Die Gefahrenkarten sind jetzt schweizweit erstellt. Gebiete, in denen laut Gefahrenkarten nur eine geringe Hochwassergefährdung besteht (gelbe Zone), sind vielerorts dicht bebaut. Deshalb fallen die möglichen Gebäudeschäden in diesen Zonen in ihrer Summe viel stärker ins Gewicht als bisher angenommen. Das zeigt das neueste Online-Tool der Forschungsinitiative. Der «Schadensimulator» ergänzt die Gefahrenkarten mit den Auswirkungen von Hochwassern, wodurch Hochwasserrisiken besser erkennbar werden. Der Schadensimulator basiert auf neuentwickelten Modellen und statistischen Analysen, die neben Überschwemmungsschäden der vergangenen Jahre die Lage der Gebäude in den Gefahrenzonen und Informationen zu den Gebäuden berücksichtigen. Der Simulator weist für jede Gemeinde der Schweiz aus, wie gross das mögliche Schadenausmass bei einem Hochwasser ist. Mit seiner Hilfe lässt sich zudem simulieren, wie sich das mögliche Schadenausmass in Zukunft verändern könnte, zum Beispiel wenn die bestehenden Bauzonen überbaut werden. Der Schadensimulator ist deshalb eine wichtige Entscheidungshilfe für Behörden, Planerinnen und Ingenieure.

Das Tool zeigt, wie sich eine zukünftige bauliche Verdichtung auf die durch Hochwasser gefährdeten Werte auswirken kann. Geht man davon aus, dass bis im Jahr 2040 schweizweit ein Drittel der verfügbaren Bauzonenreserven überbaut werden, könnten die gefährdeten Gebäudewerte um 5.3 Mrd. Franken zunehmen. Würden die verfügbaren Bauzonenreserven schweizweit sogar komplett überbaut, könnten die gefährdeten Gebäudewerte um 16.6 Mrd. Franken zunehmen. Das Tool zeigt aber auch auf, dass die höheren Schäden, die durch einen Anstieg der gefährdeten Gebäudewerte verursacht werden, mit geeigneten Massnahmen begrenzt werden können. Mit Objektschutzmassnahmen beispielsweise könnte schon mit tiefen Kosten eine erhebliche Risikoverminderung erzielt werden.



Benutzeroberfläche des Tools «Schadenpotenzial». www.schadenpotenzial.ch

Zusammenfassung

Aus der «Forschungsinitiative Hochwasserrisiko» des Mobiliar Labs für Naturrisiken, des Oeschger Zentrums für Klimaforschung und der Unit Geomorphologie des Geographischen Instituts der Universität Bern sind interaktive Online-Tools zur Visualisierung von Naturrisiken entstanden. Die Bilddatenbank «Kollektives Überschwemmungsgedächtnis» macht verortete Bilder von vergangenen Hochwasserereignissen der interessierten Öffentlichkeit zugänglich. Das Tool «Risikodynamik» zeigt auf, wie dynamisch das Risiko in Raum und Zeit ist. Die Tools «Schadenpotenzial» und «Schadensimulator» sind eine Entscheidungshilfe für Behörden von Gemeinden und Kantonen um zu erkennen, wo grosse Sachschäden entstehen könnten.



Andreas Zischg ist Geograph und Assistenzprofessor für die Modellierung von Mensch-Umwelt-Systemen am Geographischen Institut der Universität Bern. Am Mobiliar Lab für Naturrisiken des Oeschger Zentrums für Klimaforschung konzentriert er sich auf die Entwicklung von Modellketten vom Niederschlag bis zu den Auswirkungen von extremen Hochwasserereignissen sowie auf die Weiterentwicklung der Methoden des Risikomanagements und der Klimawandelanpassung. Zurzeit leitet er zusammen mit Mauro Fischer und Markus Zimmermann ad interim die Unit «Geomorphologie, Naturgefahren- und Risikoforschung» am Geographischen Institut der Universität Bern.

Experimentelle Geomorphologie: Sandkästen und die Rolling Stones auf dem Mars

Zur Debatte

- ▶ Viele Prozesse an der Erdoberfläche finden nur selten statt, wie kann man sie dennoch messen?
- ▶ Modelle müssen kalibriert werden, sagen sie die Prozesse an der Erdoberfläche für Klima und Landnutzung der Zukunft richtig voraus?
- ▶ Andere Planeten sind ähnlich und doch anders, wie erkennt man falsche Analogien?
- ▶ Wie kann die Bedeutung von Prozessen einfach kommunizieren?

Geschrieben von
Nikolaus Kuhn

Das Studium der Erdoberfläche umfasst deren Material, Form, Geschichte und der sie gestaltenden Prozesse. Umweltwandel verändert diese Prozesse und es stellen sich Fragen, wie beispielsweise Klimawandel Bodenerosion, Massenbewegungen oder die Form von Gewässern beeinflusst. Viele dieser Fragen können durch ein Monitoring in der Umwelt beantwortet werden. Ein Nachteil des Monitorings ist allerdings, dass insbesondere bei nicht-linearen Reaktionen ein irreversibler Schaden entstehen kann, beispielsweise wenn Boden zerstört wird, bis ausreichend Daten

gesammelt wurden. Ausserdem erlaubt es Monitoring nur selten, einen Faktor und dessen Veränderung, beispielsweise die Intensität von Regen, isoliert zu testen. Daher hat die Geomorphologie schon früh Experimente verwendet um Feldstudien zu ergänzen.

«Ein Nachteil des Monitorings ist allerdings, dass insbesondere bei nicht-linearen Reaktionen ein irreversibler Schaden entstehen kann, beispielsweise wenn Boden zerstört wird.»

Feldversuche

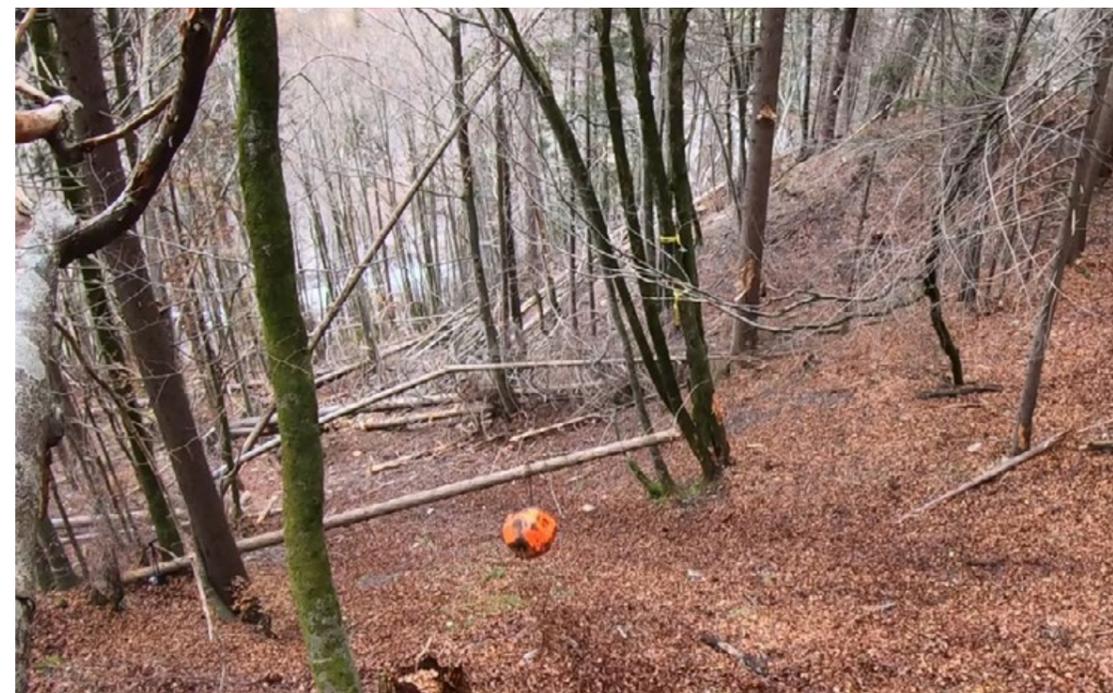
Am häufigsten wurde zunächst die Bedeutung einzelner Faktoren für die Auftreten und die Raten von Oberflächenprozessen experimentell untersucht. Klassische Beispiele in der Schweiz für diese Ansätze sind die Arbeiten von Hartmut Leser und seinen MitarbeiterInnen zur Bodenerosion seit den 1970er Jahren. *Abbildung 1* einen Versuch, beim dem die Zer-



Abbildung 1: Bodenerosionsmessung im Tessin 1998: Bei St. Antonino wurde ein Stück Kastanienwald angezündet, die Feuerwehr sicherte den Hang darüber mit einem Wasservorhang ab, im Anschluss wurden Erosion, Wasser- und Nährstoffhaushalt beobachtet (Aufnahme: Christoph Wüthrich)



Abbildung 2: Die «Rolling Stones» der WSL: Präparierte Steine für einen Versuch im Jahr 2020 mit 200 Steinen im Schraubachtobel in Schiers (GR) und (unten) ein Stein im Anflug. Quelle: <https://www.wsl.ch/de/2020/09/200-steine-in-12-tagen.html>.



störung der Vegetation durch Feuer auf Bodenerosion, aber auch die Wasser- und Nährstoffflüsse untersucht wurden

Ein weiterer mittlerweile klassischer Feldversuch sind die «Rolling Stones der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Lawinen» (WSL). Zur Entwicklung von Modellen, welche die Bahn von Blöcken, die sich bei Steinschlag lösen, wurden Blöcke mit Sensoren ausgestattet und bunt gefärbt und deren Bewegung hangabwärts genau aufgezeichnet (*Abb. 2*). Die «Rolling Stones der WSL» illustrieren, wie Experimente in der Geomorphologie dazu beitragen, ein quantitatives Prozessverständnis zu gewinnen.

