Deutsche Hydrologische Gesellschaft, DHG
Österreichische Gesellschaft für Hydrologie, ÖGH
Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie

3. Workshop zur Alpinen Hydrologie

Hydrologische Prozesse im Hochgebirge

im Wandel der Zeit








20.11. bis 22.11.2019

Universitätszentrum / Alpine Forschungsstelle Obergurgl

Hintergrund

Die Auswirkungen unterschiedlicher Umweltänderungen (Landnutzung, Besiedlung, Klima, Infrastruktur) für die Hydrologie von Hochgebirgsregionen und damit auch für die der Alpen sind z.T. auch besonders ausgeprägt und für eine Reihe angewandter Fragestellungen relevant. Zu den wichtigsten Auswirkungen gehören diejenigen auf hydrologische Prozesse und den Wasserhaushalt. Hier sind nicht nur die längerfristigen Mittelwerte von Bedeutung, sondern auch die Bedingungen bei hydrologisch extremen Situationen, also bei Hochwasser und Wassermangel.

In diesem Kontext spielen die Hydrologie und die Wasserressourcen in Hochgebirgsregionen eine mehrfach wichtige Rolle.

1. Sie sind besonders verwundbar bzgl. Klimaänderungen: Durch die bereits eingetretene und erst recht durch die zu erwartende Erwärmung verringern sich im Hochgebirgsraum die Schnee- und Eisressourcen, wodurch sich die Saisonalität der Wasserhaushaltskomponenten, ökohydrologische Regime, wie auch die Ausprägung von Extremereignissen verändern.
2. Sie bilden die wesentliche natürliche und ökonomische Grundlage für die Entwicklung und den Lebensstandard in den Alpen wie auch in anderen Gebirgsregionen: Wasser ist die wichtigste Ressource zur Erzeugung elektrischer Energie (Wasserkraftwerke), die Schneebedeckung in Zeit und Raum ist die Grundlage für den Wintertourismus, und die Abflüsse im Sommer (zum Teil aus Schneedecken und Gletschern) sind die Voraussetzung zur Bewässerung von landwirtschaftlichen Intensivkulturen in den tief liegenden Haupttälern.
3. Sie sind auch vielfach Auslöser von Naturgefahren: Bedingt durch Relief, erhöhte Wassermengen, Phasen und Phasenübergänge und insbesondere auch mitgeführte Feststoffe bergen Lawinen, Bergstürze, Murgänge, Hochwasserereignisse besondere Gefahren, deren Auftreten sich als Folge des Klimawandels auch verschärfen kann.

Die nationalen hydrologischen Gesellschaften Österreichs, Deutschlands und der Schweiz wollen daher zu diesem Thema zum zweiten Mal einen Wissensaustausch und Diskussion initiieren und laden dafür vom 20.11.-22.11.2019 in den Gebirgsort Obergurgl in den Ötztaler Alpen/Tirol ein.

Themen

- Auswirkungen des Klimawandels auf die Hydrologie und Geomorphologie der Alpen in den letzten 150 Jahren
- Neue Methoden der Messung und des Monitorings von hydrologischen Prozessen im Hochgebirge
- Neue Modellierungsansätze zur Simulation und Vorhersage der hydrologischen Prozesse im Hochgebirge (inkl. Schnee und Eis) sowie ihre Unsicherheiten
- Naturgefahren als Folge hydrologischer Ereignisse und Bedingungen
- Auswirkungen des Tourismus auf Hydrologie und Geomorphologie und vice versa

Struktur des Programms

Der Workshop fokussiert auf aktuelle wissenschaftliche Fragen der alpinen Hydrologie, wobei sowohl methodische als auch angewandte Aspekte angesprochen sind. Es soll ein intensiver wissenschaftlicher Austausch erfolgen, in dem über laufende Untersuchungen und Ergebnisse (inkl. deren Unsicherheiten und Grenzen) berichtet wird.

Konferenzsprache ist Deutsch. Beiträge auf Englisch sind ebenfalls möglich. Die Gesamtzahl der Teilnehmer ist begrenzt, um den Diskussionscharakter des Workshops zu gewährleisten.

Wissenschaftliches Komitee

- Matthias Bernhardt (BOKU, Wien)
- Axel Bronstert (Univ. Potsdam), DHG
- Hubert Holzmann (BOKU, Wien), ÖGH
- Gertraud Meißl (Univ. Innsbruck)
- Bettina Schaefli (Univ. Bern)
- Karsten Schulz (BOKU, Wien), ÖGH
- Jan Seibert (Univ. Zürich)
- Kerstin Stahl (Univ. Freiburg), DHG
- Ulrich Strasser (Univ. Innsbruck)
- Markus Weiler (Univ. Freiburg), DHG
- Massimiliano Zappa (WSL Birmensdorf), SGHL

Organisationskomitee

- DHG Geschäftsführung: Christina Hauger
- Gertraud Meißl (Univ. Innsbruck)
- Karsten Schulz (Univ. für Bodenkultur, Wien)
- Kerstin Stahl (Univ. Freiburg)
- Markus Weiler (Univ. Freiburg)
- Massimiliano Zappa (WSL Birmensdorf)

Kontakt und Anmeldung

Geschäftsstelle Deutsche Hydrologische Gesellschaft
co/ Universität Freiburg, Professur für Hydrologie
Friedrichstr. 39
D - 79098 Freiburg

Tel.: +49 163 9807 613
Email: geschaeftsstelle@dhydrog.de
(Bitte füllen Sie das Anmeldeformular aus!)

Programm

3. Workshop zur Alpinen Hydrologie
Hydrologische Prozesse im Hochgebirge im Wandel der Zeit

Mittwoch, 20.11.2019

18:00 Uhr **Begrüßung mit Umtrunk**

18:30 Uhr **Abendessen und gemütliches Beisammensein**

Donnerstag, 21.11.2019 **Vorträge 20 min.** plus Fragen/Diskussion

Vorsitz: Karsten Schulz

8:30 – 9:00 Uhr **Roland Kaitna (BOKU Wien)**
Critical hydro-meteorological trigger conditions for debris flow in a changing climate

9:00 – 9:30 Uhr **Georg Raffeiner (HD Tirol)**
Hochwasserereignisse 2018 und 2019 an der Drau und am Inn: Hydrologische Analyse und Modellierung im Rahmen der operativen Hochwasservorhersage

9:30 – 10:00 Uhr **Franziska Koch (BOKU Wien)**
GPS-basierte Messung des Schneewasseräquivalents und des Flüssigwassergehalts der Schneedecke – Methodik und potentielle Anwendungen

10:00 – 10:45 Uhr **Kaffeepause + Poster**

Vorsitz: Markus Weiler

10:45 – 11:15 Uhr **Thomas Wagner (Univ. Graz)**
Einfluss von grobem Blockschutt auf die Grundwassertemperatur reliktischer Blockgletscher, Beispiel aus den Niederen Tauern, Österreich

11:15 – 11:45 Uhr **Christine Stumpp (BOKU Wien)**
Wasserisotope in Schneeprofilen – eine Alternative zur Isotopenmessung in Winterniederschlägen im Hochgebirge

11:45 – 12:15 Uhr **Michael Engel (Univ. Bozen)**
Hydro-sedimentäre Dynamik als Fußabdruck von Eigenschaften und Prozessen eines vergletscherten Einzugsgebiets

12:15 – 13:15 Uhr **Mittagessen**

13:15 – 16:30 Uhr **Freizeit**

Dieses Zeitfenster kann zum Schifahren, Wandern etc. genutzt werden. Wetterbedingt kann sich eine kurzfristige Verschiebung auf Freitag ergeben, in diesem Fall würden für Freitag vorgesehene Vorträge auf Donnerstag vorverlegt.

