

## **JAHRESBERICHT 2021**

## **ANNUAL REPORT 2021**

Versuchsanstalt für Wasserbau,  
Hydrologie und Glaziologie  
der  
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

Direktor: Prof. Dr. Robert Boes

Hausanschrift:

Hönggerbergring 26  
8093 Zürich

Postadresse:

ETH Zürich  
VAW  
8093 Zürich

Telefon: (+41) 44 632 4091

Telefax: (+41) 44 632 1192

E-Mail: [info@vaw.baug.ethz.ch](mailto:info@vaw.baug.ethz.ch)

Internet: <http://www.vaw.ethz.ch>

Titelbild: Aus Anlass des 90-Jahre-Jubiläum der VAW erstellte Timeline. (Grafik und Illustration: Dorde Masovic und Valentin Rüegg)

## Vorwort

Unsere Passion an der VAW ist Forschung, Lehre, Wissens- und Technologietransfer rund um Wasser und Eis. Die natürlichen Wasserressourcen, Fliess- und Stillgewässer werden in verschiedenster Weise vom Menschen genutzt und geprägt und stehen unter permanentem Veränderungsdruck. Unter sich wandelnden Randbedingungen wie Klimaerwärmung, Energiewende und Biodiversitätsverlust stehen wir als Gesellschaft vor grossen Herausforderungen, von denen ich nachfolgend einige erwähnen möchte.

Die Gewässerschutzgesetzgebung hat grosse Ziele, Fliess- und Stillgewässer naturnäher zu gestalten und die Habitate für Gewässerorganismen zu verbessern. In der Schweiz sollen bis 2090 rund 4000 km an Gewässerstrecken renaturiert werden. Der Wegfall der Kernkraftwerke in der Elektrizitätsversorgung bis voraussichtlich Ende der 2030er Jahre bei gleichzeitig steigendem Anteil von Strom am Gesamtenergieverbrauch und dem bewussten Verzicht auf fossile Energieträger erfordert einen massiven Zu- und Ausbau von erneuerbaren Energien. Die Wasserkraft soll auch zukünftig das Rückgrat der Schweizerischen Stromerzeugung sein und vor allem mit ihrer guten Speicherfähigkeit auf verschiedenen Skalen die Versorgungssicherheit gewährleisten. Der Bedarf an einem Schutz vor negativen Auswirkungen von Wasser und Eis steigt mit der Erwärmung der Erdatmosphäre, da Wetterereignisse an Intensität zunehmen, wie uns die Extremhochwasser in Nordwesteuropa letzten Sommer vor Augen geführt haben. Gleichzeitig altert die umfangreiche Wasserinfrastruktur in vielen industrialisierten Ländern, was ohne Erneuerungsmassnahmen neue Risiken bewirken würde. Künstliche Speicher sind zunehmender Verlandung ausgesetzt, was im Unterwasser zu Geschiebedefizit und Sohlerosionen führt. Rückschreitende Gletscher lassen natürliche Seen zurück, welche bei schnellen Massenbewegungen in diese neuen Wasserkörper eine potentielle Gefahr für Unterlieger darstellt – analog zu plötzlichen Ausbrüchen von Gletscherwassertaschen und proglazialen Seen.

Das zunehmende Bedürfnis nach sicheren, resilienten und nachhaltigen Wasserbauwerken in Zusammenhang mit Anpassungserfordernissen im Zuge der Klimaerwärmung wird also in unseren Fachbereichen des Fluss- und Wasserbaus sowie der Glaziologie auch in absehbarer Zeit viele und neue Herausforderungen an uns stellen. Wir freuen uns darauf, mit unserer Forschung weiterhin dazu beizutragen, Lösungen für diese Herausforderungen zu finden und sie den Verantwortlichen in der Umsetzung zeitnah zur Verfügung zu stellen. Daneben spielt die Weitergabe neuen Wissens an die Studentinnen und Studenten im Rahmen der Ausbildung sowie an Fachleute im Rahmen der Weiterbildung einen anderen Schwerpunkt unserer Tätigkeiten, dem wir gerne nachkommen.

Liebe Leserinnen und Leser, in diesem Jahresbericht können Sie sich einen Überblick über unsere Aktivitäten im Corona-Jahr 2021 verschaffen. Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre!

Zürich, im März 2022

Prof. Dr. Robert Boes



## **INHALT**

1.	Forschung	7
1.1	Grundlagenforschung	7
1.2	Angewandte Forschung	10
1.3	Ausgewählte Projekte und Aufträge	13
1.3.1	Wasserbau	13
1.3.2	Flussbau	20
1.3.3	Numerische Modellierung	28
1.3.4	Glaziologie	36
1.3.5	Glacier Seismology	46
2.	Lehre	50
2.1	Neuigkeiten in der Lehre	50
2.2	Professur für Wasserbau und affilierte Lehraufträge	52
2.3	Professuren für Glaziologie und Gletscherseismologie an der ETH Zürich	62
3.	Veranstaltungen	66
3.1	BASEMENT-Anwendertreffen 2021	66
3.2	Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen	67
3.3	Wasserbausymposium 2021	68
3.4	Besuche und Führungen	72
3.5	Öffentliche Kolloquien	73
3.6	Seminare für DoktorandInnen	73
3.7	Glaziologische Seminare	75
3.8	Fachgespräche Glaziologie	76
4.	Personelles	80

## **ANHANG**

A.1	Kommissionen und Mitgliedschaften; Experten- und Gutachtertätigkeiten	83
A.2	Publikationen	89
A.3	Vorträge	97
A.4	Die VAW in den Medien	102
A.5	Organigramm der VAW	105
A.6	Gruppenfoto	106



# 1. FORSCHUNG

## 1.1 Grundlagenforschung

### Projekte Wasserbau

- Scale matters – providing the missing validation of air-water flow research (air demand of low-level outlets for large dams – prototype measurements in the low-level outlets of Luzzone und Malvaglia dam)
- SAFAIR – Safe design of hydraulic structures for high energy air-water flows
- Field monitoring of sediment transport, hydraulics and hydroabrasion at Swiss Sediment Bypass Tunnels
- Hydro-abrasion at hydraulic structures and steep bedrock rivers
- Reservoir sedimentation, management and operation at the case study reservoir Solis (RESEMO)
- Schwebstoffe, Verschleiss und Wirkungsgradänderungen von Peltonturbinen
- Entsander von Wasserkraftanlagen
- Lake Tsunamis (See-Tsunamis infolge Unterwasserrutschungen)
- Impulswellen bei flachen Eintauchwinkeln (ImpfEn)
- Fish-friendly Innovative Technologies for Hydropower (FIThydro)
- Ethohydraulische Modellversuche an elektrifizierten Fischleitrechen (EFIGUS)
- Turbulent eddies to create paths for safe downstream migration for salmonids and eel past hydropower intakes (FishPath)
- Schwemmholzurückhalt an Überlaufbauwerken von Talsperren-Hochwasserentlastungsanlagen
- Composite Modelling of Dam Breaching due to Overtopping
- Schweizerisches Wasserkraftpotenzial zur Stromerzeugung und -speicherung als Beitrag zur Energiestrategie 2050
- Modernizing the Swiss Hydropower Fleet for a Successful Energy Strategy 2050 (HydroLEAP)  
Pilot- und Demonstrationsprojekt Kraftwerk Massognex-Bex-Rhône MBR (Lebendfischversuche zum Fischbypass und Studie zum Umgang mit Sedimenten)
- Sustainable storage hydropower of resilient future energy system (RESPONSE Doctoral Program, EU)

### **Projekte Flussbau**

- Lebensraum Gewässer – Sedimentdynamik und Vernetzung. Einfluss variabler Sedimenteinträge auf die morphologischen Prozesse in dynamischen Flussaufweitungen im Rahmen des Forschungsprogramms "Wasserbau und Ökologie", in Zusammenarbeit mit der Abteilung Numerische Modellierung
- Untersuchung der Sohlstabilität von eigendynamisch entwickelten und künstlich erstellten Stufen-Becken-Sequenzen in steilen Wildbächen
- SmartWood\_3D: Quantifizierung von Schwemmholtztransport und -ablagerungen mittels innovativer Sensortechnologie und Structure-from-Motion (SfM) Photogrammetry
- Schwemmholtz in Fließgewässern: Auswirkung von Schwemmholtz auf den Sedimentrückhalt sowie Interaktion von Schwemmholtzansammlungen und Gewässermorphologie

### **Projekte Numerische Modellierung**

- BASEMENT – Weitere Entwicklung 2018-2023 (BAFU)
- Einfluss variabler Sedimenteinträge auf die morphologischen Prozesse in dynamischen Flussaufweitungen im Rahmen des Forschungsprogramms "Wasserbau und Ökologie", in Zusammenarbeit mit der Abteilung Flussbau (BAFU)
- A mesohabitat analysis method based on an unsupervised clustering algorithm using data from a numerical model, im Rahmen des Forschungsprogramms "Wasserbau und Ökologie" (BAFU)
- Suspended sediment transport interaction with vegetation on floodplains, im Rahmen des Forschungsprogramms "Wasserbau und Ökologie" (BAFU)
- Bewirtschaftung von Hochwasserrückhalteräumen, im Rahmen des Forschungsprogramms "Wasserbau und Ökologie" (BAFU)
- See-Tsunamis infolge Unterwasserrutschungen – numerische Modellierung (Lake Tsunamis, SNF Sinergia)
- Stability of Alpine rivers (BAFU)
- Sustainable storage hydropower for a resilient future energy system (RESPONSE Doctoral Program, EU)
- Composite Modelling of Dam Breaching due to Overtopping (SNF)
- SAFAIR - Safe design of hydraulic structures for high energy air-water flows (SNF)
- Modernizing the Swiss Hydropower Fleet for a Successful Energy Strategy 2050 (HydroLEAP) – Pilot- und Demonstrationsprojekt Kraftwerk Massognex-Bex-Rhône MBR (Numerische Simulation zum Fischleitrechen)



## Projekte Glaziologie

- Discovering forgotten glacier images in a new glance (DEFOGGING)
- Projecting Sea-Level Rise: from Ice Sheets to Local Implications (PROTECT)
- Experimental investigation of channelised subglacial flow and till dynamics (LEAD)
- Process-based modelling of global glacier changes (PROGGRES)
- Hundred years of Swiss glacier changes from historical terrestrial images
- Rescue, documentation and re-analysis of glacier monitoring data
- Glacier lake outburst floods and englacial water flow – a full-scale experiment (GLOFFEE)
- Operational near-real-time glacier monitoring
- CRAMPON - Cryospheric Monitoring and Prediction Online
- Frontiers GPU multi-physics solvers (GPU4GEO)
- CCAMM II – Integrating satellite in SAR and feature tracking for early mass movement detection and warning
- Potential of long-term water resources from rock glaciers and ice-rock mixtures
- A seismological study of mass movements
- Ice volume of the glaciers in the Swiss Alps (im Rahmen des Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity SCCER-SoE)
- Glacial Hazard Monitoring with Seismology (GlaHMSeis)
- Comprehensive 3D characterization of temperate alpine glaciers using geophysical techniques
- Monitoring and In-Situ Measurements of Stick-Slip Motion
- 4D-Antarctica, European Space Agency Subaward
- Paleo Ice Sheet Modelling of the Alps
- Monitoring an unstable hanging glacier in the Swiss Alps using icequake repeaters and seismic coda wave interferometry
- Seismic interferometry for passive imaging and monitoring of glaciers
- Seismic monitoring of Bowdoin Glacier, Greenland
- Understanding Iceberg Calving at Bowdoin Glacier
- Particle impact forces at the base of debris flows
- Mass movement monitoring with Distributed Acoustic Sensing

## 1.2 Angewandte Forschung

### Aufträge Wasserbau

- Webuild S.p.A., Italy:  
Koyscha Hydropower Project, Ethiopia: physical model investigation of the chute spillway
- Ouvra Electrica Susasca Susch SA:  
KW Susasca: Fallstudie mit Feldmessung zur Entsandung und Turbinenabrasion
- Repower AG:  
Erneuerung KW Robbia: Physikalische Modellierung der Vereinigung der Zuflüsse Salva und Braita im Vereinigungsbauwerk Braita
- Stadt Luzern, Tiefbauamt:  
Hochwasserschutz Gütschbäche: Physikalische Modellierung des Vereinigungsbauwerks des Gütschbach- mit dem Krienbachstollen
- Expertisen zu Feinsedimentmonitoring und -management an Wasserkraftanlagen in Frankreich und Österreich
- St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG (SAK):  
Expertise zur Elektrifizierung des Curved-Bar-Racks als Fischwanderhilfe und Beratung / physikalische Vorversuche zum Design einer Fischzählstation im Fischabstieg des KW Herrentöbeli
- Limmatkraftwerke AG (LKW):  
ADCP-Messungen zur Bestimmung der Bathymetrie, Fliessgeschwindigkeiten und Abflussmessungen im Oberwasserkanal des Kraftwerks Aue für Turbinen-Indexmessungen und Projekt Wirbelabzugsröhre
- Elektrizitätswerke des Kanton Zürichs (EKZ):  
ADCP- und ADV-Messungen zur technischen Wirkungskontrolle der Fischwanderhilfen beim KW Dietikon
- Stadt St. Gallen, Tiefbauamt:  
Expertise zu Wirbelfallschacht Bavariabach und Hochwasserentlastungsstollen Steinach
- VERBUND AG, Österreich:  
Expertise zu Lufteintrag ins Triebwassersystem des Kraftwerks Reisseck

### Aufträge Flussbau

- Departement für Verkehr, Bau und Umwelt des Kantons Wallis:  
Beurteilung der Kippelemente an der Notentlastung Wehreya im Rahmen der 3. Rhonekorrektur
- Internationale Rheinregulierung (IRR):  
Modellversuche in Dornbirn im Rahmen des Projekts RHESI zur morphologischen Entwicklung der Gewässersohle nach Verbreiterung des Fliessquerschnitts

- Internationale Rheinregulierung (IRR):  
Detailversuche im Rahmen des Projekts RHESI zur Untersuchung der Ufer- und Dammfusssicherung im Schnittmodell
- Limmatkraftwerke AG (LKW):  
Hydraulische Modellversuche zur Optimierung einer Wirbelröhre zwischen Kraftwerkskanal und Restwasserstrecke zur Verbesserung der Geschiebedurchgängigkeit
- Gemeinde Frutigen:  
Hydraulische Modellversuche zum Schwemmholzurückhalt Grassi mit verteilten Rechelementen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes im Überlastfall
- VBG Verkehrsbetriebe Glattal AG:  
Hydraulische Modellversuche zum Einlaufbauwerk des Entlastungsstollens am Altbach in Kloten

### **Aufträge Numerische Modellierung**

- TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG, Österreich:  
AK Kaunertal – 1D-Feststoffmodellierung Ötztal
- TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG, Österreich:  
Numerische Modelluntersuchungen Kraftwerk Langkampfen – Wehrbedienung zur Kappung von Hochwasserabflüssen
- BKW Energie AG:  
Numerische Modelluntersuchungen zur Fischdurchgängigkeit der Kraftwerke Port/Brügg, Bannwil und Wynau/Schwarzhäusern
- BKW Energie AG:  
Numerische Modelluntersuchungen zur Anordnung eines Fischleitrechens und dessen Auswirkungen auf die Kraftwerksanströmung beim Kraftwerk Bannwil (Pilotanlage)
- BKW Energie AG:  
Numerische Modelluntersuchungen zur Entsanderanlage für den Fischabstieg beim Kraftwerk Bannwil (Ausbauprojekt)
- Internationale Rheinregulierung (IRR):  
Morphodynamische 1D Modellierung der zukünftigen Entwicklung der Rheinvorstreckung
- Internationale Rheinregulierung (IRR):  
Auswirkungen eines erhöhten Schwebstoffeintrags auf die Rheinvorstreckung und den Bodensee
- Internationale Rheinregulierung (IRR):  
Numerische Simulationen der Lettenablagerungen: Untersuchungen zur Ablagerung von Feinmaterial, dessen Bewirtschaftung sowie dem Einfluss von Vegetation beim Hochwasserschutzprojekt Alpenrhein Internationale Strecke

- Ufficio dei corsi d'acqua, Repubblica e Cantone Ticino:  
Monitoring residual flows in Canton Ticino: numerical modelling of hydrodynamic and habitat conditions
- Wasserwirtschaftsamt Traunstein, Deutschland:  
Beratung und Beurteilung der morphologischen Modellierung am Tittmoninger Becken an der Salzach
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kanton Zürich:  
BASEbreach – Werkzeug zur Abschätzung des Abflusses bei progressiven Dammbrüchen

### **Aufträge Glaziologie**

- Maggia Kraftwerke AG (Officine Idroelettriche della Maggia SA), Locarno, Kanton Tessin: Veränderungen am Griesgletscher
- Kanton Glarus:  
Assessment of glacier-related hazards in the Canton of Glarus
- Electra Massa / ALPIQ Suisse SA, Lausanne:  
Seismics investigations at Oberaletschgletscher (abgeschlossen)
- ALPIQ Suisse SA, Lausanne:  
Investigations of glacier lakes in the area of the Gibidum reservoir
- ALPIQ Suisse SA, Lausanne:  
Hydro-glaciological modelling of the Gougra catchment under CH2018 scenarios
- Forces Motrices de Mauvoisin SA, Sion, Kanton Wallis:  
Überwachung Zunge des Glacier du Giétro und Veränderung der Eismassen im Einzugsgebiet Mauvoisin
- Kraftwerk Mattmark AG, Stalden, Kanton Wallis:  
Hydrologie und Gletscheränderungen im Einzugsgebiet Mattmark
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Gefahrenprävention, MeteoSchweiz im Rahmen von GCOS Schweiz, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT):  
Glacier Monitoring in Switzerland (GLAMOS)
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Hydrologie:  
Synthesebericht Hydro-CH2018, Kapitel Gletscher und Schnee
- Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT):  
Swiss Permafrost Monitoring Network (PERMOS). Borehole-temperature monitoring of Murtel-Corvatch and Murail rock glaciers
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft und Kanton Wallis:  
Debris flow monitoring at Illgraben (VS)
- Amt für Wald und Naturgefahren, Kanton Graubünden:  
Überwachung des Vadret dal Cambrena
- Kanton Glarus:  
Assessment of the stability of Guppenfirn (GL)

## 1.3 Ausgewählte Projekte und Aufträge

### 1.3.1 Wasserbau

#### **Schwemmholtzrückhalt an Überlaufbauwerken von Talsperren-Hochwasserentlastungsanlagen**

**Auftraggeber:** Bundesamt für Energie (BFE), Sektion Aufsicht Talsperren  
**Projektleiter:** Adriano Lais  
**Sachbearbeiterin:** Barbara Stocker

Als Folgeprojekt der Schwemmholtzuntersuchung am Mauerüberfall der Talsperre Ova Spin wurde die VAW vom Bundesamt für Energie (BFE), Sektion Aufsicht Talsperren, beauftragt, die Auswirkungen einer Schwemmholtzverklauung an Überlaufbauwerken von Talsperren systematisch zu untersuchen.

Schwemmgut kann an Hochwasserentlastungsanlagen von Talsperren Verklauungen verursachen, welche die Abflusskapazität maßgeblich reduzieren. Wird das erforderliche Freibord infolge des resultierenden Aufstaus nicht mehr eingehalten, kann es gar zur Überströmung von Sperrenbauwerken kommen. Ausreichend weit ins Oberwasser auskragende Pfeiler vermögen Schwemmholtz gezielt von den Wehrbauwerken zurückzuhalten, analog zu einem Schwemmholtzrechen, ohne einen maßgeblichen Aufstau im Speicher zu verursachen.

Um den resultierenden Wasserspiegelaufstau infolge einer Verklauung am Mauerüberfall zu untersuchen, wurde im Modell ein Standardüberfallprofil mit einer Bemessungshöhe von 2 m im Massstab 1:30 realisiert. Anhand der veränderbaren Eingangsparameter Überfallhöhe und Auskragung der Wehrpfeiler (Abb. 1) konnten die relevanten Einflussfaktoren Fließgeschwindigkeit sowie Distanz der Verklauung zum Überfallbauwerk systematisch variiert werden.

Aus den Modellversuchen abgeleitete empirische Gleichungen ermöglichen, die Oberflächenfließgeschwindigkeit im Bereich der Verklauung, die zu erwartende Eintauchtiefe der Verklauung und die freie spezifische Durchflussquerschnittsfläche zwischen Verklauung und Überfallprofil zu ermitteln. Der maximal zu erwartende Wasserspiegelaufstau infolge einer Schwemmholtzverklauung an einem Wehrbauwerk einer Talsperren-Hochwasserentlastung kann nun als Funktion dieser relativen spezifischen Durchflussquerschnittsfläche bestimmt werden.

Es hat sich gezeigt, dass die Auskragung von Wehrpfeilern ins Oberwasser bezogen auf die Wehrkrone mindestens dem Maß der Überfallhöhe im unverklauten Zustand, respektive die spezifische Durchflussquerschnittsfläche zwischen dem Verklauungskörper und dem Wehrüberfallprofil mindestens rund zwei Drittel der Überfallhöhe im unverklauten Zustand betragen muss, damit der Wasserspiegelaufstau infolge Verklauung an den Wehrpfeilern höchstens 10 % der Überfallhöhe im unverklauten Zustand beträgt. Sind die Oberflächenfließgeschwindigkeiten an den Pfeilernasen kleiner als 1 m/s, bildet sich ein loser Schwemmholtzteppich, ohne Ausbildung eines vertikalen Verklauungskörpers.

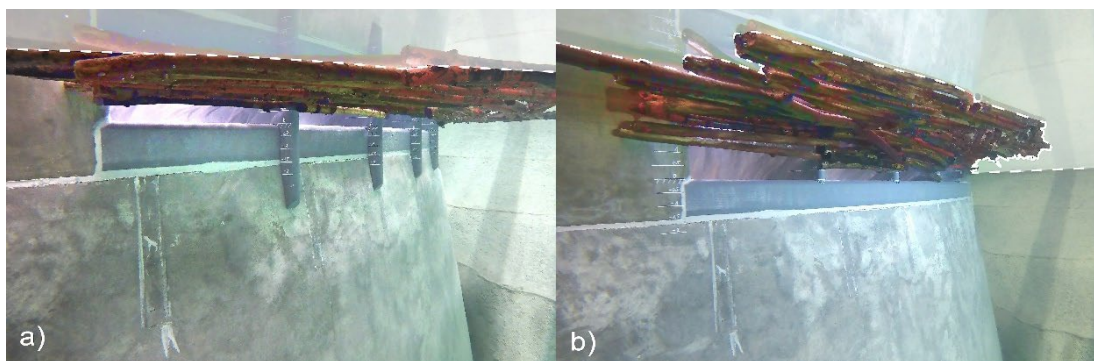


Abb. 1 Vergleich zweier Schwemmholzverklausungen an Wehrpfeilern mit unterschiedlichen Pfeiler-  
auskragungen und Überfallhöhen: a) Auskragung: 1.26 m, Überfallhöhe: 1 m. Die Oberflächen-  
fließgeschwindigkeit an den Pfeilernasen beträgt hierbei 1 m/s. Das Schwemmholz bildet  
einen losen, einlagigen Schwemmholzteppich und wird nicht in die Tiefe gezogen. b)  
Auskragung: 0.56 m; Überfallhöhe: 2 m. Die Oberflächenfließgeschwindigkeit an den Pfeilern-  
nasen beträgt hierbei 2.5 m/s. Das Schwemmholz wird an den Pfeilernasen in die Tiefe  
gezogen und blockiert den Grossteil des Abflussquerschnitts.

### Hydro-abrasion at Hydraulic Structures and Steep Bedrock Rivers

**Funding agency:** Swiss National Science Foundation (SNSF)

**Project leaders and supervisors:** Prof. Dr. Robert Boes, Dr. Ismail Albayrak

**Doctoral student:** Dila Demiral Yüzügüllü

Sediment transport in melting water draining from glacier basins, rivers and waterways, and reservoir sedimentation both in the Alpine regions and worldwide have strongly increased, amongst others under the impact of climate change. As a consequence, high transport rates of bed load particles in combination with high flow velocities cause severe abrasion such as (i) bedrock incision in high-gradient mountain streams, and (ii) hydro-abrasion of bed lining material at hydraulic structures including dam outlets, weirs, and particularly Sediment Bypass Tunnels (SBT) and Sediment Sluicing Tunnels (SST). This project aimed at better understanding the abrasion mechanics and at the development of a realistic and mechanistic abrasion model for both design and sustainable use of hydraulic structures, and for landscape evolution modelling. To this end, the physical processes of turbulent flow characteristics (Task A), bed load particle motion (Task B), and hydro-abrasion (Task C), and their interrelations for the development of a hydro-abrasion model (Task D) in high-speed flows were systematically investigated in a laboratory flume.

The results of Task A experiments show that four well-developed large streamwise vortex pairs, i.e., free-surface and bottom vortex pairs, and two mid-vortex pairs occur in the flume cross-section in the absence of any bed forms. Decreasing the aspect ratio (channel width to flow depth) from 2 to 1 intensifies these secondary currents. Such secondary currents affect the bed shear stress distribution across the flume with the lowest values occurring near the flume side walls and maximum values towards the flume center axis in a flat transverse distribution. This pattern affects sediment transport and hence hydro-abrasion patterns (Fig. 2).

Task B dealt with the particle motion in supercritical narrow open channel flows. The test results show that particle size and bed roughness are the key parameters affecting particle saltation trajectories, while particle shape and hardness have a negligible effect. Therefore, non-dimensional equations for smooth, transitionally rough, and hydraulically rough bed conditions were developed for the particle transport mode, velocity, and trajectories, which are different from those reported in the literature.

In Task C, hydro-abrasion tests on erodible foam and mortars of three different strengths (low, medium, and high strengths) as bed lining materials were conducted to investigate the time development of the abrasion depth and patterns in the laboratory flume simulating a straight section of an SBT. The results show that abrasion patterns with a continuous incision channel observed in the foam tests (Fig. 2 (a) in the laboratory tests and (b) in the Solis SBT) match well with the bed shear stress distributions, whereas the abrasion patterns of mortars were different because of the non-uniformity of the mortar mixtures. One of the important findings of the tests is that an exponential cover term represents the relationship between the sediment transport rate and abrasion rate well, which is an essential part of the hydro-abrasion model. Another important finding is the confirmation of our hypothesis that the ratio between the hardness of the sediment particles and the bed lining material affects hydro-abrasion, and hence a new equation was developed to quantitatively account for this effect in the mechanistic abrasion model, which was not included before.

The results from Task A, B, and C and field data were compiled and analyzed in Task D. The state-of-art mechanistic model for abrasion prediction developed by Sklar and Dietrich (2004) and further improved by Auel et al. (2017) was enhanced by replacing the particle velocity and hop length and cover terms with those developed in the present study, and by adding the hardness effect term. The enhanced model was calibrated using the Task C results (hydro-abrasion data of mortar), the data from three Swiss SBTs, and some other literature data. A new model calibration coefficient was obtained, which is different and quasi-constant for a range of different materials with less scattering compared to those coefficients reported in the literature. Such findings show that the improved model works well for both laboratory and field applications and prove that the experimental laboratory results can be up-scaled to the prototype scale. Therefore, the goal of the study has been successfully reached.

These and other practice-relevant findings are summarized as a practical recommendation for optimizing the design and operation of SBTs and other hydraulic structures in the dissertation by Demiral Yüzügüllü (2021) and can contribute to an efficient and sustainable design of SBTs and their operation. The corresponding VAW Communication 261 is available on the VAW homepage.

Demiral-Yüzügüllü D. (2021). Hydro-abrasion processes and modelling at hydraulic structures and steep bedrock rivers. VAW Communication 261 (R.M. Boes, Ed.) and Dissertation No. 27636, ETH Zurich.

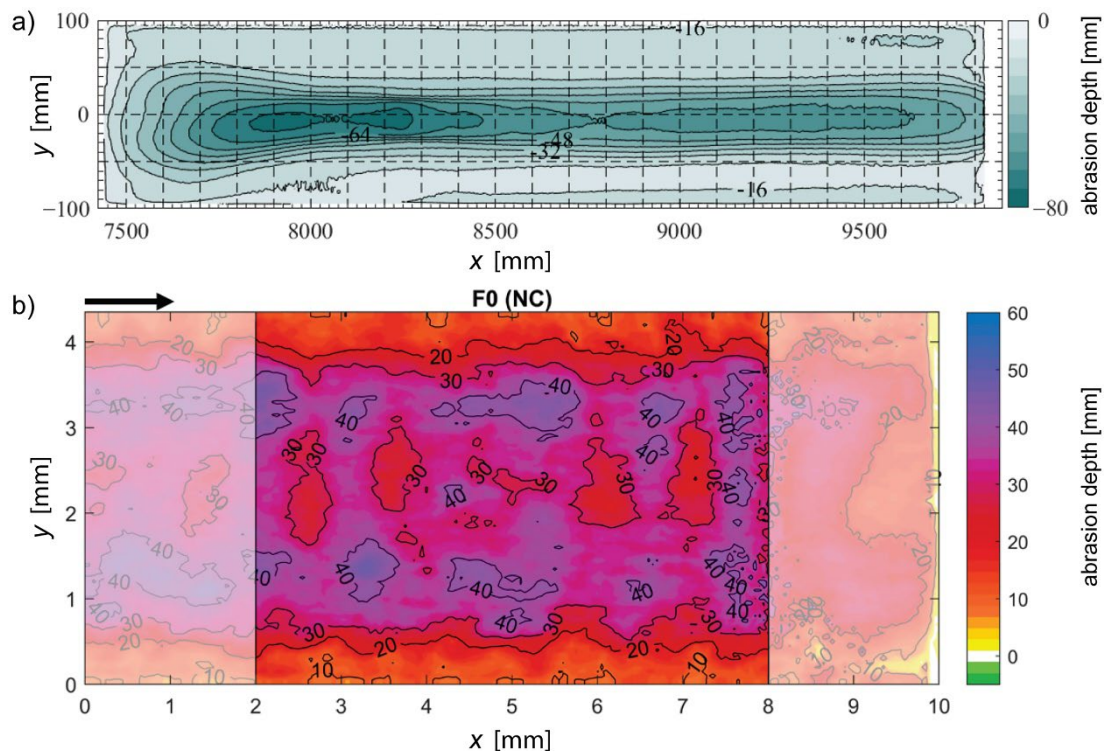


Fig. 2 Abrasion topography and depths of (a) medium strength foam in the laboratory (Demiral-Yüzügüllü, 2021) and of (b) the standard concrete test field at Solis Sediment Bypass Tunnel between 2017 and 2020 (Arnold et al., 2020).