«Ein weiteres Ziel von Experimenten in der Geomorphologie dient der Verbesserung des Verständnisses von Prozessen, die in der Natur nur schwer zu beobachten sind.»

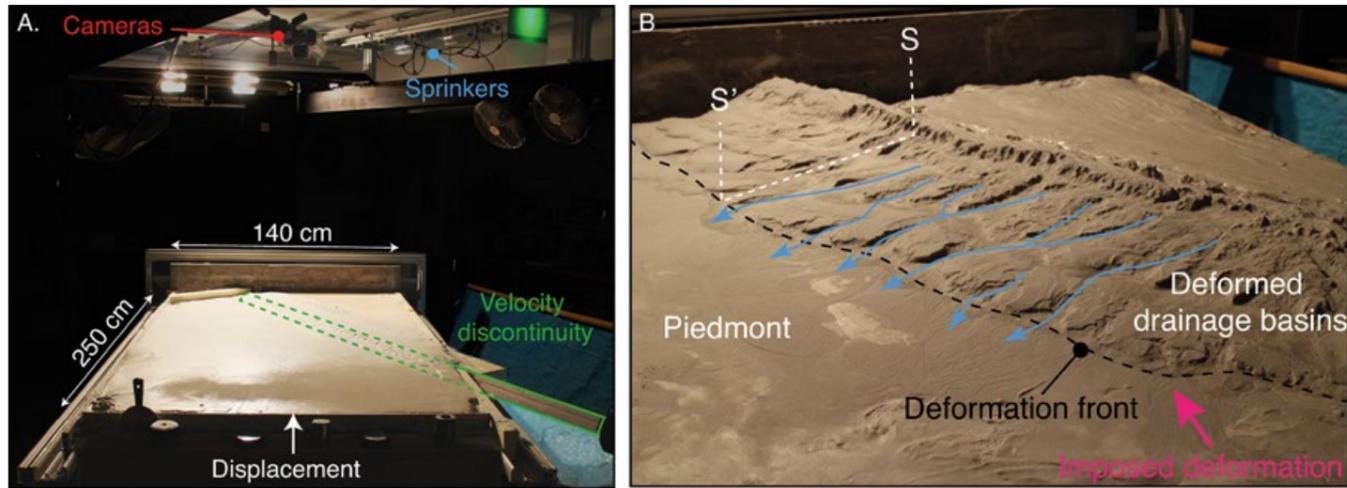


Abbildung 3: Simulation des Zusammenwirkens von Hebung und Erosion an Plattengrenzen mit teilweise lateraler relativer Bewegung zueinander an der Uni Genf. Der seitliche Versatz der Rillen im Versuch (blaue Pfeile in Abb. 3B) zeigt, dass entsprechende Verläufe von Gewässern in der Natur ebenfalls einen entsprechenden Versatz zeigen. Aufnahmen: L. Guerit (laure.guerit@univ-rennes1.fr)

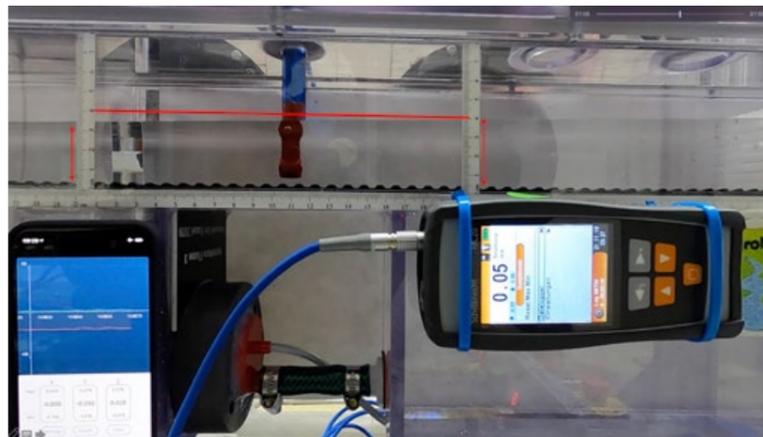


Abb. 4 Strömungskanal auf der Erde (oben) und während eines Parabelflugs mit verringerter Schwerkraft: der Einfluss der Schwerkraft Abflusstiefe und Neigung «auf dem Mars» ist deutlich erkennbar, ebenso die verringerte Fließgeschwindigkeit im Display des Messgeräts. Zur besseren Sichtbarkeit der Neigung der Wasseroberfläche und der Abflusstiefe sind diese mit roten Linien markiert. Aufnahmen: Brigitte Kuhn.

Laborversuche

Ein weiteres Ziel von Experimenten in der Geomorphologie dient der Verbesserung des Verständnisses von Prozessen, die in der Natur nur schwer zu beobachten sind. In den Erdwissenschaften der Universität Genf werden beispielsweise Simulationen der Landschaftsentwicklung durchgeführt, die zum besseren Verständnis des Zusammenwirkens von Tektonik und Erosion in Gebirgsräumen führen (Abb. 3).

Sehr kurze Zeiträume, aber Prozesse an Orten, die kaum heute für Messungen noch nicht zu erreichen sind werden von der Forschungsgruppe Physiogeographie und Umweltwandel an der Uni Basel untersucht: während Parabelflügen wird der Einfluss der Schwerkraft auf die Hydraulik von Oberflächenabfluss auf dem Mars simuliert (Abb. 4). Die Bedeutung von Schwerkraft für Oberflächenprozesse ist besonders für das Verständnis der Ablagerungs- und Umweltverhältnisse von Sedimentgesteinen auf dem Mars von Bedeutung.



Abbildung 5: Versuch zu den Zusammenhängen zwischen Abfluss und Gewässerform am Kids Camp der Uni Basel. Aufnahme: Brigitte Kuhn.

Öffentlichkeitsarbeit

Neben der wissenschaftlichen Arbeit ist experimentelle Geomorphologie auch ideal als Instrument für die Öffentlichkeitsarbeit geeignet. In der Landwirtschaft können Versuche verwendet werden, um den Landwirtinnen und Landwirten den Einfluss verschiedener Bearbeitungsmethoden auf Abfluss und Erosion zu illustrieren. Für eine breitere Öffentlichkeit, insbesondere in der Schule, sind speziell entwickelte «Sandkästen» zur Gewässermorphologie ein beliebtes Lehrmittel, um den Schülerinnen und Schülern einen Eindruck von Landschaftsentwicklung zu vermitteln (Abb. 5).

«The true method of knowledge is experiment.»

William Blake, English poet, painter, and printmaker



Prof. Nikolaus Kuhn ist Leiter der Forschungsgruppe Physiogeographie und Umweltwandel an der Uni Basel. Seine Gruppe erforscht die Bedeutung von Oberflächenprozessen für Mensch und Umwelt mit Experimenten zum Transport von organischen Substanzen durch Wind und Wasser, auf der Erde und dem Mars.

Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Nutzung des Schweizer Weltatlas

Zur Debatte

- ▶ **Grenzen des analogen Schulatlas und Möglichkeiten seiner digitalen Nutzung**
- ▶ **Werdegang des «Schweizer Weltatlas interaktiv»**
- ▶ **Zukunftsperspektiven der digitalen Nutzung des Schweizer Weltatlas im Schulalltag**

Eine Debatte mit Stefan Reusser und Christian Häberling.
Moderation: Francisco Klauser

F. Klauser: Ergänzend zur Ausgabe 2010 des Schweizer Weltatlas wurde eine interaktive Onlineversion des Atlas veröffentlicht. Diese wurde 2017 wieder eingestellt. Weshalb?

Ch. Häberling: Wir wollten den «Schweizer Weltatlas interaktiv» ursprünglich weiter ausbauen und zusätzliches Material online stellen. Die technologische Entwicklung hat uns dann aber immer wieder gezwungen, das Projekt anzupassen und auf neue Programme oder Updates zurückzugreifen.

Gleichzeitig wurde deutlich, dass diese Onlineversion schlecht bis gar nicht genutzt wurde. Wir konnten ja genau sehen, welche Abbildungen und Karten

am meisten gebraucht wurden. Erstaunlicherweise haben nur wenige Schulen und Lehrer darauf zurückgegriffen. Nach etwa vier bis fünf Jahren mussten wir einsehen, dass wir schlicht keine Kapazität haben, um den interaktiven Atlas weiter zu betreiben, geschweige denn auszubauen. Dazu kamen eben die technologischen Herausforderungen. Wir haben von IT-Verantwortlichen an Schulen gehört, die gewisse Plug-ins nicht mehr zulassen, ohne die der Atlas nicht genutzt werden konnte. Das heisst, wir hätten eine völlig neue Architektur aufbauen müssen. 2017 haben wir das Projekt dann eingestellt. Dafür wurde eine neue Webseite eingerichtet, um den Zugang zu digitalen Dokumenten zu ermöglichen, die den Unterricht unterstützen können.

«Es war nie unsere Absicht, den gedruckten Atlas vollständig digital anzubieten. Dies lässt das derzeitige Geschäftsmodell nicht zu.»

C.Häberling

Es war allerdings nie unsere Absicht, den gedruckten Atlas vollständig digital anzubieten. Dies lässt das derzeitige Geschäftsmodell nicht zu. Der gedruckte Atlas lässt sich kommerzialisieren; bei den digitalen Teilen des Atlas ist unklar, wie dies finanziert werden könnte, respektive ob daraus ein Return entstünde. Heute möchten wir den digitalen Teil zwar ausbauen, aber solange kein Geschäftsmodell verfügbar ist, wollen wir den gedruckten Atlas nicht kannelisieren. Somit wird es wohl auch in naher Zukunft keine vollständige digitale Abbildung des gedruckten Atlas geben.