15:45 – 16:30 Uhr **Kaffeepause + Poster**

Vorsitz: Kerstin Stahl

16:30 – 17:00 Uhr **Markus Weiler (Univ. Freiburg)**
Abflusskomponenten aus Regen, Schnee- und Gletschereisschmelze – Stärke und Schwächen von tracer-basierten Methoden und Niederschlags-Abfluss Modellen

17:00 – 17:30 Uhr **Gerfried Winkler (Univ. Graz)**
Entwässerungsdynamik aktiver Blockgletscher - Abflusskomponententrennung basierend auf einem multidisziplinären Ansatz

17:30 – 18:00 Uhr **Michael Kuhn (Univ. Innsbruck)**
Abfluss von vergletscherten Einzugsgebieten: die Rolle von perennierenden Schneeflächen

18:00 – 19:00 Uhr **Poster + Bier**

19:00 – 20:00 Uhr **Abendessen, anschl. weitere Gesprächstreffen**

Freitag, 22.11.2019

Vorsitz: Hubert Holzmann

8:30 – 9:00 Uhr **Sven Decker (Univ. of Oslo)**
Effects of a snow re-distribution routine in a semi-distributed, lumped hydrological model

9:00 – 9:30 Uhr **Markus Hrachowitz (Delft Univ. of Technology)**
Regional pattern of annual snow cover duration in the Greater Alpine Region (2000 - 2018) and its sensitivity to climatic variability

9:30 – 10:00 Uhr **Daphné Freudiger (Univ. Zürich)**
Quantifizierung der Anteile von Schnee- und Gletscherschmelze entlang der Schweizer Flüsse

10:00 – 10:45 Uhr **Kaffeepause + Poster**

Vorsitz: Axel Bronstert

10:45 – 11:15 Uhr **Marit van Tiel (Univ. Freiburg)**
Streamflow response to climate anomalies in glacierized catchments

11:15 – 11:45 Uhr **Iris Stewart-Frey (Santa Clara Univ., Univ. Freiburg)**
Less snow, early melt, low flows, and warmer stream temperatures: Climate change in the mountains of western North America

11:45 – 12:15 Uhr **Florentin Hofmeister (TU München)**
Auswirkungen des Klimawandels auf hydrologische Prozesse in hochalpinen Einzugsgebieten

12:15 – 13:15 Uhr **Mittagessen**

Vorsitz: Gertraud Meißl

13:15 – 13:45 Uhr **Karsten Schulz (BOKU Wien)**
Schätzen von Parameter-Transferfunktionen für hydrologische Modelle basierend auf dem Verfahren der „Symbolic Regression“

13:45 – 14:15 Uhr **Michal Jeníček (Univ. of Praha)**
Using a bucket-type model to assess the role of seasonal snowpack in spring runoff and summer low flows

14:15 – 14:45 Uhr **Kerstin Stahl (Univ. Freiburg)**
Stress-test Szenarien zur Bestimmung der Klimasensitivität von Niedrigwasser in Kopfeinzugsgebieten

Vorsitz: Markus Weiler

14:45 – 15:30 Uhr **Zusammenfassung und Diskussion**

15:30 – 16:30 Uhr **Kaffeepause + Poster**

16:30 Uhr **Abreise oder gemütliches Beisammensein**

18:30 Uhr **Abendessen für jene, die erst am 23. oder 24.11.2019 abreisen**

Posterbeiträge

Kay Helfricht (IGF Innsbruck): Veränderung der Schuttbedeckung auf Gletschern der Ostalpen und deren Auswirkung auf den Geschiebetransport

Hubert Holzmann (BOKU Wien): Klimaprognosen und deren Wirkung auf die Wasserbilanzgrössen des Oberen Inn

Daniela Klingsbigl, Gerhard Markart (BFW Innsbruck): Verzögerte Wiederbewaldung im Schutzwald – Auswirkungen auf Wasserumsatz und Abflussbildung

Gertraud Meißl (Univ. Innsbruck): Abflussreaktion auf Niederschlagsereignisse in Abhängigkeit von der Ausgangsbodenfeuchte. Analyse einer neunjährigen Bodenfeuchte-Zeitreihe in einem kleinen ostalpinen Einzugsgebiet (Brixenbachtal, Tirol, Österreich)

Stefanie Peßenteiner (Univ. Graz): Modellierung vergangener und zukünftiger Abflusse und Sedimentfrachten in alpinen Einzugsgebieten am Beispiel des Schöttlbach

Erwin Rottler (Univ. Potsdam): Earlier Snowmelt, but no shift forward in snowmelt contribution to river runoff?

Ignacio Santos (BOKU Wien): Analysis and skill of seasonal runoff forecasts in the Alpine areas

Lena Schmidt (Univ. Potsdam): Veränderungen der hydro-sedimentologischen Dynamiken in hochalpinen Einzugsgebieten: Analyse der zeitlichen und räumlichen Variabilität des Abflusses und der Konzentration suspendierter Sedimente am Beispiel des oberen Ötztals

Klaus Vormoor (Univ. Potsdam): Änderungen der Evapotranspiration in alpinen Einzugsgebieten - Höhenabhängigkeiten und saisonale Wechselwirkungen von beeinflussenden Prozessen

Kurzfassungen

Vorträge

Critical hydro-meteorological trigger conditions for debris flows in a changing climate

Roland Kaitna[1], D. Prenner[1], M. Switanek[2], D. Maraun[2], M. Hrachowitz[3]

[1]Universität für Bodenkultur, Wien, Institut für Alpine Naturgefahren, Österreich
[2]Universität Graz, Wegener Center, Österreich
[3]Water Management Department, Delft University of Technology, Niederlande

Debris flows are mostly triggered by long-lasting rainfall or short duration storms. In some cases, snow melt may be an additional factor. In the course of climate change, these critical hydro-meteorological conditions may become more frequent and that and by that facilitate debris flow initiation. In this study, we simulate the hydrological state of six different catchments in Austria that experienced debris flow events in the last 40+ years. To identify debris flow trigger conditions based on the simulated hydro-meteorological variables, a set of criteria was defined for each trigger type that is either long-lasting rainfall, short duration storm, snow melt or rain on snow. Additionally, we run the hydrological model with projected climate data up to year 2100 based on two different emission scenarios RCP4.5 and RCP8.5. We present changing catchment states as well as changing trigger conditions for the near future (2021-2050) and far future (2071-2100) in all six regions. Results show that winter months are getting moister while summer months are becoming drier. Mean annual critical trigger conditions slightly decrease up to -2.3% (about 14 days per year) on average over all study regions. However, there are distinct seasonal and regional shifts that show some significant increase in spring and fall.