## References

- Auel, C., Albayrak, I., Sumi, T., and Boes, R. M. (2017). Sediment transport in high-speed flows over a fixed bed: 2. Particle impacts and abrasion prediction. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(9), 1384–1396.
- Arnold, R., Albayrak, I., & Boes, R. M. (2020). *Field monitoring of sediment transport, hydraulics, and hydro-abrasion at Swiss sediment bypass tunnels*. Technical Report SI/501609-01, SFOE, Berne, Switzerland.
- Sklar, L. S., and Dietrich, W. E. (2004). A mechanistic model for river incision into bedrock by saltating bed load. *Water Resources Research*, 40(6).



### **Validation of a dual-tip conductivity probe by a high-speed stereo-camera setup for air-water flow properties estimation**

**Funding agency:** Swiss National Science Foundation (SNSF)  
**Project leaders and supervisors:** Prof. Dr. Robert Boes, Dr. Benjamin Hohermuth  
**Doctoral student:** Simone Pagliara

Reservoir dams play a crucial role for society and economy, serving many purposes such as irrigation, hydropower production, water supply and flood control. To ensure dam safety and to convey extreme floods, reservoir dams feature appurtenant structures such as spillways and low-level outlets. Low-level outlets are designed to allow a fast drawdown of the reservoir for maintenance or emergency purposes; here, the transition from pressurized to free-surface flow occurring at the gate creates a high-velocity air-water jet, resulting in flow velocities of up to 30 to 60 m/s. In a similar fashion, the flow accelerated by the spillway slope results in free-surface self-aeration and the entrained air has a significant effect on the hydraulics of the air-water mixture such as flow bulking and drag reduction.

Highly aerated air-water flows are typically investigated using phase-detection intrusive probes. Various designs of dual-tip phase-detection probes have been used in the past years (e.g., Felder & Pfister, 2017), which have been applied to a wide range of void fractions and to velocities up to 20 m/s (Chanson, 2002; Felder et al., 2019). In addition, more advanced 4-tip probes have been used in nuclear and process engineering applications (Shen & Nakamura, 2013). The use of 4-tip probes allows to additionally measure 3D particle velocities and particle sizes. Hence, their application to spillways and low-level outlets could enhance the current understanding of high-velocity air-water flows. Therefore, the first subtask of the SAFAIR project aims to develop and validate 4-tip probes for high-velocity applications.

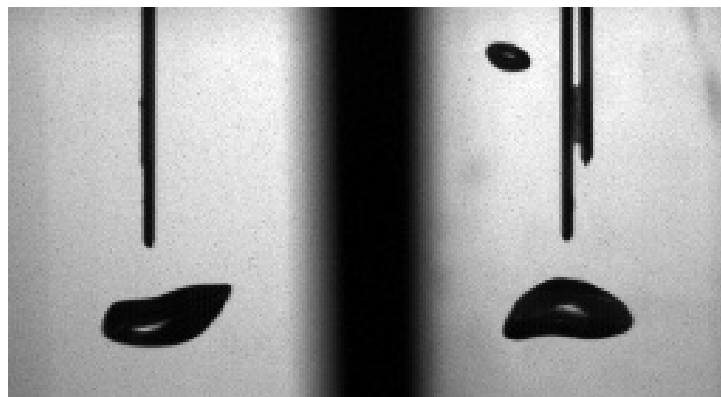


Fig. 3 Stereoscopic view of a rising bubble captured by a high-speed camera. Left=side view, right=frontal view.

To enable a detailed validation of phase-detection probe performance, an experimental setup was built at VAW which allowed observing single air bubbles impacting a dual-tip conductivity probe. The setup allowed to create upwards bubbly pipe flow with water velocities up to 7 m/s and typical bubble diameter of 5 mm. A custom-made beam splitter and a high-speed camera were installed at the height of the probe tips, allowing to obtain a synchronized 90° stereo-view of rising bubbles impacting the probe (Fig. 3). Three test series were performed by varying the water velocity, the illumination techniques and the

dual-tip probe tested. The bubble properties reconstructed from the high-speed images were compared to interfacial velocities and chord times obtained from the dual-tip phase-detection conductivity probe, highlighting the intrinsic limitation of both the measurement techniques. The setup will be used for the validation of a 4-tip conductivity probe currently under development, which could represent a drastic improvement in air-water flow property measurements.

## References

- Felder, S. and Pfister, M. (2017). Comparative analyses of phase-detective intrusive probes in high-velocity air-water flows. *International Journal of Multiphase Flow*, 90, 88–101.
- Felder, S., Hohermuth, B. and Boes, R.M. (2019). High-velocity air-water flows downstream of sluice gates including selection of optimum phase-detection probe. *International Journal of Multiphase Flow*, 116, 203–220.
- Chanson, H. (2002). Air-water flow measurements with intrusive, phase-detection probes: can we improve their interpretation? *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(3), 252–255.
- Shen, X. and Nakamura, H. (2013). Local interfacial velocity measurement method using a four-sensor probe. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 67, 843–852.

## **FishPath: Turbulent eddies to create paths for safe downstream migration for salmonids and eel**

<b>Funding agency:</b>	<b>Research Council of Norway (RCN)</b>
<b>Project partners:</b>	<b>Main partners: Norwegian Institute for Nature Research (NINA), NTNU, NORCE and SINTEF energy</b> <b>International partners: University of Michigan, Technical University of Denmark, Karlstad University</b> <b>Industry partners: Fish Consulting, Energi Norge, Miljødirektoratet, Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), Vattenfall AB</b>
<b>Project leaders and supervisors:</b>	<b>Dr. Ismail Albayrak, Prof. Dr. Robert Boes</b>
<b>CFD expert:</b>	<b>Dr. David Vetsch</b>
<b>Doctoral student:</b>	<b>Vera Gütle</b>

Downstream moving fish in rivers have to pass multiple run-of-river hydropower plants (HPPs). Fish tend to follow the main flow and passage through turbine or spillway of the HPPs can result in high injury and mortality rates, which leads to a decline in fish populations. While some alternative guiding rack systems have shown promising results, there is a need to develop next generation systems that are cost-effective and easier to operate. In FishPath we aim to find a completely new way of guiding fish past the water intake of power plants.

Fish behavioral response to turbulent eddies will be used to develop guidance systems that create alternative migration pathways for fish around HPPs and other water intakes. Via their sensory systems, fish can detect turbulent movements (eddies) in the flow and respond either by avoiding them or by exploiting the eddies for swimming. In the multi-disciplinary international FishPath project, led by the Norwegian Institute for Nature

Research (NINA), these abilities will be utilized to develop a turbulent eddies based guiding structures for salmon, trout and eel. Therefore, eddies created by different objects (e.g., cylinders, hydrofoils) and how the fish species respond to different types of eddies will be explored. A turbulent Eddies-based behavioral fish Guidance System (EGS) based on a combination of such elements will be designed (Fig. 4).

The objectives of this project are (i) to get a better understanding of fish-eddy interaction, (ii) to develop an innovative EGS design and (iii) to investigate fish guidance efficiency of the EGS. Last (iv) the developed EGS will be tested in a full-scale test at River Mandal in Norway and the results will be used for an EGS design guideline. In this project target fish species are Atlantic salmon and European eel.

To achieve the objectives of the project, live-fish tests, and hydraulic measurements of single elements and selected EGS configurations will be conducted in, respectively small and medium-scale etho-hydraulic flumes at VAW, in the scope of a PhD project. Furthermore, VAW will contribute to the large-scale and full-scale tests of the EGS at the Laxel-erator race-track flume at Vattenfall in Sweden and at River Mandal, respectively. In parallel, VAW will support the numerical study of single elements and EGSs by SINTEF.

Project website: <https://www.nina.no/fishpath>

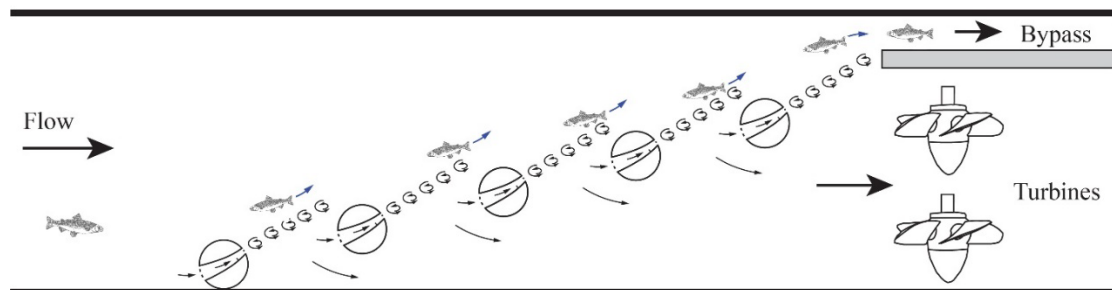


Fig. 4 An illustration of the principle of an EGS design with a bypass for downstream migration.

### 1.3.2 Flussbau

#### **SmartWood\_3D: Quantifizierung von Schwemmholztransport- und Ablagerungsprozessen mittels innovativer Sensortechnologie – Feldversuche**

**Auftraggeber:** Marie Skłodowska-Curie Individual Fellowship 885274 (EU)

**Wiss. Betreuer:** Prof. Dr. Robert Boes, Dr. Volker Weitbrecht

**Projektleiter:** Dr. Gabriel Spreitzer

**Projektpartnerin:** Dr. Isabella Schalko

Holz stellt ein bedeutendes ökologisches Element in Fließgewässern dar. Zum einen reguliert es den Sedimenthaushalt sowie die Strömungsverhältnisse, zum anderen bietet Holz die erforderliche Komplexität und essenziellen Bedingungen für die Schaffung von fluvialen Lebensräumen durch die Bereitstellung von Refugien, Nahrung und Übershattung im Gewässer.

Als Folge des Klimawandels mit intensivierten Niederschlagsereignissen werden immer häufiger grosse Mengen an Holz in den Einzugsgebieten während Hochwasserereignissen mobilisiert und unkontrolliert talwärts transportiert (sog. Schwemmholz). Flussbauwerke wie Brücken, Durchlässe oder Wehre sind dabei besonders gefährdet, durch Schwemmholz-Anprall beschädigt oder durch Verklausungen blockiert zu werden. Dies gilt jedoch auch für natürliche Engstellen im Fließgewässer (z.B. Schluchtstrecken, Ufervegetation, bereits existierende Schwemmholzansammlungen). Um das Risiko für Schaden an der Umwelt, flussbaulichen Infrastrukturanlagen und der Bevölkerung zu minimieren, ist ein besseres Verständnis über Transport und Ablagerungsprozesse erforderlich. Entsprechendes Schwemmholzvorkommen kann bereits oberstrom von kritischen flussbaulichen Querschnitten im Gewässer zurückgehalten werden. Dabei spielen die Orientierung während des Transports, aber auch das Ablagerungsverhalten von Schwemmholz eine bedeutende Rolle.

Das Forschungsprojekt 'SmartWood\_3D' untersucht das Bewegungs- und Ablagerungsverhalten von Schwemmholz während Hochwasserereignissen mittels modernster Sensortechnologie. Baumstämme wurden mit innovativen Smart-Sensoren bestückt (SmartWood), bestehend aus Beschleunigungsmesser, Winkelgeschwindigkeitsmesser, elektronischem Kompass und GPS-Modulen (Abb. 5) und ermöglichen das Messen von komplexen Transportprozessen. Die gewonnenen Daten erlauben die genaue Bestimmung von Anprallkräften sowie der Transportgeschwindigkeit, Lage und Orientierung der SmartWood-Stämme zu jedem Zeitpunkt. Auf dieser Grundlage können optimierte Schwemmholzrückhaltebauwerke und flussbauliche Infrastrukturanlagen dimensioniert werden.

An der VAW wurden zehn SmartWood-Stämme für den Einsatz im Feld vorbereitet. Unmittelbar nach der Fertigstellung kamen die ersten SmartWood-Stämme im Zuge eines Hochwasserereignisses an der Grossen Melchaa im Kanton Obwalden zum Einsatz. Vier der insgesamt zehn SmartWood-Stämme wurden in die hochwasserführende Grosse Melchaa (HQ<sub>1</sub>) ausgesetzt, um neuartige Daten über Schwemmholztransport und Ablagerungsprozesse zu messen (Abb. 5). Zur Verifizierung der gemessenen Sensordaten wurden die Feldversuche mittels Drohne aus der Luft zusätzlich gefilmt. Nach einer Transportstrecke von rund 140 Metern endeten die inszenierten Schwemmholzversuche in einer Verklausung an Felsblöcken im Gerinne (Abb. 6). Die Datenauswertung erfordert die Rekonstruktion des Transportpfades, wobei etwaige Bewegungsabläufe anhand der Drohnenaufnahmen überprüft werden können. Zusätzlich zu den Schwemmholzversuchen an der Grossen Melchaa konnten SmartWood-Daten an der hochwasserführenden Limmat (HQ<sub>1</sub>) und Thur (HQ<sub>1</sub>) im

Kanton Zürich gesammelt werden. Die SmartWood-Stämme stehen seither in ständiger Bereitschaft zum weiteren Einsatz bei auftretenden Hochwasserereignissen. Ausgewählte SmartWood-Stämme befinden sich im Uferbereich der Grossen Melchaa und werden mit ansteigendem Pegel mobilisiert, wobei die integrierten Smart-Sensoren automatisch die Messung starten. Vier weitere Stämme stehen für den Einsatz an der Thur bereit und können im Hochwasserfall mittels Fahrzeugkran ins Gewässer ausgesetzt werden.

Informationen über das Transport- und Verklauungsverhalten von Schwemmholz sind insbesondere für das Design von Schwemmholzrückhaltebauwerken, Brückenpfeilern und Ausleitungsbauwerken von Bedeutung, um diese optimal auf das Schwemmholzvorkommen abstimmen bzw. um anfallendes Schwemmholz schadlos weiterleiten zu können. Ziel von SmartWood\_3D ist es, sowohl neues interdisziplinäres Wissen zu generieren, als auch innovative technische Ansätze und Methoden für die Anwendung in der Schwemmholzforschung einzuführen. So können die gewonnenen Transportpfade als Kalibrierungsgrundlage bei der Entwicklung numerischer Methoden zum Schwemmholzverhalten verwendet werden. Gewonnene Resultate und die entwickelte Messtechnik können im Wasserbau und bei der Naturgefahrenbeurteilung verwendet werden, um Schwemmholzvorkommen in Fließgewässern rasch zu bewerten und somit die Sicherheit für wasserbauliche Infrastrukturen zu gewährleisten.



Abb. 5 SmartWood-Stämme mit integrierten Smart-Sensoren und GPS-Modulen an der VAW.



Abb. 6 Einsatz von SmartWood im Feld – Grosse Melchaa, Kanton Obwalden

### Wirbelröhren am Kraftwerk Aue

**Auftraggeber:** Limmatkraftwerke AG  
**Projektleiter:** Dr. Volker Weitbrecht, Dr. Isabella Schalko  
**Sachbearbeiter:** Andris Wyss

Im Rahmen der Sanierung des Geschiebetransports in der Limmat werden oberstrom des Kraftwerks Aue seit 2016 alle zwei Jahre Kiesschüttungen durchgeführt. Dieser Kies soll anschliessend beim Kraftwerk Aue möglichst ungehindert weitergeleitet werden. Eine Untersuchung der Flussbau AG SAH (2019) kommt zum Schluss, dass Stauraumabsenkungen für die ungehinderte Geschiebweiterleitung förderlich sind, jedoch aufgrund der Strömungsverhältnisse mit einem signifikanten Eintrag von Geschiebe in den Oberwasserkanal des Kraftwerks Aue gerechnet werden muss. Aus diesem Grund soll im Oberwasserkanal ein Geschiebeabzug in Form einer Wirbelröhre geprüft werden.

Basierend auf Erfahrungen der VAW (2001, 2017) an den Kraftwerken Schiffmühle und Turgi wurde ein Modell im Massstab 1:26.09 gebaut. Vorab wurden vier Wirbelröhren mit unterschiedlicher Geometrie eingebaut (Abb. 7), die in Kombination miteinander betrieben wurden. Das Variantenstudium zeigte, dass für häufigere Lastfälle (ca.  $Q_3$  in der Limmat) alle Varianten einen hohen Wirkungsgrad bezüglich Geschiebeabzug aufweisen, sofern ihre Schlitzlänge  $L_s$  über die gesamte Breite des Oberwasserkanals  $b_{OW}$  reicht ( $L_s = b_{OW}$ ). Varianten mit Schlitzlängen über die halbe Breite des Oberwasserkanals ( $L_s = \frac{1}{2} b_{OW}$ ) haben einen deutlich tieferen Wirkungsgrad, da das Geschiebe im Oberwasserkanal auf der gesamten Sohlbreite transportiert und bei kurzen Schlitzlängen entsprechend am Schlitz vorbei transportiert wird.

Weiterführende Versuche zeigten auf, dass bei seltenen Lastfällen (ca.  $HQ_{30}$  in der Limmat) die Kombination von zwei Wirbelröhren mit kurzer Schlitzlänge von je  $L_s = \frac{1}{2} b_{OW}$ ,

gegenüber einer Einzelröhren mit einer Schlitzlänge von  $L_s = b_{OW}$  überlegen ist. Aufgrund der langen Schlitzlänge bei einer Einzelröhre wirkt der Wirbel am Röhrenbeginn weniger stark und die Röhre kann sich dort bei grossen Geschiebefrachten im Oberwasserkanal schneller verfüllen. Aufgrund dieser Resultate konnten die Variante mit zwei Röhren im 90°-Winkel zum Oberwasserkanal und Schlitzlängen von  $L_s = \frac{1}{2} b_{OW}$  als Bestvariante identifiziert und zur Ausarbeitung empfohlen werden.

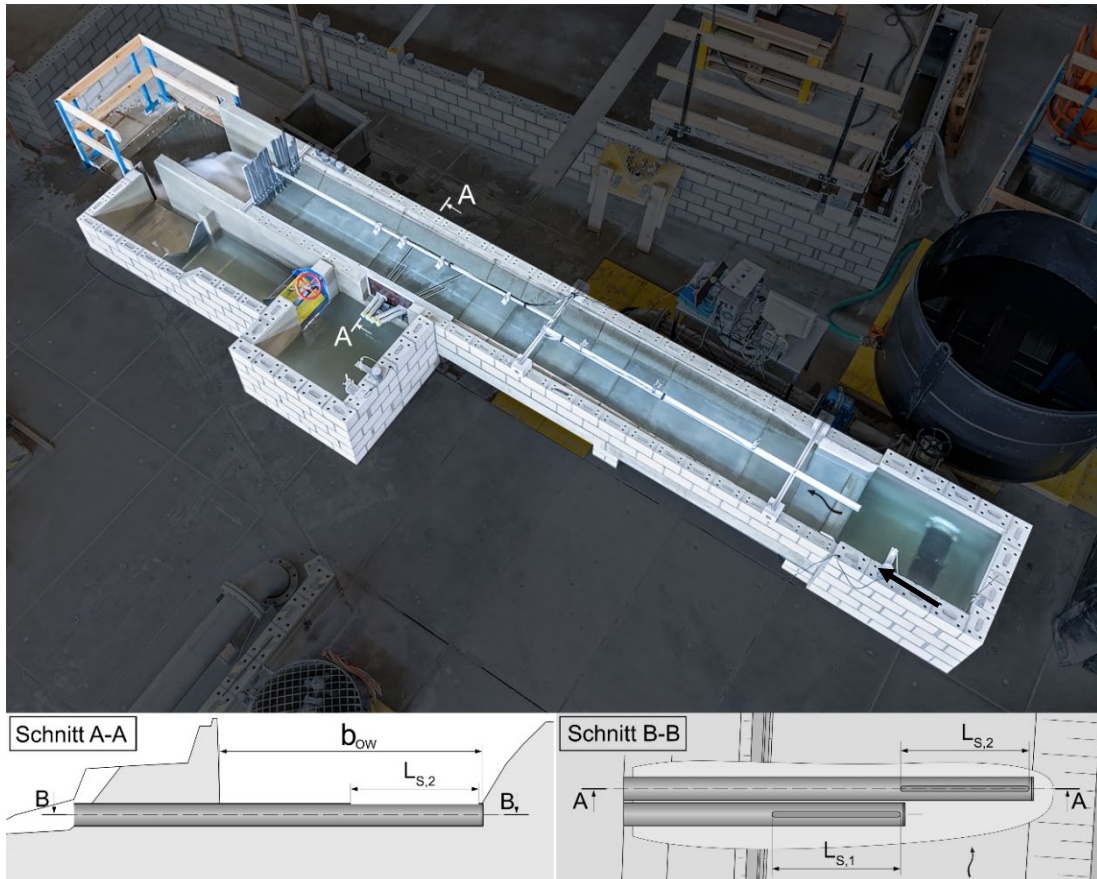


Abb. 7 Physikalisches Modell des Oberwasserkanals KW Aue im Massstab 1:26.09.

## Referenzen

- Flussbau AG SAH (2019). Sanierung Geschiebehaushalt Kraftwerk Aue, Geschiebetransport in der Stauhaltung. Im Auftrag der Limmatkraftwerke AG Baden.
- VAW (2001). Kraftwerk Schiffmühle. VAW Bericht Nr. 4158. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich.
- VAW (2017). Wirbelröhre Kraftwerk Turgi. VAW Bericht Nr. 4343. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich.

## Untersuchung morphologischer Kolke zur Optimierung des Uferschutzes am Alpenrhein (Projekt Rhesi)

**Auftraggeberin:** Internationale Rheinregulierung (IRR)  
**Wiss. Betreuer:** Dr. Volker Weitbrecht  
**Projektleiter:** Florian Hinkelammert-Zens  
**SachbearbeiterIn:** Gabriel Zehnder, Isabel Röber

Die Abflusskapazität auf der internationalen Strecke des Alpenrheins (km 65 bis 91) soll im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts «Rhesi» («Hochwasserschutz fürs Rheintal», [www.rhesi.org](http://www.rhesi.org)) von derzeit  $HQ_{100} = 3'100 \text{ m}^3/\text{s}$  auf mindestens  $HQ_{300} = 4'300 \text{ m}^3/\text{s}$  ausgebaut werden. Eine der Hauptmassnahmen des Projekts besteht in der Erhöhung des Abflussquerschnitts durch Verbreiterung des Mittelgerinnes und gezielte Dynamisierung definierter Bereiche der Vorländer. Diese Anpassungen der Gerinnegeometrie sollen neben der Erhöhung der Hochwassersicherheit auch eine naturnahe Gestaltung des Gerinnes ermöglichen. Aufgrund der vorgesehenen Erhöhung der dynamischen Gewässerbreite von derzeit 55 - 80 m auf durchschnittlich über 200 m wird sich die Morphologie des Alpenrheins grundlegend ändern. Statt des heute vorhandenen geraden Gerinnes mit ebener Sohle, wird die Bildung von alternierenden Bänken oder verzweigten Gerinnen prognostiziert (Abb. 8).



Abb. 8 Abschnitt Oberriet/Koblach: Bestand (links) im Vergleich zu Visualisierung nach Umsetzung von Rhesi (rechts) (Quelle: rhesi.org)

Zum Schutz der Hochwasserdämme sowie der Vorländer ausserhalb des dynamischen Gerinnebereichs wird die Ausdehnung des Alpenrheins durch einen Längsverbau kontrolliert, welcher im Folgenden als «Dammfussicherung» (DFS) bezeichnet wird. Grundsätzlich ist die DFS als rauer Blocksatz projektiert. In besonders gefährdeten Uferbereichen werden am Fusspunkt der Dämme zusätzlich mehrlagige Blockdepots angeordnet. Sollten in Ufernähe Erosionen der Sohle – sogenannte „Kolke“ – gebildet werden, rutschen diese Depots ab, verfüllen die Kolke und stabilisieren somit das jeweilige Ufer (Abb. 9).

Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung (IRR, [www.rheinregulierung.org](http://www.rheinregulierung.org)) wird von der VAW seit 2019 ein gegenständliches Modell im Massstab 1:35 betrieben, in welchem zur Optimierung der Dammfussicherungen folgende Fragestellungen untersucht wurden:

- Prüfung der grundsätzlichen Funktionsweise der DFS mittels Blockdepots
- Optimierung des Aufbaus der Dammfussicherung
- Optimierung der projektierten Blockdepots (Geometrie & Blockgrössen)



Im hydraulischen Modell wurde eine Fließstrecke von ca. 550 m nachgebildet, die maximal mögliche Kolkentiefe betrug ca. -14 m. Aufgrund der grossen Gerinnebreite des Alpenrheins im Projektzustand (im Schnitt 200 m) konnte im Modell jedoch nicht der gesamte Fließquerschnitt massstäblich nachgebildet werden. Daher wurden neben der DFS nur ein gewisser Anteil des Hauptgerinnes sowie des hinter der DFS liegenden Vorlands im gegenständlichen Modell umgesetzt («Schnittmodell» mit beweglicher Sohle). Dieser Umstand erforderte zudem die Zuhilfenahme eines 1D-Modells zur Ermittlung der für die Versuchsdurchführung notwendigen, an die Geometrie des Schnittmodells angepassten Parameter (spezifische Abflüsse, Wasserspiegel).

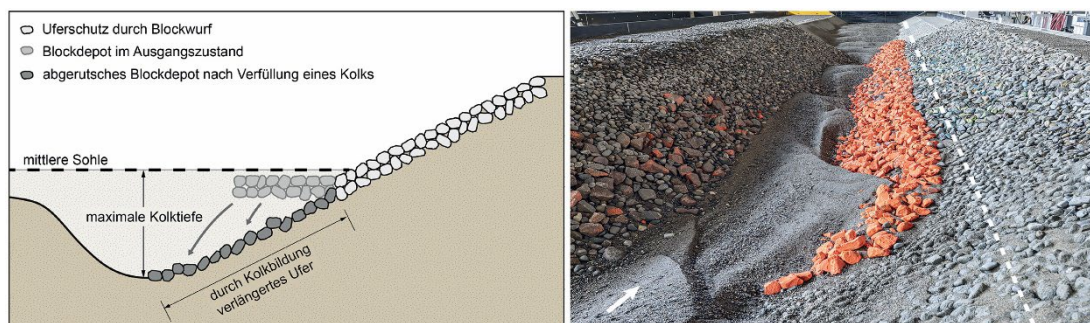


Abb. 9 Links: Skizze zur Funktionsweise der Dammfussicherung (links); rechts: Versuchsende nach Belastung mit  $HQ_{300}$ . Das Blockdepot (in orange) ist in den Kolk abgerutscht und hat das Ufer erfolgreich stabilisiert. Die mittlere Sohle zu Versuchsbeginn ist weiss-strichliert dargestellt.

Nach Voruntersuchungen zur Strömunglenkung und der Sicherstellung korrekter hydraulischer Verhältnisse konnte die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Uferschutzes mittels Blockdepots erfolgreich nachgewiesen werden. Anschliessend wurde der Aufbau der Dammfussicherung in einem iterativen Prozess optimiert. Von primärem Interesse waren der zuverlässige Schutz bei Kolk-tiefen bis -6 m sowie eine möglichst wirtschaftliche Bauweise. Die Modellversuche zeigten, dass auch bei einer deutlichen Reduktion der projektierten Blockgrössen der Uferschutz gewährleistet ist. Durch vom Dammfuss zum Vorland abnehmende Blockgrössen konnte der Aufbau der Dammfussicherung weiter optimiert werden (Abb. 10). Für die Umsetzung im Projekt Rhesi wurde ein auf der Belegungsdichte basierender Dimensionierungsansatz entwickelt.

Die Modellversuche wurden im Sommer 2021 abgeschlossen. Anschliessend erfolgte der Umbau des Modells für die Untersuchung und Optimierung der im Projekt Rhesi geplanten Bühnenbauwerke.



Abb. 10 Finale Variante der Dammfussicherung im hydraulischen Modell, Zustand nach Belastung durch ein  $HQ_{300}$ . Die nach oben abnehmende Blockgrösse ist deutlich zu erkennen (Fließrichtung rechts nach links).

### **Sohlstabilisierung von Wildbächen mittels gebauten Stufen-Becken-Abfolgen**

**Forschungsprojekt:** Bundesamt für Umwelt (BAFU)

**Projektleiter:** Prof. Dr. Robert Boes

**Betreuer:** Dr. Volker Weitbrecht, Dr. Benjamin Hohermuth

**Doktorandin:** Fiona Maager

In den Schweizer Voralpen und Alpen stellen viele Wildbäche eine Gefahr für die unterhalb liegenden, oftmals dicht besiedelten Gebiete dar. Bei grossen Hochwasserereignissen führen steile Bäche in der Regel sehr viel Geschiebe, welches sich im Bereich des Schwemmkegels aufgrund der starken Gefällereduktion ablagert. Dadurch wird die Abflusskapazität reduziert, was wiederum zu Ausuferungen führen kann. Folglich sind Massnahmen erforderlich, um die Sohle und Ufer solcher Wildbäche zu stabilisieren und den Geschiebeeintrag zu reduzieren.

Bauliche Stufen-Becken-Abfolgen stellen potenziell eine naturnahe Alternative zu den bisher gebauten Wildbachsperrern dar, wobei wenig über die Dimensionierung solcher Bauwerke bekannt ist. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts soll anhand von Laborversuchen ein Beitrag für eine Bemessungsgrundlage von baulichen Stufen-Becken-Abfolgen geleistet werden. Dazu wurden knapp 30 Versuche im Massstab 1:20 nach Froude-Ähnlichkeit durchgeführt für 6 m bis 12 m breite Gerinne mit Sohlneigungen zwischen 4 % und 8 % (alle Angaben im Naturmassstab). Die untersuchten Stufen-Becken-Abfolgen bestehen aus sechs bis acht Stufen mit regelmässigen Abständen und Absturzhöhen zwischen 0.4 m und 1.1 m. Die stufenbildenden Blöcke weisen ein mittleres Blockgewicht zwischen 4.6 t und 8.0 t auf und wurden unterschiedlich angeordnet. Die Versuche wurden sowohl unter

Reinwasserbedingungen als auch mit Geschiebezugabe durchgeführt.

Der Fokus der Untersuchung liegt auf den resultierenden Kolkgeometrien, sowie auf der Stabilität und den Versagensmechanismen der gebauten Stufen-Becken-Abfolgen. Im Allgemeinen haben Blockanordnung und -gewicht den grössten Einfluss auf die Stabilität der Stufen. Ausserdem hielten die Stufen in Versuchen mit Geschiebezugabe tendenziell einer grösseren Belastung stand, da die oberen Blockreihen der Stufen mit Geschiebe eingedeckt wurden und so weniger stark der Strömung ausgesetzt waren. Als häufigste Versagensmechanismen wurde das Kippen in Fliessrichtung und das Abrutschen der Blöcke aufgrund der Destabilisierung des Stufenfusses infolge Unterkolkung beobachtet. Abbildung 11 zeigt exemplarisch eine Zeitreihe, bei welcher ein Block der oberen Blockreihe in den unterhalb liegenden Kolk kippt. Das Versagen einer einzelnen Stufe führte teilweise zu einer rückwärtsschreitenden Erosion, wodurch alle oberhalb liegenden Stufen innerhalb kürzester Zeit zerstört wurden. Die Sohlneigung nahm dadurch schlagartig ab infolge einer Rotationserosion um den unterhalb liegenden Fixpunkt, was zu starken Eintiefungen im oberen Bereich führte. Die Resultate dieser Untersuchung sollen zukünftig als Grundlage für die Bemessung von baulichen Stufen-Becken-Abfolgen verwendet werden.