F. Klauser: Wie wurde der Schweizer Weltatlas interaktiv damals aus der Lehrerperspektive wahrgenommen?

S. Reusser: Ich selbst ging regelmässig auf die Seite des Schweizer Weltatlas Interaktiv, der ja im Jahr nach seiner Lancierung auch von der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie (SGK) ausgezeichnet wurde. Die kommunizierte Absicht war, laufend neue Seiten aufzuschalten. Passiert ist aber ab einer gewissen Zeit kaum mehr etwas. Das erklärt vielleicht, wes-

halb nicht mehr Benutzer dazugekommen sind. Da war eine gewisse Enttäuschung und man sagte sich, «Okay, das bringt nichts, wenn ich nachschaue und es immer noch gleich weit ist».

Ihr hattet damals zum Beispiel eine sehr schöne Animation online, zum Thema Erdrevolution und Tageslängen in verschiedenen geographischen Breiten. Ich weiss von verschiedenen Personen im Verband, die es sehr bedauern, dass dieses Tool nicht mehr verfügbar ist.

Für mich war es schon erstaunlich: Man sagt uns Lehrpersonen seit Jahren, dass die Digitalisierung die Zukunft ist. Und dann hat man so eine tolle Plattform, die plötzlich wieder verschwindet. Ich habe auch gehört, es hätte an Geld gefehlt.

F. Klauser: Das heisst, du bedauerst die Sistierung des damaligen Projekts?

S. Reusser: Für uns Lehrpersonen ist es im Moment einfach sehr unbefriedigend, was an digitalen Karten in guter Auflösung vorhanden ist. Das Problem betrifft übrigens nicht nur den Schweizer Weltatlas, sondern auch den Diercke Weltatlas Schweiz, wobei da zu Marketingzwecken eine Art Premium-Mitgliedschaft angeboten wird, die Zugriff auf weitere Materialien ermöglicht.

Ich selbst bin kein Digitalisierungsfanatiker und finde, dass ein analoges Buch auch seine Vorzüge hat. Aber die Realität sieht einfach anders aus. Bereits im übernächsten Schuljahr gehen wir an unserer Schule zur Strategie «Bring Your Own Device» über. Ein Konzept, dass an zahlreichen Mittelschulen in der Schweiz bereits umgesetzt wird. Da kommt jeder Schüler mit seinem eigenen Laptop oder Tablet an die Schule. Die Zeit des Büchertragens ist am Auslaufen. Vielleicht hat man dann immer noch in jedem Zimmer einen Klassensatz Atlanten, das wird die Zukunft zeigen. Zudem könnte man doch, wie dies bei anderen Verlagen möglich ist, eine Lizenz für eine Onlineversion verkaufen, parallel zum gedruckten Buch. Das könnte man durchaus auch vermarkten.

Ch. Häberling: Hier kann ich den Faden aufnehmen. Das ist tatsächlich eine Stossrichtung, die für uns praktikabel wäre. Wobei, so ein Lizenzmodell muss auch gut überlegt sein. Hier sind wir nicht Spezialisten, das muss über den Lehrmittelverlag Zürich laufen.

Mit den digitalen Karten hat man ja einen Versuch gemacht letzten Sommer, also während des Lockdowns. Lehrpersonen konnten digitale Karten bestellen, und zwar in einer Auflösung, die uns zur digitalen Nutzung sinnvoll erschienen ist. Wenn man einen Karten-Abodienst lancieren würde, hätten wir die Produkte schon bereit, mit Legende, etc. Was fehlt ist das Geschäftsmodell dahinter. Da kann ich nicht vorgehen. Ich trage das Anliegen aber gerne in die Geschäftsleitung. Das wurde auch schon verschiedentlich in der Redaktion diskutiert.

Organisation des Schweizer Weltatlas

Der Schweizer Weltatlas hat eine lange Tradition: Seit 1910 wird er durch die Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) herausgegeben. Die operative Führung obliegt der Geschäftsleitung des Schweizer Weltatlas. Deren derzeitige Mitglieder sind: Silvia Steiner (Präsidentin, Delegierte EDK, Bildungsdirektorin Kanton Zürich), Lorenz Hurni (Chefredaktor, ETH Zürich), Beat Schaller (Verlagsleiter Lehrmittelverlag Zürich) und Beat Enge-

mann (Finanzen und Sekretär, ehem. Lehrmittelverlag Zürich). Für den Inhalt des Schweizer Weltatlas ist der Chefredaktor verantwortlich. Eine beratende Kommission mit Vertretern der verschiedenen Sekundarschulstufen und Landesteile sowie von Pädagogischen Hochschulen begleitet die Arbeiten. Der Lehrmittelverlag Zürich ist Bezugsquelle für die deutsch- und italienischsprachige Ausgabe, der Schulverlag Plus für die französischsprachige.

Wie häufig arbeitest Du im Unterricht mit einem analogen Atlas? (N=39)

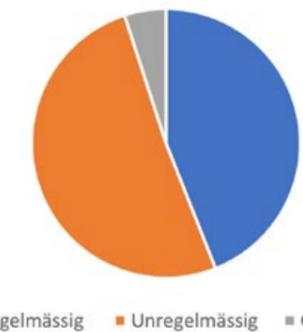


Abb. 1: Ergebnis der Umfrage im vsgg-aseg-asig im Februar 2021.

Welche analogen Atlanten sind an deiner Schule vorhanden? (N=39)

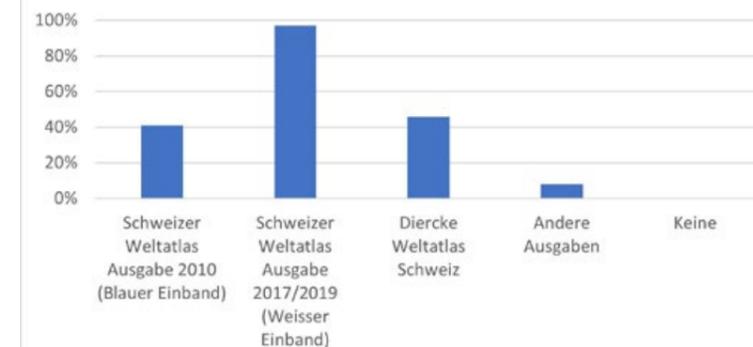


Abb. 2: Ergebnis der Umfrage im vsgg-aseg-asig im Februar 2021.

Schweizer Weltatlas interaktiv

Der Schweizer Weltatlas ist der weitverbreitetste gedruckte Schulatlas in der Schweiz. Die erste vollständig digital erstellte Ausgabe erschien 2002. Ergänzend zur Ausgabe von 2010 wurde eine interaktive Onlineversion veröffentlicht. Dieser «Schweizer Weltatlas interaktiv» wurde 2017 wieder eingestellt.

S. Reusser: Bei gewissen Lehrmitteln gibt es bereits einen E-Code im Buch. Da haben die Schüler dann einerseits das Buch, das im Klassenzimmer deponiert ist, und andererseits haben sie das gleiche Lehrmittel digital zu Hause auf dem Laptop, Tablet oder Smartphone. Grundsätzlich könnte man diese Strategie auch beim Schweizer Weltatlas anwenden. Der Atlas würde so immer noch gekauft, weil die Leute wissen, dass sie gleichzeitig noch einen digitalen Zugriff kriegen.

Ch. Häberling: Technisch wäre das machbar. Die einzelnen Atlasseiten sind hochaufgelöst vorhanden. Wenn der Druck seitens der Lehrerschaft und der Schulen gross genug ist, zusammen mit der Bereitschaft für so einen Dienst zu bezahlen, hätte die Geschäftsleitung sicher offene Ohren für so etwas.

Unsere Wahrnehmung ist, dass die Lehrerschaft sehr individuell geworden ist. Jeder Lehrer will seine eigenen thematischen Präferenzen unterschiedlich darstellen. Ein solcher Grad an Individualisierung ist nicht zu erreichen über ein Medium wie ein Buch oder über eine digitale Kartensammlung. Wir können die Basis leisten, die Basisdaten anbieten, die jeder dann für seine individuelle Informationsvermittlung weiterverarbeiten kann. Vergessen wir nicht: Heute arbeiten drei Personen am Schweizer Weltatlas, mit einem Arbeitspensum von insgesamt eineinhalb Vollzeitstellen.

Natürlich ist auch das Thema der Karte entscheidend. Daten aus der Schweiz können wir relativ schnell und flexibel beziehen. Sobald du aber eine weltweite oder nur schon europaweite Darstellung willst wird es schwierig. Das geht durch so viele Agenturen, durch so viele statistische Hände. Bis wir die Daten zu einer druckfertigen Karte verarbeitet haben, vergehen 3 bis 5 Jahre

S. Reusser: Wobei gerade dort die Online-Nutzung auch Chancen bietet: Man kann Material schneller zugänglich machen, weil es nicht noch zum Druck muss, wo es weitere Zeitverluste gibt.