Hochwasserereignisse 2018 und 2019 an Drau und Inn; Hydrologische Analyse und Modellierung im Rahmen der operativen Hochwasservorhersage

Ilse Kogelbauer[1], **Georg Raffeiner[1]**, Autor/in[1], Autor/in[2]

[1]Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck, Österreich

Ende Oktober 2018 ereignete sich an der Drau ein Hochwasserereignis in Folge tagelanger Niederschläge mit Abflussscheitel im Tiroler Teil des Einzugsgebietes im Bereich von HQ30-HQ100. Mitte Juni 2019 kam es am Inn in Folge einer außerordentlichen Schneeschmelze in Kombination mit gewittrigen Regenschauern zu einem Hochwasserereignis im Bereich HQ50 (Pegel Innsbruck). Im Beitrag soll auf die hydrologischen Hintergründe und die Modellierung der Ereignisse im Zuge der operativen Hochwasserprognose eingegangen werden.

Ereignis Oktober 2018:
Entlang und südlich des Alpenhauptkamms treten im Zeitraum 27.10. bis 30.10. Niederschlagssummen zwischen 100 und bis über 350mm auf. Eine Auswertung der Niederschlagsjährlichkeiten zeigt den extremen Charakter des Gesamtereignisses, die 3-Tagesssummen überschreiten die Wiederkehrzeit von 100 Jahren vielfach deutlich. Während die Niederschläge der ersten beiden Tage nur zu einer moderaten Abflussreaktion an den betroffenen Gewässern im Süden Osttirols bis in der Nähe der Hochwasserwarnmarken (HW1-HW5) führen, erreicht die Drau ab 29.10. mittags innerhalb von 12 Stunden die Scheitelabflüsse im Bereich HQ30 bis HQ100. Die erhöhte Wasserführung an der Drau hält noch bis Mitte November an, nur langsam nähert sich die Abflusssituation wieder mittleren Verhältnissen.

Ereignis Juni 2019:
Das Hochwasserereignis am Inn in Tirol vom 10.6. bis 14.06. resultiert vornehmlich aus der massiven Schneeschmelze bedingt durch sommerliche Temperaturen (in 2000 m 12-13°C) und zusätzlichen Gewitterniederschlägen in den Ötztaler und Stubaier Alpen sowie im Engadin in der Schweiz. Der schneereicher Winter 2018/19 und ein kühler Mai mit unterdurchschnittlichen Temperaturen sorgen für eine deutlich überdurchschnittliche Schneelage Ende Mai. Aus Satellitendaten lässt sich abschätzen, dass rund 50% des Einzugsgebietes des Inn bis Innsbruck Anfang Juni noch schneebedeckt waren. Erst im Juni setzt mit den sommerlichen Temperaturen die Schneeschmelze ein und führt zu einer schmelzbedingten Hochwasserführung. Von 9. bis 12. Juni kurbeln die hohen nächtlichen Temperaturen in alpinen Lagen die Schmelze weiter an, am 11. Und 12. Juni verschärfen intensive Niederschläge in den Ötztaler und Stubaier Alpen und im Engadin die Abflussentwicklung entscheidend. Außergewöhnlich ist aus hydrologischer Sicht insbesondere die extrem lange Dauer der Hochwasserführung: Am Pegel in Innsbruck liegt die Wasserführung im Zeitraum 10. Juni bis 2. Juli nahezu ständig über dem Bereich eines einjährlichen Hochwassers. Die monatliche Abflussfracht ist ein neuer Rekordwert seit Beginn der Abflussermittlung im Jahr 1951 – der Inn führte damit fast doppelt soviel Wasser wie im langjährigen Mittel. Die Hochwasserscheitel erreichen in der Nacht von 12. auf 13. Juni in Innsbruck den Bereich eines HQ50.

GPS-basierte Messung des Schneewasseräquivalents und des Flüssigwassergehalts der Schneedecke – Methodik und potentielle Anwendungen

Franziska Koch[1], Florian Appel[2], Patrick Henkel[3], Lino Schmid[4], Achille Capelli[4], Heike Bach[2], Matthias Bernhardt[1], Karsten Schulz[1], Jürg Schweizer[4] und Wolfram Mauser[5]

[1]Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Österreich
[2]VISTA Remote Sensing GmbH, München, Deutschland
[3]ANavS GmbH, München, Deutschland
[4]WSL Institut für Schnee- and Lawinenforschung SLF, Davos Dorf, Schweiz
[5]Department für Geographie, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland

Kontinuierliche Informationen zum Schneewasseräquivalent (SWE) sind essentiell für diverse (schnee-)hydrologische Anwendungen und Planungsstrategien in der Wasserwirtschaft. Zusätzlich können Informationen zum volumetrischen Flüssigwassergehalt der Schneedecke (LWC) für das Abschätzen des Zeitpunkts und der Intensität der Schneeschmelze, der Qualität von Pistenschnee sowie von potentiellen Schneedeckeninstabilitäten genutzt werden. Allerdings sind in-situ Messungen des SWE im alpinen Bereich nach wie vor spärlich und Messungen zum LWC sind bislang nicht operationell verfügbar. Unter Verwendung von kostengünstigen GPS Sensoren, ist es nun mit einer neu entwickelten Messmethode möglich, SWE und LWC simultan, nicht-destruktiv und kontinuierlich anhand von freiverfügbaren GPS L1-Band Trägerphasen- und Signalstärkedaten zu ermitteln. Der Sensoraufbau umfasst zwei fest installierte GPS Antennen und Empfänger, wobei eine Antenne während des Winters unter der Schneedecke am Boden liegt und die andere Antenne über der Schneedecke auf einer Stange montiert ist. Die Schneedeckeneigenschaften SWE und LWC werden über einen kombinierten Ansatz der Signalabschwächung und der Zeitverzögerung der Signale unter Einbeziehung dielektrischer Eigenschaften von trocknem und feuchtem Schnee abgeleitet. Dieser Ansatz wurde erfolgreich für vier Winterperioden (2015/16–2018/19) am hochalpinen SLF Messfeld Weissfluhjoch (2.450 m ü.NN) bei Davos in der Schweiz entwickelt, getestet und validiert. Zudem wurden bereits Messungen in weiteren Regionen, wie z.B. im subantarktischen Quebec, sowie auch in verschiedenen Höhenstufen im Alpenraum getestet. In einem weiteren Schritt wurden im Rahmen des ESA business applications demonstration Projektes SnowSense für die Region Neufundland in Kanada die GPS in-situ Stationsmessungen mit Fernerkundungsinformationen und einem Landoberflächenmodell gekoppelt, um die Schneedecke sowie Informationen zum Abfluss auch in der Fläche zu simulieren und einer operationellen Anwendung entgegen zu streben. Neben hydrologischen Anwendungen könnte sich diese Technologie auch für die Verwendung in Lawinengefährdeten Hängen und zur Unterstützung des Schneequalitätsmanagements in Skigebiete eignen. In der Skigebietsregion Garmisch Classic / Zugspitze in Deutschland planen wir zum Beispiel erste Tests zur Bestimmung des LWC des Pistenschnees durchzuführen. In diesem Beitrag werden wir eine Einführung in die GPS Messmethodik geben, bisherige Ergebnisse und Validierungen zur Bestimmung von SWE, LWC und der Schneehöhe zeigen und auf potentielle Anwendungen eingehen.