Abb. 11 Seitliche Bilder einer zweilagigen Stufe mit 4.6 t schweren Blöcken für einen Versuch mit einer Breite von 6 m, einer Sohlneigung von 6 % und für eine spezifische Belastung von  $6.7 \text{ m}^2/\text{s}$  (Angaben im Naturmassstab).

### 1.3.3 Numerische Modellierung

#### Rhesi: Auswirkungen eines erhöhten Schwebstoffeintrags auf die Rheinvorstreckung und den Bodensee – Numerische Modelluntersuchungen

**Auftraggeberin:** Internationale Rheinregulierung (IRR)

**Projektleiter:** Dr. David Vetsch

**Sachbearbeiterin:** Eva Gerke

Das Ausbauprojekt „Rhesi – Rhein, Erholung und Sicherheit“ sieht eine Erhöhung des Schutzziels hinsichtlich Hochwasser im Bereich der internationalen Rheinstrecke vor. Während der Bauzeit ist vorgesehen, überschüssiges Material über den Alpenrhein abschwemmen zu lassen, wodurch es im Vergleich zum heutigen Zustand zu einer erhöhten Schwebstofffracht im Alpenrhein kommen kann.

Um die Auswirkungen eines erhöhten jährlichen Schwebstoffeintrags auf die Vorstreckung im heutigen Ausbauzustand, die angrenzenden Buchten und die Schwebstoffausbreitung im Bodensee zu untersuchen, wurden zwei numerische Modelle gekoppelt (Abb. 12). Das Teilprojekt «Mündungsmodell», wurde von der VAW bearbeitet. Das Mündungsmodell ist ein tiefengemitteltes 2D Modell, welches die gesamte Rheinvorstreckung und den angrenzenden Flachwasserbereich umfasst. Die Modellierung der Hydrodynamik, des Geschiebe- und des Schwebstofftransports wurde mit der Software *BASEMENT* durchgeführt. Im Teilprojekt «Seemodell» wurde von der Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner (kup) mittels numerischer 3D Simulationen untersucht, wie sich die vom Alpenrhein in den Bodensee eingetragenen Schwebstoffe ausbreiten. Der mit dem Mündungsmodell berechnete Austrag aus der Vorstreckung dient dem Seemodell als Randbedingung.

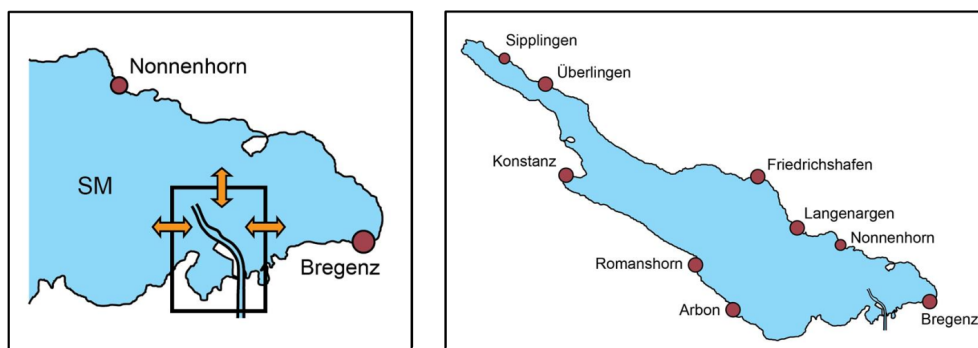


Abb. 12 Modellperimeter des Mündungsmodells (links) und des Seemodells (rechts).

Da die Abschwemmung von Feinmaterial je nach Bauzustand und hydrologischem Geschehen stark schwanken kann, wurden Szenarien für potentiell abschwemmbar Sedimentfrachten definiert. Zum Vergleich (Referenz) wurden Szenarien ohne zusätzliche Sedimentfracht betrachtet. Für die Szenarien wurden gemessene Abflussganglinien und Seespiegelganglinien eines Niedrigwasserjahrs, eines mittleren Jahrs und eines Hochwasserjahrs sowie künstliche Hochwasserabflussganglinien (HQ<sub>100</sub>) herangezogen. Der Feinsedimenteintrag für die verschiedenen Szenarien wurde mithilfe einer Relation zwischen Abfluss und Schwebstoffkonzentration bestimmt.

Die Strömungsverhältnisse und Transportprozesse in der Rheinvorstreckung sind geprägt durch die Interaktion zwischen dem Abfluss und dem Sedimenteintrag in der Vorstreckung und dem Bodenseespiegel. Die Pufferwirkung der Vorstreckung, das heisst die Möglichkeit, Sediment durch Auflandungen zurückzuhalten, ist grösser, wenn der Seespiegel höher ist.

Die Pufferwirkung der Vorstreckung ist allerdings begrenzt. Bei grossen Sedimentfrachten im Alpenrhein ist daher auch mit einem grossen Austrag von Schwebstoffen in den Bodensee zu rechnen.

Mit Erhöhung der eingetragenen Feinsedimentfracht nehmen die Ablagerungen in der Vorstreckung zu (Abb. 13). Die grössten Auflandungen entstehen beim Szenario «Hochwasserjahr mit hohem Seespiegel». Am rechten Damm der Vorstreckung kommt es bei höheren Abflüssen an zwei Sektionen zum Überströmen und Schwebstoffe werden in den Bodensee entlastet. Der linke Damm wird weder bei den Referenzszenarien noch bei den Szenarien mit zusätzlichem Feinsedimenteintrag überströmt und in die Fussacher Bucht werden keine Schwebstoffe entlastet. Mit negativen Auswirkungen auf die angrenzenden Flachwasserbereiche ist daher nicht zu rechnen.

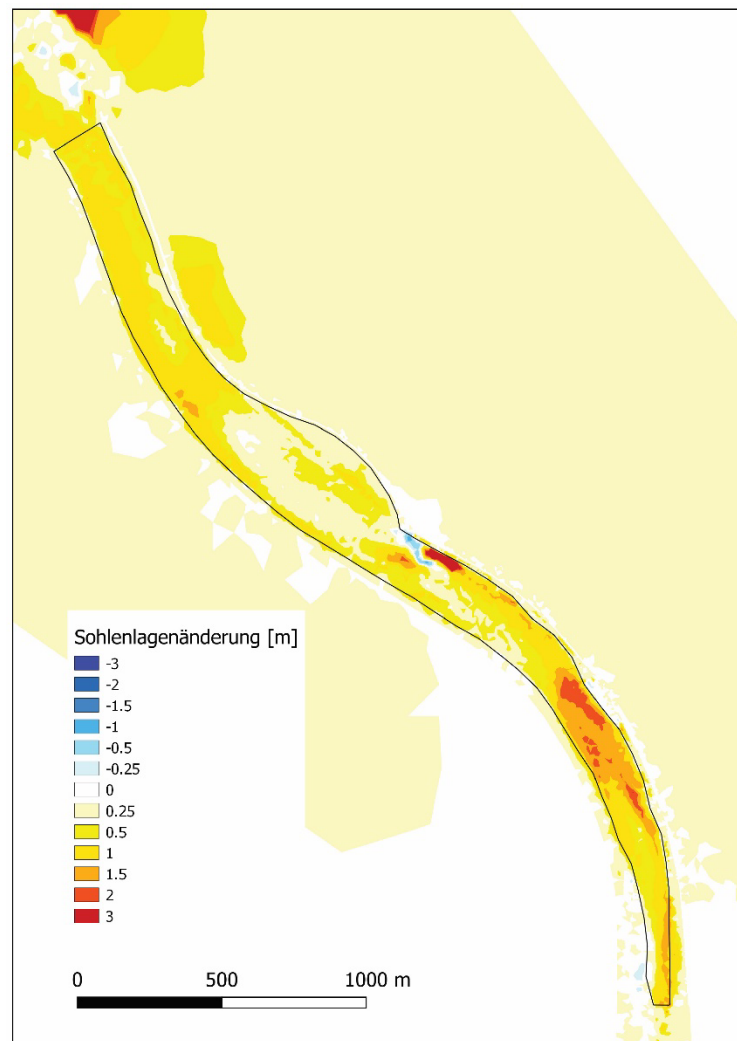


Abb. 13 Sohlenlagenänderungen in der Rheinvorstreckung beim Szenario des Hochwasserjahrs mit höchster Sedimentzufuhr im Vergleich zum Referenzszenario.

## HydroLEAP – Fischabstieg am Massongex-Bex-Rhone Kraftwerk

**Auftraggeber:** Bundesamt für Energie (BFE)  
**Projektleiter:** Dr. David Vetsch, Dr. Ismail Albayrak  
**Sachbearbeiterin:** Claudia Leuch

Innerhalb der nächsten 30 Jahre erreichen viele Wasserkraftwerke das Ende ihrer laufenden Konzession. Das Bundesamt für Energie (BFE) lancierte deshalb in Zusammenarbeit mit neun Projektpartnern das Projekt HydroLEAP, welches zum Ziel hat, unterschiedliche Aspekte der Optimierung hinsichtlich Betrieb und Umweltauswirkungen von Wasserkraftwerken zu untersuchen und so einen Beitrag zur Modernisierung der bestehenden Anlagen zu leisten.

Teil dieses Projekts ist der Untersuchungsstandort Massongex-Bex-Rhone (MBR), wo an der Rhone zwischen Martigny und dem Genfersee ein neues Niederdruck-Laufkraftwerk mit einem Ausbaudurchfluss von  $220 \text{ m}^3/\text{s}$  geplant ist (Abb. 14). An diesem Kraftwerk werden unter anderem die Massnahmen zum Fischschutz und der Fischleitung beim Abstieg untersucht. Als Abstiegshilfe ist ein sogenanntes Fischleitrechen-Bypass-System vorgesehen, wobei die Fische entlang des Leitrechens zu einem alternativen Abstiegskorridor geleitet werden. Zwei verschiedene Arten von Fischleitrechen (FLR) werden im Rahmen des Projekts betrachtet: der *Horizontal-Bar-Rack* und der *Curved-Bar-Rack*.



Abb. 14 Visualisierung des geplanten Flusskraftwerks an der Rhone zwischen Massongex und Bex; Fließrichtung von links nach rechts (Quelle: [www.palier-mbr.ch](http://www.palier-mbr.ch)).

Vom Oberwasserbereich des Kraftwerks wurde mit der Software OpenFOAM ein numerisches 3D Modell erstellt, anhand dessen folgende Punkte untersucht werden:

- Die Strömungsverhältnisse am Fischleitrechen und dessen optimale Positionierung
- Das Strömungsfeld unterhalb des Leitrechens für die verschiedenen Rechentypen und deren Einfluss auf die Turbinenanstömung
- Empfehlungen für die Optimierung des Bypass-Designs

Um eine optimale Positionierung des FLR zu finden, wurden verschiedene Varianten des Oberwasserkanals und der Anordnung der Geschiebeleitschwelle getestet. Ebenfalls wurden verschiedene Lastfälle berücksichtigt, damit die Funktionalität des FLR über ein breites Abflussspektrum sichergestellt werden kann. Bei Abflüssen über  $220 \text{ m}^3/\text{s}$  stellt die Wehrpassage einen weiteren Abstiegskorridor dar.

Um den Einfluss der Rechenstäbe auf das Strömungsfeld im Modell abbilden zu können, wurde dieser erst in einem Detailmodell untersucht und anschliessend mithilfe einer speziellen inneren Randbedingung (Bar-Rack Baffle (BRB), entwickelt an der VAW) auf das Kraftwerkmodell übertragen. Dabei soll der BRB zum einen das Strömungsfeld unterhalb des Rechens und zum anderen die Beschleunigung entlang der Rechenebene möglichst gut wiedergeben. In Abb. 15 ist das Geschwindigkeitsfeld für die Simulation mit aufgelösten Rechenstäben und mit BRB dargestellt.

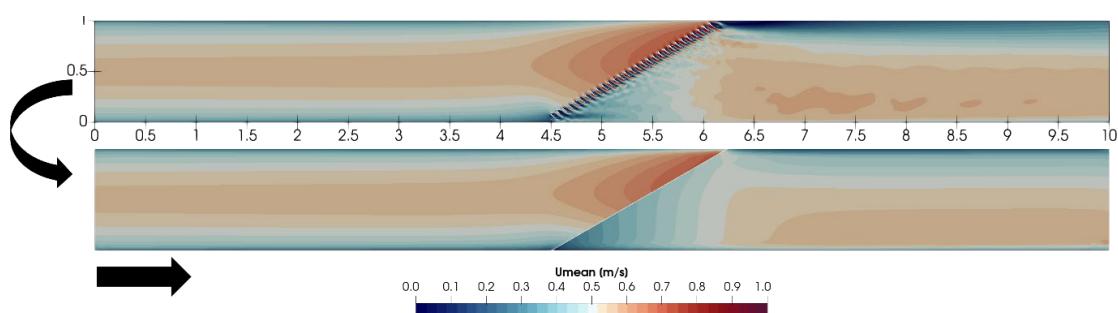


Abb. 15 Einfluss des Curved-Bar-Racks auf das Strömungsfeld: Simulation im Detailmodell mit aufgelösten Stäben (oben) und Bar-Rack Baffle (unten)

### Ecohydraulic modelling of residual flows in the Maggia river (Canton Ticino)

**Client:** Kanton Tessin, SPAAS  
**Project leader:** Dr. Davide Vanzo, Dr. David Vetsch  
**Project engineer:** Dr. Francesco Caponi

Residual flows in Switzerland have raised attention following the federal law on water protection in 1992, which demanded for the restoration of rivers impacted by water withdrawals. In Canton Ticino, the flow regime is strongly impaired in several rivers by hydropower systems that have contributed to the degradation of fluvial ecosystems of national importance over the last 50 years. Therefore, the cantonal authority has selected several reaches along the major rivers in the Canton for restoration following the art. 80 cpv. 2 of the federal law that imposes an increase of the minimum flow requirements.

To assess the ecological benefit of the modification of residual flows, the office for water protection (SPAAS) has designed a 5-years monitoring program that will be conducted until 2025 in eleven reaches of the rivers Brenno, Ticino, Maggia, and Melezza. The program includes a set of indicators to quantify changes in the ecological status of these rivers following the changes in flow regulation. The quantification of these indicators requires computing the hydraulic characteristics of the river reaches at different discharges and applying biological models based on the Habitat Suitability concept for targeted species.

In the context of this monitoring program, our scope is to model the hydraulic variables and the linked ecological indicators through the implementation of a 2D hydrodynamic numerical model (BASEMENT version 3). We investigate five reaches within the basin of the Maggia river, having different hydro-morphological conditions (Fig. 16). We simulate a range of relevant flow discharges, spanning between old and new flow regulations and accounting for other potential uncertainties for each of the river reaches. The hydraulic model will be calibrated and validated against collected water level data and with the aid of aerial images and discharge measurements at gauging stations along the Maggia river.

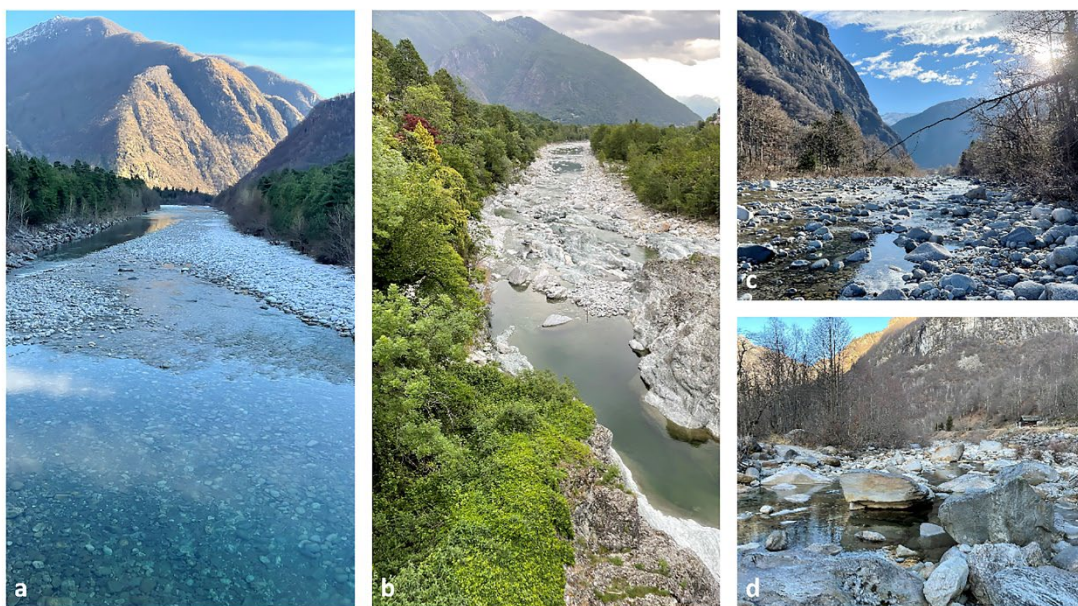


Fig. 16 Examples of the river reaches investigated in the project. a) Maggia river at Passerella Ronchini-Aurigeno, b) Melezza river from Ponte dei Cavalli, Intragna, c) Maggia river at Bignasco, d) Maggia river in Lavizzara valley (Credit: Francesco Caponi, VAW).

The application of the hydraulic models to different scenario will provide the river wetted area and the flow field (velocity and water depth, see Fig. 17 for an example), which are expected to change following the new flow releases, hence influencing the ecological value of the rivers. These hydraulic variables will also serve as basis for the habitat assessment for different target species and lifestages. The outcomes from the five different investigated reaches will provide indication of the expected potential benefits, but also allow for the identification of critical hotspots, hence, to inform further tasks of the monitoring project. Moreover, this study may offer a repeatable, comprehensive workflow, applicable to other river basins for the design of ecological monitoring programs and restoration projects.



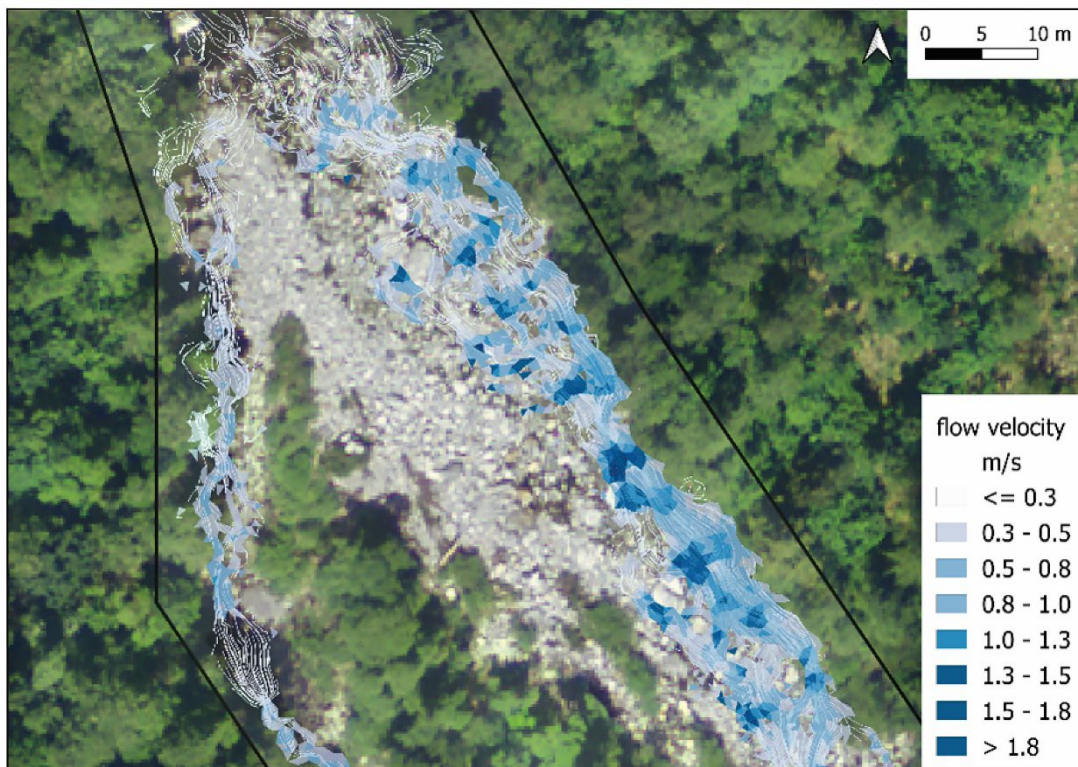


Fig. 17 Simulated flow velocity in Maggia river, Lavizzara.

### Numerische Simulation der Lettenablagerungen im Alpenrhein

**Auftraggeber:** Internationale Rheinregulierung (IRR)  
**Projektleiter:** Dr. David Vetsch, Florian Hinkelammert-Zens  
**Sachbearbeiter:** Andris Wyss, Dr. Benjamin Hohermuth

Im Rahmen des Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekts Rhesi (Hochwasserschutz fürs Rheintal) ist geplant, die aktive Gerinnebreite von heute 70-90 m auf bis zu 380 m zu erhöhen. Dazu werden die aktuell vorhandenen Mittelwuhren zurückgebaut und die Vorlandflächen reaktiviert. Der Alpenrhein verfügt über eine hohe natürliche Schwebstofffracht von durchschnittlich 1.8 Mio. t pro Jahr. Im aktuellen Zustand wird ein Grossteil dieser Schwebstoffe bis in den Bodensee transportiert. Ein Teil wird jedoch auch entlang der Mittelwuhren sowie – bei Überströmung der Wuhren infolge eines mittleren Hochwassers – auf den Vorländern abgelegt. Die so entstehenden sogenannten Lettenablagerungen müssen aktuell regelmässig geräumt werden. Ziel dieses Projekts ist es, die Veränderung der Ablagerungsdynamik durch das Projekt Rhesi und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Gewässerunterhalt und die Hochwassersicherheit abzuschätzen. In diesem Zusammenhang wird auch der Einfluss von Vegetation berücksichtigt, welche im Projekt Rhesi wieder stärker zugelassen wird. Die Untersuchungen wurden anhand eines Projektabschnitts zwischen Widnau (CH) und Höchst (AT) durchgeführt.

Der Transport und die Ablagerung von Schwebstoffen wurde mit dem 2D Modul von BASEMENT Version 3 simuliert, welche über ein Turbulenzmodell sowie ein Schwebstofftransportmodul verfügt. Das Modell wurde zuerst anhand der Fotodokumentation für das

Hochwasser 2016 im aktuellen Zustand kalibriert. Danach wurde der Schwebstofftransport für den Projektzustand Rhesi simuliert, wobei die Unsicherheiten in den Eingangsgrößen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse eingegrenzt wurden. Abschliessend wurde der Einfluss von Vegetation auf die Transportdynamik der Schwebstoffe untersucht. Dazu wurden auf Basis des Gestaltungsplans sowie Simulationen des Vegetationsaufkommens mittels BASEveg verschiedene Bewuchsszenarien gebildet. Die auf diese Weise ermittelten Bewuchsflächen wurden anschliessend ins Schwebstoffmodell übertragen, wo Vegetation lokal die hydraulische Rauheit sowie den Erosionswiderstand der Schwebstoffe erhöht.

Die Kalibrierung anhand des Hochwassers 2016 zeigt eine gute qualitative Übereinstimmung mit der Ereignisdokumentation (Abb. 18), wobei der Korndurchmesser als sensitivster Parameter identifiziert wurde. Die Simulationen für den Projektzustand nach der Umsetzung von Rhesi zeigten, dass trotz der kleineren Vorlandflächen deutlich grössere Ablagerungsvolumina zu erwarten sind. Auch an den Gerinneböschungen sowie auf einzelnen Kiesbänken wurden Schwebstoffablagerungen simuliert. Da der Transport von laufendem Geschiebe sowie die Erosion der Decksicht nicht berücksichtigt wurden, sind die Resultate im aktiven Gerinnebereich nur bedingt verlässlich. Das Aufkommen von Vegetation führt in den Simulationen zu verstärkten Ablagerungen, speziell auf Kiesbänken mit Bewuchs.

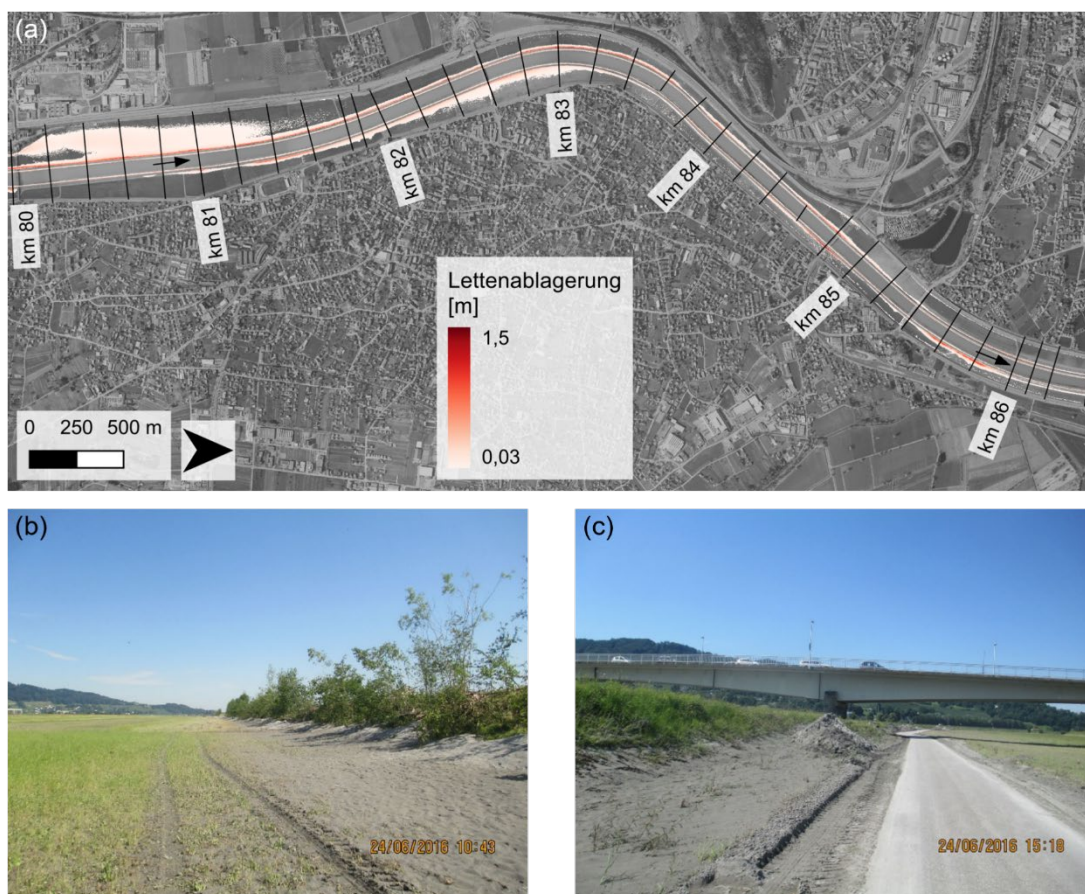


Abb. 18 (a) Simulierte Lettenablagerungen nach HW 2016 im aktuellen Zustand. Dokumentierte Ablagerung (b) Viskosefeld (Vorland links, km 80.0-km 82.0); (c) Brücke Au-Lustenau (Vorland rechts, km 82.6). Fotos: Hochwasserdokumentation 17.06.2016, IRR

## BASEbreach: Open-source simulation software for dam breach modelling

**Auftraggeber:** Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kt. Zürich

**Projektleiter:** Dr. David Vetsch

**Softwareentwickler:** Leonhard Seidelmann

BASEbreach is the successor to the *BREACH\_MACCHIONE* software and provides a graphical user interface for progressive dam breach modelling (Fig. 19). It allows for comparison of different approaches, i.e. parameter models. In addition to the original *Macchione* model, BASEbreach also implements the *AWEL*, *Peter* and *PeterCal* models, which utilise different breach geometries and reservoir volume interpretations. The *Peter* and *PeterCal* models additionally support Monte-Carlo simulations for parameter sensitivity analysis. Scenario parameters such as dam height or reservoir storage volume can be exported and reused via a project file. Model-specific parameters for erosion control can be similarly stored and reused across projects. All simulation functionality is also made available via a command line interface, allowing for integration into other workflows or frameworks. Public release of the *BASEbreach* application and source code under the GPL-3.0 license is scheduled for the end of Q1 2022.

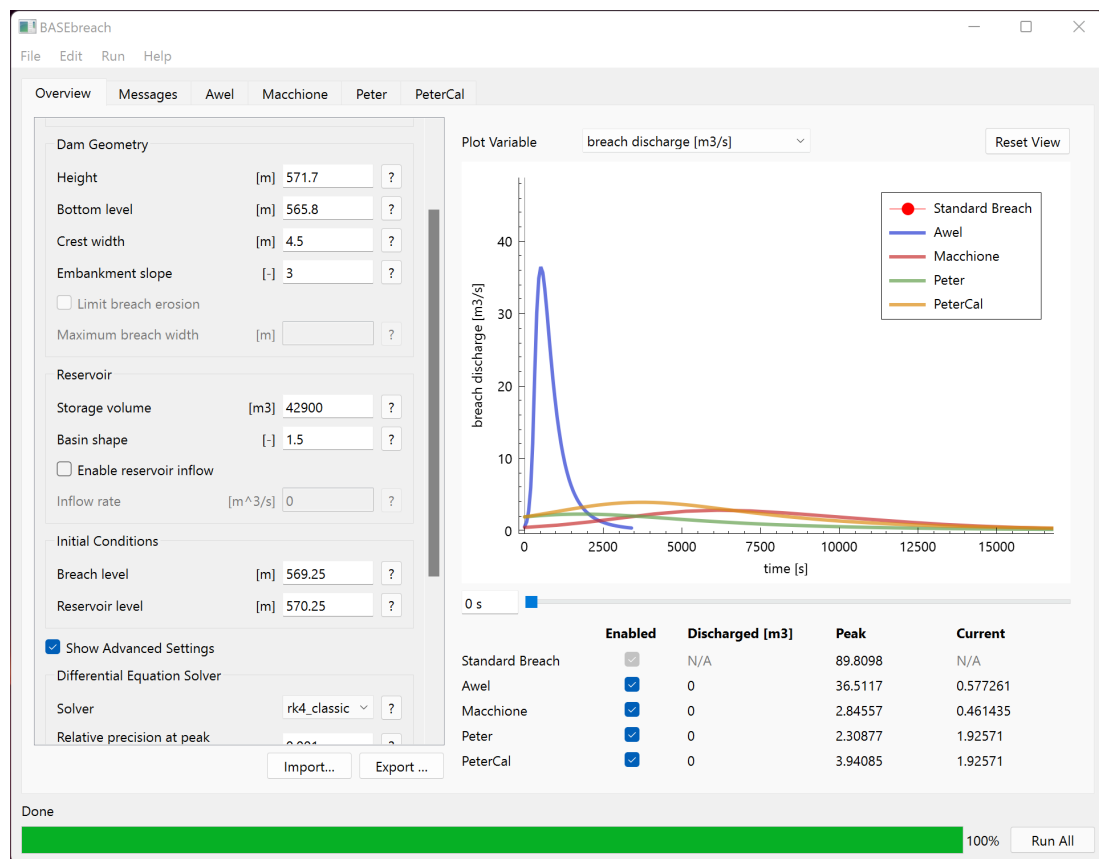


Fig. 19 Graphical user interface of BASEbreach simulation software

### 1.3.4 Glaziologie

#### **Comprehensive characterisation of a temperate Alpine glaciers internal ice structure with geophysical methods**

**Research project:** Swiss National Science Foundation (SNF)  
**Project leaders and supervisors:** Dr. Andreas Bauder, Prof. Dr. Hansruedi Maurer (D-ERDW)  
**Doctoral student:** Sebastian Hellmann

Glaciers are an integral part of the European Alps. They have been substantially forming the landscape of the mountains and are nowadays relevant for tourism and sports activities. However, since the 1980s these glaciers have been constantly retreating. As they are also an important natural freshwater reservoir that collects snow and meltwater in winter and spring and consistently release it during warmer and drier periods of the year, the retreat also has a significant impact on the water supply of regions and countries. This is especially important when considering economic aspects such as agriculture and hydropower production. Therefore, there is an increasing interest in how fast these glaciers may retreat in the future and an interest about the total volume of ice, which significantly depends on information about the bedrock topography.