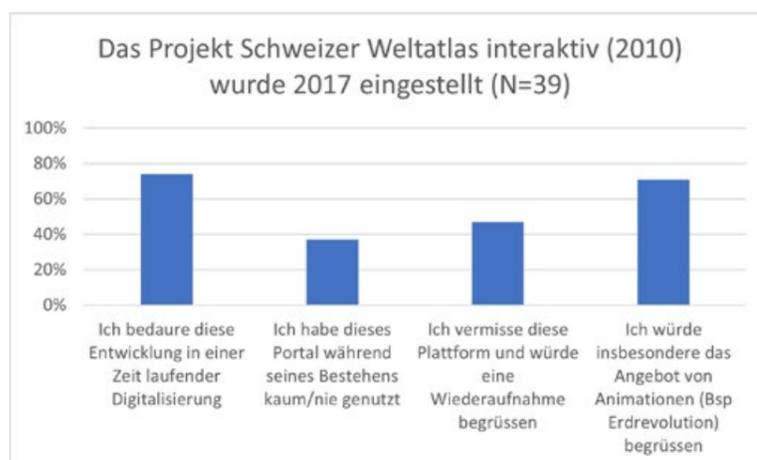


Abb. 3: Ergebnis der Umfrage im vsgg-aseg-asig im Februar 2021.

Ch. Häberling: Das stimmt bedingt. Wenn wir diese Daten frühzeitig hätten und wenn wir nicht ein gesamtes Werk zusammenstellen müssten, dann könnten wir natürlich schneller publizieren. Das ist unbestritten. Aber sobald du einen vollständigen Atlas mit allen Karten willst, die mindestens druckbogenweise fertiggestellt werden müssen, gibt es von der ersten Karte, die fertig ist, bis zur letzten Verzögerungen.

F. Klauser: Ist es möglich mit Partnern zusammenzuarbeiten? Sodass ihr zum Beispiel globale Karten outsourcen könnt und euch auf Schweizer Karten konzentriert und da auch einen Mehrwert generiert?

Ch. Häberling: Solche Überlegungen kann man schon anstellen. Dann müsste man aber auch grundsätzlich das gedruckte Buch hinterfragen. Man möchte ja eine gewisse Einheitlichkeit der Karten, eine übergeordnete Struktur, und so weiter. Das ist eine riesige Arbeit. Wenn man das gedruckte Buch nicht im Fokus hat, sondern Karten und Dienstleistungsstellen aufzieht, dann könnte ich mir so eine weltweite Zusammenarbeit vorstellen, respektive eine Zusammenführung der Ressourcen. Das braucht aber eine ganz andere Organisation. Dafür ist der Schweizer Markt allein viel zu klein.

«Ich wünsche mir auf jeden Fall, dass das Projekt Schweizer Weltatlas interaktiv in irgendeiner Form wieder reaktiviert wird. [...] Die Entwicklung der digitalen Medien im Unterricht ist nicht zu stoppen.»

S.Reusser

F. Klauser: Zusammenfassend, Stefan, was sind Deine Wünsche oder Erwartungen, die du ausgehend vom heutigen Gespräch hast?

S. Reusser: Ich wünsche mir auf jeden Fall, dass das Projekt Schweizer Weltatlas interaktiv in irgendeiner Form wieder reaktiviert wird. Das muss nicht gleich sein wie damals. Aber was jetzt vorliegt ist einfach zu wenig. Ich kann euch kein Geschäftsmodell liefern, aber es muss doch auch im Interesse von euch als Anbieter sein, neue Wege zu gehen. Sonst wird es effektiv soweit kommen, dass keine Atlanten mehr bestellt werden. Die Entwicklung der digitalen Medien im Unterricht ist nicht zu stoppen.

Gleichzeitig stelle ich fest, dass es beim Angebot von digitalen Atlanten und Karten noch keine befriedigenden Alternativen gibt. Es gibt viele Karten in der digitalen Welt, aber viele sind einfach schlecht. Entweder sind sie von der Auflösung her nicht gut oder sie haben praktisch keine Inhalte. Google Maps ist das beste Beispiel: was man wirklich braucht findet man nicht, oder nicht sofort. Zudem will ich mich auch nicht immer mehr in die Abhängigkeit dieser US-Giganten begeben. Ich wünsche mir, wir hätten einen Anbieter in der Schweiz. Die Schweizer Kartographie hat eine lange Tradition und ist nach wie vor die weltbeste. Da müsste in meinen Augen einfach mehr drin liegen. [Inzwischen hat Swisstopo seine digitalen Karten zur kostenlosen Nutzung freigegeben; Anm. d. Red.]

F. Klauser: Christian, ist das ein realistischer Wunsch?

Ch. Häberling: Ich kann mir vorstellen, dass in den nächsten zwei bis vier Jahren das Onlineangebot an digitalen Karten weiter ausgebaut wird. Ob das in einer kommerzialisierten Form sein wird oder nicht, sei einmal dahingestellt. Das ist sicher realistisch. Das hat uns ja auch die Corona-Aktion gezeigt: Wir stellten etwa 50 Karten online, die man dann digital beziehen konnte.

S. Reusser: Das heisst, die sind gar nicht mehr online?

Ch. Häberling: Ja, das wurde wieder gestoppt, weil das Homeschooling ja auch nicht mehr aktuell ist. Das Angebot ist aber relativ gut angekommen. Wenn da noch weitere Anfragen gewesen wären, dann wäre mit der Zeit der ganze Atlas so freigeschaltet worden. Aber eben, kurzfristig wäre es sicher denkbar, mehr Karten online zu stellen, auch ohne Corona. Die Frage ist einfach die Kommerzialisierung. Tut mir leid, wenn ich immer mit dem komme.



Christian Häberling
Projektleiter Schweizer Weltatlas, Institut für Kartografie und Geoinformation, ETH Zürich



Stefan Reusser
Präsident Verband Schweizerischer Geographielehrpersonen (VSGG), Mittelschullehrperson für Geographie an der Bündner Kantonsschule



Francisco Klauser
Universität Neuenburg und Präsident der ASG

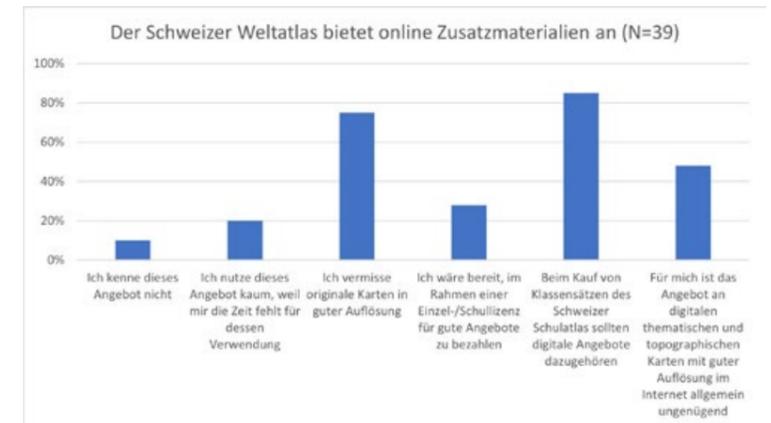


Abb. 4: Ergebnis der Umfrage im vsgg-aseg-asig im Februar 2021.

S. Reusser: Nein, nein, das ist schon okay. Man kann auch nicht immer alles gratis erwarten. Ich kann euch auch anbieten, dass wir im Verband eine gewisse Bedürfnisabklärung machen, ausgelöst von diesem Gespräch. Sodass wir noch einmal abklären, wo der Schuh drückt. [Siehe Abb. 1-4; Anm. d. Red.]

Ch. Häberling: So könnte sich durchaus eine Dynamik ergeben und weitere Personen könnten sich zum Thema äussern. Unser zentrales Anliegen ist es ja, mit diesem Atlas den Bedürfnissen der Nutzer gerecht zu werden. Der hat keinen Selbstzweck.

F. Klauser: Vielleicht wurde hiermit der Ball ins Rollen gebracht... Ich danke euch beiden herzlich für das Gespräch!

Wasser und Mensch eng vernetzt

Zur Debatte

- ▶ Neues Modul von WASSERverstehen «Wasser und Mensch eng vernetzt»
- ▶ Umgang mit Gewässern und Wasserressourcen in Zeiten des Wandels
- ▶ Integrales Wasserressourcen-Management (IWM) zur Aushandlung eines nachhaltigen Wassernutzungssystems in Regionen

logisches Grundwissen in Forschung, Gesellschaft und Bildung wichtig. Der Hydrologische Atlas der Schweiz (HADES) stellt dieses seit über 30 Jahren aus Forschungserkenntnissen zusammen und bietet mit dem neuen Modul «Wasser und Mensch eng vernetzt» von WASSERverstehen zu diesen hydrologischen Herausforderungen ein digital verfügbares Lernmedium für Gymnasien an.

Geschrieben von Matthias Probst

Der Umgang mit Gewässern und Wasserressourcen ist in der Schweiz und weltweit zu einer komplexen gesellschaftlichen Herausforderung geworden. Daher ist anschlussfähiges hydro-



Abb. 1: Vielfältige Wassernutzung bei Alpnach Dorf (mitte) und Alpnachstad (links) am Alpnachersee mit der Einmündung der Sarneraa (rechts am Talrand) und der Kleinen Schliere (mitte). Foto © VBS.