Einfluss von groben Blockschutt auf die Grundwassertemperatur reliktischer Blockgletscher, Beispiel aus den Niederen Tauern, Österreich

Wagner Thomas[1], Winkler Gerfried[1], Hergarten Stefan[2]

1 Institut für Erdwissenschaften, NAWI Graz-Geozentrum, Karl-Franzens Universität Graz, Österreich
2 Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Deutschland

Im Vergleich zu Mineralböden zeigt grobblockiges Material an der Oberfläche von Landschaftsformen einen Kühleffekt für darunterliegende Untergrundschichten. An zwei reliktischen Blockgletschern, die sich primär durch ihre südwestliche und nordöstliche Ausrichtung unterscheiden und nur durch einen Bergkamm getrennt sind, wurde das thermische Verhalten der grobblockigen Deckschicht untersucht. Hierfür wurden Luft-, Bodenoberflächen- und Bodentemperatur in einem Meter Tiefe an verschiedenen Lokationen der Blockgletscher zeitlich hochaufgelöst gemessen und analysiert. Trotz der Ausrichtung und der damit verbundenen höheren Sonneneinstrahlung zeigt die Blockschuttschicht des südwestlichen Blockgletschers deutlich niedrigere Bodentemperaturen. Vor allem die geringere Schneebedeckung dürfte im konkreten Fall eine bessere atmosphärische Ankoppelung der Blockschuttschicht ermöglichen und eine Kühlung bewirken. Des Weiteren wurde die Wassertemperatur des nordöstlich ausgerichteten Blockgletscherquelles kontinuierlich erfasst und in die Analysen eingebunden. Vor allem bei Grundwasserneubildungsereignissen im Sommer konnte eine kurze Abkühlung („Kaltwasserpeak“) der Wassertemperatur vor dem Eintreffen des „warmen“ Niederschlagswassers an der Quelle festgestellt werden. Mit Hilfe eines einfachen Wärmetauscher Modellansatzes kann gezeigt werden, dass u.U. die Kühlwirkung der groben Blockschutt-Deckschicht ausreicht, um diese Quellwassertemperaturanomalien an der Quelle zu erklären. Das Verständnis des thermischen Verhaltens der obersten Blockschuttschicht und ihrer Auswirkung auf die Wasserzirkulation im Untergrund sind wesentliche Grundlagen für ein Prozessverständnis des Abschmelzprozesses von Permafrosteis. Dies ist gerade unter Berücksichtigung der Klimaerwärmung ein wesentlicher Grundstein auch für das damit verbundene Abflussverhalten alpiner Einzugsgebiete.

Wasserisotope in Schneeprofilen - Ein Alternative zur Isotopenmessung in Winterniederschlägen im Hochgebirge

Stumpp Christine[1], Zentner Nadine[2], Hürkamp Kerstin[3]

[1]Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, Österreich
[2]Institut für Grundwasserökologie, Helmholtz Zentrum München, Deutschland
[3]Institut für Strahlenmedizin, Helmholtz Zentrum München, Deutschland

Stabile Wasserisotope werden als natürliche Tracer herangezogen, um das Abflussverhalten in Einzugsgebieten besser zu verstehen. Gerade im alpinen Bereich kann über die Isotope auch der Anteil an Schnee- oder Gletscherschmelze im Abfluss bestimmt werden. Für diese Untersuchungen sind Isotopenmessungen im Niederschlag über das ganze Jahr hinweg notwendig, stellen aber gerade im Winter im Hochgebirge eine große Herausforderung dar. Deshalb wurde untersucht, ob die Messung der Wasserisotope im Tiefenprofil in der Schneedecke vor der Schneeschmelze am Ende des Winters, vergleichbar zu den zeitlich aufgelösten Isotopenmessungen in den Wintermonaten im Niederschlag war. Hierfür wurden Schneeprofilen an der Zugspitze (Deutschland), dem Sonnblick (Österreich) und dem Jungfraujoch (Schweiz) analysiert und mit den jeweiligen Niederschlagsdaten naheliegender Messstationen für Isotope verglichen. Die Isotopenmessungen im Niederschlag und im Schnee zeigten generell gute Übereinstimmungen. Unterschiede resultierten vor allem aus verschiedenen Mengen an gemessenem Niederschlag und bestimmten Schneewasseräquivalent sowie der Schwierigkeit, Informationen aus zeitlichen Auflösungen im Niederschlag mit Informationen aus räumlichen Auflösungen in den Schneeprofilen zu vergleichen. Falls keine Messstationen vorhanden sind, ist die einmalige Messung der Isotope in der Schneedecke am Ende des Winters trotzdem eine sehr gute Möglichkeit Information über Isotope in Winterniederschlägen zu erhalten. In Zukunft sollten Isotope aber nicht nur in Schneeprofilen sondern auch im Schneeschmelzwasser gemessen werden, um Fraktionierungsprozesse bei der Schneeschmelze besser verstehen und bei isotopenhydrologischen Modellen berücksichtigen zu können.

Hydro-sedimentäre Dynamik als Fussabdruck von Eigenschaften und Prozessen eines vergletscherten Einzugsgebiets

Michael Engel[1], Francesco Comiti[1], Daniele Penna[2], Rudi Nadalet[3], Roberto Dinale[3]

[1] Fakultät für Naturwissenschaften und Technik, Freie Universität Bozen, Italien
[2]Fachbereich für Landwirtschaft, Ernährung und Forstwirtschaft, Universität Florenz, Italien
[3]Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen-Bolzano, Italien

Einzugsgebiete des Hochgebirges sind komplexe hydro-sedimentäre Systeme, die durch nivo-meteorologische Bedingungen sowie geologische und topographische Eigenschaften gesteuert werden. Von diesen Steuerungselementen hängen folglich die Abflussdynamik, der Sedimenthaushalt und die Hydrochemie des Gewässers ab. Umgekehrt können letztere Parameter auch Aufschluss über Gebietseigenschaften wie Verweilzeiten und Speichereigenschaften des Einzugsgebiets hinsichtlich dominierender Abflusskomponenten geben.