Geophysical investigations of the bedrock topography require detailed information about the internal ice structure, for example water and air content in fractures and pockets, as this directly influences the velocities of acoustic or radar waves that are usually employed for these investigations. However, the ice crystal structure is often not considered and instead one assumes that the ice grains show an isotropic behaviour. Nevertheless, the crystal structure and the related elastic anisotropy may affect the velocities and thus the measurement results. The typical hexagonal structure of ice crystals may cause anisotropy effects that strongly influence the velocities of the geophysical signals. Therefore, the crystal orientation fabrics (COF) and the related anisotropy effect should be investigated in more detail for a better understanding of the ice crystal anisotropy and its impact on geophysical measurements.

In this thesis, the crystal structure of a temperate Alpine glacier was investigated with different methods to analyse the anisotropy effect on ice samples as well as in-situ measurements. In the first part, state-of-the-art analysis techniques such as optical measurements using cross-polarised light microscopy were used to determine the general COF pattern of ice samples. These representative samples were taken from an ice core drilled in the ablation zone of the temperate Rhonegletscher. The results show a multi-maximum pattern with a distinct "diamond-shape" structure throughout all ice core samples from different depths. Furthermore, the resulting COF was interpreted in the context of glacier flow together with additional information about the stress and associated strain rates at the ice core location, which were obtained from additional measurements on the glacier. In addition, the high temperatures and associated recrystallisation processes were considered as well. With this information, a self-consistent interpretation describing how the measured COF may have developed is provided.

In the second part, the ice core samples have been further investigated in ultrasonic experiments. High-frequency acoustic waves were transmitted through the ice core samples at different azimuth angles and the resulting differences in the travel times were analysed with respect to the ice crystal anisotropy. Azimuthal variations in the p-wave velocity profile

correlate with the calculated velocity profiles from the known crystal orientation fabrics. The maxima and minima along these profiles coincide for several samples, but the best fit was achieved when the size of the ice grains was small relative to the wavelength of the signal and thus the number of grains in the defined ice volume was higher. This seems to be a statistical effect, which should be further investigated on cold ice core samples where the grain size is even smaller. The experimental setup of the ultrasonic method needs to be developed further, but has already shown some significant advantages compared to the methods on ice core thin sections, such as much faster data acquisition and the potential for semi-continuous measurements along an entire ice core. However, the results are not unique and therefore, the work-intensive optical analysis techniques are still necessary for data calibration. Nevertheless, the number of samples for the optical measurements that are required for a comprehensive analysis along the cores can be significantly reduced when considering the ultrasonic experiments.

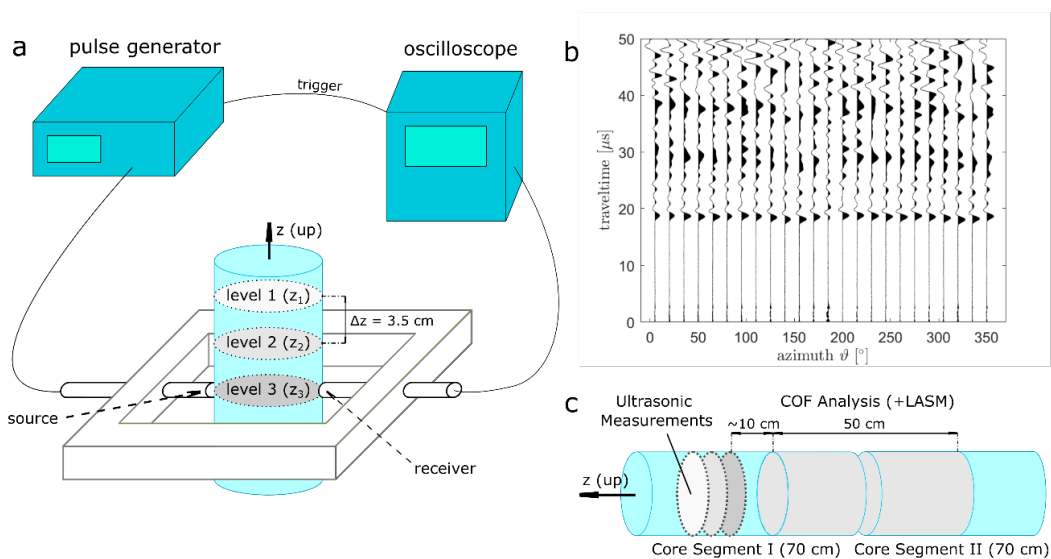


Fig. 20 (a) Schematic experimental setup for ultrasonic measurements on the ice core with tools and devices (amplifiers not shown). (b) Example dataset of seismic traces for horizontal measurements. (c) The segmentation of two adjacent ice core segments depicting the position of the ultrasonic and COF analyses.

In the third part of the thesis, results are presented for investigations whether cross-borehole geophysical experiments with GPR antennas or seismic sources and receivers are sensitive enough to detect the crystal-driven anisotropy. Details and issues arising from data acquisition in a dynamic environment are discussed and an inversion scheme accounting for deviations of the boreholes was developed. This scheme is based on an approach that describes the borehole trajectories with polynomials and thus only needs to invert for a small number of polynomial coefficients compared to the large number of source and receiver coordinates, which are usually considered as model parameters in a common coordinate inversion. In a next step, the anisotropy pattern, derived from the in-situ measurements for the upper part of the glacier, are calculated and correlated with the anisotropy obtained from the COF and ultrasonic measurements. Here, a consistent fit between the different data sets from COF-derived velocities and in-situ measurements could be shown.

The results presented in this thesis contribute to a more profound understanding of the importance of ice crystal anisotropy and its effect on geophysical measurements. A number

of suggestions and points of departure for future research projects are discussed. To sum up, the microstructural anisotropy was analysed with three different methods on different scales and all methods showed a similar anisotropy pattern that could be correlated with the COF. Nevertheless, the specific "diamond-shape" COF leads to a lower anisotropy compared to the theoretical values for single ice crystals.

### **Modelling future water contributions from three rock glaciers in the Swiss Alps**

**Research Project:** WSL research programme "Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements" (CCAMM)

**Project leaders and supervisors:** Prof. Dr. Daniel Farinotti, Dr. Matthias Huss, Dr. Marcia Phillips (SLF)

**Doctoral Student:** Luisa Pruessner

Rising temperatures and changing precipitation patterns are causing dramatic changes in high mountain environments world wide. Rising temperatures, in particular, are causing glacial mass loss and permafrost degradation globally, while changing precipitation patterns can lead to changes in the frequency and intensity of extreme drought or flooding events. Extreme drought can lead to water scarcity with potentially devastating effects on agriculture, while flooding and cascading events such as mud and debris flows can cause massive damage to property and endanger human lives. In arid high mountain regions glacial runoff can often be a primary water source (Unger-Shayesteh et al., 2013), which is threatened by the effects of climate change. In the long term, runoff from clean-ice glaciers is projected to decrease (Bliss et al., 2014) requiring communities currently relying on this water source to adapt. Less well-studied than clean-ice glaciers, rock glaciers and other permafrost bodies in high mountain regions may play a role in potential adaptation strategies. Rock glaciers, in particular, are thought to be more resilient to climate change due to their insulating blocky surface layer (R. S. Anderson et al., 2018).

This thesis focuses on understanding the thermal processes occurring within rock glaciers and developing a suitable modelling approach to simulate the long term thermal evolution of rock glaciers in high mountain environments. While good one-dimensional process based models exist and have been applied to rock glaciers (e.g. Scherler et al., 2014, Luethi et al., 2016), models that include transient processes and that can be applied at the catchment and regional scales are still lacking. Here, it is necessary to find a balance between including the important processes and maintaining a level of complexity that is manageable at the larger scale. Past research has shown that ventilation in and through the blocky surface layer of rock glaciers has a profound effect on the thermal regime of the underlying ice rich layers. Implementing these processes in a way that allows for the long-term modelling at the catchment scale provides a challenging task.

Initially, it is necessary to investigate and develop an understanding of how the ventilation processes can be represented in a model. This has been studied using the one-dimensional physics based model SNOWPACK (Pruessner et al. 2018). Three rock glacier sites in the Swiss Alps were investigated: Murtèl in the Upper Engadine (Eastern Swiss Alps), Ritigraben in the Matter Valley (Western Swiss Alps), and Schafberg in the Upper Engadine (Eastern Swiss Alps). The results of this study show that not only ventilation is important but also

the ice-content and snow cover greatly affect the modelled thermal regime of rock glaciers (Fig. 21).

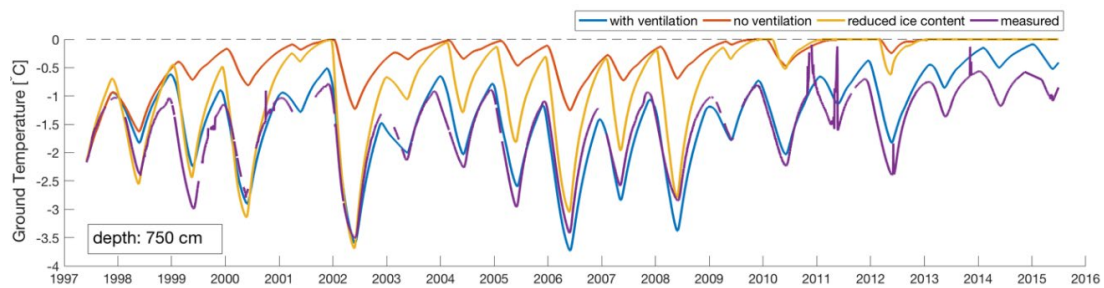


Fig. 21 Comparison between modelled (using SNOWPACK) and measured (purple) ground temperatures highlighting the effect of adding ventilation in the model (blue) compared to no ventilation (red) and reduced ice content with ventilation (yellow).

Subsequently, the insight from the first study was used to extend the existing Glacier Evolution and Runoff Model (GERM) to allow for the thermal modelling of rock glaciers. GERM provides a framework for runoff modelling in high mountain catchments and at the regional scale which has been tested in many of the world's high mountain glaciated catchments. This extended version of GERM has been extensively calibrated and tested for the three rock glaciers (Pruessner et al. 2021). Modelled ground temperature output from GERM was then compared to results obtained from SNOWPACK simulations. It was found that GERM is only slightly less accurate than SNOWPACK in reproducing subsurface permafrost temperatures in rock glaciers (Fig. 22). The advantage of requiring fewer input variables in the forcing data and the operation at the catchment scale make it an ideal candidate for investigating rock glacier evolution in the future.

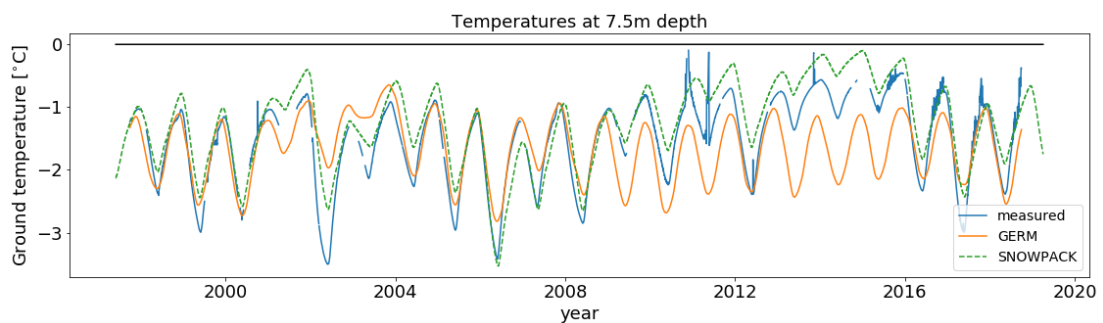


Fig. 22 Comparison between modelled (orange – GERM, green – SNOWPACK) and measured (blue) ground temperatures at Murtèl at 7.5m depth.

Lastly, the three rock glaciers were studied under the effect of future climate scenarios corresponding to a low, medium and high greenhouse gas emission scenario. For each emission scenario, climate data from 12-35 regional climate model chains were used to force GERM. Model output shows that variability of runoff contributions increases with the medium and high emission scenarios, while the low emission scenario shows little change in permafrost runoff contribution (Fig. 23). By the end of the 21st century, runoff contributions from permafrost degradation accounts for up to 5-12 % of monthly catchment runoff in an average year, and up to 50 % in extreme years for RCP 8.5.

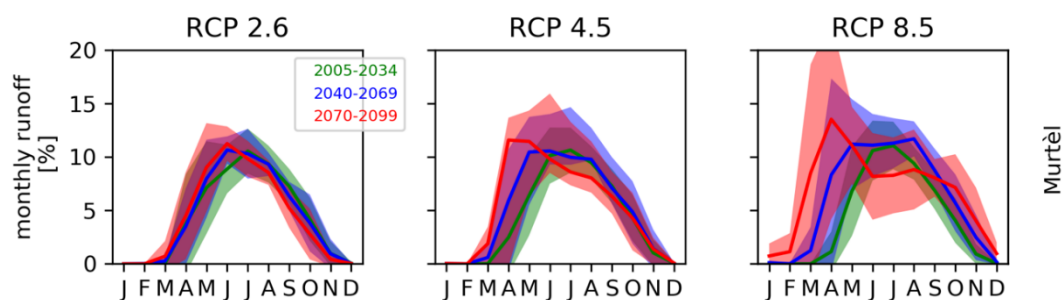


Fig. 23 30-year average monthly runoff contribution at Murtèl as a percentage of total catchment runoff for RCPs 2.6, 4.5 and 8.5.

This work contributes to the understanding of modelling requirements in order to model the thermal regime and runoff contribution of rock glaciers in the future. Furthermore, this understanding has been used to extend the modelling capabilities of GERM to allow for the simulation of a rock glacier's thermal regime and to estimate its future runoff contributions. The application of GERM was limited to three rock glacier sites within the scope of this thesis. However, the framework for modelling rock glaciers developed and presented in this thesis can be applied to the region-scale and other locations.

## References

- Bliss, A., R. Hock, and V. Radić (2014). Global response of glacier runoff to twenty-first century climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 119, 717–730.
- Luethi, R., M. Phillips, and M. Lehning (2016). Estimating Non-Conductive Heat Flow Leading to Intra-Permafrost Talik Formation at the Ritigraben Rock Glacier (Western Swiss Alps). *Permafrost and Periglacial Processes* 28, 183–194.
- Pruessner, L., M. Phillips, D. Farinotti, M. Hoelzle, and M. Lehning (2018). Near-surface ventilation as a key for modeling the thermal regime of coarse blocky rock glaciers. *Permafrost and Periglacial Processes* 29, 152–163.
- Pruessner, L., M. Huss, M. Phillips, and D. Farinotti (2021). A Framework for Modeling Rock Glaciers and Permafrost at the Basin-Scale in High Alpine Catchments. *Journal of Advance in Modeling Earth Systems* 13, e2020MS002361.
- Scherler, M., S. Schneider, M. Hoelzle, and C. Hauck (2014). A two-sided approach to estimate heat transfer processes within the active layer of the Murtèl-Corvatsch rock glacier. *Earth Surface Dynamics* 2, 141–154.
- Unger-Shayesteh, K., S. Vorogushyn, D. Farinotti, A. Gafurov, D. Duethmann, A. Mandychev, and B. Merz (2013). What do we know about past changes in the water cycle of Central Asian headwaters? A review. *Global and Planetary Change* 110, 4–25



## **Seismic monitoring and machine learning for gravitational hazards in Alpine terrain**

### **Project leaders**

**and supervisors:** Prof. Dr. Fabian Walter, Prof. Dr. Daniel Farinotti

**PhD student:** Michaela Wenner

Gravitational hazards, such as rockfalls, landslides, and debris flows in steep mountain terrain, have a high destructive potential, and play a key role in erosion and landscape evolution. Furthermore, in response to climate change, such Alpine mass movements are likely to increase in number and volume in the future. Therefore, monitoring has to be improved to warn against mass movements and mitigate more significant damage. It is crucial to obtain an insight into both the process cascade and the step-wise formation of such events. As an alternative to many conventional approaches, seismology allows monitoring of mass movements at safe distances, provides estimates of event location and timing, and gives insights into flow dynamics and rheology of granular masses. The project aims to establish automated detection and classification of seismic signals and explores the extent to which seismic signatures contain information on mass movement parameters, including flow height and volume.

This first part of the project focuses on seismic data recorded between 2017 and 2020 at Illgraben, a steep canyon located in Switzerland, which is known for its high debris-flow and rockfall activity (Fig. 24a). High rainfall intensities in summer regularly trigger mass wasting with rock-slope failure and debris flows. The frequent debris-flow occurrence (up to ten events per year) makes the Illgraben an ideal site for cross-validating seismically derived mass-movement characteristics with ground-truth data, such as digital terrain models, and other in-torrent measurements. We first focus on the high-frequency ( $> 1$  Hz) spectral content of the seismic signal and use an impact model to estimate particle sizes of debris flows (Fig. 24b,c). When focusing on small time windows of the recorded signal, the power spectral density does correlate with particle sizes estimated from video footage. Furthermore, we investigate the long period ( $> 5$  s) seismic data recorded by a broadband seismometer at Illgraben to estimate ground tilt caused by the weight of the passing mass. We correlate the observed tilt with bulk debris-flow parameters such as vertical force, and maximum flow height (Fig. 24d). The good correlation indicates that such parameters can successfully be inferred from sensors placed at a safe distance.

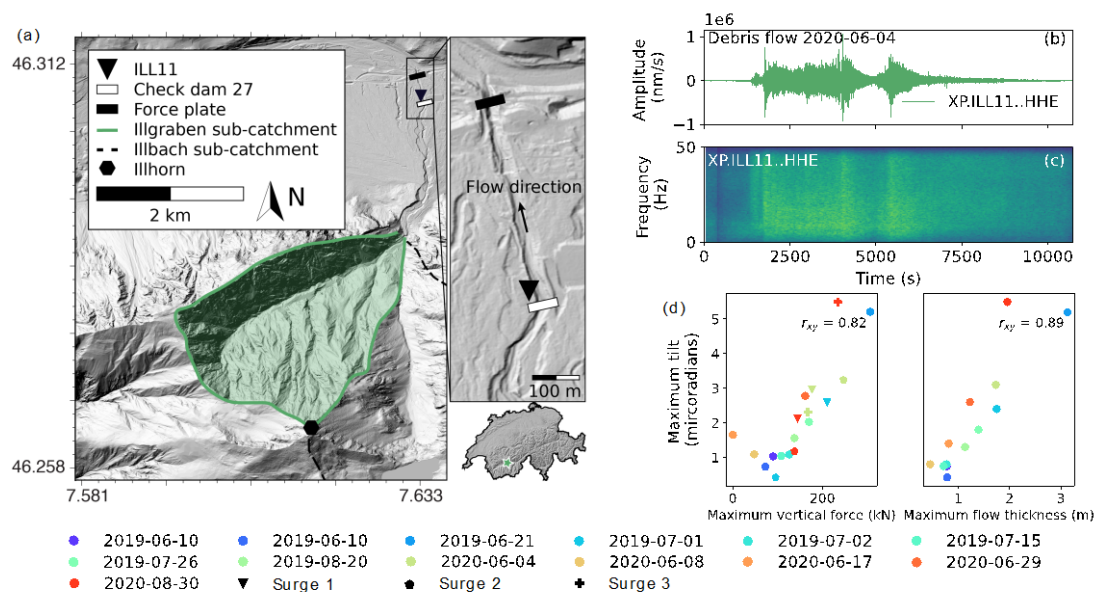


Fig. 24 (a) Illgraben catchment in southwest Switzerland. The inset panel shows a zoom-in on the debris-flow channel. In the lower right corner, a map of Switzerland is shown, with the green star denoting the location of Illgraben. The green shaded area shows the Illgraben catchment, whereas the black dashed line shows parts of the Illbach catchment. The black hexagon denotes Illhorn (2716 m asl). The black triangle denotes the location of the broadband seismometer (ILL11) located 19 m away from the centerline of the debris-flow channel. Debris flows propagate from south to north, where they discharge into the Rhone river. The black square denotes the location of the force plate (620 masl) installed 450 m downstream from station ILL11. The white square denotes check dam 27, which is located just upstream of the broadband seismometer (b) Three hours of seismic recordings of a debris flow on June 4, 2020 (east component). (c) Spectrogram of the east component of the seismic recordings shown in (b). (d) Correlation of maximum recorded tilt with maximum normal stress and maximum flow thickness at Illgraben.  $r_{xy}$  gives the Pearson correlation coefficient of the parameters with maximum tilt. Different colors denote different events. Different symbols show the correlations for different flow surges. Figure adjusted from Wenner et al., 2021b.

To investigate monitoring and near-real-time warning capabilities, we use windowed seismic data recorded near Pizzo Cengalo, a mountain located in eastern Switzerland that recently witnessed partial slope collapses up to  $3.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . To train a machine-learning classifier intended to detect seismic signals of such slope failures, we use windowed seismic data of an event catalog containing only five slope failure events. Figure 25a shows the classification scheme designed for this data set with three recording seismometers. By lowering the classification threshold for the minority class (seismic signals labeled as slope failures), we manage to obtain a prediction accuracy of 80 % for the slope failure class (Fig. 25b). In a real-world simulation, we demonstrate that by including a seismic reference station at a great distance to the area of interest ( $> 100 \text{ km}$ ), a misclassification of earthquakes as slope failures can be prevented.

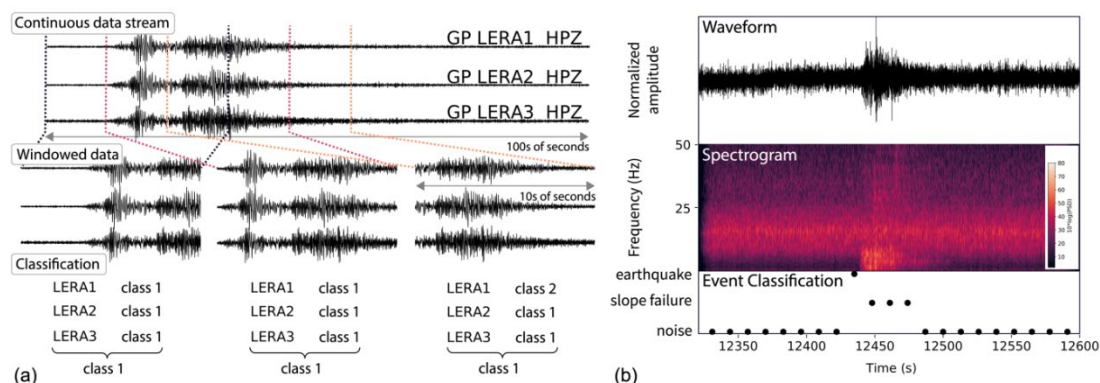


Fig. 25 (a) One-step classification scheme with continuous data stream, windowed data, classification per station and label for window, (b) Waveform, spectrogram and by the algorithm assigned classes of a slope-failure event at Pizzo Cengalo. Figure adjusted from Wenner et al., 2021a.

Finally, the approach from my Pizzo Cengalo study was transferred to Illgraben by training a classifier to detect slope-failure signals at the channel head. The channel deposits are typically remobilized during debris-flow events. Data from summer 2017 is used to train the classifier, which is subsequently applied to summer 2019. We correlate the detected events with meteorological data, such as temperature, precipitation, and atmospheric pressure. In 2019, neither atmospheric pressure nor temperature variations can be identified as clear slope failure triggers. However, precipitation and slope failure frequency show a trend indicating a non-trivial relationship. We propose that freeze-thaw cycles in winter provide loose sediment to the gullies, which gets evacuated due to pore-pressure increase during the snowmelt season and intense rainfall events. Towards the end of the season, the availability of loose sediment limits the slope failure activity.

In summary, we evaluated the capability of seismic measurements in monitoring and real-time warning of gravitational hazards and found that seismology can close the gap between traditional point-in-space and point-in-time measurements. This enhances the understanding of mass-movement triggers and dynamics. Moreover, through careful parameter choices, we showed that machine-learning techniques could give reliable slope-failure detections, enhancing operational monitoring and early warning.

Wenner, M., Hibert, C., van Herwijnen, A., Meier, L., & Walter, F. (2021). Near-real-time automated classification of seismic signals of slope failures with continuous random forests. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(1), 339-361.

Wenner, M., Allstadt, K., Thelen, W., Hirschberg, J., McArdell, B. W., & Walter, F. (2021). Seismometer records of ground tilt induced by debris flows. Under review at *Bulletin of the Seismological Society of America*.

## **Small-Scale Processes at the Glacier Bed: Stick-Slip, Crack Waves and Sliding from Surface and Borehole Observations**

**Research Project:** Stick-Slip Glide

**Project leader and supervisor:** Prof. Dr. Fabian Walter

**Doctoral Student:** Dominik Gräff

Sub-glacial processes significantly control how glaciers and ice streams move under gravity. However, these processes are far from being well understood due to the inaccessibility of the glacier bed to direct observations. Recent passive seismic studies have found frictional basal resistance revealed by microseismic stick-slip icequakes at the ice-bed interface. These observations question current parameterizations of basal sliding in large scale ice flow models which are ultimately used for predicting future global sea level rise. Although stick-slip icequakes originate at the glacier bed, most passive seismic studies rely on measurements recorded at the ice surface. Thus, due to the large source-station distance, the attenuation of ice, firn, and snow layers, and due to noise from surface crevassing and surface melt, these studies may miss important characteristics of microseismic stick-slip motion.

In his dissertation, Dominik Gräff shows how combined passive seismic monitoring and borehole geophysical measurements can be applied to overcome the limitations of previous studies and detect, measure, and characterize small scale basal processes. By analyzing microseismic stick-slip activity at the glacier bed with multi-seasonal passive seismic monitoring from the glacier surface, inter- and sub-seasonal variations in moment release were found and explained with the rate-and-state friction formalism. Three times higher effective normal stresses are expected at asperities in summer compared to winter. This results in an increase in basal resistance and suggests that summer asperities are close to the well connected subglacial water system. Another finding is, that asperities organize themselves in a state of subcriticality, where they transfer stresses between each other, preventing large ruptures.

With borehole pressure sensors installed centimeters above the partially hard bedrock, sound waves and anomalously dispersed crack wave resonances in the basal water layer could be detected. By applying a previously established theory of wave propagation along thin water filled structures, the extent and aperture of the basal water layer patch into which the borehole was drilled is calculated. Pressure drops that occur together with crack wave resonances indicate that the source mechanism causing the resonances may also open cavities at the glacier bed, as it has been predicted for stick-slip motion.

By drilling into an active microseismic stick-slip asperity at the glacier bed and placing sensors only a few meters above the fault area, source characteristics such as the size of the asperity, stress drop, and co-seismic slip distance are determined. Furthermore, microseismic stick-slip events that are observable from the glacier surface are found to actually constitute multi-asperity ruptures consisting of many much smaller asperities that rupture simultaneously.

With these studies, the dissertation of Dominik Gräff demonstrates that joint surface and borehole seismometer installations at glaciers allow for detection and in-situ measurements of small scale basal processes. Observations of these processes, and the improved understanding of their origin, abundance, and nature, reveal a new view of glacier basal motion in which the glacier bed behaves much like a tectonic fault.

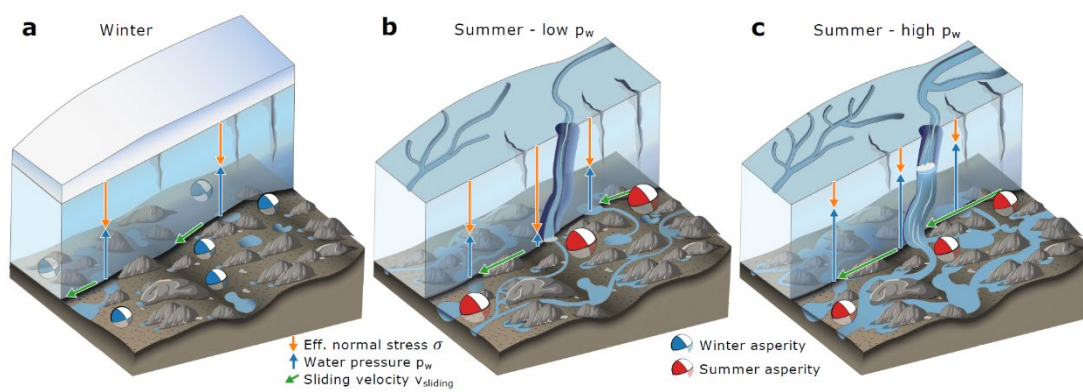


Fig. 26. Stick-slip asperities at the glacier bed. Credit: Dorde Masovic

### 1.3.5 Glacier Seismology

Between April 2015 and March 2021 VAW hosted the professorship for Glacier Seismology by Fabian Walter. Funded as a non-tenure-track SNF assistant professorship, Fabian Walter's research group focused on ice flow processes, in particularly those connected to gravitational instabilities, as well as Alpine natural hazards outside glacier environments. In order to probe the glacier subsurface structure, monitor basal sliding and study rapid mass movements in Alpine terrain, the group extensively used passive seismic measurements. Most study sites were located in the Swiss Alps, although the ice dynamic investigations, in particular, elucidated glacial processes in other places, too, like the Greenland ice sheet. A highlight of scientific activities at two key sites in Switzerland is given below.