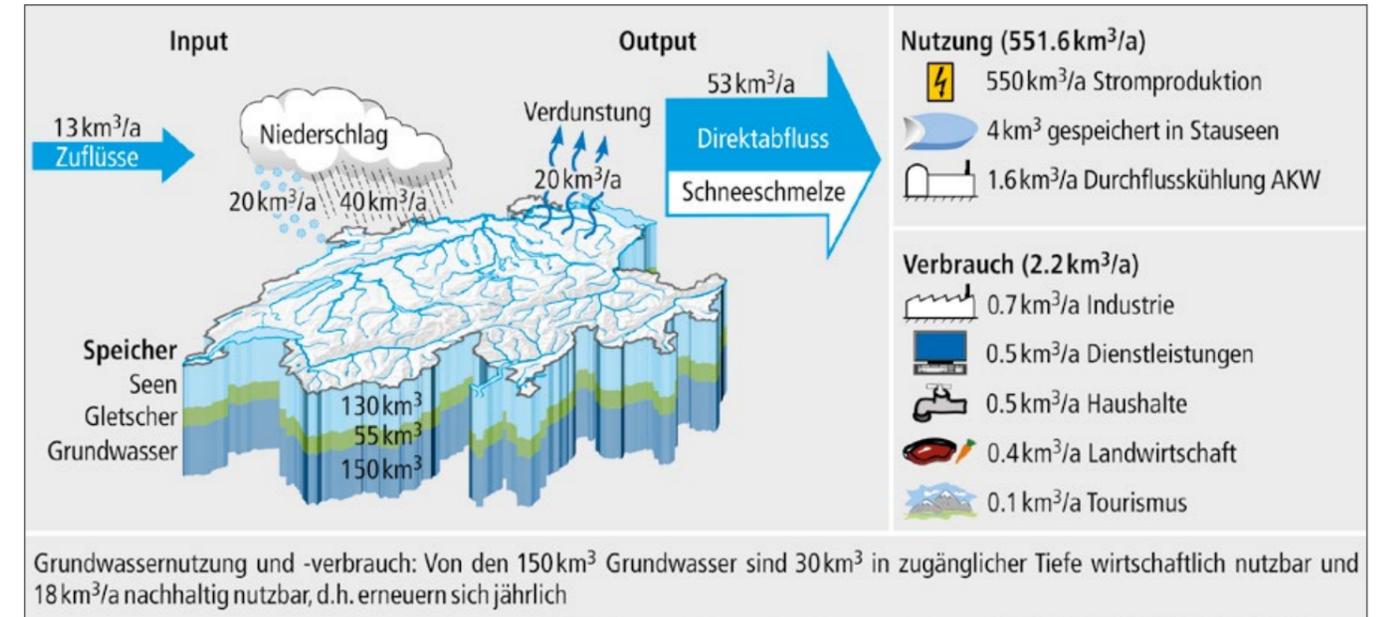


Abb. 2: Wasserdargebot sowie Wassernutzung und -verbrauch in der Schweiz (nach Blanc P., Schädler B., 2013)

Klimabedingter und sozioökonomischer Wandel verstärken die gesellschaftlichen Herausforderungen beim Umgang mit Gewässern und Wasserressourcen in der Schweiz und weltweit, z.B. durch vielfältige Stoffeinträge, Wasserknappheit, Nutzungskonflikte oder wasserbezogene Wahrnehmungsdefizite. Dementsprechend hält die UNO im sechsten Ziel der Agenda 2030 fest, dass der Zugang zu Trinkwasser und zu sanitären Einrichtungen ein Menschenrecht und der Umgang mit der Ressource Wasser entscheidend für die soziale, wirtschaftliche und ökologische Entwicklung sei. Ein umsichtiger Umgang mit diesen hydrologischen Herausforderungen setzt in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik ein **anschlussfähiges hydrologisches Grundwissen** voraus. Nur so können Massnahmen für ein zukunftsorientiertes Wassermanagement im eigenen Lebensraum verstanden und konsensbezogen umgesetzt werden.

«Der Umgang mit Gewässern und Wasserressourcen ist durch den klimabedingten und sozioökonomischen Wandel in der Schweiz und weltweit zu einer komplexen gesellschaftlichen Herausforderung geworden.»

Hydrologie in Forschung, Gesellschaft und Bildung

Der **Hydrologische Atlas der Schweiz (HADES)** übernimmt als Gemeinschaftswerk der Schweizer Hydrologie die Aufgabe Forschungswissen zeitnah zugänglich zu machen. Diese Daten- und Wissensplattform stellt seit über 30 Jahren Fachwissen aus vielen Forschungsarbeiten zusammen für Hydrologinnen und Hydrologen in Wissenschaft und Praxis sowie Politikerinnen und Politiker, Behörden, Lehrpersonen, Schülerinnen und Schüler und die Öffentlichkeit. So umfasst die Website hydrologischeratlas.ch eine **Daten- und Analyseplattform** mit vielfältigen kartenbezogenen Analysemöglichkeiten zu vielen Einzugsgebieten der Schweiz, 27 Exkursionsführer *Wege durch die Wasserwelt* mit fundierten Einblicken in wasserbezogene Themen vor Ort, das gymnasiale Lernmedium **WASSERverstehen** mit 12 digital verfügbaren Themenblättern zu zentralen hydrologischen Fragestellungen sowie die neue Plattform *Hydro-CH2018* mit hydro-klimatischen und hydrologischen Szenarien für das 21. Jahrhundert.

Mit den gesellschaftlichen Herausforderungen beim Umgang mit Gewässern und Wasserressourcen ist insbesondere auch die Bildung auf allen Schulstufen gefordert, hydrologisches Grundlagenwissen so zu vermitteln, dass es die Lernenden später in anderen Situationen und Problemstellungen anwenden können, um so Handlungsoptionen für sich persönlich, die Gesellschaft, Wirtschaft und Politik zu erkennen und weiterzuentwickeln. Dieser Anspruch deckt sich mit der grundsätzlich gestellten Forderung an den Geografieunterricht, Kenntnisse so zu vermitteln, dass diese von den Lernenden bei anderen Sachver-

Gewässerfunktionen

Fließgewässer haben viele Funktionen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft (Abb. 10): Sie gestalten Landschaften, liefern Energie, bieten Freizeit- und Erholungsgründe, schaffen Lebensräume für Pflanzen und Tiere, gleichen Temperaturschwankungen in Wasser und Luft aus, liefern Bewässerungswasser für Trockenzeiten und erneuern Grundwasserreserven. Sie können aber auch über die Ufer treten und hohe Sachschäden verursachen. Der Mensch hat in den vergangenen Jahrhunderten die Funktionen der Gewässer nach seinen Vorstellungen verändert – dabei wird immer auch deutlich, welche Gewässerfunktionen für eine Gesellschaft im Vordergrund standen (Abb. 7).

In den letzten 40 Jahren wurde deutlich, dass durch übermäßige Eingriffe auch Gewässerfunktionen verloren gegangen sind. Eingegrabene Gerinne und massive Verbauungen können das Hochwasserrisiko verschärfen oder intensive Industrie- und landwirtschaftliche Nutzung nahe am Gewässer kann die Wasserqualität beeinträchtigen. Mit dem veränderten Bewusstsein sind neben den bisher bedecktesten vier Funktionen Brauchwasser, Entsorgung, Energie- und Trinkwasserlieferung auch Gewässerfunktionen wie Erholung, Wohn- und Lebensqualität sowie Lebensraum für Pflanzen und Tiere wichtig geworden.

Ein eindrückliches Beispiel für den Wandel im Umgang mit Gewässern ist die Ausbreitung des Lachses. Während bis vor 100 Jahren noch rund eine Million Lachse flussaufwärts bis in Lachsgelände im Rhein unterhalb des Rheinfalls sowie in Reuss, Limmat und Aare unterhalb der grossen Seen wanderten (Abb. 8), verschwand der Lachs in der Schweiz mit dem Bau grosser Flussschleusen. Mit Fischtrappen bei Kraftwerken (Abb. 9) wird die Ausbreitung der Lachse wieder gefördert, mit entsprechenden positiven Auswirkungen auf Umwelt (z.B. Artenvielfalt), Gesellschaft (z.B. Freizeitsport) und Wirtschaft (z.B. lokale Wildlachs).

Wasser gestalten

Kaum ein Lebensraum in der Schweiz ist weiter von seinem natürlichen Zustand entfernt als die Gewässer (Abb. 1 bis 3). Dieser **Landschaftswandel** setzte mit der ersten bedeutenden **Gewässerkorrektur** vor rund 300 Jahren ein, als die Kander in den Thunersee umgelenkt wurde (1711–1714). Der grosse Aufschwung des Wasserbaus in der Schweiz kam im 19. Jahrhundert: Flussläufe wurden begradigt und flussnahe Sumpfbereiche im Mittelland und in alpinen Tälern mit Drainagen trockengelegt. Innerhalb weniger Jahrzehnte wurden die alpinen Hauptgewässer Rheine, Reuss, Aare und Rhone begradigt, kanalisiert, eingeeengt und eingedämmt (Abb. 2).

Dank der Landgewinne und dem verminderten Überschwemmungsrisiko, kam es entlang der Gewässer zu einer raschen Entdeckung und Ausdehnung von Landwirtschaft, Siedlungen, Industrie und Wasserkraftnutzung. Gleichzeitig gingen unzählige Feuchtwiesen, Tümpel und Flussschleifen verloren und wurden vielerorts Fließgewässer und Ufer auf einen Abflusskanal reduziert und Abflussmengen verändert (Abb. 2). Kaum wahrgenommen wurde der damit einhergehende Verlust wesentlicher **Gewässerfunktionen**, seien es ökologische (z.B. Lebensraum für Pflanzen und Tiere, Artenvielfalt), gesellschaftliche (z.B. Freizeit, Erholung, Lebens- und Wohnqualität) oder wirtschaftliche Funktionen (z.B. Fischerei). Stark verbaute Gewässerbereiche werden seit etwa 30 Jahren mit Massnahmen der Revitalisierung wieder in naturnahe Lebensräume überführt (Abb. 3). Seit 2011 sind im Gewässerschutzgesetz Revitalisierungsverpflichtungen und Kantone müssen Gewässerräume ausscheiden, um diese vor Verbauung und intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung zu schützen.