Vor diesem Hintergrund umfasst die vorliegende Studie folgende Fragestellungen: Wie wirken sich unterschiedliche Witterungsphasen wie die Hitzewellen im Juli 2015 und Juli 2017, markante Kälteeinbrüche wie im Januar 2017 und 2018 und niederschlagsreiche Zeiträume wie im Mai 2019 auf das hydro-sedimentäre Systeme aus? Wie lassen sich die verschiedenen Abflusskomponenten durch hydrometrische und tracer-basierte Daten bestimmen? Welche Aussagen können hinsichtlich Verweilzeiten und Speichereigenschaften innerhalb des Einzugsgebiets getroffen werden?

Als Untersuchungsgebiet gilt das Suldental in Südtirol, Italien (Einzugsgebietsgröße: 131 km²), welches der Ortler-Cevedale-Gruppe angehört. Seit 2014 werden am Suldenbach Abflussmessungen, Trübung, elektrische Leitfähigkeit und stabile Wasserisotope auf Tagesbasis gemessen. Im selben Zeitraum erfolgt ein räumlich-zeitlich definiertes Beprobungsprogramm, um innerhalb des Einzugsgebiets die „end-member“ des Gewässerabflusses hydrochemisch zu charakterisieren.

Die Ergebnisse zeigen den Einfluss unterschiedlicher Witterungsphasen auf die hydro-sedimentäre Charakteristik des Suldenbachs auf und analysieren den zeitlichen Verlauf der verschiedenen Abflusskomponenten (ermittelt durch end-member Szenarien) sowie die Verweilzeiten nach Niederschlagsereignissen und Schneeschmelzphasen.

Abflusskomponenten aus Regen, Schnee- und Gletschereisschmelze – Stärke und Schwächen von tracer-basierte Methoden und Niederschlags-Abfluss Modellen

Markus Weiler[1], Johanna Geilen[1], Jan Seibert[2]

[1]Professur für Hydrologie, Universität Freiburg, Deutschland
[2]Hydrology and Climate, Geographisches Institut, Universität Zürich, Schweiz

In alpinen EZG sind Schnee und Gletschereisschmelze wichtige Abflusskomponenten. Durch den Klimawandel können sich Schnee- und Eisschmelzprozesse verändern und somit auch die Zusammensetzung der Komponenten im Abfluss. Jedoch ist einerseits die Modellierung wie auch die experimentelle Bestimmung der verschiedenen Abflusskomponenten eine Herausforderung. Um die Stärken und Schwächen der beiden Ansätze zu beleuchten, wurden die täglichen Anteile der Komponenten Regen, Schnee- und Gletschereisschmelze im Abfluss zweier alpiner Einzugsgebiete (EZG), der Schwarzen und Weißen Lütschine, mit verschiedenen Ansätzen quantifiziert. Außerdem wird des Grundwassers auf die Abflussbildung erfasst. Die Abflusskomponenten werden empirisch mittels Umwelttracern und der End-Member-Mixing-Analysis (EMMA) separiert. Dabei stellt sich vor allem das stabile Wasserisotop ^{17}O als wichtiger Tracer heraus. Zudem werden die Abflussanteile durch das konzeptionelle Niederschlagsabflussmodell HBV-Light erfasst. Im EZG der Schwarzen Lütschine wird der Abfluss durch die Schneeschmelze dominiert wird, während im EZG der Weißen Lütschine das Grundwasser den Hauptanteil am Abfluss ausmacht. Der Vergleich von Tracer- und Modellierdaten ergibt im EZG der Weißen Lütschine eine bessere Übereinstimmung als im EZG der Schwarzen Lütschine. Die größten Unterschiede zwischen beiden Methoden der Abflussseparation liegen in den ermittelten Anteilen der Gletschereisschmelze und des Grundwassers. Die empirisch ermittelten Anteile der Gletschereisschmelze wurden unterschätzt durch die unzureichend erfassten Signaturen von Schnee- und Gletschereisschmelze. Somit konnten die täglichen Abflussanteile der Komponenten Schnee und Gletschereis nicht zufriedenstellend separiert werden. Die Unterschiede zwischen Messung und Modellierung bei den ermittelten Grundwasseranteilen liegen vor allem im saisonalen Verlauf des Grundwasserabflusses. Jedoch stellt sich hier auch die Frage, wie in solchen Einzugsgebieten Grundwasser definieren werden sollte. Jedoch ist es wichtig den Einfluss des Grundwassers zu erfassen und dabei vor allem die Interaktion des Untergrundes mit der Gletschereisschmelze zu berücksichtigen. Abschließend werden Empfehlungen gegeben, wie wir in Zukunft die Abflussanteile in alpinen EZG bestimmen sollten.

Entwässerungsdynamik aktiver Blockgletscher – Abflusskomponententrennung basierend auf einem multidisziplinären Ansatz

Gerfried Winkler[1], Thomas Wagner[1], Karl Krainer[2]

[1]Institut für Erdwissenschaften, NAWI Graz-Geozentrum, Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich
[2]Institut für Geologie, Universität Innsbruck, Österreich

In den letzten Jahren rückten alpine Einzugsgebiete und ihre hydrologische Auswirkung auf darunterliegende Gewässer immer mehr in den Fokus der Forschung und wasserwirtschaftlicher Untersuchungen. Vor allem im Zusammenhang mit Permafrost und dem durch die Klimaänderung bedingten Rückgang seiner Ausdehnung ergeben sich bedeutende wasserwirtschaftliche Herausforderungen. Um die Abflussdynamik und das Speicherverhalten v.a. von intakten Blockgletschern besser zu verstehen, wurden Monitoring-Systeme an einzelnen Blockgletscherstandorten in Tirol installiert. Neben der kontinuierlichen Erfassung des Abflusses und der Parameter Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit der Quellwässer wurden Markierungsversuche, Isotopen-Ereignisbeprobungen der Quellwässer sowie Isotopenmessungen von Regen, Schnee (Schneeprofile) und Permafrosteis durchgeführt. Basierend auf den Vorkenntnissen von reliktischen Blockgletschern konnte mit den neuen Daten ein verbessertes Prozessverständnis der Abflussdynamik von intakten (im Speziellen von aktiven) Blockgletscher erarbeitet werden. Dadurch ließ sich auch ein konzeptionelles Entwässerungsmodell für intakte Blockgletscher ableiten. Es konnte bei intakten Blockgletschern eine entsprechende Grundwasserkomponente - wie bei den reliktischen - nachgewiesen werden, die in den Wintermonaten einen entsprechenden Basisabfluss aus diesen Landschaftsformen ermöglicht. Im Sommerhalbjahr sind Schnee, Regen und Schmelzwasser von Gletscher- und Permafrosteis wichtige Abflusskomponenten. In weiterer Folge konnte mit einem Niederschlags-Abflussmodell unter Berücksichtigung eines Eisspeichermoduls die Abflusskomponenten eines intakten Blockgletschers simuliert werden. Es ist gelungen, mit einem multidisziplinären Ansatz grob die saisonale sowie die tageszyklische Variabilität der einzelnen Komponenten zueinander aufzuschlüsseln. Dies ist eine wesentliche Grundlage für Prognosen des Abflusses in Bezug auf Klimawandel bedingte Änderung der Permafrostgrenze in alpinen Einzugsgebieten.