#### BASAL SLIDING BENEATH RHONEGLETSCHER (VS)

For decades the motion of Alpine glaciers and polar ice streams over their underlying beds has been perceived as a slow and smooth process. Traditional physical descriptions of this sliding process include the viscous deformation of ice around obstacles at the glacier bed as well as thawing and refreezing cycles at the glacier sole. Frictional resistance at the ice-bed interface is typically neglected in these theories. Almost 20 years ago, the traditional view of glacier sliding was suddenly questioned by the observation of tidally modulated slip episodes of an Antarctic ice stream, which were later shown to radiate seismic energy like tectonic earthquakes (Wiens et al., 2008). Whereas traditional glacier sliding theories fail to describe this dynamic behavior, frictional processes as commonly used to model earthquake cycles can explain the quick accelerations and decelerations of these giant Antarctic ice streams.

In order to explore if frictional processes also influence or even control the ice flow of much smaller Alpine glaciers, PhD student Dominik Gräff of the glacier seismology group conducted a multi-annual project at Rhonegletscher, Valais (Abb. 27). Within this project, he studied icequakes that result from frictional sliding of the glacier over its bed on various spatial and temporal scales: From the details of individual stick-slip sliding icequakes on meter and millisecond scales, reaching to glacier-wide and multi-annual monitoring. To monitor and locate stick-slip icequakes at the glacier bed, the glacier seismology installed dozens of seismic sensors on the glacier and on the rocky moraines at the glacier's margins over the course of four years. The sensor coverage was heavily extended during two field campaigns when a fiberoptic cable was laid out along the glacier flow line, acting as thousands of seismic sensors facilitated by the distributed acoustic sensing technique (Walter et al., 2020). With the knowledge of where exactly stick-slip icequakes occur at Rhonegletscher, three hot-water-drilling summer-long field campaigns were conducted sensing stick-slip sliding regions and their surroundings in close detail and characterizing individual icequakes and their origin (Gräff et al., 2019; Gräff et al., 2021).

The results of all these studies at Rhonegletscher showed that similar to Antarctic ice streams, frictional processes participate in glacier flow, albeit in a different way: The bedrock topography and especially the occurrences of subglacial sediments define locations where basal friction can lead to stick-slip sliding, where it cannot, and also where basal sliding is frictionless as described by traditional theories. Thus the studies within the Rhonegletscher project showed that the motion of glaciers over their beds has much in common with the sliding of continental plates at tectonic faults. Locked regions, stick-slip motion at distinct patches, seismic sliding tremor, aseismic sliding, and even the substructure of stick-slip icequakes are all facets of frictional sliding at the glacier bed with analogies

at tectonic plate boundaries. The investigations on glacier basal sliding at Rhonegletscher showed that glacier sliding is not only smooth and slow, but that at specific locations, it can be sudden and jerky, calling for a physical description that includes traditional theories of glacier sliding into a wider framework with diverse sliding types.



Fig. 27 Hot water drilling at Rhonegletscher in the Kanton Valais. Credit: Dominik Gräff.

#### DEBRIS FLOW MONITORING AT ILLGRABEN (VS)

Debris flows are water-sediment mixtures, which move down steep torrents in an uncontrolled way (Iverson, 1997). They are typically triggered by heavy precipitation but can also occur as secondary processes after rock avalanches, natural sediment dam failure or glacier break-off events. In Alpine regions worldwide debris flows constitute a severe natural hazard.

In Switzerland's Canton Valais, the Illgraben torrent (Fig. 28) produces several debris flows per year and has been extensively monitored by the Swiss Federal Institute of Forest, Snow and Landscape Research WSL (Badoux et al., 2009). The torrent is an ideal natural laboratory to investigate open questions in sediment cascades and granular flow behavior, both critical concepts in the formation and dynamics of debris flows. Since 2017, the group of glacier seismology has been maintaining a network of seismometers installed within and around the Illgraben canyon. The seismic measurements serve two prime goals: First, to improve our understanding of debris flow dynamics via the analysis of seismograms of different events and, second, to devise new approaches to debris flow detection and warning, which improve current alarms based on in-torrent instrumentation in lower and accessible sections of the Illgraben.

Led by postdoc Małgorzata Chmiel, the glacier seismology group presented an innovative warning scheme for Illgraben debris flows based on realtime data streams from the

Illgraben network: Using artificial intelligence, a detection algorithm continuously scans incoming seismic data for signatures of debris flow occurrence (Fig. 28C). The approach was tested under operational conditions in 2020 and identified all 13 debris flows and sediment transporting floods. Importantly, all events were detected when the flow was still in higher regions of the catchment, which are masked from detection with conventional instrumentation (Chmiel et al., 2021).

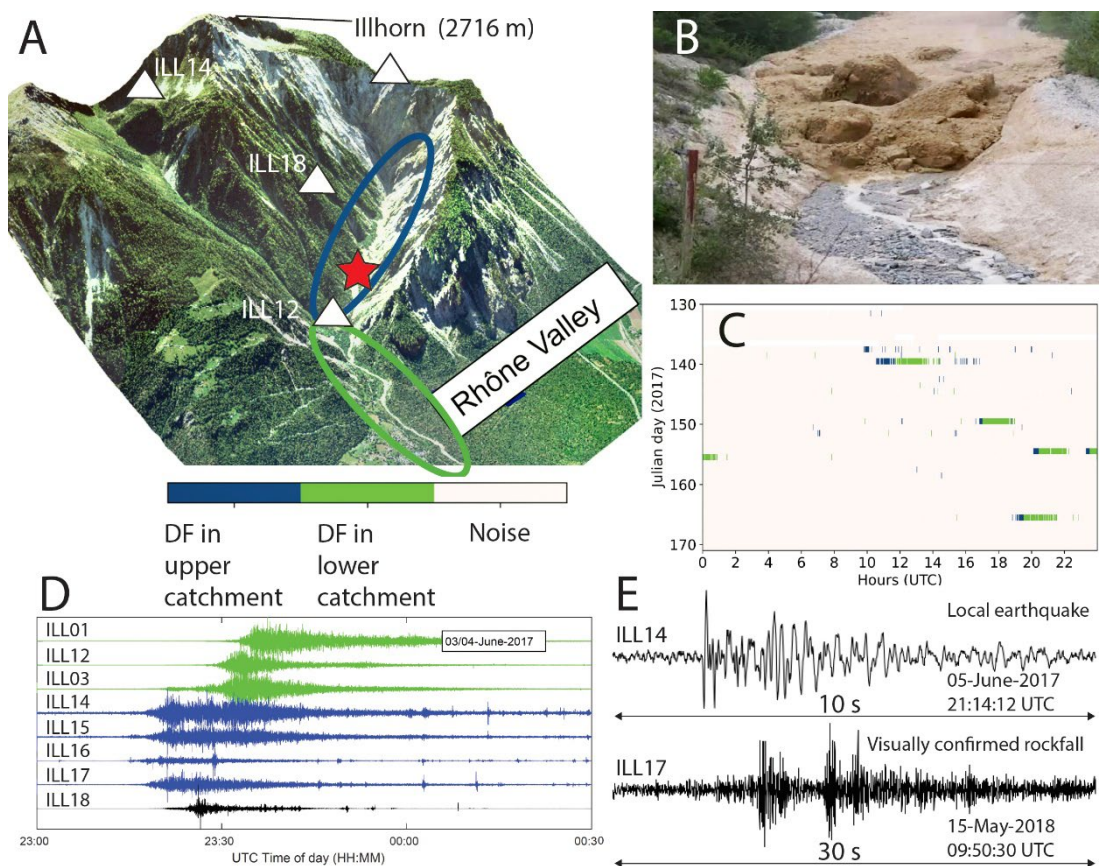


Fig. 28 (A) Illgraben catchment. The torrent parts in the upper catchment and its lower parts are circled in blue and green. The channel length in the upper catchment (blue oval) is around 2.5 km. Triangles denote selected seismometer locations and red star the highest in-torrent detection point for debris flows. (B) Debris flow front (ca. 3 m flow depth) on the lower part of Illgraben. The largest boulders have diameters of several meters. (C) Continuous classification of seismic data in 2017 using the Random Forest Algorithm (Chmiel et al., 2021). Most time windows are correctly classified as noise (skin-color pixels). Debris flows are identified by detection in the upper catchment (blue pixels) followed by detections in the lower torrent part (green pixels). Requiring consecutive detections for alarm declaration suppresses false positives. (D) Debris flow seismograms showing the front propagation from the highest stations (blue) towards Rhône Valley stations (green). (E) Seismograms of local earthquake and visually confirmed rockfall at Illgraben.



## References

- Badoux, A., Graf, C., Rhyner, J., Kuntner, R., & McArdell, B. W. (2009). A debris-flow alarm system for the Alpine Illgraben catchment: design and performance. *Natural hazards*, 49(3), 517-539.
- Chmiel, M., Walter, F., Wenner, M., Zhang, Z., McArdell, B. W., & Hibert, C. (2021). Machine Learning improves debris flow warning. *Geophysical Research Letters*, 48(3), e2020GL090874.
- Gräff, D., Walter, F., & Lipovsky, B. P. (2019). Crack wave resonances within the basal water layer. *Annals of Glaciology*, 60(79), 158-166.
- Gräff, D., Köpfli, M., Lipovsky, B., Selvadurai, P., Farinotti, D. and Walter, F. (2021). Fine structure of microseismic glacial stick-slip. *Geophysical Research Letters*, 48 (22), e2021GL096043.
- Iverson, R. M. (1997). The physics of debris flows. *Reviews of Geophysics*, 35(3), 245-296.
- Walter, F., Gräff, D., Lindner, F., Paitz, P., Köpfli, M., Chmiel, M., & Fichtner, A. (2020). Distributed acoustic sensing of microseismic sources and wave propagation in glaciated terrain. *Nature Communications*, 11(1), 1-10.
- Wiens, D. A., Anandkrishnan, S., Winberry, J. P., & King, M. A. (2008). Simultaneous teleseismic and geodetic observations of the stick-slip motion of an Antarctic ice stream. *Nature*, 453(7196), 770-774.

## 2. LEHRE

### 2.1 Neuigkeiten in der Lehre

#### Lehrveranstaltungen im Jahr 2021

Nach 20 Jahren, in welchen Dr. Gian Reto Bezzola (BAFU) die Lehrveranstaltung «Flussbau» mit viel Begeisterung gehalten hatte, wurde die Veranstaltung im Herbstsemester 2021 erstmals seit vielen Jahren wieder VAW-intern gelesen. Dr. Volker Weitbrecht, Dr. Isabella Schalko und Katharina Sperger übernahmen die Veranstaltung unter dem neuen, englischen Namen «River Engineering».

Für seine Passion, den Studentinnen und Studenten jedes Jahr von Neuem die Welt des Flussbaus näherzubringen, danken wir Gian Reto ganz herzlich.

#### Certificate of Advanced Studies (CAS) ETH in Naturgefahren-Risikomanagement

Nach einer pandemiebedingten Verschiebung aus dem Jahr 2021 beteiligten sich die Professuren der VAW im Frühjahrssemester 2022 an der von Dr. Oliver Stebler (ibk) geleiteten, erstmaligen Durchführung des [CAS ETH in Naturgefahren-Risikomanagement](#).

Im Rahmen des Moduls 2 («Naturgefahrenprozesse») wurden am 19. und 20. Mai 2021 interessierte Praxisleute aus einem interdisziplinären Berufsfeld im Online-Unterricht an spannende Themenbereiche des Schutzwasserbaus herangeführt. Der erste Veranstaltungstag wurde durch eine virtuelle Laborführung der VAW-Versuchshalle ergänzt, welche von diversen VAW-Mitarbeitenden tatkräftig unterstützt wurde.

Am 7. Juni 2021 standen im Rahmen des Moduls 3 («Naturgefahrenprozesse und Digitalisierung») die kryosphärischen Naturgefahren im Zentrum. Der Unterricht umfasste eine Einordnung der Änderungen, die in der Kryosphäre aufgrund des Klimawandels zu beobachten sind, und fokussierte anschliessend auf Gefahren, die sich aus Gletscherabbrüchen und Gletscherseeausbrüchen ergeben können. Ebenso wurden die neusten Entwicklungen im Bereich der Naturgefahrenwarnung dargelegt, wobei der Fokus sowohl auf Lawinenabgängen wie auch anderen gravitativen Naturgefahren lag.

Abgeschlossen wurde der Weiterbildungslehrgang im Juli 2021 mit einer Exkursion ins Bergell nach Bondo (Abb. 29).



Abb. 29: Exkursionsgruppe an der Bondasca vor dem Provisorium der Hängebrücke, welche Bondo infolge des Bergsturzes im August 2017 mit Promontogno verbindet (Quelle: O. Stebler)

Die erstmalige Durchführung des CAS in Naturgefahren-Risikomanagement fand grossen Anklang. Die Durchführung ist zukünftig jährlich geplant. Auch 2022 wird die VAW wieder involviert sein.

Mitwirkende seitens VAW im Jahr 2021 (alphabetisch):

- Prof. Dr. Robert Boes (Unterricht in den Bereichen «Grundsätze und Konzepte im Hochwasserschutz», «Hochwasserentlastungen» und «Überlastfall», Führung durch die VAW-Versuchshalle, Coach im Rahmen eines Praxisprojekts der Studierenden, Teilnahme an der Abschlussexkursion)
- Dr. Frederic Evers (Unterricht im Bereich «Impulswellen»)
- Prof. Dr. Daniel Farinotti (Unterricht im Bereich "Glaziologische Naturgefahren")
- Adriano Lais, Isabel Röber, Andreas Schlumpf, Andris Wyss (Führung durch die VAW-Versuchshalle)
- Katharina Sperger (inhaltliche und didaktische Begleitung des Moduls 2)
- Prof. Dr. Fabian Walter (Unterricht im Bereich «Seismogene Prozesse»: Neue Ansätze für das Überwachen von Massenbewegungen mit Seismologie, Künstlicher Intelligenz und Digitalisierung)
- Dr. Volker Weitbrecht (Unterricht im Bereich «Umgang mit Schwemmholz»)

## 2.2 Professur für Wasserbau und affillierte Lehraufträge

### Lehrveranstaltungen im Frühjahrssemester 2021

DozentIn: **Hauptverantwortliche/r DozentIn**, DozentIn VAW, Externe/r DozentIn

#### ▪ **Hochwasserschutz**

- **Prof. Dr. Robert Boes**
- *Josef Eberli (Bundesamt für Umwelt, Lehrauftrag)*

2 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 2. Semester MSc  
62 StudentInnen

#### ▪ **Physical Modelling in Hydraulics**

- **Dr. Ismail Albayrak (Lehrauftrag)**
- Dr. David Felix (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 2. Semester MSc  
8 StudentInnen

#### ▪ **Revitalisierung von Fließgewässern**

- **Dr. Volker Weitbrecht (Lehrauftrag)**
- *Dr. Martin Detert (Meisser Vermessungen AG, Lehrauftrag)*
- *Mario Kokschi (Kantonale Verwaltung Luzern, Verkehr und Infrastruktur, Lehrauftrag)*
- *Dr. Christine Weber (eawag, Lehrauftrag)*

2 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 2. Semester MSc  
46 StudentInnen

#### ▪ **River Morphodynamic Modelling**

- **Dr. David Vetsch (Lehrauftrag)**
- Dr. Davide Vanzo (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 2. Semester MSc  
38 StudentInnen

#### ▪ **Wasserbau**

- **Prof. Dr. Robert Boes**

4 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 6. Semester BSc  
142 StudentInnen

## Lehrveranstaltungen im Herbstsemester 2021

- **Binnengewässer: Konzepte und Methoden für ein nachhaltiges Management**
  - **Prof. Dr. Christoph Scheidegger (WSL, Lehrauftrag)**
  - Dr. Sabine Fink (WSL, Lehrauftrag)
  - Dr. Christine Weber (eawag, Lehrauftrag)
  - Dr. Volker Weitbrecht (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 6. Semester BSc  
16 StudentInnen
  
- **Experimental and Computer Laboratory I (1D open channel flow modelling / Hydraulic experiments)**
  - **Dr. Daniel Braun (IfU) et al.**
  - Dr. Frederic Evers (Lehrauftrag)
  - Dr. Daniel Silva Conde (Lehrauftrag)
  - Dr. David Vetsch (Lehrauftrag)

9 x 3 Std. Praktikum im 1. Semester MSc  
40 StudentInnen
  
- **Hydraulic Engineering: Selected Topics**
  - **Prof. Dr. Robert Boes**
  - Dr. Ismail Albayrak, Dr. Frederic Evers, Gregor Heyer (AFRY), Adriano Lais, Dr. Christine Weber (Eawag), Dr. Thomas Weber (Studer Engineering GmbH)

2 Std./Woche Seminar im 3. Semester MSc  
10 StudentInnen
  
- **Hydraulics of Engineering Structures**
  - **Dr. Ismail Albayrak (Lehrauftrag)**
  - Dr. Frederic Evers (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung im 1. und 3. Semester MSc  
18 StudentInnen
  
- **River Engineering**
  - **Dr. Volker Weitbrecht (Lehrauftrag)**
  - Dr. Isabella Schalko (Lehrauftrag)
  - Katharina Sperger (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 1. Semester MSc  
41 StudentInnen

- **Wasserbau II**

- **Prof. Dr. Robert Boes**

- 4 Std./Woche Vorlesung mit Übung im 1. Semester MSc
    - 42 StudentInnen

**Von der Professur herausgegebene Vorlesungsskripte**

Boes, Robert: Wasserbau	Skript
Boes, Robert: Wasserbau II	Skript
Boes, Robert; Eberli, Josef: Hochwasserschutz	Skript
Bezzola, Gian Reto: Flussbau	Skript

## Exkursionen im Frühjahrssemester 2021

- 27.04.2021 Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltung «Hochwasserschutz»  
Besichtigung des Geschiebesammlers (Abb. 30) an der Engelberger Aa (Engelberg, OW)  
Prof. Dr. Robert Boes, Josef Eberli, Paul Demuth (VAW-Assistenz) sowie 24 StudentInnen



Abb. 30 Besichtigung des Geschiebesammlers an der Engelberger Aa im Frühjahrssemester 2021.

- 29.04.2021 Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltung «Revitalisierung von Fließgewässern»  
Besichtigung diverser Baustellen und Bauwerke zum Themenschwerpunkt «Spannungsfeld zwischen Flussbau, Siedlung und Ortsbild von nationaler Bedeutung» (Sursee, LU)  
Mario Kokschi, Paul Demuth (VAW-Assistenz) sowie 17 StudentInnen

- 07.05.2021 Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltung «Wasserbau»  
Besichtigung der Baustelle des Würzenbachstollens (Luzern, LU, Abb. 31)  
Prof. Dr. Robert Boes, David Lehmann (VAW-Assistenz) sowie 14 StudentInnen



Abb. 31 Besichtigung der Baustelle des Würzenbachstollens in Luzern im Frühjahrssemester 2021.

### Exkursionen im Herbstsemester 2021

21.10.2021 Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltungen «Wasserbau II» und «Hydraulic Engineering: Selected Topics»

Besichtigung der Baustelle des Ersatzneubaus Spittallammsperre (Grimselfass, BE, Abb. 32)

Prof. Dr. Robert Boes, David Lehmann (VAW-Assistenz) sowie 28 StudentInnen



Abb. 32 Besichtigung der Baustelle des Ersatzneubaus Spittallammsperre im Herbstsemester 2021 (Foto: Besichtigung der Baustelle von der alten Mauerkrone aus).



- 17.11.2021 Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltung «River Engineering»  
Besichtigung diverser flussbaulicher Projekte am Niederwiesenbach und  
der Töss (ZH)  
Dr. Volker Weitbrecht, Dr. Isabella Schalko, Katharina Sperger, Paul De-  
muth (VAW-Assistenz) sowie 17 StudentInnen



Abb. 33 Besichtigung diverser flussbaulicher Projekte im Kanton Zürich  
(Foto: Buhne an der Töss) im Herbstsemester 2021.

- 07.12.2021 Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltung «River Engineering»  
Besichtigung der RHESI-Modellversuchshalle bei laufendem Modellbe-  
trieb (Dornbirn, AT)  
Katharina Sperger, Paul Demuth (VAW-Assistenz) sowie 7 StudentInnen

## Studentische Arbeiten

### ETH-Masterarbeiten im Frühjahrssemester 2021

(Leitung Prof. Dr. Robert Boes)

- Sarah **Arnold**: Allschwilerbach, Basel-Stadt: Ausdolungspotential und technische Machbarkeit (Betreuung: Guido Derungs, Tiefbauamt Kanton BS)
- Andrea **Bianchi**: Multipurpose reservoir at the retreating Fieschergletscher (Betreuung: Dr. David Felix, Maximilian Kastinger, Partner: Bernhard Truffer, Gommerkraftwerke AG)
- Gereon **Höfkes**: Flexible Wasserkraft: Schwall/Sunk-Sanierung mittels Grossbatterien (Betreuung: Dr. Frederic Evers, Dr. Benjamin Hohermuth, Partner: Martin Kuhn, Axpo Power AG)
- Dominik **Hunziker**: Revitalisierung Töss «Toniwald» Wila / Turbenthal (Betreuung: Katharina Sperger, Partnerin: Simone Messner, AWEL)
- Aline **Kaiser**: Wirtschaftlichkeit des Ausbaus von Wasserkraft-Speicherseen in der Schweiz (Betreuung: Dr. David Felix, David Lehmann, Partner: Jonathan Fauriel, Alpiq SA)
- Manuel **Keller**: Investigation of the fish reaction to pulsed direct current electric fields for electrified fish guidance structures (Betreuung: Anita Moldenhauer)
- Gioele **Maddalena**: Photovoltaics and Hydropower Reservoirs in Switzerland – Synergies and Potential (Betreuung: Dr. Benjamin Hohermuth, Dr. Frederic Evers, Partnerin: Dr. Annelen Kahl, WSL-SLF)
- Larissa **Schudel**: Wasserkraftpotential an Niederdruckanlagen infolge dynamischer Stauzielregelung (Betreuung: Dr. Frederic Evers, Dr. David Vetsch, Partner: Andreas Doessegger, Limmatkraftwerke AG)
- Michael **Theiler**: Wirtschaftlichkeit des Ausbaus von Wasserkraft-Speicherseen in der Schweiz (Betreuung: Dr. David Felix, David Lehmann, Partner: Jonathan Fauriel, Alpiq SA)
- Mathias **Weise**: Numerical modelling of sedimentation at Shihimen Reservoir in Taiwan (Betreuung: Dr. Ismail Albayrak, Dr. David Vetsch, Partner: Dr. Jihn-Sung Lai und Dr. Fong-Zuo Le, National Taiwan University NTU)

### ETH-Masterarbeiten im Herbstsemester 2021

(Leitung Prof. Dr. Robert Boes)

- Miriam **Altmann**: The role of engineered logjams in river morphodynamic processes (Betreuung: Dr. Isabella Schalko, Dr. Davide Vanzo, Partner: Dr. Daniel Valero, IHE Delft)
- Felix **Bross** (KIT): Impulse waves at shallow impact angles (Betreuung: Dr. Frederic Evers, Maximilian Kastinger, Partner: Dr. Helge Fuchs, BFE)

- Chenran **Du** (MSc Energy Science and Technology): Numerical modelling of lift and drag forces on large boulders (Betreuung: Yannick Marschall)
- Reto **Keller**: Hochwasserschutz Lauerzersee (Betreuung: Paul Demuth, Partner: Dr. Lukas Schmockler, Basler & Hofmann AG)
- Marlene **Scholz** (Universität Stuttgart): Entwicklungsmöglichkeiten des Reussdeltas im Kanton Uri (Betreuung: David Lehmann, Partner: Marc Risi, Amt für Umweltschutz Kanton Uri)
- Dany **Suter**: Effect of built-in macro roughness elements on bed load transport in high-speed flows over a fixed bed (Betreuung: Dr. Ismail Albayrak)
- Stéphane **Vuilleumier**: Hochwasserschutz Flaach – Flaacherbach / Volkemerbach (Betreuung: David Lehmann, Partner: Marc Autenrieth, AWEL)
- Nicolas **Zenhäusern**: Hochwasserschutz Flaach – Flaacherbach / Volkemerbach (Betreuung: David Lehmann, Partner: Marc Autenrieth, AWEL)

#### **ETH-Bachelorarbeiten im Frühjahrssemester 2021**

**(Leitung: Prof. Dr. Robert Boes)**

- Leo **Basig** (D-USYS), Alain **Duss**: Greenhouse gas emissions from Swiss storage reservoirs (Betreuung: Fiona Maager)
- Flavia **Caprez**, Janine **Vögele**: Einsatz verschiedener Wasserschlostypen in der Ostschweiz (Betreuung: David Lehmann)
- Dominic **Fehr**, Laurin **Nüesch**: Greenhouse gas emissions from Swiss storage reservoirs (Betreuung: Fiona Maager)
- Leander **Hollinger**, Nadia **Schib**: Einsatz verschiedener Wasserschlostypen in der Ostschweiz (Betreuung: David Lehmann)
- Salome **Morf**: Einsatz verschiedener Wasserturbinen an Schweizer Wasserkraftanlagen (Betreuung: Maximilian Kastinger)
- Andreas **Mühlmann**: Einsatz verschiedener Wasserturbinen an Schweizer Wasserkraftanlagen (Betreuung: Paul Demuth)
- Felix **Unterberger** (TH Nürnberg): Electrified fish guidance racks – scaling and operational aspects (Betreuung: Anita Moldenhauer)

#### **ETH-Bachelorarbeiten im Herbstsemester 2021**

**(Leitung: Prof. Dr. Robert Boes)**

- Simon **Rohrbach**: Vergleich von Batterie- und Pumpspeichertechnologien (Betreuung: Maximilian Kastinger, Partner: Andreas Stettler, SWV)

**ETH-Projektarbeiten im Frühjahrssemester 2021****(Leitung: Prof. Dr. Robert Boes)**

- Luisa **Albertini**, Alessandro **Allenspach**, Petra **Rüegger**: Mehrzweck-Speicherkraftanlage am Grindelwaldgletscher (Betreuung: Dr. David Felix, Paul Demuth, Partnerin: BKW Energie AG)
- Miriam **Altmann**: 3D-Point Cloud and Mesh Models of Large Wood (LW) Accumulations (Betreuung: Dr. Gabriel Spreitzer)
- Ezio **Bonetti**, Simone **Lucini**, Nicolas **Neff**: Mehrzweck-Speicherkraftanlage am Grindelwaldgletscher (Betreuung: Dr. David Felix, Paul Demuth, Partner: Thomas Richli, BKW Energie AG)
- Selin **Eberli**, Sacha **Eggenberger**, Jan **Hess**: Hochwasserschutz und Revitalisierung Surb in Schleinikon (ZH) (Betreuung: Paul Demuth)
- Valentin **Gall**, Marcell **Gáspár**, Gabriel **Marc**: Wasserkraftausbaumöglichkeiten im oberen Turtmantal (Betreuung: Dr. David Felix, David Lehmann, Partner: Jonathan Fauriel, Alpiq SA)
- Jonathan **Rimle**: Hydrodynamische Prozesse aufgrund von Teilverkläunungen in Flüssen (Betreuung: Dr. Isabella Schalko)

**ETH-Projektarbeiten im Herbstsemester 2021****(Leitung: Prof. Dr. Robert Boes)**

- Simon **Constantin**: Wirtschaftlichkeit des Ausbaus von Wasserkraft-Speicherseen in der Schweiz (Betreuung: David Lehmann)
- Johrina **Cron**, Sämi **Holenstein**: Entwicklungsmöglichkeiten des Reussdeltas im Kanton Uri (Betreuung: David Lehmann, Partner: Marc Risi, Amt für Umweltschutz Kanton Uri)
- Tabea **Donauer**: Numerische Analyse mit OpenFOAM bei einer Flusskrümmung und einem Querungsbauwerk (Betreuung: Sarah Simonett und Andreas Huwiler, EBP Schweiz AG)
- Tobias **Filiberti**: Vergleich von Batterie- und Pumpspeichertechnologien (Betreuung: Maximilian Kastinger, Partner: Andreas Stettler, SWV)
- Nathalie **Flury**, Shayna **Lindemann**: Co-evolution of riparian vegetation and fluvial landforms in the Maggia valley (TI) (Betreuung: Dr. Davide Vanzo, Dr. Francesco Caponi)
- Andrea **Genini**, Christina **Lott**: Ökologische Aufwertung der Sihl, Sihlwald (Betreuung: Paul Demuth, Partner: Adrian Stucki, AWEL)
- Sabrina **Jörg**: Hochwasserschutz Lauerzersee (Betreuung: Paul Demuth, Partner: Dr. Lukas Schmockler, Basler & Hofmann AG)

- Michael **Looser**, Sascha **Meierhans**: Modelling the 2D Spatiotemporal Thermal Variability in the Maggia River (CH, TI) (Betreuung: Dr. Davide Vanzo, Dr. Francesco Caponi)
- Lea **Stalder**: Experimentelle Untersuchung von gebauten Stufen-Becken-Abfolgen (Betreuung: Fiona Maager)
- Gabor **Süss**: Schwemmholtzrechen Hornbach (Betreuung: Dr. Isabella Schalko, Partner: Dr. Lukas Schmockler, Basler & Hofmann AG)
- Rachel **Wenger**: Reconstructing 3D trajectories of logs in rivers from smart sensor data (Betreuung: Dr. Gabriel Spreitzer)
- Joël **Wittmann**: Ermittlung des natürlichen Unterstandangebotes als Referenz für Revitalisierungen (Betreuung: Dr. Christine Weber, eawag)

## 2.3 Professuren für Glaziologie und Gletscherseismologie an der ETH Zürich

### Lehrveranstaltungen im Frühjahrssemester 2021

DozentIn: **Hauptverantwortliche/r DozentIn**, DozentIn VAW, Externe/r DozentIn

- **Field Course Glaciology**
  - **Dr. Andreas Bauder (Lehrauftrag)**
  - Prof. Dr. Daniel Farinotti
  - Dr. Mauro Werder (Lehrauftrag)

1 Woche Blockkurs im MSc

15 StudentInnen

### Lehrveranstaltungen im Herbstsemester 2021

- **Applied Glaciology**
  - **Prof. Dr. Daniel Farinotti**
  - Dr. Mauro Werder (Lehrauftrag)
  - Dr. Andreas Bauder (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung im 3. Semester MSc (zusätzlich selbstständige Arbeit)  
67 Studierende
  
- **Kryosphäre**
  - **Dr. Matthias Huss (Lehrauftrag)**
  - Prof. Dr. Daniel Farinotti
  - Dr. Andreas Bauder (Lehrauftrag)

2 Std./Woche Vorlesung im 5. Semester BSc  
71 StudentInnen
  
- **Physics of Glaciers**
  - **Dr. Martin Lüthi (Geographisches Institut, Universität Zürich)**
  - Dr. Mauro Werder (Lehrauftrag)
  - Dr. Fabian Walter (Lehrauftrag)

3 Std./Woche Vorlesung im MSc  
30 StudentInnen

- **Seminar in Glaciology**
  - **Dr. Andreas Bauder (Lehrauftrag)**
  - Dr. Mylène Jacquemart
  - Dr. Malgorzata Chmiel, Loris Compagno, Aaron Cremona, Dominik Gräff, Erik Holmlund, Romain Hugonnet, Christophe Ogier, Jane Walden, Yufang Zhang

2 Std./Woche Vorlesung im MSc  
12 StudentInnen
  
- **Seminar für Bachelor-StudentInnen: Atmosphäre und Klima**
  - **Dr. Hanna Joos (IAC)**
  - *Prof. Dr. Thomas Peter (IAC), Prof. Dr. Sebastian Schemm (IAC), Prof. Dr. Heini Wernli (IAC), Prof. Dr. Ulrike Lohmann (IAC), Prof. Dr. Christoph Schär (IAC), Prof. Dr. Reto Knutti (IAC), Prof. Dr. Sonia Seneviratne (IAC), Prof. Dr. David Bresch (IAC), Dr. Andreas Bauder (Lehrauftrag)*

2 Std./Woche Seminar im BSc  
17 StudentInnen
  
- **Solving Partial Differential Equations in parallel on GPUs**
  - **Dr. Ludovic Räss (Lehrauftrag)**
  - *Dr. Samuel Omlin, SCSC (Lehrauftrag)*
  - Dr. Mauro Werder (Lehrauftrag)

4 Std./Woche Vorlesung und Übung im MSc  
16 StudentInnen

## Exkursionen im Herbstsemester 2021

24.11.2021/  
15.12.2021      Exkursion zur Forschungsstation auf dem Jungfrauoch (Abb. 34) im Fach Applied Glaciology

Jeweils drei Begleitpersonen und total 74 StudentInnen



Abb. 34      Besichtigung der Forschungsstation auf dem Jungfrauoch im Herbstsemester 2021.