Abb. 7: Wandel der Gewässerfunktionen in Schweizer Seen (nach Hauser und Weingartner 2014).

Abb. 1: Aare bei Mari mit Blick Richtung Süden: «Vue desseinle à Moar pris di Berne». (L. Aberli, um 1784, Schweizerische Nationalbibliothek, Sammlung Gugelmann)

Abb. 2: Aare bei der Lütliquerbrücke am 11. April 2021 mit Kanalisierung aus dem 19. Jahrhundert und Schwelle aus dem 20. Jahrhundert. (Foto: Probst)

Abb. 3: Aare nach Revitalisierung bei der Hunzlerbrücke mit Blick in Richtung Süden am 11. April 2021 (Foto: Probst)

Abb. 3: Themenblatt «Wasser gestalten» (Ausschnitt).

halten und in anderen geografischen Räumen angewendet und weiterentwickelt werden können. Das **neue Modul «Wasser und Mensch eng vernetzt»** des Lernmediums WASSERverstehen nimmt sich dieser Anforderung an (Erscheinungsdatum: September 2021). Die vier digital verfügbaren Themenblätter «Wasserreichtum begrenzt», «Wasser kristallklar», «Wasserversorgung bedrängt» und «Wasser gestalten» gehen den Fragen nach ausreichender Wassermenge und -qualität sowie gewässer- und grundwasserrelevanten Flächen in der Schweiz nach. Ziel ist es, einen zukunftsorientierten Umgang mit Wasserressourcen und Gewässern im eigenen Lebensraum zu diskutieren, weiterzudenken und eigene Handlungsmöglichkeiten auszuloten. Im Folgenden wird die inhaltliche Ausrichtung der vier Themenblätter kurz vorgestellt.

Wasserreichtum begrenzt

Bei der Auseinandersetzung zu **Wassermengen** stellen die Lernenden ausgehend von eigenen Bedürfnissen im Alltag ihre Bezüge zu Wassernutzung und -verbrauch sowie zur Herkunft des Wassers her (Abb. 1). Dies führt zur Leitfrage, wie sozioökonomische und klimatische Veränderungen den Druck auf

Wasserressourcen erhöhen und wie sich die Schweiz auf Nutzungskonflikte bei Wasserknappheit vorbereiten kann. Die Auseinandersetzung zu dieser Frage verlangt, viele Faktoren, Perspektiven und Wechselwirkungen einzubeziehen. So sind öffentliche Wasserversorgungen in der Schweiz einerseits gefordert die Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft nach **Trinkwasser** in ausreichender Menge und Qualität sowie mit hoher Versorgungssicherheit zu decken. Andererseits beeinflussen neue Konsummuster, Siedlungswachstum, intensivierete Landwirtschaft und energiepolitische Entscheide, wie viel sauberes Wasser verfügbar ist und verbraucht wird (Abb. 2). Hinzu kommt der Bedarf an Brauchwasser von Landwirtschaft, Tourismus und Industrie, der Bedarf der konzessionierten Wasserkraft sowie der Klimawandel, der das saisonale Wasserdargebot in Regionen der Schweiz verändert. Aufgrund solcher Konstellationen überprüfen zurzeit viele Regionen der Schweiz ihr **Wassermanagement**, um sich auf zukünftige Ansprüche in Gesellschaft und Wirtschaft (z. B. Trinkwasser, Bewässerung, Erholungsraum) und klimabedingte Veränderungen (z. B. abschmelzende Gletscher, häufigere Trockenzeiten, Starkniederschlag) vorzubereiten.

WASSERverstehen Wasser und Mensch eng vernetzt

Lernmedium zur Hydrologie für die Sekundarstufe II

Das dritte Modul «Wasser und Mensch eng vernetzt» des Lernmediums WASSERverstehen, bzw. «cours d'EAU» wird im September 2021 in Deutsch und Französisch veröffentlicht. Es besteht aus den in sich geschlossenen Themen «Wasserreichtum begrenzt», «Wasser kristallklar», «Wasserversorgung bedrängt» und «Wasser gestalten». Die digital zugänglichen und flexibel einsetzbaren Themenblätter unterstützen mit ergänzenden Medien im E-Book eine vertiefte und analytische Auseinandersetzung zu aktuellen Fragestellungen der Hydrologie.

Erscheinungsdatum: September 2021

1. Auflage 2021
4 Themenblätter, in Mappe, A4
CHF 18.–
www.wasserverstehen.ch

1^{ère} édition 2021
4 fiches thématiques, format A4
CHF 18.–
www.cours-d-eau.ch

«Die Bildung ist gefordert, hydrologisches Grundlagenwissen so zu vermitteln, dass es die Lernenden in anderen Situationen anwenden können, um so Handlungsoptionen für sich persönlich und die Gesellschaft zu erkennen und weiterzuentwickeln.»

Wasser kristallklar

Beim Thema **Wasserqualität** entwickeln die Lernenden ein Bewusstsein dafür, dass natürliche Stoffe aus der Umwelt und Stoffe von menschlichen Aktivitäten in allen Wasservorkommen enthalten sind, d.h. in Niederschlagswasser, Schnee, Eis, Oberflächenabfluss, Boden- und Grundwasser, Seen und Fließgewässern. Beispielsweise gelangen natürliche Stoffe in der Atmosphäre als Gase ins Niederschlagswasser oder als Mineralien ins Boden- und Grundwasser. Der Eintrag von anthropogenen Stoffen in Gewässer wurde mit dem Bau von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in der Schweiz in den letzten Jahrzehnten stark vermindert, was die Wasserqualität insbesondere von Flüssen und Seen stark verbesserte. Die Belastung der Gewässer hängt trotzdem noch stark von der **Landnutzung im jeweiligen Einzugsgebiet** ab, insbesondere durch Landwirtschaft, Siedlungen, Verkehr und Industrie. So sind viele kleine Gewässer mit Nährstoffen und Pestiziden aus der Landwirtschaft belastet und mittlere und grössere Gewässer zusätzlich durch Mikroverunreinigungen aus Haushalten

und Industrie. Grundwasservorkommen sind vor allem in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten mit Nitrat und Pestizidabbauprodukten verunreinigt und geraten durch sich ausdehnende Siedlungsflächen vermehrt unter Druck. Unter Einbezug dieser Sachverhalte vertiefen die Lernenden die Frage, wie und wo in besiedelten und landwirtschaftlich genutzten Regionen der Schweiz **qualitativ einwandfreies Trinkwasser** bezogen werden kann (Abb. 1) und mit welchen Massnahmen dieses langfristig zu sichern ist.

Wasser gestalten

Kaum ein Lebensraum in der Schweiz ist weiter von seinem natürlichen Zustand entfernt als die Gewässer (Abb. 3). Dieser **Landschaftswandel** setzte mit der ersten bedeutenden Gewässerkorrektur vor rund 300 Jahren ein und erreichte seinen Höhepunkt mit dem grossen Aufschwung des Wasserbaus im 19. Jahrhundert: Flussläufe wurden begradigt, kanalisiert, eingeeengt und eingedämmt und flussnahe Sumpfbereiche im Mittelland und in alpinen Tälern mit Drainagen trockengelegt. Seit etwa 30 Jahren werden stark verbaute Gewässerbereiche mit Massnahmen der Revitalisierung jedoch wieder in naturnahe Lebensräume überführt. Bei diesem Thema gehen die Lernenden den Gründen für diese Eingriffe in Gewässernach und stellen diese in Bezug zu den vielfältigen Funktionen der Gewässer für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Dabei ist es das Ziel, zukunftsorientiert über **resiliente Gewässer** nachzudenken, um deren Widerstands- und Anpassungsfähigkeit (Resilienz) gegenüber klimabezogenen und sozioökonomischen Veränderungen zu verbessern (z.B. Temperaturzunahme, Hochwasser, Nutzungsinteressen).