Abfluss von vergletscherten Einzugsgebieten: die Rolle von perennierenden Schneeflächen

Michael Kuhn[1]

[1]Institut für Atmosphärische und Kryosphärische Wissenschaften, Universität Innsbruck, Österreich

Speicherung oder Schmelzen von Schnee, der außerhalb der Gletscherflächen eines Einzugsgebiets liegt, müssen bei der Berechnung des Abflusses von vergletscherten Gebieten berücksichtigt werden. Wenn in einer Abfolge von positiven und negativen Massenbilanzen bei der Berechnung des Gebietsabflusses nur die gemessene spezifische Bilanz der Gletscherflächen eingesetzt wird, kann das in einzelnen Jahren dem modellierten im Vergleich zum gemessenen Abfluss deutliche Unterschiede in seiner Amplitude und Phasenverschiebungen geben. Dieser Effekt wird anhand von sechs Tiroler Einzugsgebieten gezeigt.

Effects of a snow re-distribution routine in a semi-distributed, lumped hydrological model

Sven Decker[1], Thomas Schuler[1], Markus Weiler[2]

[1]Department of Geosciences, University of Oslo, Norwegen
[2]Professur für Hydrologie, Universität Freiburg, Deutschland

Die Schneedecke ist in arktischen und alpinen Gebieten ein wichtiger temporärer Wasserspeicher und bestimmt vielerorts die Wasserverfügbarkeit für weite Teile des Sommers. Änderungen in der Schneedynamik haben direkte Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit für Landwirtschaft und Energiegewinnung, auf die Trinkwasserverfügbarkeit und auf hydrologische Extremsituationen (Hochwasser und Dürre).
Die möglichst genaue Bestimmung von Schneeakkumulation und Schneeschmelze in hydrologischen Modellen ist daher ein wichtiger Baustein bei der Vorhersage. Die Schneedecke ist jedoch nicht uniform im Einzugsgebiet verteilt, zusätzlich zu räumlichen Variationen des Schneefalls, wird Schnee auch durch Lawinen und Wind verfrachtet. Diese Umverteilung hat besonders jenseits der Baumgrenze (Hochgebirge, Tundra) großen Einfluss auf die räumliche Schneeakkumulation. Dadurch kommt es während der Schneeschmelze im Einzugsgebiet zu Verzögerungen bei der Abflussbildung.
Die Umverteilung von Schnee durch Wind ist in hydrologischen Modellen wenig berücksichtigt. In dieser Studie versuchen wir den stark räumlich abhängigen Prozess der Schneeumverteilung durch Wind in das semi-distribuierte Modell HBV light zu integrieren. Dazu identifizieren wir Flächen der Schneeerosion und solche der Schneedeposition und integrieren diese als zusätzliche hydrologische Berechnungseinheiten. Dabei wird unter Beibehaltung der Schneemenge ein fester Anteil von den Erosions- auf die Depositionsflächen übertragen. Als Testgebiet dienen uns zwei Einzugsgebiete auf der Hardangervidda im Süden Norwegens: Ein größten Teils vergletschertes Einzugsgebiet, sowie eines mit lediglich einigen wenigen permanenten Schneefeldern. In beiden Einzugsgebieten ist Wind der dominierende Prozess für die Schneeumverteilung.

Regional pattern of annual snow cover duration in the Greater Alpine Region (2000 – 2018) and its sensitivity to climatic variability

Markus Hrachowitz[1], Stefan Fugger[2], Karsten Schulz[2]

[1]Water Management Department, Delft University of Technology, Niederlande

[2]Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Österreich

Water retained in snow packs and glaciers is fundamentally important to the stability of downstream ecosystems, including human societies, in many parts of the world.
This study sets out to quantify, map and interpret regional differences in annual snow cover duration as quantified by the annual number of days with snow cover (D_{sc}) as well as regional differences in its sensitivity to climatic variability across the Greater Alpine Region (GAR) over the 2000-2018 period. Here, MODIS snow cover data were used to provide high spatial resolution estimates of D_{sc} based on a further development of the Regional Snowline Elevation (RSLE) method, a filter technique for large-scale cloud cover reduction.
Across the entire GAR, D_{sc} over the study period closely follows the relief, with D_{sc} of about 10 – 60 days at elevations of 500 m that increase to about 100 – 150 days at 1500m. South of the main alpine ridge, D_{sc} is, at the same elevation, consistently lower than north of it with ΔD_{sc} of about 25 – 50 days, depending on elevation. Similarly, at the same elevation, the eastern part of the GAR experiences longer snow cover duration than the western part. This difference is particularly pronounced at elevations below 1500m where ΔD_{sc} reaches about 25 days. Throughout the study period, a general upward shift of the RSLE was observed for most parts of the GAR. This upward shift, characterized by later onset of snow accumulation at the beginning of winter and earlier melt-out at the end of the snow season, translates into reductions of the annual number of snow-covered days by up to ΔD_{sc} = -46 d (i.e. ~ 25 d dec-1) over the study period. The data suggest that, in particular, low-elevation (< 600m.a.s.l.) regions in the north-eastern part of the GAR, as well as elevations between 1400 and 2000 m in the north-western part of the GAR experienced the most pronounced reductions of D_{sc}., whereas ΔD_{sc} remained very limited south of the main Alpine ridge. Not only do the spatially integrated, MODIS snow cover data-derived estimates of D_{sc} at the associated locations and elevations correspond well with D_{sc} estimates derived from longer-term point-scale observations at >500 ground station observations across the GAR. In the majority of regions, the temporal evolution of D_{sc} over the 2000-2018 study period also reflects the general longer-term D_{sc} trends as estimated from these point-scale observations (1970-2014). This provides supporting evidence that the widespread decline of D_{sc} across the GAR as estimated based on MODIS data is largely not caused by isolated short-term climatic variability but coincides with multi-decadal fluctuations. A comparison of the sensitivities of D_{sc} to climatic variability indicates that neither mean winter temperatures Tw nor annual solid precipitation totals Ps, are consistent first order controls on Dsc across all elevations and regions within the GAR. Rather, the data highlight the importance of the interaction between the two variables: depending on the respective sensitivities of D_{sc} to changes in either variable, Tw or Ps, respectively, the interplay between them can reinforce or largely off-set potential effects on D_{sc} in different regions in the GAR. Overall, the regional differences in

estimated ΔD_{sc} over the study period, with a less pronounced decline south of the main Alpine ridge are largely a consequence of this interplay: while Tw evolved similarly North and South of the Alpine ridge, many southern regions, unlike the northern regions, experienced an increase in Ps that off-set the effects of positive temperature trends.