## Studentische Arbeiten

### ETH-Masterarbeiten im Frühjahrssemester 2021

- Aaron **Cremona**: Testing drones and computer vision for acquiring glacier melt observations (Leitung: Prof. Dr. Daniel Farinotti, Betreuung: Johannes Landmann)
- Lena **Straumann**: L-band radiometry for detecting englacial water pockets? (Leitung: Prof. Dr. Daniel Farinotti, Betreuung: Dr. Derek Houtz (WSL))
- Zhouyi **Xiong**: Large-scale snow depth mapping from moderate resolution satellite imagery (Leitung: Prof. Dr. Daniel Farinotti, Betreuung: Romain Hugonnet)

### ETH Masterarbeit im Herbstsemester 2021

- Manuela **Köpfli**: Tremor seismicity at the base of an Alpine glacier (Leitung: Dr. Fabian Walter, Betreuung: Dominik Gräff)
- Michael **Krucker**: Influence of climate variables and model choice on glacier and runoff projections on Findelgletscher (Leitung: Prof. Dr. Daniel Farinotti, Betreuung: Jane Walden)
- Gabriel **Marc**: Estimating future glacier runoff at hourly timescales with analogues (Leitung: Prof. Dr. Daniel Farinotti, Betreuung: Jane Walden)



- Annegret **Pohle**: Developing a high-performance subglacial drainage model for the GPU (Leitung: Prof. Dr. Hansruedi Maurer, Betreuung: Dr. Mauro Werder, Dr. Ludovic Räss)

#### **ETH-Bachelorarbeiten im Frühjahrssemester 2021**

- Naomie **Bürki**: Gletschergefahren: Ereignisanalyse in der Schweiz. (Leitung und Betreuung: Dr. Matthias Huss)
- Rebekka **Estermann** and Tim **Steffen**: An assessment of future glacier lakes in Switzerland. (Leitung und Betreuung: Prof. Dr. Daniel Farinotti)
- Livia **Hess**: Towards an assessment of the 2020 ice break-off event at Chuebodengletscher, Switzerland (Leitung und Betreuung: Prof. Dr. Daniel Farinotti)
- Andrin **Jörmann**: Surface ablation on Silvretta and Rhone glaciers (Leitung und Betreuung: Dr. Fabian Walter)

#### **ETH Projektarbeit im Frühjahrssemester 2021**

- Jonas **Junker**: Broadband seismometer analysis of basal microseismic stick-slip events at Rhonegletscher (Leitung: Prof. Dr. Farinotti, Betreuung: Dominik Gräff)

### 3. VERANSTALTUNGEN

#### 3.1 BASEMENT-Anwendertreffen 2021

28. Januar 2021, online

**Organisatoren:** VAW, ETH Zürich und Fachstelle Wasserbau des Instituts für Bau und Umwelt, Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil

**Teilnehmer:** 230 Personen aus Praxis und Forschung

Das 6. Anwendertreffen zur BASEMENT-Software wurde aufgrund der Covid-19-Situation zum ersten Mal online via Zoom und auf Englisch (wahlweise auf Deutsch) durchgeführt. Dadurch konnten deutlich mehr Interessierte teilnehmen als üblicherweise vor Ort. Mit 230 Teilnehmern (die mittlere Anzahl der über den Tag zugeschalteten Teilnehmer war ca. 160) aus drei Kontinenten wurden alle vorangehenden Anwendertreffen übertroffen. Das Programm des Anwendertreffens wurde wiederum zu einem grossen Teil durch Beiträge der Benutzer (Fallbeispiele und Erfahrungen) gestaltet. Das Programm bestand aus elf Beiträgen aus den Bereichen Morphodynamik von Fließgewässern, Gefahrenbeurteilung und Flussrevitalisierung. Unter anderem wurden die Langzeitauswirkungen von Wasserkraftwerken auf den Sedimenttransport, die Simulation von Hochwasserrückhaltebecken und Revitalisierungsprojekte an der Limmat und der Rhone präsentiert.

Am Treffen von 2021 wurde eine Umfrage zur Herkunft der Teilnehmer und der Verwendung der beiden Softwareversionen durchgeführt. Die Antworten zeigen, dass sich die Anwendung der Software international weit verbreitet hat und dass die Verwendung der Version 3 deutlich zugenommen hat. Dennoch überwiegt die etablierte Arbeitsweise mit der Version 2.8.

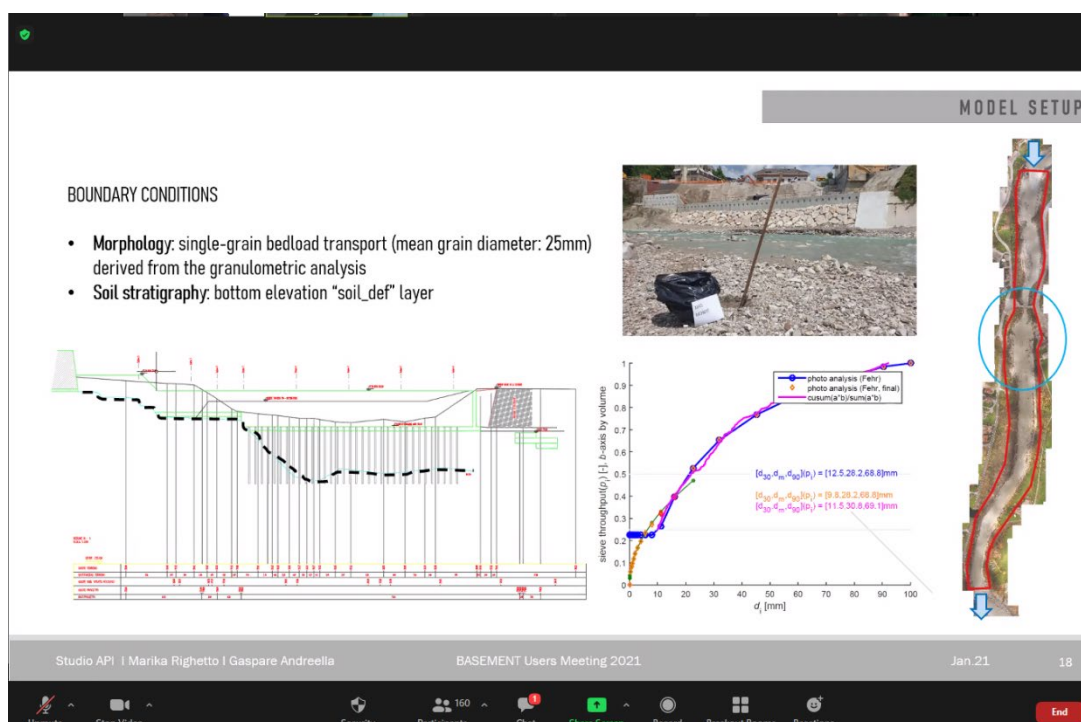


Abb. 35 Screenshot BASEMENT Anwendertreffen per Zoom.

### 3.2 Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen

26. August 2021, Naters / Brig

**Organisatoren:** VAW, ETH Zürich und Kompetenzzentrum Fluidmechanik und Hydromaschinen, Hochschule Luzern

**Teilnehmer:** 82 Personen aus Praxis und Forschung

Die Fachtagung "*Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen*" wurde von der VAW gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum Fluidmechanik und Hydromaschinen der Hochschule Luzern im World Nature Forum in Naters (VS) durchgeführt. Der Veranstaltungsort wurde nicht zufällig gewählt, befinden sich doch im Kanton Wallis mit seiner imposanten Bergwelt zahlreiche Mittel- und Hochdruck-Wasserkraftanlagen mit diesem Turbinentyp. An der Tagung wurden die Hydroabrasion an Pelton-Turbinen sowie die damit einhergehenden Wirkungsgradänderungen und wirtschaftlichen Folgen vor allem anhand der Methoden und Ergebnisse der seit 2012 laufenden Studie am Kraftwerk Fieschertal präsentiert und diskutiert. Speziell wurde auf verschiedene Messmethoden zum Schwebstoffmonitoring und zur Quantifizierung der Abrasion an den Laufradbechern eingegangen. An folgenden fünf Tagungsbeiträgen waren Mitarbeiter der VAW (Prof. Dr. Robert Boes und Dr. David Felix) beteiligt:

- 1) Umgang mit Sedimenten an Wasserkraftanlagen;
- 2) Übersicht und Beschreibung des Kraftwerks Fieschertal;
- 3) Schwebstoffmessungen und Sedimentfrachten;
- 4) Abschätzung der Turbinenabrasion;
- 5) Ausserbetriebnahmen während Hochwasser.

Die Tagung wurde von 82 Personen aus der Schweiz, Österreich, Deutschland und Italien besucht. Unter den Teilnehmern waren vor allem Ingenieure und Wissenschaftler von Kraftwerksbetreibern, Ingenieurbüros, Turbinen- und Messgeräteherstellern sowie Hochschulen (Abb. 36). In der Diskussion im Anschluss an die Vorträge berichteten einige Kraftwerksbetreiber über Erfahrungen im Umgang mit Sedimenten und Turbinenabrasion an ihren Anlagen. Insbesondere die praxisnahen Monitoring-Methoden, die Möglichkeit der Betriebsoptimierung durch vorübergehende Kraftwerksabstellungen während aussergewöhnlich hohem Schwebstoffaufkommen (Gewittern), sowie die gesamthafte Betrachtung des Feinsedimentmanagements an Wasserkraftanlagen stiessen auf reges Interesse.



Abb. 36 Fachtagung "Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen" vom 26.08.2021 in Naters, u.a. mit Vorträgen von Prof. Dr. Robert Boes und Dr. David Felix von der VAW sowie André Abgottspon von der Hochschule Luzern.

### 3.3 Wasserbausymposium 2021

15.-17. September 2021, Zürich

**Organisator:** VAW, ETH Zürich

**Teilnehmer:** 200 Personen aus Praxis und Forschung

Nach einer über einjährigen pandemiebedingten Verschiebung konnte die 20. Ausgabe des Wasserbau-Symposiums 2021 vom 15. bis 17. September 2021 auf dem Hänggerberg durchgeführt werden. Die Veranstaltungsreihe wird im zweijährlichen Turnus abwechselnd von der Technischen Universität München, der Technischen Universität Graz und der ETH Zürich organisiert. Die diesjährige Veranstaltung stand unter dem Titel «Wasserbau in Zeiten von Energiewende, Gewässerschutz und Klimawandel» und stiess damit bei den über 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmern auf grosses Interesse (Abb. 37). Um der grossen Bandbreite an eingereichten Beiträgen gerecht zu werden, wurden diese in die Themen Wasserkraft, Naturgefahren und Hochwasserschutz, Flussökologie und -morphologie sowie

wasserbauliches Versuchswesen eingeteilt. Während den zweieinhalb Tagen konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer 36 Präsentationen und Keynotes in acht Sessions besuchen.



Abb. 37 Vorträge und Diskussion im HCI.

Neben den Diskussionsrunden im Anschluss an die Sessions sowie in den Pausen blieb den Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch während des Rahmenprogramms ausreichend Zeit für den fachlichen und privaten Austausch. Am ersten Tag fanden nach den Präsentationen das Grillfest (Abb. 38) sowie eine Hallenführung statt. Das kühle und regnerische Wetter konnte die gute Stimmung unter dem HIA-Gebäude nicht trüben. Rund 140 Personen nahmen an Hallenführung und Grillabend teil. Ebenso viele Teilnehmerinnen und Teilnehmer fanden sich zur Abendveranstaltung am zweiten Abend im traditionellen Zunfthaus zur Meisen in der Züricher Innenstadt ein. Begleitet wurde der Abend vom Zauberer Iarrera.



Abb. 38 Grillabend unter dem HIA am ersten Abend.

Am Nachmittag des dritten Tages des Wasserbau-Symposiums 2021 fand die bereits frühzeitig ausgebuchte Exkursion statt. Rund 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer fuhren dazu zuerst zum Schwemmholzrechen an der Sihl (Abb. 39). Bei sonnigem Wetter erläuterten die Experten des AWEL die Funktionsweise des Rechens sowie erste Erkenntnisse zu dessen Betrieb aus den vergangenen Jahren. Anschliessend wurde einer der grössten Fischleitrechen in Europa am Laufwasserkraftwerk Dietikon an der Limmat besichtigt.



Abb. 39 Besichtigung des Schwemmholzrechens an der Sihl.

Dank der grosszügigen finanziellen Unterstützung der Sponsoren, der tatkräftigen Mithilfe der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der VAW und der Flexibilität der Teilnehmerinnen und Teilnehmer können wir auf eine erfolgreiche Veranstaltung zurückblicken. Nach langer Durststrecke ohne physische Veranstaltungen ergab sich während dem Wasserbau-Symposium 2021 die Möglichkeit, neue Kontakte zu knüpfen und alte Kontakte zu pflegen. Wir danken allen Beteiligten herzlich!

### 3.4 Besuche und Führungen

Die VAW bietet Führungen durch die Versuchshalle an, um StudentInnen und SchülerInnen sowie Fachleuten und interessierten Laien einen Einblick in die Forschung des Instituts zu ermöglichen. In den Führungen werden laufende Projekte anhand von physikalischen Modellen vorgestellt und der Versuchshallenbetrieb erläutert. Die Führungen finden allgemein einen grossen Anklang.

Im Jahr 2021 fanden 18 Führungen vor Ort oder online statt; insgesamt nahmen rund 400 Personen an den Führungen teil.

#### Führungen durch die Versuchshalle

23.02.2021	Öffentliche Führung für ETH Services; 26 Personen
28.04.2021	StudentInnen Bauingenieurwesen der ZHAW; 13 Personen
04.05.2021	StudentInnen der Vorlesung Hochwasserschutz; 15 Personen
12.05.2021	StudentInnen der Vorlesung Physical Modelling in Hydraulics; 10 Personen
19.05.2021	CAS Naturgefahren; 17 Personen
20.05.2021	StudentInnen der Vorlesung Wasserbau; 50 Personen
14.06.2021	Academia International School Zürich; 10 Personen
25.06.2021	Schweizerische Fachschule TEKO; 13 Personen
22.07.2021	Gruppe Prof. Supponen (D-MAVT); 10 Personen
27.08.2021	Jahrgangstreffen Bauingenieure 1980/81; 27 Personen
03.09.2021	Weiterbildungskurs GeomatikerInnen; 8 Personen
09.09.2021	Internationale Rheinregulierung; 10 Personen
15.09.2021	Wasserbausymposium; 100 Personen
29.09.2021	D-ARCH; 35 Personen
20.10.2021	Georg Fischer AG (via D-MTEC); 10 Personen
01.12.2021	Maturanden EF Geografie der Kantonsschule Wiedikon; 15 Personen
06.12.2021	StudentInnen Wasserbau II; 20 Personen
06.12.2021	Young Professionals Gruppe des Schweizer Talsperrenkomitees; 13 Personen



### 3.5 Öffentliche Kolloquien

#### a) Frühjahrssemester 2021

- 30.03.2021 Prof. Dr. George Constantinescu  
*University of Iowa*  
Thermal mixing and stratification effects at river confluences with a concordant bed\*
- 04.05.2021 Dr. Lukas Hunziker, Nina Ryser  
*Flussbau AG, Bern*  
Monitoring von Bühnen an der Aare\*
- 01.06.2021 Andres Fankhauser  
*Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen*  
Neubau der Spitalamm Sperre\*
- 22.06.2021 Urs Müller  
*IM Maggia Engineering AG, Locarno*  
Erneuerung des Wasserkraftwerks Ritom\*\*

#### b) Herbstsemester 2021

- 06.11.2021 Prof. Dr. Heidi Nepf  
*MIT, Cambridge*  
Sediment transport in vegetated landscapes\*
- 07.12.2021 Dr. Roman Weichert  
*BAW, Karlsruhe*  
Fischwanderung an Querbauwerken von Schifffahrtsstrassen in Deutschland\*
- 18.01.2022 Dr. Christoph Hegg  
*WSL, Birmensdorf*  
Ergebnisse der Studie Extremhochwasser an der Aare (EXAR)\*

\* Seminar took place online

\*\* Seminar took place in an auditorium and online (hybrid mode)

### 3.6 Seminare für DoktorandInnen

#### a) Frühjahrssemester 2021

- 08.03.2021 Joachim Schaeffer, *Autonomous River Cleanup Project, Robotic Systems Lab*  
Development of autonomous river cleaning solutions – ARC Project  
ETH Zürich\*

- 29.03.2021 Alice Schröder  
Koyscha spillway – Air water flow characteristics\*
- 12.04.2021 Prof. Dr. George Constantinescu, *University of Iowa*  
Development of new riprap sizing formulas for protection against erosion at Wing-wall and Spill-through Abutments\*
- 26.04.2021 Maximilian Kastinger  
Renewal of HPP Robbia – Physical model tests for the junction structure Braita\*
- 03.05.2021 Barbara Stocker  
Schwemmholzverklausung am Maueruberfall\*
- 10.05.2021 Dr. Dorothea Hug Peter, *Schweizerische Gesellschaft fur Hydrologie und Limnologie (SGHL)*  
Schweizerische Gesellschaft fur Hydrologie und Limnologie (SGHL)\*

**b) Herbstsemester 2021**

- 03.09.2021 Vera Gutle, *TU Berlin*  
How to avoid gas supersaturation in the river downstream a hydro-power plant\*\*
- 18.10.2021 Markus Eder, *University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna*  
RegioFEM – a floodplain evaluation method to support future-oriented flood risk management\*\*
- 01.11.2021 Dr. Elizabeth Follett, *Cardiff University*  
Prediction of logjam-induced flow redistribution and backwater rise\*
- 29.11.2021 Dr. David Felix  
Optimization of the Small Hydropower Plant Susaca with respect to sediment\*
- 06.12.2021 Matthew Halso  
Composite modelling of dam breaching due to overtopping  
Defense of research plan presentation\*\*
- 10.01.2022 Claudia Leuch, Maximilian Kastinger  
HydroLEAP - Numerical modelling and sediment analysis for MBR demonstrator\*
- 17.01.2022 Gabriel Zehnder, Florian Hinkelammert-Zens  
Hybride Modellversuche Rhesi: Projektzustand "Windau/Hochst" & Eigendynamische Aufweitung "Oberriet/Koblach"\*

\* Seminar took place online

\*\* Seminar took place in an auditorium and online (hybrid mode)

### 3.7 Glaziologische Seminare

- 25.02.2021 Erik Mannerfelt  
We need more old glacier DEMs – An example from 1910 on Svalbard\*
- 04.03.2021 Prof. Dr. Eva Eibl, *University of Potsdam*  
Advanced early-warning of subglacial floods using seismic ground vibrations\*
- 11.03.2021 Dr. Sam Herreid, *University of Alaska Fairbanks*  
The state of rock debris covering earth's glaciers\*
- 18.03.2021 Prof. Dr. Brent Minchew, *Massachusetts Institute of Technology*  
Dilation of subglacial sediment governs incipient surge motion in glaciers with deformable beds\*
- 25.03.2021 Romain Hugonnet  
A globally complete and spatiotemporally resolved estimate of glacier mass change in the early 21st century\*
- 01.04.2021 Dr. Simon Cook, *University of Dundee*  
The empirical basis for modelling glacial erosion rates\*
- 08.04.2021 Prof. Dr. Ching-Yao Lai, *Princeton University*  
Vulnerability of Antarctica's ice shelves to meltwater-driven fracture\*
- 15.04.2021 Dr. Anshuman Bhardwaj, *University of Aberdeen*  
UAVs as remote sensing platform in glaciology: Present applications and future prospects\*
- 22.04.2021 Lena Uldal Hansen, *Lund University*  
The pathway of water through ice and sediment\*
- 29.04.2021 Dr. Cecilia Scorza, *LMU München*  
Climate change: Understanding and reacting\*
- 06.05.2021 Prof. Dr. Christina Hulbe, *University of Otago*  
Insights for today from the history of women in glaciology\*
- 12.05.2021 Prof. Dr. Dan Shugar, *University of Calgary*  
What happens to proglacial rivers when you turn up (or down) the taps?\*
- 20.05.2021 Dr. Paul Winberry, *Central Washington University*  
Glacial earthquakes and precursory seismicity associated with Thwaites glacier calving\*
- 27.05.2021 Dr. Romain Millan, *Université Grenoble Alpes*  
Comprehensive ice velocity mapping of the world's glaciers helps to reconcile the ice thickness distribution with glacier dynamics\*

- 03.06.2021 Dr. Dania Achermann, *University of Bern*  
Vertical glaciology: The history of ice core drilling and how it shaped glaciological research and climate understanding\*
- 16.09.2021 Ivan Utkin, *Laboratory of Fluid Mechanics, Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University*  
From lava domes to ice sheets: modeling free-surface flows in geophysics\*
- 23.09.2021 Dr. Marit Van Tiel, *University of Freiburg*  
The role of glaciers in moderating streamflow variability\*
- 07.10.2021 Dr. Floren Gimbert, *University of Grenoble*  
Assessing the spatial and temporal dynamics of subglacial hydrology from dense seismic array observations\*
- 21.10.2021 Dr. Rakesh Bhambri, *University of Heidelberg*  
Surge-type glaciers in the Karakoram: distribution and characteristics\*
- 04.11.2021 Dr. Leigh Stearns, *University of Kansas*  
The complex relationship between ice velocity and calving around Greenland: insights from new and old observations\*
- 18.11.2021 Dr. Ian Delaney, *University of Lausanne*  
Identifying changes to erosion and sediment transport from the Greenland Ice Sheet\*
- 02.12.2021 Dr. Francesca Pellicciotti, *Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL)*  
Glaciers and water resources in a changing climate in the water towers of the world
- 16.12.2021 Dr. Melaine Le Roy, *Institute for Environmental Sciences, University of Geneva*  
Holocene glacier variability in the Alps - latest advances\*

\* Seminar took place online

### 3.8 Fachgespräche Glaziologie

- 08.01.2021 Yufang Zhang  
Hydrology system and its impact beneath Pine Island Glacier of Antarctica\*
- 15.01.2021 Dr. Matthias Huss  
Global-scale glacier modelling: challenges and opportunities\*
- 22.01.2021 Dominik Gräff  
Global-scale glacier modelling: challenges and opportunities\*

- 29.01.2021 Michael Imhof  
Test Defense: Combined climate-ice flow modelling of the Alpine Ice Field during the Last Glacial Maximum\*
- 05.02.2021 Dr. Mauro Werder  
On the width and incision of supraglacial channels\*
- 12.02.2021 Dr. Malgorzata Chmiel  
Monitoring of the Eiger hanging glacier with icequake repeaters and coda-wave interferometry\*
- 19.02.2021 Johannes Landmann  
I walk the line: Remotely sensing glacier snow lines between deterministic and probabilistic\*
- 25.02.2021 Michaela Wenner  
What tilt tells us about debris-flow parameters\*
- 05.03.2021 Erik Mannerfelt  
Rapid temperature rise may have triggered glacier surges all over Svalbard\*
- 12.03.2021 Bermann Steinmacher  
Increased risk of jökhulaup at VAW - Planning of novel flume experiment to test and validate subglacial drainage models\*
- 19.03.2021 Romain Hugonnet  
Uncertainties in DEMs: the importance of spatial correlations and non-stationarities\*
- 26.03.2021 Jane Walden  
Then and Now: Comparing future projections for the Glacier de Moiry\*
- 16.04.2021 Dr. Ludovic Räss  
Ice flow models - (complex) rheology and grain size evolution\*
- 23.04.2021 Elias Hodel  
Internal miscellaneous\*
- 07.05.2021 Sebastian Hellmann  
Cross-borehole experiments in a moving subsurface\*
- 21.05.2021 Luisa Pruessner  
Evolution and runoff contribution of rock glaciers under future climate scenarios\*
- 28.05.2021 Rebekka Estermann, Tim Steffen  
BSc presentation: An assessment of future glacier lakes in Switzerland\*

- 04.06.2021 Christoph Ogier  
Water pockets in alpine glaciers, what and where?\*
- 18.06.2021 Loris Compagno  
Modelling supraglacial debris-cover evolution from the single glacier to the regional scale applied on High Mountain Asia\*
- 13.08.2021 Aaron Cremona  
MSc presentation: Testing drones and computer vision for acquiring glacier melt observations\*
- Lenau Straumann  
MSc presentation: L-band radiometry for detecting englacial water pockets?\*
- 20.08.2021 Dr. Matthias Huss  
Special: A glimpse into the new IPCC report from the glaciologist's point of view\*
- 29.09.2021 Dr. Mylène Jacquemart  
When do weird things: wrapping our head around the impact of thermal regimes, subglacial hydrology, and bed conditions\*
- 01.10.2021 Yufang Zhang  
Subglacial hydrology pattern beneath Pine Island Glacier of Antarctica\*
- 08.10.2021 Zhouyi Xiong  
MSc presentation: Large-scale snow depth mapping from moderate resolution satellite imagery\*
- 15.10.2021 Jane Walden  
Evaporation & Condensation: what do we expect in highly glacierized catchments?\*
- 27.10.2021 Sebastian Hellmann  
PhD test talk: Comprehensive characterisation of a temperate Alpine glacier's internal ice structure with geophysical methods\*
- 29.10.2021 Dominik Gräff  
PhD test talk: Small-Scale Processes at the Glacier Bed: Stick-Slip, Crack Waves and Sliding from Surface and Borehole Observations\*
- 05.11.2021 Dr. Malgorzata Chmiel  
Unstable slope monitoring with seismic interferometry\*
- 12.11.2021 Johannes Landmann  
The vertical bar, and how it helps to fight uncertainty\*
- 18.11.2021 Luisa Pruessner  
PhD test talk: Future Water Resources from Permafrost\*

- 19.11.2021 Dr. Matthias Huss, Loris Compagno  
Insights in COP26\*  
  
Michaela Wenner  
PhD test talk: Monitoring and automated detection of gravitational hazards using seismic data\*
- 26.11.2021 Zhouyi Xiong  
MSc presentation: Large-scale snow depth mapping from moderate resolution satellite imagery\*
- 03.12.2021 Annegret Pohle  
MSc presentation: Developing a high-performance subglacial drainage model for the GPU\*
- 10.12.2021 Lea Geibel  
Concepts and projects of glacial ice on ice\*
- 17.12.2021 Manuela Köpfler  
Tremor seismicity at the base of an Alpine glacier\*

\* Seminar took place online

## 4. PERSONELLES

### Eintritte

Chmiel	Malgorzata	Postdoktorandin	01.01.2021
Geibel	Lea	Wiss. Assistentin	01.01.2021
Halso	Matthew	Doktorand	01.01.2021
Ogier	Christophe	Doktorand	01.03.2021
Pagliara	Simone	Doktorand	01.04.2021
Dahal	Sudesh	Doktorand	01.05.2021
Jacquemart	Mylène	Postdoktorandin	01.06.2021
Cremona	Aaron	Doktorand	01.10.2021
Gütle	Vera	Doktorandin	01.10.2021
Hunziker	Dominik	Wiss. Assistent	01.10.2021
Utkin	Ivan	Postdoktorand	01.12.2021

### Austritte

Dehecq	Amaury	Postdoktorand	31.01.2021
Pöschl	Robert	Schlosser	31.01.2021
Balzarini	Alex	Wiss. Assistent	28.02.2021
Church	Gregory	Doktorand	28.02.2021
Ganarin	Rahel	Wiss. Assistentin	28.02.2021
Walter	Fabian	Assistenzprofessor	31.03.2021
Werder	Mauro	Oberassistent	30.06.2021
Davidis	Sebastian	Wiss. Assistent	31.08.2021
Pruessner	Luisa	Doktorandin	31.08.2021
Röber	Isabel	Wiss. Assistentin	31.08.2021
Arnold	Romeo	Wiss. Assistent	30.09.2021
Hellmann	Sebastian	Doktorand	30.09.2021
Chmiel	Malgorzata	Postdoktorandin	31.10.2021
Demiral Yüzügüllü	Dila	Doktorandin	31.10.2021
Conde	Daniel	Postdoktorand	31.12.2021
Felix	David	Oberassistent	31.12.2021
Geibel	Lea	Wiss. Assistentin	31.12.2021



## Dienstjubiläen

Rohrer	Andreas	seit 01.11.1986	35 Jahre
Zimmermann	Bruno	seit 01.10.1996	25 Jahre
Bauder	Andreas	seit 01.11.1996	25 Jahre
Paradelo	Angel	seit 30.11.2006	15 Jahre
Moser	Mario	seit 01.09.2011	10 Jahre
Moser	Raphael	seit 01.10.2016	5 Jahre

## Promotionen

### Michael Imhof

*Combined climate-ice flow modelling of the Alpine Ice Field during the Last Glacial Maximum*

ETH Diss. Nr.