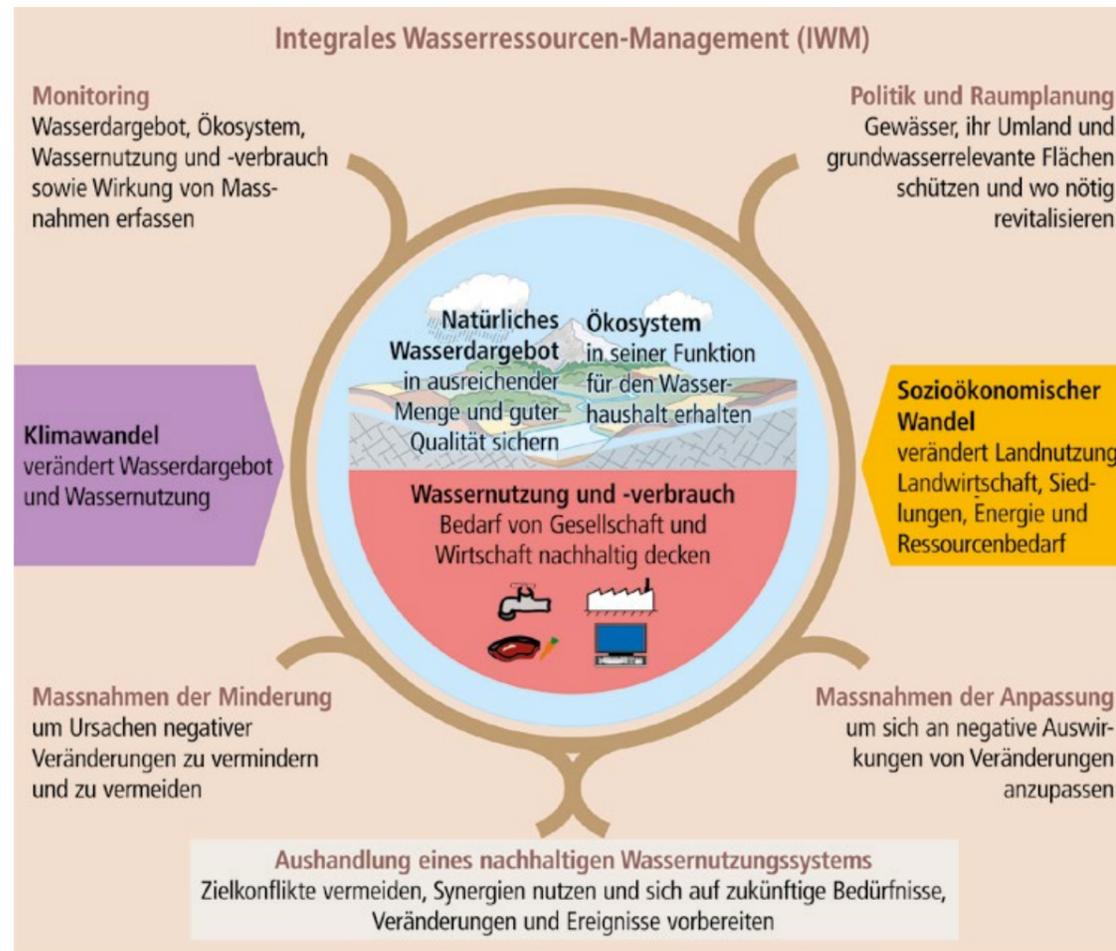


Abb. 4: Integrales Wasserressourcen-Management (IWM) (eigene Darstellung)

«Das integrale Wasserressourcen-Management (IWM) hat das Ziel, in einer Region den Wasserbedarf von Gesellschaft und Wirtschaft langfristig und krisensicher zu decken.»

Wasserversorgung bedrängt

In der Schweiz stammt das Trinkwasser zu etwa 20 Prozent aus Seen und zu 80 Prozent aus Grundwasser. Insbesondere das Grundwasser gerät durch die intensivierte Landwirtschaft und das Siedlungswachstum unter Druck, einerseits durch deren Stoffeintrag und andererseits, weil der Boden zugleich auch der einzige natürliche Filter ist, der Mikroverunreinigungen zurückhalten und abbauen kann. In diesem Kontext untersuchen die Lernenden, welche Veränderungen der Landnutzung sich wie auf die **Trinkwasserversorgung** in der Schweiz auswirken. Bei dieser Auseinandersetzung wird deutlich, dass in der Schweiz kaum

wahrgenommen wird, wie Siedlungs-, Verkehrs- und Industrieflächen auch in Gebieten wachsen, die als **Schutzzonen** für eine qualitativ einwandfreie Trinkwasserversorgung notwendig sind. Dieses **Wahrnehmungsdefizit zur Flächennutzung** führt bereits heute zu vielen «unbemerkten» Schliessungen von Trinkwasserfassungen. Die Trinkwasserversorgung ist daher gleichzeitig durch Nutzungskonflikte, Wahrnehmungsdefizite, vielfältige Stoffeinträge und den Klimawandel herausgefordert.

Integrales Wasserressourcen-Management

Alle Herausforderungen der vier Themenblätter einbeziehend, hat das **integrale Wasserressourcen-Management** (IWM) das Ziel, in einer Region ein nachhaltiges Wassernutzungssystem aufzubauen, um das natürliche Wasserdargebot bezüglich Quantität und Qualität zu sichern, vielfältige Funktionen von Ökosystemen im Wasserhaushalt zu erhalten und so den wasserbezogenen Bedarf von Gesellschaft und Wirtschaft langfristig und krisensicher zu de-

cken (Abb. 4). Die **Aushandlung eines nachhaltigen Wassernutzungssystems** in einer Region verlangt ein umfassendes Monitoring sowie den Einbezug aller wasserbezogener Akteure (z.B. Trinkwasserversorgung, Wasserkraft, Landwirtschaft, Tourismus), um Zielkonflikte zu vermeiden, Synergien zu nutzen, Massnahmen festzulegen und sich so auf zukünftige wasserbezogene Bedürfnisse, Veränderungen und Ereignisse vorzubereiten.

Das neue Modul von WASSERverstehen versucht diese vielfältigen Zugänge den Schülerinnen und Schülern so zu erschliessen, dass Gelerntes im eigenen und in anderen Lebensräumen anwendbar wird und die Bedeutung eines integralen Wasserressourcen-Managements zukunftsbezogen erfassbar wird. Die Auseinandersetzung zum Umgang mit Gewässern und Wasserressourcen in Zeiten des Wandels zeigt eindrücklich, wie dabei multiperspektivisches, zukunfts- und raumbezogenes sowie natur- und sozialwissenschaftliches Denken übergreifend verlangt wird und welcher Beitrag disziplinäre Teilgebiete der Geografie und deren integraler Verbund zu gesellschaftlich relevanten Zukunftsfragen leisten.

Mit adaptivem Geografieunterricht den Lerntransfer zu hydrologischen Fragestellungen fördern

Das Lernmedium WASSERverstehen setzt den analytisch-erkenntnisorientierten Lernansatz (kurz AEL) um und unterstützt so einen **adaptiven Unterricht** (Probst 2020a und 2020b). Beim adaptiven Unterricht mit AEL werden Vorstellungen der Lernenden und Fachwissen situativ passend so aufeinander bezogen, dass diese geklärt, differenziert und für den Transfer in neue Situationen weiterentwickelt werden. Mit diesem didaktischen Konzept soll Gelerntes anwendbar und eigenständig analytisches Denken zu komplexen Inhalten gefördert werden.



Matthias Probst ist Fachdidaktiker Geografie an der PHBern, wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Hydrologischen Atlas der Schweiz (HADES) und Geografielehrer am Gymnasium Burgdorf.

Der **adaptive Geografieunterricht mit AEL** wurde zum Thema Hochwasser (aus Modul 1 «Hydrologische Extremereignisse») in einer quantitativen Wirksamkeitsstudie (Probst 2020a) sowie in einer qualitativen Studie individueller Lernwege (Probst 2020b) untersucht. In der ersten Studie zeigte sich, dass mit diesem Unterrichtsmodell die Transferleistung hochsignifikant stärker zunimmt und beständiger bleibt als in einer herkömmlichen Unterrichtssequenz mit gleichen Lernmaterialien und Informationen. Beide Studien zeigen zudem auf, dass im adaptiven Unterricht mit AEL die Lernenden ihre Vorstellungen mit Fachwissen bewusst abgleichen, differenzieren und anreichern und dabei zum Lerninhalt eigenständig analytisch Denken lernen.

Literatur

- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2020: Wird in der Schweiz das Wasser knapp? Magazin «die umwelt» Nr. 4/2020. Bern.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (2019): Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016: Zustand der Schweizer Fließgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bern.
- Klauer, K. J. (2011). Transfer des Lernens. Warum wir oft mehr lernen als gelehrt wird. Stuttgart: Kohlhammer.
- Probst, M. (2015): WASSERverstehen. Hydrologische Extremereignisse. Lernmedium zur Hydrologie für die Sekundarstufe II. Bern: hep Verlag. Verfügbar unter www.wasserverstehen.ch [11.4.2021]
- Probst, M. (2017a): WASSERverstehen. Wallis – Wassernutzung im Wandel. Lernmedium zur Hydrologie für die Sekundarstufe II. Bern: hep Verlag. Verfügbar unter www.wasserverstehen.ch [11.4.2021]
- Probst, M. (2017b): Wassernutzung im Wandel. Neues Modul von WASSERverstehen. GeoAgenda. (2), 24–29.
- Probst, M. (2020a): Hydrologie anwendungsorientiert vermitteln. Entwicklung, Umsetzung und Evaluation eines Unterrichtsmodells zur Förderung der Transferleistung. Münster: Hochschulverband für Geographiedidaktik HGD (Deutschland). Verfügbar unter www.uni-muenster.de/Geographiedidaktische-Forschungen/baende/ [11.4.2021]
- Probst, M. (2020b): Transferleistung mit adaptivem Geografieunterricht fördern. In: Edelmann D., Wannack, E. (Hrsg.), Kompetenzorientierte fachspezifische Unterrichtsentwicklung - Professionalisierung von Lehrpersonen durch fachdidaktische Fallarbeit (1, 140–155). Bern: hep Verlag.

Geographisches Institut der Universität Bern
Regionalgeographischer Blockkurs
 Dienstag – Donnerstag, 14.-16. September 2021

Südafrika in der Postapartheid



Klieptown Square, Soweto (Foto: Huchzermeyer, 2013)



Gated Community Neubau in Midrand (Foto: Haferburg 2019)



Matimba Kohlekraftwerk, Limpopo Provinz
 (Foto: Haferburg, 2016)



Die Johannesburger Polizei kontrolliert am 27.3.20 Dokumente von Pendlerinnen, dem Beginn der Ausgangssperre
 (Foto: Michele Spatari/Agence France-Presse — Getty Images
 [https://www.nytimes.com/2020/03/27/world/africa/south-africa-coronavirus.html])

Das Geographische Institut der Universität Bern führt einen regionalgeographischen Blockkurs zu Südafrika durch. Im Zentrum stehen die Entwicklung Südafrikas verbunden mit sozioökonomischen und regionalen Disparitäten sowie politischen Herausforderungen aus geographischen Blickwinkeln.