Quantifizierung der Anteile von Schnee- und Gletscherschmelze entlang der Schweizer Flüsse

Daphné Freudiger[1], Jan Seibert[1], Irene Kohn[2], Kerstin Stahl[2], Markus Weiler[3]

[1]Hydrology and Climate, Geographisches Institut, Universität Zürich, Schweiz
[2]Professur für Hydrologie, Universität Freiburg, Deutschland
[3]Professur für Umwelthydrosysteme, Universität Freiburg, Deutschland

Im Kontext des Klimawandels verändern sich die Anteile der Abflusskomponenten aus Regen, Schnee- und Gletscherschmelze entlang der Schweizer Flüsse. Dies kann Folgen für die Wasserverfügbarkeit haben, insbesondere während Trockenzeiten. Hydrologische Prozesse in den Alpen sind räumlich und zeitlich sehr variabel. Die Datenverfügbarkeit und -dichte sind jedoch gering und zwischen den Kopfeinzugsgebieten oft inhomogen verteilt.

Wir stellen Ergebnisse aus einer Studie vor, die in das KHR (Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets) Projekt «Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rheineinzugsgebiet» eingebettet ist , das das gesamte Rheineinzugsgebiet bis Pegel Lobith an der niederländischen Grenze untersucht. Das gesamte Projekt soll ein besseres Verständnis der Klimasensitivität der Abflussbildung in hochalpinen Einzugsgebieten, insbesondere bei Extremereignissen, bringen.

Wir modellieren die Abflussanteile aus Eis, Schnee und Regen für die Periode 1973-2099 für alle Schweizer Flussgebiete auf Tagesbasis mit einer für das Projekt angepassten HBV-Version. Dabei geht es nicht darum zu bestimmen, woher einzelne Wasserpartikel kommen, sondern darum, zu quantifizieren, wie stark der Abfluss an bestimmten Tagen von den verschiedenen Komponenten abhängt, also den Effekt der Einträge von Regen sowie Schnee- und Gletscherschmelze. Eine Multikriterien-Kalibrierung wird verwendet, um die einzelnen hydrologischen Prozessen besser abbilden zu können. Wir zeigen die Herausforderungen und die Vorteile, Daten aus unterschiedlichen Quellen und eine Regionalisierung der Modellparameter zu kombinieren, um vergletscherte Kopfeinzugsgebiete zu modellieren. Die Abflussanteile werden für drei Emissionsszenarien (RCP2.5, 4.5 und 8.5) mit Niederschlags- und Temperaturrasterdatensätzen von MeteoSchweiz aus Zukunftsprojektionen von insgesamt 21 Klimamodellen für den Zeitraum 1973-2099 modelliert. Die Analyse der langen Zeitreihen der Modellresultate zeigt große regionale Unterschiede zwischen den Kopfeinzugsgebieten. Interessant sind hierbei insbesondere die unterschiedlichen Anteile während Extremereignissen, sowie die zeitliche Variabilität und Trends.

Streamflow response to climate anomalies in glacierized catchments

Marit van Tiel[1], Anne F. van Loon[2], Jan Seibert[2], Kerstin Stahl[1]

[1]Professur für Umwelthydrosysteme, Universität Freiburg, Deutschland
[2]School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, UK
[3]Hydrology and Climate, Geographisches Institut, Universität Zürich, Schweiz

In glacierized catchments, glaciers can cause a different response of streamflow to certain weather conditions compared to streamflow of non-glacierized catchments. In warmer and drier (WD) summers, for example, streamflow will be higher than normal in catchments with a high glacier cover fraction, because of extra melt. In contrast, in a non-glacierized catchment the precipitation deficit and increased evapotranspiration will lead to lower streamflow than normal. The effect of other weather conditions on streamflow, such as warm and wet periods (WW), cold and wet periods (CW), and cold and dry periods (CD) has received less attention. Also how the streamflow response of glacierized catchments depends on, for example, glacier cover fraction, other catchment characteristics, and the climate anomalies itself remains unknown. In this study, we analyse streamflow observations of glacierized catchments around the world and relate the four different climate anomalies (WD, WW, CD, CW) to streamflow anomalies. Climate anomalies were defined by positive degree day sums and precipitation amounts for different aggregation periods (annual, seasonal, monthly, weekly). We investigated the differences in climate anomalies around the world to see if certain weather conditions occur more frequently in specific regions. Furthermore, we related the streamflow responses to glacier cover fractions to examine if there is a different response for catchments with high and low glacier fractions. We also tested the so-called “compensation effect” of glaciers for the weather conditions WD and CW. Due to this compensation effect it is hypothesized that weather anomalies do not have a large impact on the streamflow response for catchments with moderate glacier fractions. Results show that streamflow responses differ for different glacier coverages, especially under WD weather anomalies. However, ordering the streamflow responses for individual catchments according to the weather anomalies did not always reveal clear patterns in streamflow responses. This might indicate that climate anomalies do not completely control the streamflow anomalies. Possible other controls are antecedent conditions and/or buffer capacities of the catchment storages that can compensate for the climate anomalies. Overall, understanding the streamflow responses to climate anomalies is important in the light of projected increases in climate extremes. Especially in glacierized catchments, our results imply that with changing glacier cover, due to global warming, changes in streamflow responses to climate anomalies can be expected.

Less snow, early melt, low flows, and warmer stream temperatures: Climate change in the mountains of western North America

Iris Stewart-Frey[1]

[1] Department of Environmental Studies and Sciences, Santa Clara University, USA / Professur für Umwelthydrosysteme, Universität Freiburg, Deutschland

Snowmelt-driven streamflow originating in the mountains of western North America is critically important for both aquatic ecosystems and water supplies in the region. The climate system is highly seasonal, with almost all precipitation arriving as either precipitation or snow in the winter months (October - May). Widespread warming has already resulted in decreases in snowpack and earlier melt, with further increases in air temperature projected by the end of the century. Continued warmer air temperatures are expected to affect not only flows, but also water quality, the frequency and magnitude of extremes, and ecosystem health. We used downscaled output from an ensemble of general circulation model projections for the A2 (higher greenhouse gas) emission scenario to drive the Soil and Water Assessment Tool with an updated integrated stream temperature model on the subbasin scale. We found that substantial reductions in snowmelt, shifts in timing, seasonal stream temperature increases, and more frequent and extreme low flows are likely by the end of the century. The spatial patterns of these changes highlight that climatic changes in water-limited mountain systems may drive changes in extremes in flow and water quality that have to be understood on the reach scale for developing adaptive management options.