27416

Referent

Prof. Dr. Fabian Walter

Korreferenten

Dr. Guillaume Juvet

Prof. Dr. Martin Funk

Prof. Dr. Andreas Vieli

### Georey James Church

*Using active geophysical methods to characterise a temperate glacier's hydrological system*

ETH Diss. Nr.

27464

Referent

Prof. Dr. Fabian Walter

Korreferenten

Prof. Dr. Handruedi Maurer

Dr. Andreas Bauder

Prof. Dr. Adam Booth

### Dila Demiral

*Hydro-abrasion processes and modelling at hydraulic structures and steep bedrock rivers*

ETH Diss. Nr.

27636

Referent

Prof. Dr. Robert M. Boes

Korreferenten

Dr. Ismail Albayrak

Prof. Dr. Jochen Aberle

Dr. Jens Turowski

## Gastprofessor

Prof. Dr. George Serban Constantinescu

University of Iowa, Iowa City IA, USA

15.01. – 15.08.2021

## **Akademische Gäste / Langzeitaufenthalte**

Oliver Selz, Wiss. Mitarbeiter  
EAWAG, Dübendorf  
seit 01.07.2019

Matthias Huss, Wiss. Mitarbeiter  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)  
seit 01.10.2019

Yu Zhang, Doktorandin  
China University of Geosciences, Wuhan  
01.12.2019 – 30.11.2021

Yufan Zhang, Doktorandin  
College of Global Change and Earth System Science (GCESS) Beijing Normal University,  
Beijing  
seit 01.12.2020

Mauro Werder, Wiss. Mitarbeiter  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)  
seit 01.08.2021

## **Praktikanten**

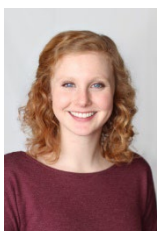
Felix Unterberger  
Hochschule Nürnberg  
01.09.2020 – 28.02.2021

Felix Bross  
Karlsruher Institut für Technologie  
01.04.2021 – 30.06.2021

## **Ehrungen / Preise**

### **Jane Walden**

AVETH Diversity Award, 2<sup>nd</sup> place Individual Category



## ANHANG

### A.1 Kommissionen und Mitgliedschaften, Experten- und Gutachtertätigkeit

<b>Ismail Albayrak</b>	<p>HydroSediNET, member of the Steering Committee</p> <p>International Energy Agency (IEA), working group member on Hydro Annex XIII</p> <p>FIThydro, Horizon 2020 Framework Programme of the European Union, Mitglied des Steering Committee und Subtask Leader</p> <p>EIFAAC – European Inland Fisheries and Aquaculture Advisory Commission. Working group on downstream fish migration, group member</p> <p>International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Mitglied</p> <p>Journal of Hydraulic Engineering, Gutachter</p> <p>Journal of Ecohydraulics, Gutachter</p> <p>Ecohydrology, Gutachter</p>
<b>Andreas Bauder</b>	<p>Working Group on Mass Balance Terminology and Methods of the International Association of Cryospheric Sciences (IACS / IUGG), Mitglied</p> <p>Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost (SCNAT), Mitglied</p> <p>Gruppe für operationelle Hydrologie (GHO, BAFU), Mitglied</p> <p>Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze (EKK/SCNAT), Mitglied</p> <p>Earth System Science Data (ESSD), Gutachter</p> <p>Journal of Glaciology, Gutachter</p> <p>Frontiers in Earth Science, Gutachter</p> <p>Journal of Geophysical research – Earth Surface, Gutachter</p>
<b>Robert Boes</b>	<p>Energy Science Center, ETH Zürich, Vorstandsmitglied</p> <p>Beförderungskommission D-BAUG, ETH Zürich, Mitglied</p> <p>Zulassungsausschuss Bauingenieurwissenschaften, D-BAUG, ETH Zürich, Mitglied</p> <p>Kuratorium Baubetriebs-Förderungspreis, D-BAUG, ETH Zürich, Mitglied</p> <p>Dozentenforum, ETH und Universität Zürich, Mitglied des Trägerkreises</p> <p>Universität für Bodenkunde Wien, Expertentätigkeit an Fachprüfungen</p>

Hochschule für Technik Leipzig, Gutachter

Fachzeitschrift WasserWirtschaft, Mitglied des Beirats

Water Journal, Gutachter

International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Mitglied und Gutachter

ICOLD International Commission on Large Dams, Technical Committee C – Hydraulics for Dams, Mitglied

ICOLD International Commission on Large Dams, Technical Committee J – Sedimentation of Reservoirs, Mitglied

European Energy Research Alliance (EERA), Joint Programme Hydropower, Steering Committee member, Vice Chair of Sub-Programme "Hydropower Structures"

FITHydro, Horizon 2020 Framework Programme of the European Union, Mitglied des Case Study Management Board und Case Study Regional Leader

Hydropower Europe, Consultation Expert Panel Member

Swiss Competence Center of Energy Research – Supply of Electricity (SCCER-SoE), Board member, Work Package Leader "Hydropower"

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV), Vorstandsmitglied

Kommission Hochwasserschutz (KOHS) des SWV, Mitglied

Schweizerisches Talsperrenkomitee (STK), Präsident

Technische Kommission des STK, Präsident

Expertengruppe Internationale Rheinregulierung, Hochwasserschutzprojekt Alpenrhein, Mitglied und Gutachter

Expertenrat Vollzugshilfe Geschiebesanierung, Bundesamt für Umwelt, Gutachter

Lenkungsausschuss "Wasserbau und Ökologie", Bundesamt für Umwelt, Mitglied

Fondazione Lombardi, Mitglied des Stiftungsrats

**Francesco Caponi** Frontiers in Environmental Science, Gutachter

**Sebastian Davidis** Association of Scientific Staff at D-BAUG

Departementskonferenz D-BAUG, Mitglied (Vertreter des Mittelbaus)

**Frederic Evers** Wasser-Agenda 21 – Dialoggruppe Wasserkraft, Mitglied

Landslides - Journal of the International Consortium on Landslides, Editor und Gutachter

Ocean Engineering, Gutachter

Water Resources Research, Gutachter

Journal of Applied Water Engineering and Research, Gutachter

Swiss Journal of Geosciences, Gutachter

**Daniel Farinotti**

Energy Science Center, ETH Zürich, Mitglied

Commission on the reduction of CO<sub>2</sub> emissions from flights, D-BAUG, ETH Zürich

Research Programme Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements (CCAMM), Member of the steering committee

Swiss Permafrost Monitoring Network (PERMOS), Member of the steering committee

Glacier Monitoring in Switzerland (GLAMOS), Member of the steering committee

European Geosciences Union's general assembly 2021, Convener

Centre for Climate System Modeling (C2SM), Member

Swiss Hydrological Commission (Chy), Member

Commission for the Hydrological Atlas of Switzerland (HADES), Member

Swedish Research Council for Sustainable Development (FORMAS), Gutachter

German Academic Scholarship Foundation, Gutachter

Research department of the University Grenoble Alpes, France, Particles physics, astrophysics, geosciences environment and ecology (PAGE), Gutachter

Birla Institute of Technology, Dissertationsgutachter

Frontiers in Earth Science, speciality section Cryospheric Sciences, Editor

The Cryosphere (open-access journal of the European Geosciences Union), Editor

Journal of Glaciology, Gutachter

Nature Geoscience, Gutachter

**David Felix**

Arbeitsgruppe "Stausee-Spülungen und Entleerung" des Schweizerischen Talsperrenkomitees, Mitglied

**Dominik Gräff**

The Journal of Glaciology, Gutachter

Journal of Geophysical Research: Earth Surface, Gutachter

**Willi Hager**

Journal of Hydraulic Research, Gutachter

Journal of Hydraulic Engineering, Gutachter

International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Honorary Member

American Society of Civil Engineers (ASCE), Fellow

**Benjamin Hohermuth** Wissenschaftliches Komitee des "9th International Symposium on Hydraulic Structures", Mitglied

Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Gutachter

Journal of Hydraulic Engineering, Gutachter

Journal of Hydraulic Research, Gutachter

Proceedings of the Royal Society A, Gutachter

Water, Gutachter

**Matthias Huss**

Remote Sensing of Environment, Gutachter

Frontiers in Earth Science, Scientific Editor

Nature, Gutachter

Scientific Reports, Gutachter

Journal of Geophysical Research, Gutachter

Journal: Earth System Science Data (ESSD), Gutachter

Journal of Hydrology, Gutachter

Climate Dynamics, Gutachter

Geophysical Research Letters, Gutachter

Water Resources Research, Gutachter

Netherlands Organisation for Scientific Research (NOW), Gutachter

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Gutachter

Norwegian Research Council, Mitglied

IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, Mitglied

International Geosynthetics Society, Council Member

International Association of Cryospheric Sciences (IACS), Working Group on the Randolph Glacier Inventory, Mitglied

International Association of Cryospheric Sciences (IACS), Working Group on Ice Thickness Estimation Methods, Mitglied

Glacier Model Intercomparison Project (GlacierMIP), Mitglied

World Glacier Monitoring Service (WGMS), Swiss Correspondent

Schweizerische Kommission für Fernerkundung, Mitglied

Expertenkommission für Kryosphärenmessnetze (EKK / SCNAT), Mitglied

- Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost (SCNAT),  
Vorsitz
- Adriano Lais** HIF-Baukommission D-BAUG, Mitglied
- Cristina Rachelly** RCEM 21, Online-Session "Morphodynamics and Sediment  
Transport", lead convener  
DWA-Arbeitsgruppe "Geschiebezugabestrategien", Mitglied
- Ludovic Räss** European Geosciences Union General Assembly 2021, lead convener
- Isabella Schalko** DWA-Arbeitsgruppe »Hydraulische Fragestellungen zu Totholz«, Mit-  
glied  
American Geophysical Union AGU, Mitglied  
European Geosciences Union EGU, Mitglied  
International Association for Hydro-Environment Engineering and Re-  
search (IAHR), Mitglied  
Wissenschaftliches Komitee des "9th International Symposium on  
Hydraulic Structures", Mitglied  
IAHR Webinar on Experimental Methods and Laboratory Instrumen-  
tation in Hydraulics, Mitglied und Gutachterin  
AGU: Special Session Organizer: "Interactions of Flow, Sediment, and  
Wood in River Ecosystems: Observations and Modeling"  
Journal of Coastal and Hydraulic Structures, Associate Editor  
Geomorphology, Gutachterin  
Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Gutachterin  
Journal of Hydraulic Engineering, Gutachterin  
Physical Review Letters, Gutachterin  
Water Resources Research, Gutachterin  
Earth Surface Processes and Landforms, Gutachterin  
Water, Special Issue Editor "Impact of Large Wood on River Ecosys-  
tems"  
Frontiers in Water: Water and Hydrocomplexity, Mitglied
- Katharina Sperger** Unterrichtskommission D-BAUG  
Revision Bachelorstudiengang Umweltingenieur, Vertretung Vorste-  
her oder Mittelbau  
CAS ETH in Naturgefahren-Risikomanagement, Mitorganisatorin VAW

- Davide Vanzo** International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Technical Committee on Ecohydraulics, leadership team member  
International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR) Early Careers on Ecohydraulics Network, chair
- David Vetsch** DWA-Arbeitsgruppe Feststofftransportmodelle, Mitglied  
Arbeitsgruppe "Deltaentwicklung" der Int. Rheinregulierung, Mitglied und Gutachter  
Fachgremium Schwebstoffuntersuchung Bodensee, Alpenrhein, Brengenerache, Mitglied und Gutachter  
Arbeitsgruppe "Längsdämme" des Bundesamts für Umwelt, Mitglied
- Fabian Walter** The Journal of Glaciology, Gutachter  
Nature, Gutachter  
National Science Foundation, Gutachter  
Geophysical Research Letter, Gutachter  
Journal of Open Source Software, Gutachter
- Volker Weitbrecht** RCEM 21, Online-Session "Morphodynamics and Sediment Transport", lead convener  
Journal of Hydraulic Research, Gutachter  
Wasser-Agenda 21, Mitglied  
Plattform Sanierung Wasserkraft der Wasser-Agenda 21, Mitglied  
Expertenrat Vollzugshilfe Geschiebesanierung, Bundesamt für Umwelt, Gutachter  
DWA Arbeitsgruppe Geschiebedurchgängigkeit, Mitglied  
Intl. Symposium on Bedload Management, Gutachter
- Mauro Werder** American Geophysical Union Fall Meeting 2021, lead convener  
Universität Oslo, Disserationsgutachter  
Journal of Glaciology, Gutachter  
Journal of Geophysical Research, Gutachter  
The Cryosphere, Gutachter  
Cold Regions Science and Technology, Gutachter



## A.2 Publikationen

Abgottsporn, A.; von Burg, M.; Staubli, T.; Felix, D.: Analysis of hydro-abrasive erosion and efficiency changes measured on the coated pelton turbines of HPP Fieschertal. *30<sup>th</sup> IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, 012030, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/774/1/012030>

Aksamit, C.; Carolli, M.; Vanzo, D.; Weber, C.; Schmid, M.: Macroinvertebrate recovery to varying hydropowering frequency: A small hydropower plant experiment. *Frontiers in Environmental Sciences*, 8, 602374, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.602374>

An, L.; Wang, J.; Huang, J.; Pokhrel, Y.; Hugonnet, R.; Wada, Y.; Caceres, D.; Müller-Schmied, H.; Song, C.; Berthier, E.; Yu, H.; Zhang, G.: Divergent causes of terrestrial water storage decline between drylands and humid regions globally. *Research Letter*, 48(23), <https://doi.org/10.1029/2021GL095035>

Barandun, M.; Pohl, E.; Naegeli, K.; McNabb, R.; Huss, M.; Berthier, E.; Saks, T.; Hoelzle, M.: Hot spots of glacier mass balance variability in central Asia. *Geophysical Research Letter*, 48(11), e2020GL092084, <https://doi.org/10.1029/2020GL092084>

Beck, C.; Albayrak, I.; Meister, J.; Leuch, C.; Vetsch, D.; Peter, A.; Boes, R.M.: Curved-bar-rack-bypass-systeme für den Fischschutz an Wasserkraftanlagen und Wasserfassungen. *WasserWirtschaft*, 111(9-10), 54-61, <https://doi.org/10.1007/s35147-021-0897-1>

Beck, C.; Meister, J.; Albayrak, I.; Boes, R.M.: Hydraulik von Bypässen für den Fischabstieg. *Wasserbau-Symposium 2021, VAW-Mitteilung 263*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 487-494, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499752>

Boes, R.M.; Albayrak, I.; Lucien, M.: Behind the scenes of fish friendly hydropower. *International Water Power and Dam Construction*, 73(4), 44-45.

Boes, R.M., Hohermuth, B., Giardini, D. (eds.), Avellan, F.; Boes, R.M.; Burlando, P.; Evers, F.; Farinotti, D.; Felix, D.; Hohermuth, B.; Manso, B.; Münch-Aligné, P.; Schmid, M.; Stähli, M.; Weigt, H.: *Swiss Potential for Hydropower Generation and Storage. Synthesis Report*, ETH Zürich, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000517823>

Boogaard, L.; Bouwens, R.; Riechers, D.; van der Werf, P.; Bacon, R.; Matthee, J.; Stefanon, M.; Feltre, A.; Maseda, M.; Inami, H.; Aravena, M.; Brinchmann, J.; Carilli, C.; Decarli, R.; Gonzalez J.; Nanayakkara, T.; Walter, F.: Measuring the average molecular gas content of star-forming galaxies at  $z=3-4$ . *The Astrophysical Journal*, 916(1), 12, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac01d7>

Church, Gregory; Bauder, Andreas; Grab, Melchior; Maurer, Hansruedi: Ground-penetrating radar imaging reveals glacier's drainage network in 3D. *The Cryosphere*, 15(8), 3975-3988, <https://doi.org/10.5194/tc-15-3975-2021>

Compagno, L.; Eggs, S.; Huss, M.; Zekollari, H.; Farinotti, D.: Brief communication: Do 1.0\_C, 1.5\_C or 2.0\_C matter for the future evolution of alpine glaciers? *The Cryosphere*, 15(6), 2593-2599, <https://doi.org/10.5194/tc-15-2593-2021>

Compagno, L.; Eggs, S.; Huss, M.; Zekollari, H.; Farinotti, D.: Brief communication: Do 1.0\_C, 1.5\_C or 2.0\_C matter for the future evolution of Alpine glaciers? *The Cryosphere Discussions*, <https://doi.org/10.5194/tc-2021-31>

Compagno, L.; Huss, M.; Miles, E.; McCarthy, M.; Zekollari, H.; Pellicciotti, F.; Farinotti, D.: Modelling supraglacial debris-cover evolution from the single glacier to the regional scale: an application to high mountain Asia. *The Cryosphere Discussions*, <https://doi.org/10.5194/tc-2021-233>

Compagno, L.; Zekollari, H.; Huss, M.; Farinotti, D.: Limited impact of climate forcing products on future glacier evolution in Scandinavia and Iceland. *Journal of Glaciology*, 67(264), 727-743, <https://doi.org/10.1017/jog.2021.24>

Demiral Yüzügüllü, D.: Hydro-abrasion processes and modelling at hydraulic structures and steep bedrock rivers. *VAW-Mitteilung 261*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/49/12/122001>

Demiral, D.; Boes, R.M.; Albayrak, I.: Effects of secondary currents on turbulence characteristics of supercritical open channel flows at low aspect ratios. *Water*, 12(11), 3233, <https://doi.org/10.3390/w12113233>

De Haas, T.; Aeberg, A.; Walter, F.; Zhang, Z.: Deciphering seismic and normal-force fluctuation signatures of debris flow: An experimental assessment of effects of flow composition and dynamics. *Earth Surf. Proces., Landforms*, <https://doi.org/10.1002/esp.5168>

Detert, M.: How to avoid and correct biased riverine surface image velocimetry. *Water Resources Research*, 57(2), e2020WR027833, <https://doi.org/10.1029/2020WR027833>

Evers, F.; Schwegler, B.; Fankhauser, A.; Boes, R.M.: Rutschinduzierte Impulswellen im Kontext periglazialer Wasserkraftentwicklung. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung 263*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 49-56, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499751>

Farinotti, D.; Huss, M.; Werder, M.; et al. Results from the ice thickness models intercomparison experiment phase 2 (ITMIX2). *Frontiers in Earth Science*, 8, 571923, <https://doi.org/10.3389/feart.2020.571923>

Felix, D.; Abgottspon, A.; Albayrak, I.; Boes, R.M.: Temporary shutdowns of the high-head run-of-river HPP Fieschertal to prevent excessive turbine erosion during floods. *30<sup>th</sup> IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, 012029, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/774/1/012029>

Field, H.; Armstrong, W.; Huss, M.: Gulf of Alaska ice-marginal lake area change over the landsat record and potential physical controls. *The Cryosphere*, 15(7), 3255-3278, <https://doi.org/10.5194/tc-15-3255-2021>

Follett, E.; Schalko, I.; Nepf, H.: Logjams with a lower gap: Backwater rise and flow distribution beneath and through logjam predicted by two-box momentum balance. *Geophysical Research Letters*, 48(16), e2021GL094279, <http://dx.doi.org/10.1029/2021GL094279>

Friedrich, H.; Ravazzolo, D.; Ruiz-Villanueva, V.; Schalko, I.; Spreitzer, G.; Tunnicliffe, J.: Physical modelling of large wood (LW) processes relevant for river management: Perspectives from New Zealand and Switzerland. *Earth Surf, Process. Landforms*, <https://doi.org/10.1002/esp.5181>

Gajek, W.; Graeff, D.; Hellmann, S.; Rempel, A.; Walter, F.: Diurnal expansion and contraction of englacial fracture networks revealed by seismic shear wave splitting. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 209, <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00279-4>

Gerke, E.; Vetsch, D.; Boes, R.M.: Einlassbauwerke von Retentionsräumen im Nebenschluss von Fließgewässern. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung 263*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 239-247, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499751>

Gimbert, F.; Nanni, U.; Roux, P.; Helmstetter, A.; Garambois, S.; Lecointre, A.; Walpersdorf, A.; Jourbain, B.; Langlais, M.; Laarman, O.; Lindner, F.; Sergeant, A.; Vincent, C.; Walter, F.: A multi-physics experiment with a temporary dense seismic array on the Argentière glacier, French Alps: The resolve project. *Seismological Research Letters*, 92(2A), 1185-1201, <https://doi.org/10.1785/0220200280>

- Grab, M.; Mattea, E.; Bauder, A.; Huss, M.; Rabenstein, L.; Hodel, E.; Linsbauer, A.; Langhammer, L.; Schmid, L.; Church, G.; Hellmann, S.; Déléze, K.; Schaer, P.; Lathion, P.; Farinotti, D.; Maurer, H.: Ice thickness distribution of all Swiss glaciers based on extended ground-penetrating radar data and glaciological modeling. *Journal of Glaciology*, 67(266), 1074-1092, <https://doi.org/10.1017/jog.2021.55>
- Gräff, D.; Köpfl, M.; Lipovsky, B.; Selvadurai, P.; Farinotti, D.; Walter, F.: Fine structure of microseismic glacial stick-slip. *Geophysical Research Letters*, 48(22), e2021GL096043, <https://doi.org/10.1029/2021GL096043>
- Gräff, D.; Walter, F.: Changing friction at the base of an alpine glacier. *Scientific reports*, 11(1), 10872, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90176-9>
- Guggerli, R.; Guidicelli, M.; Gabella, M.; Huss, M.; Salzmann, N.: Multi-sensor analysis of monthly gridded snow precipitation on alpine glacier. *Advances in Science and Research*, 18: 7-20, <https://doi.org/10.5194/asr-18-7-2021>
- Hager, W.H.: Diskussionsbeitrag: Torricelli hat Recht. *WasserWirtschaft*, 111(7-8), <https://doi.org/10.1007/s35147-021-0869-5>
- Hager, W.H.: Handbuch der Ingenieurwissenschaften. *WasserWirtschaft*, 111(4), 32-38, <https://doi.org/10.1007/s35147-021-0808-5>
- Hager, W.H.; Castro-Orgaz, O.: Charles Bresse: Hydraulician and textbook author. *Journal of Hydraulic Engineering*, 147(3), 02521001-1-02521001-9, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001836](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001836)
- Hager, W.H.; Hutter, K.; Castro-Orgaz, O.: Correspondence between de Saint-Venant and Boussinesq 5: Viscosity and hydraulic resistance. *Comptes Rendus. Mécanique*, 349(1), 145-166, <https://doi.org/10.5802/crmeca.71>
- Hager, W.H.: Léopold E.: Outstanding hydraulician. IAHR President and great human. *Journal of Hydraulic Research*, 59(5), 691-702, <https://doi.org/10.1080/00221686.2020.1818315>
- Hager, W.H.; Schleiss, A.; Boes, R.M.; Pfister, M.: Hydraulic engineering of dams. CRC Press, Boca Raton, <https://doi.org/10.1201/9780203771433>
- Hellmann, S.; Grab, M.; Kerch, J.; Löwe, H.; Bauder, A.; Weikusat, I.; Maurer, H.: Acoustic velocity measurements for detecting the crystal orientation fabrics of a temperate ice core. *The Cryosphere*, 15(7), 3507-3521, <https://doi.org/10.5194/tc-15-3507-2021>
- Hellmann, S.; Kerch, J.; Weikusat, I.; Bauder, A.; Grab, M.; Juvet, G.; Schwikowski, M.; Maurer, H.: Crystallographic analysis of temperate ice on Rhonegletscher, Swiss Alps. *The Cryosphere*, 15(2), 677-694, <https://doi.org/10.5194/tc-15-677-2021>
- Hengl, M.; Boes, R.M.: Vernetzte hybride Modellierung wasserbaulicher und morphologischer Themen am Alpenrhein. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung 263*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 381-388, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499752>
- Hinkelammert-Zens, F.; Zehnder, G.: Hybride Modellversuche zum Hochwasserschutzprojekt «Rhesi». Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung 263*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 303-311, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499751>
- Hock, R.; Huss, M.: Glaciers and climate change. *Climate Change Observed impacts on planet earth*, 157-176, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821575-3.00009-8>

Hohermuth, B.; Boes, R.M.; Felder, S.: High-velocity air-water flow measurements in a prototype tunnel chute: Scaling of void fraction and interfacial velocity. *Journal of Hydraulic Engineering*, 147(11), 04021044, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001936](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001936)

Hohermuth, B.; Kramer, M.; Felder, S.; Valero, D.: Velocity bias in intrusive gas-liquid flow measurements. *Nature Communications*, 12(1), 4123, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24231-4>

Hohermuth; B.; Schmockler, L.; Boes, R.M.; Vetsch, D.: Numerical simulation of air entrainment in uniform chute flow. *Journal of Hydraulic Research*, 59(3), 378-391, <https://doi.org/10.1080/00221686.2020.1780492>

Hugonnet, R.; McNabb, R.; Berthier, E.; Menounos, B.; Nuth, C.; Girod, L.; Farinotti, D.; Huss, M.; Dussailant, I.; Brun, F.; Käab, A.: Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*, 592(7856), 726-731, <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z>

Huss, M.: Wenn das ewige Eis zerrinnt. *Physik unserer Zeit*, 52(4), 176-182, <https://doi.org/10.1002/piuz.202101610>

Huss, M.; Bauder, A.; Linsbauer, A.; Gabbi, J.; Kappenberger, G.; Steinegger, U.; Farinotti, D.: More than a century of direct glacier mass-balance observations on Claridenfirn, Switzerland. *Journal of Glaciology*, 67(264), 697-713, <https://doi.org/10.1017/jog.2021.22>

Huss, M.; Schwyn, U.; Bauder, A.; Farinotti, D.: Quantifying the overall effect of artificial glacier melt reduction in Switzerland. 2005-2019. *Cold Regions Science and Technology*, 184, 103237, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103237>

Huss, M.; Zekollari, H.; Edwards, T.; Nowicki, S.; Marzeion, B.; Hock, R.; Goelzer, H.; Seroussi, H.; Jourdain, N.; Slater, D.; Turner, F.; Smith, C.; McKenna, C.; Simon, E.; Abe-Ouchi, A.; Gregory, J.; Larour, E.; Lipscomb, W.; Payne, A.; Shepherd, A.; Agosta, C.; Alexander, P.: Projected land ice contributions to twenty-first-century sea level rise. *Nature*, 593(7857), 74-82, <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03302-y>

Imhof, M.: Combined climate-ice flow modelling of the alpine ice field during the last glacial maximum. *VAW-Mitteilung 260*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000471073>

Irrarrazaval, I.; Werder, M.; Huss, M.; Herman, F.; Mariethoz, G.: Determining the evolution of an alpine glacier drainage system by solving inverse problems. *Journal of Glaciology*, 67(263), 421-434, <https://doi.org/10.1017/jog.2020.116>

Jacquemart, M.; Cicoira, A.: Hazardous glacier instabilities: Ice avalanches, sudden large-volume detachments of low-angle mountain glaciers, and glacier surges. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818234-5.00188-7>

Kammerer, S.; Vetsch, D.; Kriewitz, R.: 3D Simulationen zur Fischdurchgängigkeit am Flusskraftwerk Bannwil. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung 263*, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 155-163, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499752>

Kramer, M.; Felder, S.; Hohermuth, B.; Valero, D.: Drag reduction in aerated chute flow: Role of bottom air concentration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 147(11), 04021041, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001925](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001925)

Kremer, K.; Anselmetti, F.; Evers, F.; Goff, J.; Nigg, V.: Freshwater (paleo)tsunamis – a review. *Earth-Science Reviews*, 212, 103447, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103447>

- Landmann, J.; Künsch, H.; Huss, M.; Ogier, C.; Kalisch, M.; Farinotti, D.: Assimilating near-real-time mass balance stake readings into a model ensemble using a particle filter. *The Cryosphere*, 15(11), 5017-5040, <https://doi.org/10.5194/tc-15-5017-2021>
- Linsbauer, A.; Huss, M.; Hodel, E.; Bauder, A.; Fischer, M.; Weidmann, Y.; Bärtsch, H.; Schmassmann, E.: The new Swiss glacier inventory SGI2016: From a topographical to a glaciological dataset. *Frontiers in Earth Science*, 9, 704189, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.704189>
- Maddahi, M.; Rahimpour, M.; Boes, R.M.; Albayrak, I.: Determining minimum numbers of transects for accurate flow measurements using moving-vessel ADCPs. *13<sup>th</sup> International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering Zürich*, 13.-15. June 2021, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000509477>
- Marchetti, E.; Walter, F.; Meier, L.: Broadband infrasound signal of a collapsing hanging glacier. *Geophysical Research Letter*, 48(16), e2021GL093579, <https://doi.org/10.1029/2021GL093579>
- Mathers, K.; Kowarik, C.; Rachely, C.; Robinson, C.; Weber, C.: The effects of sediment traps on instream habitat and macroinvertebrates of mountain streams. *Journal of Environmental Management*, 295, 113066, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113066>
- Meister, J.; Beck, C.; Albayrak, I.; Boes, R.M.: Hydraulik und betriebliche Aspekte von Horizontalrechen-Bypass-Systemen. *WasserWirtschaft*, 111(9-10), 20-27, <https://doi.org/10.1007/s35147-021-0888-2>
- Meister, J.; Beck, C.; Selz, O.; Peter, A.; Albayrak, I.; Boes, R.M.: Bemessungsempfehlungen für den Fischschutz mit Horizontalrechen-Bypass-Systemen. *WasserWirtschaft*, 111(9-10), 28-33, <https://doi.org/10.1007/s35147-021-0886-4>
- Meister, J.; Moldenhauer-Roth, A.; Beck, C.; Selz, O.; Peter, A.; Albayrak, I.; Boes, R.M.: Protection and guidance of downstream moving fish with electrified horizontal bar rack bypass systems. *Water*, 13(9), 2786, <https://doi.org/10.3390/w13192786>
- Meyer, M.; Thiele, L.; Wenner, M.; Walter, F.; Hibert, C.: Using system context information to complement weakly labeled data. *International Conference on Learning Representations: workshop on Weakly Supervised Learning (ICLR 2021)*, online, May 7, 2021, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000509303>
- Michel, A.; Schaefli, E.; Wever, N.; Zekollari, H.; Lehning, M.; Huwald, H.: Future water temperature of rivers in Switzerland under climate change investigated with physics-based models. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, <https://doi.org/10.5194/hess-2021-194>
- Miles, E.; McCarthy, M.; Dehecq, A.; Kneib, M.; Fugger, S.; Pellicciotti, F.: Health and sustainability of glaciers in high mountain Asia. *Nature communications*, 12(1), 2868, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23073-4>
- Nigg, V.; Bacigaluppi, P.; Vetsch, D.; Vogel, H.; Kremer, K.; Anselmetti, F.: Shallow-water tsunami deposits: Evidence from sediment cores and numerical wave propagation of the 1601 CE lake Lucerne event. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(12), 1-30, <https://doi.org/10.1029/2021GC009753>
- Noetzle, J.; Arenson, L.; Bast, A.; Beutel, J.; Delaloye, R.; Farinotti, D.; Gruber, S.; Gubler, H.; Haeberli, W.; Hasler, A.; Hauck, C.; Hiller, M.; Hoelzle, M.; Lambiel, C.; Pellet, C.; Springman, S.; Vonder Mühl, D.; Phillips, M.: Best practice for measuring permafrost temperature in boreholes based on the experience in the Swiss alps. *Frontiers in Earth Science*, 9, 607875, <https://doi.org/10.3389/feart.2021.607875>