Infoblöcke:

14.09.2021	09:15 – 10:30	Naturräumliche Strukturen und deren Inwertsetzung
	11:00 – 12:00	Afrikanische Gesellschaften, europäische Kolonialisierung und Landbesitz
15.09.2021	09:15 – 10:30	Das System der Apartheid als sozialräumliches Experiment
	11:00 – 12:00	Stadtentwicklung zwischen Fragmentierung und Integration
16.09.2021	09:15 – 10:30	Afrikanistischer Entwicklungsstaat oder fossile Ressourcenökonomie?
	11:00 – 12:00	Soziale Lagen, Livelihoods und die Corona-Krise

Organisation: Dr. Matthias Probst, Geographisches Institut der Universität Bern
Referenten: Dr. habil. Christoph Haferburg
Ort: Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, Hörsaal 001
Gäste: Sind herzlich willkommen!

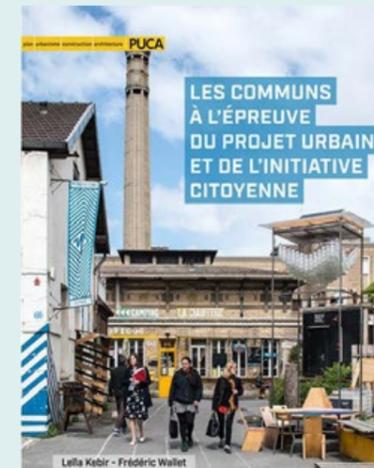
Der Referent ist als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Sozial- und Wirtschaftsgeographie an der Universität Hamburg tätig. Gleichzeitig ist er Visiting Associate Professor an der School for Architecture and Planning der University of the Witwatersrand in Johannesburg, Südafrika. Seine Dissertation analysierte sozialräumliche Veränderungen in Kapstadt seit dem Ende der Apartheid. Die stadtpolitischen Effekte der Fußball-WM 2010 standen im Fokus seiner Habilitation „Urban Governance und Festivalisierung in Südafrika“. Seine gegenwärtige Forschung fokussiert u.a. nachhaltige Mobilität. Weitere wissenschaftliche Schwerpunkte bilden die Stadt- und Sozialgeographie, die räumliche Konfliktforschung, sowie praxistheoretisch orientierte Ansätze.

Les communs à l'épreuve du projet urbain et de l'initiative citoyenne

Le projet scientifique « BlenS COmmuns et TErritoire » (BISCOTE) porte sur le thème émergent des biens communs en tant que nouvelle approche de création et de gestion des ressources urbaines et territoriales.

Que sont ces « nouveaux » communs, en quoi consistent-ils concrètement, comment mobilisent-ils le territoire, ses ressources, ses acteurs et ses proximités ? Quelles implications ont-ils en termes d'évolution des systèmes d'acteurs, de coordination, de gouvernance et de cadre juridique ? Dessinent-ils les contours d'une nouvelle manière de faire territoire ? Enfin en termes d'action publique, comment s'invitent-ils dans la définition des orientations prises et des programmes d'action mis en œuvre ? Dans quelle mesure cela modifie-t-il les contours de ces politiques, la manière de les définir et de les mettre en œuvre ?

Autant de questions auxquelles cet ouvrage apporte des éléments de réponse en recensant plus de 140 initiatives locales et en analysant une dizaine de manière approfondie. Ainsi, il permet un examen à la loupe d'un phénomène foisonnant et encore peu instruit.



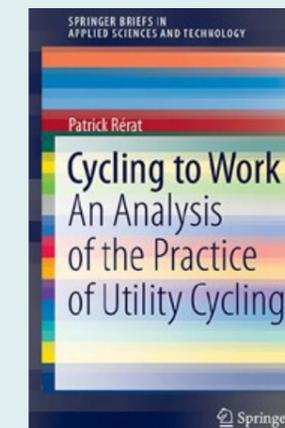
Leïla Kebir, Institut de géographie et durabilité de l'Université de Lausanne
 Frédéric Wallet, UMR-SA-DAPT, INRAE-Université Paris-Saclay

éditions du PUCA
 Collection Reflexions en partage
 94p

<http://www.urbanisme-puca.gov.fr/les-communs-a-l-epreuve-du-projet-urbain-et-de-l-a2239.html>

Cycling to Work An Analysis of the Practice of Utility Cycling

This book presents a thorough discussion of utility cycling, cycling in the urban environment, and everyday mobility. It is based on large survey answered by 14,000 participants in the bike to work action in Switzerland, and quantifies the various dimensions of utility cycling. It proposes an innovative theoretical framework to analyse and understand the various dimensions of the uses of bikes and their diversity. It addresses the factors that motivate commuters to get on their bike, and highlights the barriers to this practice between deficient infrastructures and lack of legitimacy.



Patrick Rérat

2021
 éditions SpringerBriefsin Applied Sciences and Technology
 128 p.

<https://www.springer.com/gp/book/9783030622558#aboutBook>

Catastrophes climatiques : 21 idées reçues pour comprendre et agir

Mégafeux en Californie ou en Australie, précipitations hors norme et inondations dans le sud de la France, ouragans dévastateurs en Asie... les catastrophes climatiques semblent se multiplier et s'intensifier. Elles suscitent effroi et inquiétude au sein des populations. Disparition de sociétés, déclenchement d'événements historiques majeurs, source de conflits et de guerre, de maladies et de migrations de masse... les nombreuses idées reçues liées à ces phénomènes climatiques inquiètent !

Cependant, ces catastrophes climatiques sont-elles inéluctables ? De tous les périls, sont-elles les plus graves ? Ne sont-elles pas autant d'opportunités pour repenser et transformer nos sociétés ? La science et le progrès technique peuvent-ils nous mettre à l'abri ? Au Nord comme au Sud ?

Ces 21 idées reçues mêlant histoire, science et géographie nous permettent de démêler le vrai du faux sur ces catastrophes climatiques qui effraient autant qu'elles fascinent.



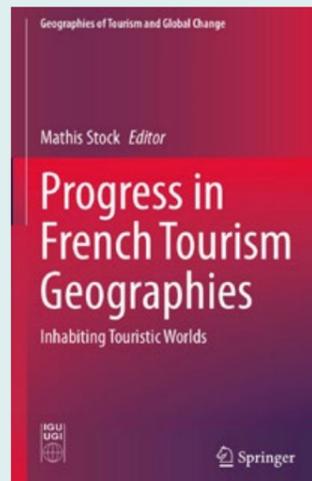
Alexis Metzger, Institut de géographie et durabilité de l'Université de Lausanne

éditions Le Cavalier bleu
2021
184 pages

<http://www.lecavalierbleu.com/livre/catastrophes-climatiques-21-idees-recues-comprendre-agir/>

Progress in French Tourism Geographies

This book provides an overview of the recent progress in Francophone tourism geography. It focuses on the theoretical advances in social and cultural geography, whereby the symbolic dimensions of tourism and the creation of tourism worlds are key. It puts forward the tourist conceived as mobile, situated, skilled, reflexive inhabitant of places, which gives all its meaning to the expression "inhabiting touristic worlds". More specifically, this book addresses numerous rarely addressed issues such as the geo-history of tourism, the material cultures of tourists, the digitality and disconnection from digital technologies in National Parcs or the use of knowledge of tourists in metropolises. It gives insights in the specific Francophone approaches such as inhabiting, the urbanity of tourist resorts and the notion of territory in tourist studies. Finally, it provides an overview of the urban dimensions of tourism, place-making in the form of heritage, oasis tourism, sports tourism, production of space in Mexican resorts. As such, the book provides a key read for academics, students and professionals in tourism studies and tourism geography in search for alternative approaches.



Mathis Stock, Institut de géographie et durabilité de l'Université de Lausanne

éditions Springer
6 tomes (Geographies of Tourism and Global Change)

<https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-52136-3>

Impressum

Editeur / Herausgeber

Association Suisse de Géographie (ASG)
Verband Geographie Schweiz (ASG)
Associazione Svizzera di Geografia (ASG)

Avec le soutien financier de / Mit finanzieller Unterstützung von



Rédaction / Redaktion

Isabelle Schoepfer
Université de Neuchâtel

Editeur invité « focus » / Gastherausgeber «Fokus»

Nikolaus Kuhn

Mise en page / Layout

Nadia de Donno, yoma-design.ch
Isabelle Schoepfer

Contributions / Beiträge

Les auteurs sont responsables du contenu de leurs articles.
Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge verantwortlich.

Diffusion / Versand

1000 Ex. (5 éditions par année / 5 Ausgaben pro Jahr)

Images de couverture / Titelbilder

Nikolaus Kuhn

Prochains délais rédactionnels / Nächste Redaktionsschlüsse

GeoAgenda 2021/3: 15.08.2021, parution: 01.10.2021
GeoAgenda 2021/4: 15.10.2021, parution: 01.12.2021

Adresse de Rédaction / Redaktionsadresse

Secrétariat Général de l'ASG
Institut de géographie
Université de Neuchâtel, Espace Tilo-Frey 1
2000 Neuchâtel
Tel. +41 78 831 31 09
isabelle.schoepfer@unine.ch
www.swissgeography.ch

Abonnement / Abonnement

[Formulaire d'inscription](#)

ou mail to: isabelle.schoepfer@unine.ch

Prix des annonces / Inseratenpreise

Page entière / Ganze Seite CHF 300

½ page / ½ Seite CHF 160

¼ page / ¼ Seite CHF 85

Agenda

15.08.2021	Délai rédactionnel GeoAgenda 2021/3
15.10.2021	Délai rédactionnel GeoAgenda 2021/4
15.10.2021	Assemblée des délégué.e.s
19 – 20.11.21	Swiss Geoscience, Meeting Geneva geoscience-meeting.ch