Ogier, C.; Werder, M.; Huss, M.; Kull, I.; Hodel, D.; Farinotti, D.: Drainage of an ice-dammed lake through a superglacial stream: hydraulics and thermodynamics. *The Cryosphere*, 15(11), 5133-5150, <https://doi.org/10.5194/tc-15-5133-2021>

Pitman, K.; Moore, J.; Huss, M.; Sloat, M.; Whited, D.; Beechie, T.; Brenner, R.; Hood, E.; Milner, A.; Pess, G.; Reeves, G.; Schindler, D.: Glacier retreat creating new Pacific salmon habitat in western North America. *Nature Communications*, 12(1), <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26897-2>

Prior-Jones, M.; Bagshaw, E.; Lees, J.; Clare, L.; Burriw, S.; Werder, M.; Karisson, N.; Dahl-Jensen, D.; Chudley, T.; Christoffersen, P.; Wadham, J.; Doyle, S.; Hubbard, B.: Cryoegg: development and field trials of a wireless subglacial probe for deep, fast-moving ice. *Journal of Glaciology*, 67(264), 627-640, <https://doi.org/10.1017/jog.2021.16>

Pritchard, H.; Farinotti, D.; Colwell, S.: Measuring changes in snowpack SWE continuously on a landscape scale using lake water pressure. *Journal of Hydrometeorology*, 22(4), 795-811, <https://doi.org/10.1175/jhm-d-20-0206.1>

Pruessner, L.; Huss, M.; Phillips, M.; Farinotti, D.: A framework for modeling rock glaciers and permafrost at the basin-scale in high alpine catchments. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 13(4), e2020MS002361, <https://doi.org/10.1029/2020MS002361>

Quaranta, E.; Aggidis, G.; Boes, R.M.; Comoglio, C.; De Michele, C.; Patro, E.; Georgievskaja, E.; Harby, A.; Kougiyas, I.; Muntean, S.; Pérez-Díaz, P.; Romero-Gomez, P.; Roas-Clot, M.; Schleiss, A.; Vagnoni, E.; Wirth, M.; Pistocchi, A.: Assessing the energy potential of modernizing the European hydropower fleet. *Energy Conversion and Management*, 246, 114655, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114655>

Rachelly, C.; Friedl, F.; Boes, R.M.; Weitbrecht, V.: Morphological response of channelized, sinuous gravel-bed rivers to sediment replenishment. *Water resources research*, 57(6), e2020WR029178, <https://doi.org/10.1029/2020wr029178>

Rachelly, C.; Mathers, K.; Weber, C.; Weitbrecht, V.; Boes, R.M.; Vetsch, D.: How does sediment supply influence refugia availability in river widenings? *Journal of Ecohydraulics*, 6(2), 121-138, <https://doi.org/10.1080/24705357.2020.1831415>

Rifai, I.; El Kadi Abderrezzak, K.; Hager, W.; Erpicum, S.; Archambeau, P.; Violeau, D.; Dewals, B.: Apparent cohesion effects on overtopping-induced fluvial dike breaching. *Journal of Hydraulic Research*, 59(1), 75-87, <https://doi.org/10.1080/00221686.2020.1714760>

Schalko, I.; Boes, R.M.: Effect of water withdrawal on the appearance and sound level of waterfalls. *Water Resources Research*, 57(10), e2021WR030980, <https://doi.org/10.1029/2021wr030980>

Schalko, I.; Ruiz-Villanueva, V.; Maager, F.; Weitbrecht, V.: Wood retention at inclined bar screens: Effect of wood characteristics on backwater rise and bedload transport. *Water*, 13(16), 2231, <https://doi.org/10.3390/w13162231>

Schalko, I.; Weitbrecht, V.: Wood blockage and sediment transport at inclined bar screens. *Journal of Hydraulic Research*, <https://doi.org/10.1080/00221686.2021.1903588>

Schalko, I.; Wohl, E.; Nepf, H.: Flow and wake characteristics associated with large wood to inform river restoration. *Scientific Reports*, 11(1), 8644, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87892-7>

Scheidegger, C.; Weber, C.; De Cesare, G.; Vetsch, D.; Belser, A.: Praxisorientierte Forschung im Bereich Wasserbau und Oekologie. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung* 263, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 597-604, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499752>

- Schroeder, A.; Billeter, P.; Boes, R.M.; Keller, Y.; Lais, A.; Stucki, A.: Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat, Auslaufbauwerk Entlastungsstollen Thalwil. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung* 263, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 343-350, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499752>
- Schroeder, A.; Billeter, P.; Boes, R.M.; Keller, Y.; Stucki, A.; Lais, A.: Entlastungsstollen Thalwil – physikalische Modellversuche zum Auslaufbauwerk. *Wasser Energie Luft*, 113(4), 213-222, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000529970>
- Seibert, J.; Jenicek, M.; Huss, M.; Ewen, T.; Viviroli, D.: Snow and ice in the hydrosphere. *Risks and Disasters*, 93-135, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817129-5.00010-x>
- Shugar, D.; Farinotti, D.; ed al. A massive rock and ice avalanche caused the 2021 disaster at Chamoli, Indian Himalaya. *Science*, 373(6552), 300-306, <https://doi.org/10.1126/science.abh4455>
- Siviglia, A.; Vanzo, D.; Toro, E.: A splitting scheme for the coupled Saint-VenantExner model. *Advances in Water Resources*, 159, 104062, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2021.104062>
- Steeb, N.; Badoux, A.; Boes, R.M.; Gasser, E.; Rickenmann, D.; Rickli, C.; Ruiz-Villanueva, V.; Schalko, I.; Schmocker, L.; Schwarz, M.; Stoffel, M.; Weitbrecht, V.: WoodFlow project-large wood management in rivers. *14<sup>th</sup> Congress INTERPRAEVENT 2021*, 278-283, Norway. <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:27692>
- Stocker, B.; Schalko, I.; Lais, A.; Boes, R.M.: Discussion of «Reservoir level rise under extreme driftwood blockage at ogee crest” by Loic Bénet, Giovanni de Cesare, and Michael Pfister. *Journal of Hydraulic Engineering*, 147(12), 07021012, [https://doi.org/10.1061/\(asce\)hy.1943-7900.0001945](https://doi.org/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001945)
- Strupler, M.; Bacigaluppi, P.; Kremer, K.; Vetsch, D.; Anselmetti, F.; Boes, R.M.; Wiemer, S.: Gefahrenabschätzung von durch Unterwasserhangrutschungen ausgelösten Tsunamis in Seen. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung* 263, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 259-267, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499751>
- Swift, D.; Talentire, G., Farinotti, D.; Simon, C.; Higson, W.; Bryant, R.: The hydrology of glacier-bed overdeepenings: sediment transport mechanics, drainage system morphology, and geomorphological implications. *Earth surface*, 46(11), 2264-2278, <https://doi.org/10.1002/esp.5173>
- Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S.; Huss, M.; Isensee, K.; Palmer, L.; Tarasova, O.; Vermeulen, A.: Headline indicators for global climate monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(1), E20-E37, <https://doi.org/10.1175/bams-d-19-0196.1>
- Valero, D.; Schalko, I.; Friedrich, H.; Abad, J.; Bung, D.; Donchyts, G.; Felder, S.; Ferreira, R.; Hohermuth, B.; Kramer, M.; Li, D.; Mendes, L.; Moreno-Rodenas, A.; Nones, M.; Paron, P.; Ruiz-Villanueva, V.; Wang, R.; Franca, M.: Pathways towards democratization of hydro-environment observations and data. *IAHR White Paper*, 1, <https://www.iahr.org/library/infor?pid=8934>
- Van Dongen, E.: Monitoring and modelling the calving behaviour of bowdoin glacier, North-west Greenland. *VAW-Mitteilung* 259, (R. Boes, ed.), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000483936>
- Van Dongen, E.; Jouvét, G.; Sugiyama, S.; Podolsky, E.; Funk, M.; Benn, D.; Lindner, F.; Bauder, A.; Seguinot, J.; Leinss, S.; Walter, F.: Thinning leads to calving-style changes at Bowdoin Glacier, Greenland. *The Cryosphere*, 15(2), 485-500, <https://doi.org/10.5194/tc-15-485-2021>

van Rooijen, E.; Vanzo, D.; Vetsch, D.; Boes, R.M.: Enhancing an unsupervised clustering algorithm with a spatial contiguity constraint for river habitat analysis. *Ecohydrology*, 14(4), e2285, <https://doi.org/10.1002/eco.2285>

Vanzo, D.; Peter, S.; Vonwiller, L.; Bürgler, M.; Weberndorfer, M.; Siviglia, A.; Conde, D.; Vetsch, D.: Basement v3: a modular freeware for river process modelling over multiple computational backends. *Environmental Modelling & Software*, 143, 105102, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105102>

Vetsch, D.; Vonwiller, D.; Vanzo, D.: Simulation der morphodynamik von Fließgewässern. *Ingenieurbiologie*, 4, 37-43.

Wenner, M.; Hibert, C.; van Herwijnen, A.; Meier, L.; Walter, F.: Near-real-time automated classification of seismic signals of slope failures with continuous random forests. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(1), 339-361, <https://doi.org/10.5194/nhess-21-339-2021>

Wyss, A.; Müller, M.; Boes, R.M.; Hinkelammert-Zens, F.; Billeter, P.; Stucki, A.; Weitbrecht, V.: Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat Einlaufbauwerk Entlastungsstollen Thalwil. Wasserbau-Symposium 2021, *VAW-Mitteilung* 263, (R. Boes, ed.), Eigenverlag der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, 333-341, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000499752>

Wyss, A.; Schalko, I.; Weitbrecht V.: Field study on wood accumulation at a bridge pier. *Water*, 13(18), 2475, <https://doi.org/10.3390/w13182475>

Yarushina, V.; Makhnenko, R.; Podladchikov, Y.; Wang, H.; Räss, L.: Viscous behavior of clay-rich rocks and its role in focused fluid flow. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(10), e2021GC009949, <https://doi.org/10.1029/2021GC009949>

Zheng, G.; Allen, S.; Bao, A.; Ballesteros-Canovas, J.; Huss, M.; Zhang, G.; Li, J.; Yuan, Y.; Jinag, L.; Wu, T.; Chen, W.; Stoffel, M.: Increasing risk of glacial lake outburst floods from future third Pole deglaciation. *Nature Climate Change*, 11, 411-417, <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01028-3>



### A.3 Vorträge und Podien

- Ismail Albayrak** *Determining minimum number of transects for accurate flow measurements using moving vessel ADCPs.* 13<sup>th</sup> Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, Zurich, 14 June 2021.
- Efficiency evaluation of Swiss Sediment Bypass Tunnels.* 1<sup>st</sup> IAHR Online Forum, Technical Session "Reservoir Sedimentation and Sustainable Management", (online), 07.07.2021
- Fish protection and fish downstream migration at large hydropower plant: sharing of experiences and knowledge. Ergebnisse des EU Horizon 2020 Projektes „FITHYDRO“* International Commission for the Protection of the Rhine, Koblenz, Germany (online), 16.09.2021
- Robert Boes** *Schweizerisches Wasserkraftpotenzial zur Stromerzeugung und -speicherung bis 2050.* Energieforschungsgespräche Disentis 2021 (online), 20.01.2021
- Panel expert discussion "Towards a future research agenda for fish-friendly and sustainable hydropower".* International Conference on Fishfriendly Hydropower – FIThydro final Conference, 18.03.2021 (online)
- Recent etho-hydraulic experiments in the VAW Laboratory of ETH Zurich.* FishPath kickoff meeting, (online) 05.05.2021
- Turbining fine sediments as a sediment management strategy for hydropower reservoirs.* 1<sup>st</sup> IAHR Online Forum, Technical Session "Reservoir Sedimentation and Sustainable Management", (online) 07.07.2021
- Umgang mit Sedimenten an Wasserkraftanlagen.* Fachtagung «Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen», Naters, 26.08.2021
- Forschungsprojekt am Kraftwerk Fieschertal: Ausserbetriebnahmen während Hochwassern.* Fachtagung «Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen», Naters, 26.08.2021
- Potenzial von Aus-und Neubauten von Wasserkraftspeichern als Beitrag zur Versorgungssicherheit.* SWV-Jahrestagung, Airolo, 02.09.2021
- Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH Zürich gestern, heute und morgen.* Wasserbau-Symposium 2021, ETH Zürich, 15.09.2021
- Challenges in hydropower infrastructure from a civil and environmental engineering perspective.* Workshop „Frontiers in hydropower“, EPFL, Lausanne (online) 11.10.2021

*Moderation Workshop „What are measures for sediment continuity at dams and weirs and proof of concept?“, International Symposium on Bedload Management, Interlaken, 08.11.2021*

*Moderation Workshop „What are important research gaps for successful projects?“, International Symposium on Bedload Management, Interlaken, 09.11.2021*

*Panel discussion: How to succeed or fail in bedload restauration? International Symposium on Bedload Management, Interlaken, 09.11.2021*

*Sediment Bypassing. Workshop of the ICOLD Technical Committee on Reservoir Sedimentation, Paris, France (online), 17.11.2021*

*Bruch von Schüttdämmen – ein aktuelles Problem an der Schnittstelle von Wasserbau, Hydraulik und Geotechnik. 10. Geotechnik Fachtagung, Fachhochschule OST, Rapperswil, 26.11.2021*

*Aktuelle Forschungsprojekte an der VAW, ETH Zürich und an der PL-LCH, EPFL. Forschungs-Workshop des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands (SWV), Lenzburg, 03.12.2021*

**Francesco Caponi** *Influenza delle caratteristiche morfologiche delle piante sulla sopravvivenza della vegetazione riparia al passaggio delle piene. Giornata Mondiale dell'Acqua, Accademia dei Lincei, Roma, Italia (online), 22.03.2021*

*BASEveg: a freeware numerical model integrating vegetation dynamics and river morphology. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics Symposium (RCEM), online, 02.12.2021*

**Loris Compagno** *Why 0.5°C matter for the future evolution of Alpine glaciers. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 26.04.2021*

**Malgorzata Chmiel** *Can Machine Learning improve Debris Flow Warning? 2021 Seismological Society of America Annual Meeting, (online), 22.04.2021*

*Geomorphological impact of storm Alex in the Maritime Alps, France: what can we learn from seismological observations? European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 30.04.2021*

**Amaury Dehecq** *Pan-arctic glaciers volume changes over 1975-2019. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 29.04.2021*

**Daniel Farinotti** *Glaciers in a greenhouse – what is expecting us (in German). Rotary Club Berne (online), 12.01.2021*

*When a series of activities become more than some activities in series. Institute for Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China (online), 25.02.2021*

*Climate, glaciers, water, and hydroelectricity – what is to come?* World Energy Council Switzerland, Worb (online), 15.03.2021

*Where shall we measure? Results from the second phase of the Ice Thickness Models Intercomparison eXperiment (ITMIX2).* European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 26.04.2021

*Glaciology at ETH – the most exciting job on offer?* annual “Thanks Giving”-event by the ETH Foundation, Zurich (online), 09.06.2021

*Can our glaciers still be saved? Stand 146* at ETH’s and University of Zurich’s “Scientifica”, Zurich, 04./05.09.2021

**David Felix**

*Reduction of reservoir sedimentation by increasing the fine sediment transport through the power waterways of hydropower plants.* 6th IAHR Europe Congress 2020, Warsaw, Poland (online), 18.02.2021

*Temporary shutdowns of the high-head run-of-river HPP Fieschertal to prevent excessive turbine erosion during floods.* 30th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems 2020, Lausanne, Switzerland (online), 22.03.2021

*Forschungsprojekt am Kraftwerk Fieschertal: Übersicht und Beschreibung der Anlage.* Fachtagung «Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen», Naters, 26.08.2021

*Forschungsprojekt am Kraftwerk Fieschertal: Schwebstoffmessungen und Sedimentfrachten.* Fachtagung «Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen», Naters, 26.08.2021

*Forschungsprojekt am Kraftwerk Fieschertal: Abschätzung der Abrasion an beschichteten Pelton-turbinen.* Fachtagung «Schwebstoffe, hydro-abrasiver Verschleiss und Wirkungsgradänderungen an Pelton-Turbinen», Naters, 26.08.2021

**Sebastian Hellmann** *Ultrasonic velocity experiments on ice cores to complement fabric measurements.* European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 26.04.2021

**Romain Hugonnet** *Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century.* 24th Virtual Alpine Glaciology Meeting, Milan, Italy (online), 26.03.2021

**Matthias Huss** *Converting geodetic ice volume to mass change: a global-scale assessment.* European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 29.04.2021

*Schweizer Gletscher in Zeiten des Klimawandels.* Novartis Pensionierten-Vereinigung, Basel (online), 04.05.2021

*Schweizer Gletscher in Zeiten des Klimawandels.* SAC Delegierten-Versammlung, Bern, 01.09.2021

*Glacier response to climate change.* IAC Seminar, ETH Zürich, 25.10.2021

*Future of Glaciers.* Presentation at the opening ceremony of the Cryosphere Pavilion at COP26 in front of Swiss president G. Parmelin, COP26, Glasgow, Scotland, 1.11.2021

*Schweizer Gletscher in Zeiten des Klimawandels.* Richard Vollenweider Lectures, Kantonsschule Luzern, 09.11.2021

*Glacier response to climate change.* Kolloquium Boden, Wasser, Luft, Universität Freiburg (online), 02.12.2021

**Mylène Jacquemart** *Understanding sudden large-volume glacier detachments and their link to subglacial conditions and glacier thermal regimes.* Geographisches Institut Universität Bern, 16.11.2021

*Detecting the Imprint of Climate Change in High Mountain Hazards: Challenges and Opportunities.* American Geophysical Union Fall Meeting 2021, New Orleans, USA (hybrid), 17.12.2021

**Johannes Landmann** *CRAMPON - a model- and observation-based near real-time platform for glacier mass balances in Switzerland.* European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 26.04.2021

*From global to local - a roundtrip through the icy world.* Swiss Study Foundation, Riederalp, 25.06.2021

*Near-real-time glacier mass balance estimates from assimilation of (in)direct observations.* Data Assimilation Research Centre (DARC) Seminar Series, Reading, UK (online), 17.11.2021

**Eric Mannerfelt** *Toward a 1930 DEM of the entire Swiss Alps.* 24th Virtual Alpine Glaciology Meeting, Milan, Italy (online), 26.03.2021

**Anita Moldenhauer** *Leitrechen-Bypass-Systeme für einen sicheren Fischabstieg – Stand der Forschung von Horizontalrechen, Bar Racks und Elektrifizierung.* Plattform Renaturierung (Webinar), 13.04.2021

**Cristina Rachelly** *Effect of sediment supply on morphodynamics in river widenings.* International Symposium on Bedload Management, Interlaken, Switzerland, 09.11.2021

*The impact of bed-load supply on channel stability,* River, Coastal and Estuarine Morphodynamics Symposium (RCEM), online, 30.11.2021

**Isabella Schalko** *Interaction between flow, sediment, and wood in rivers.* Invited talk, at Wageningen University & Research, The Netherlands, 20.01.2021

*Bedload continuity and wood retention at inclined bar screens.* American Geophysical Union Fall Meeting 2021, New Orleans, USA, 17.12.2021

- Gabriel Spreitzer** *Video footage from drones for Structure-from-Motion photogrammetry - A practical and rapid assessment method for large wood accumulations in rivers?* European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria (online), 28.04.2021
- Jane Walden** *Can our glaciers still be saved?* Stand 146 at ETH's and University of Zurich's "Scientifica", Zurich, 04./05.09.2021
- Volker Weitbrecht** *Geschiebedurchgängigkeit und Morphodynamik am Beispiel von eisdynamischen Flussaufweitungen.* 44. Dresdner Wasserbaukolloquium, TU-Dresden, Deutschland (online), 04.03.2021
- Large wood-related hazards and prevention measures.* Swiss - Japanese Sediment Disaster Risk Management Technology Meeting, BAFU, Bern (online), 05.06.2021
- Mauro Werder** *Subglacial water flow routing taking uncertainties and supercooling effects into account.* American Geophysical Union Fall Meeting, New Orleans, USA (hybrid), 14.12.2021
- Andris Wyss/  
Alice Schroeder** *Einlauf- und Auslaufbauwerk Entlastungsstollen Thalwil.* Wasserbausymposium 2021, Zürich, 16.09.2021

## A.4 Die VAW in den Medien

### a) Artikel über die VAW und ihre Arbeit (Auswahl)

<b>fricktal24.ch</b>	Abstiegshilfen die Fische verstehen. Link, 03.01.2021
<b>Michel Suter</b>	SAK installiert neuartiges Fischschutzsystem im Herrentöbeli. energate messenger.ch, 09.03.2021
<b>IAHR NewsFlash</b>	FITHydro project: Fish protection and fish guidance using innovative curved-bar rack bypass systems. Link, 02.04.2021
<b>Martin Läubli</b>	Erstmals gibt es Daten zu allen 200'000 Gletschern der Welt. Tagesanzeiger, 28.04.2021
<b>Research and Education Networks</b>	Safe Harbour for Migrating Fish and Cleaner Sustainable Energy. Link, 01.05.2021
<b>Davide Michielin</b>	La ritirata dei ghiacciai. Le Scienze, 13.05.2021
<b>Keystone-SDA</b>	Gletscher: Ein halbes Grad mehr Erwärmung macht viel aus. Link, 16.06.2021
<b>Bettina Dyttrich</b>	Wenn die Gletscher weg sind. WoZ, 01.07.2021
<b>Markus Hausmann</b>	Der Schwemmholzrechen hat den Praxistest bestanden. Zürichsee Zeitung, 15.07.2021
<b>Michelle Muff</b>	Auch in der Schweiz können Gebäude wegen des Hochwassers einstürzen. 20minuten, 16.07.2021
<b>Vincent Maendly</b>	Le tsunami lacustre, un danger non négligeable. 24 heures, 20.07.2021
<b>Andrea Kucera</b>	Handy-Alarm soll Leben retten. NZZ am Sonntag, 24.07.2021
<b>Martin Läubli</b>	Das braucht es für eine klimaneutrale Schweiz ohne AKW. Tagesanzeiger, 01.09.2021
<b>Abe Musselmann</b>	The Electricity Is Melting. The Magazine of the Sierra Club, 02.09.2021
<b>Andreas Hirstein</b>	Noch ist die Arktis nicht verloren. NZZ am Sonntag, 04.09.2021
<b>Lukas Denzler</b>	Wie die Renaturierung von Gewässern vor Hochwasser schützen kann, NZZ, 22.09.2021

<b>Alain-Xavier Wurst</b>	Neige mécanique, un fragile équilibre. htr hotel revue, 23.09.2021
<b>Atlant Bieri</b>	Tod durch Klimaerwärmung: Dieses Jahr ist der Pizolgletscher dran. NZZ am Sonntag, 02.10.2021
<b>Volker Saux</b>	Changement climatique: la Suisse à la rescousse de ses glaciers. GEO France, 13.10.2021
<b>Tagblatt.ch</b>	Im Obertoggenburg: Ein neuer Fischleitrochen bietet den Fischen den bestmöglichen Schutz. Link, 04.11.2021
<b>Pascal Sigg</b>	Mastercard-Kampagne instrumentalisiert den Gletscherschutz. Infosperber.ch, 26.11.2021
<b>Watson.ch</b>	Schmelzende Gletscher könnten zukünftiger Lebensraum für Lachse sein. Link, 07.12.2021

#### **b) Medienauftritte in Radio und TV**

<b>Daniel Farinotti</b>	Immer mehr Gletscheseen. 3Sat, nano, 20.01.2021
<b>Matthias Huss</b>	Expedition ins Innere eines Gletschers. SRF, Einstein, 21.01.2021
<b>Matthias Huss</b>	Die Gletscher sterben. ZDF, Pur+, 25.02.2021
<b>Matthias Huss</b>	Der Gletscherretter. 3Sat, nano, 16.03.2021
<b>Fabian Walter</b>	Mit Künstlicher Intelligenz vor Murgängen warnen. SRF, 10vor10, 26.03.2021.
<b>Romain Hugonnet</b>	Warum die Gletscher schwarz werden. SRF, Tagesschau, 28.04.2021
<b>Anita Moldenhauer</b>	Neue Abstieghilfe soll Fische retten. Teletop, 30.04.2021
<b>Robert Boes</b>	Wasserkraftsanierung. SRF, 10vor10, 17.05.2021
<b>Robert Boes</b>	Die Wasserkraft könnte mit dem Atomausstieg noch wichtiger werden. RSI LA 1, Il Quotidiano, 02.09.2021
<b>Daniel Farinotti</b>	Il valore dei ghiacciai. RSI LA1, TEMPI MODERNI, 19.09.21
<b>Robert Boes</b>	Vivere green. RSI LA1, Falò, 07.10.2021
<b>Andreas Bauder</b>	Keine Verschnaufpause fürs ewige Eis. SRF, Tagesschau, 19.10.2021

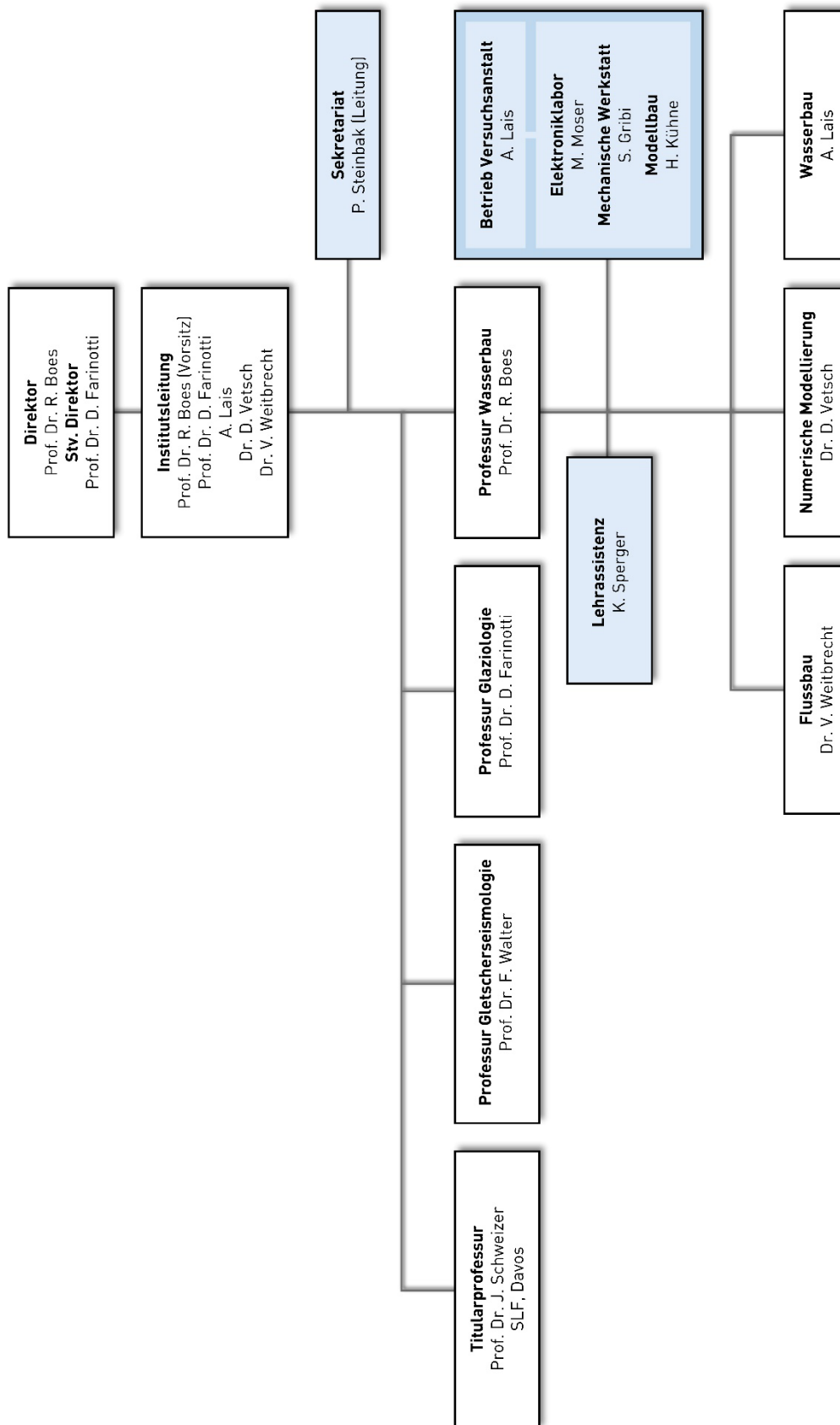
- Andreas Bauder** Schmelzender Rhonegletscher: Wo die Klimakrise deutlich wird. SWR2, 02.11.2021
- Matthias Huss** Klimawandel in der Schweiz-Die Gletscherkühler. Deutschlandfunk Kultur, 03.11.2021
- Matthias Huss** Quand la fonte des glaciers aide les saumons. RTS La 1<sup>ère</sup>, 09.12.2021

### c) Medienauftritte in Zeitungen und Internet

- Isabella Schalko** Interview: Focus on Women and Girls in Science. IAHR Talks, 26.01.2021
- Daniel Farinotti** I ghiacciai si sciogliono. Radiotelevisione svizzera, Modem, 29.04.2021
- Daniel Farinotti** Lo scioglimento dei ghiacciai è sempre più veloce. laRegion, 30.04.2021
- Andreas Bauder** Gletscher hatten einen guten Mai. Science ORF.at, 07.06.2021
- Loris Compagno** So schnell könnten die Alpen-Gletscher wirklich schmelzen. Kurier.at, 16.06.2021
- Loris Compagno** Aletschgletscher wird um 80 Prozent schrumpfen. Nau.ch, 18.06.2021
- Loris Compagno** Bei den alpinen Gletschern kommt es auf jedes halbe Grad an. Der Standard, 20.06.2021
- Matthias Huss** Malgré un été sans canicule, les glaciers suisses déclinent. Heidi.news, 19.10.2021
- Matthias Huss** Keine Verschnaufpause für Gletscher. Blick, 19.10.2021
- Isabella Schalko** Waterfall sounds used as a telltale sign of water loss. AGU Advancing Earth and Space Science, 29.11.2021



## A.5 Organigramm



**A.6 Gruppenbild**