Auswirkungen des Klimawandels auf hydrologische Prozesse in hochalpinen Einzugsgebieten

Florentin Hofmeister[1], Gabriele Chiogna[1,2], Markus Disse[1]

[1]Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement, Technische Universität München, Deutschland
[2]Innovation Lab for Sustainability,

Alpine Regionen sind überproportional vom Klimawandel betroffen. Die Temperaturzunahme und Veränderung in der Niederschlagscharakteristik zeigen eine deutliche regionale und lokale Differenzierung. Die Temperatur- und Niederschlagsveränderungen verschieben zudem die Grenzen zwischen den vertikal organisierten alpinen Systemen. Deswegen bieten alpine Regionen perfekte Indikatoren, um hydrologische und geomorphologische Veränderungen, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden, zu untersuchen. Jedoch können diese Veränderungen sehr stark in den hoch alpinen Regionen variieren, weshalb die Untersuchung der Veränderungen eine sehr hohe räumliche und zeitliche Auflösung bedarf.
Im Rahmen des SEHAG Projektes (**Se**nsitivität **h**och**a**lpiner **G**eosysteme gegenüber dem Klimawandel seit 1850), das aus einer DFG Forschungsgruppe besteht, untersucht der Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement der Technischen Universität München (TUM) die klimawandelbedingten Auswirkungen auf hydrologische Prozesse in hochalpinen Einzugsgebieten seit dem Ende der kleinen Eiszeit 1850. Dabei konzentrieren sich die Untersuchungen auf zwei Untersuchungsgebiete in Tirol (Horlach- und Kaunertal) und auf eines in Südtirol (Martelltal). Durch hydrologische Modelle mit unterschiedlicher Komplexität (in Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit) werden die Einflüsse der Gletscher- und Schneedynamik auf die hydrologische Reaktion der alpinen Einzugsgebiete innerhalb der Zeiträume 1850-1920, 1920-1980 und 1980-2021 analysiert. Bei der Kalibrierung und Validierung des hydrologischen Modells wird besonderes Augenmerk auf höhen- und damit temperaturabhängige Prozesse gelegt. Zudem werden in allen drei Gebieten während des Zeitraums 2019-2021 multiparametrische Messsonden installiert, um die Abflussdynamik der einzelnen Teileinzugsgebiete mit unterschiedlichem Vergletscherungsgrad zu untersuchen. Bei den Abflussmessungen soll ein autonomes Salzinjektionsgerät, das zurzeit am Lehrstuhl entwickelt wird, helfen, über das Sommerhalbjahr eine möglichst robuste Wasserstandabflussbeziehung (rating curve) zunächst für nur ein Teileinzugsgebiet aufzustellen. Darüber hinaus sollen durch die zeitlich und räumlich hochaufgelösten Messungen die Unsicherheiten in den Ergebnissen der hydrologischen Modellierung reduziert werden. Der Beitrag umfasst die Motivation und Fragestellung des SEHAG Projektes, Methoden und aktuelle Herausforderungen sowie erste Ergebnisse.

Schätzen von Parameter-Transferfunktionen für hydrologische Modelle basierend auf dem Verfahren der „Symbolic Regression“

Karsten Schulz[1], Moritz Feigl[1], Daniel Klotz[1], Mathew Herrnegger[1]

[1]Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Österreich

Aktuelle Verfahren zur Parameter-Regionalisierung von räumlich expliziten hydrologischen Modellen basieren darauf, dass sogenannte Transferfunktionen einen funktionalen Zusammenhang zwischen leicht verfügbaren Landschaftseigenschaften (DGM, Bodenart, etc.) und Modellparameter herstellen. Allerdings sind diese Transferfunktionen zunächst unbekannt und werden bislang a priori festgelegt. Die Koeffizienten der Transferfunktionen werden dann z.B. aus verfügbaren Abflussdaten geschätzt, mit dem Vorteil, dass die Anzahl der zu schätzenden Parameter drastisch reduziert wird.
Basierend auf dieser prinzipiellen Vorgehensweise haben wir ein Verfahren entwickelt, mit dem zusätzlich auch die mathematische Struktur (Gleichung) der Transferfunktionen und deren Parameter gemeinsam abgeschätzt werden können. Wir verwenden dazu Verfahren aus dem Bereich der „Context-free-grammar“ (im speziellen „symbolic regression“) und wenden diese für unterschiedliche komplexe Modellsysteme an. Für das Einzugsgebiet der Mur in Österreich werden die Stärken und aber auch die Schwierigkeiten des Verfahrens aufgezeigt.

Using a bucket-type model to assess the role of seasonal snowpack in spring runoff and summer low flows

Michal Jeníček[1], Ondrej Ledvinka[2]

[1]Department of Physical Geography and Geoecology, Charles University, Prague, Czeck Republic
[2]Czech Hydrometeorological Institute, Prague, Czech Republic

Mountain catchments are largely influenced by snow, but it is expected that an increasing proportion of the precipitation will fall as rain in the future. Consequently, snow storage is expected to decrease, which, together with changes in snowmelt rates and timing, will cause changes in spring and summer runoff, and thus water availability. The objectives of this study were 1) to simulate the effect of changing snow storage on spring and summer runoff, mainly summer low flows and 2) to relate drought sensitivity to the inter-annual variations in snow storages at different elevations. A bucket-type catchment model, HBV (in its version HBV-light), was applied to 60 mountain catchments in Czechia to simulate snow storage and streamflow in the period 1980–2014. The model performance was evaluated against observed daily runoff and snow water equivalent (SWE) using three objective functions. We also performed hypothetical simulations, which allowed us to analyze the effect of inter-annual variations in snow storage on seasonal runoff separately from other water balance components. This was done in the HBV snow routine using the threshold temperature T_T that differentiates between snow and rain and sets the air temperature of snowmelt onset. By changing the T_T, we can control the amount of accumulated snow and snowmelt timing, while other variables remain unaffected.

The results showed that about 30% of the total runoff in our selected study catchments originates as snowmelt, despite the fact that only 24% of the precipitation is falling as snow. This means that snow is more effective to generate catchment runoff compared to liquid precipitation. This was proved also by modelling experiment, which showed that total annual runoff decreases in the case of precipitation shift from snow to rain. In general, snow-poor years are clearly characterized by a lower ratio of snow runoff to total runoff compared to snow-rich years in the analyzed period. Additionally, snowmelt started earlier in these snow-poor years and influenced total runoff for shorter period compared to the snow-rich years. Differences between individual catchments are strongly related to catchment elevation. Inter-annual variations in snow storages also affected summer baseflow. For most of the catchments, the lowest summer baseflow was reached in years with both relatively low summer precipitation and snow storage. This showed that summer low flows (directly related to baseflow) are not only the function of low summer precipitation, but they are strongly affected by previous winter snowpack. This effect might intensify the summer low flows in the future when generally less snow is expected.

Modelling experiments also opened further questions related to model structure and parameterization, specifically how individual model procedures and parameters represent the real natural processes. To understand potential model artefacts might be important when using HBV or similar bucket-type models for impact studies, such as modelling the impact of climate change on catchment runoff.

Stress-test Szenarien zur Bestimmung der Klimasensitivität von Niedrigwasser in Kopfeinzugsgebieten

Michael Stoelzle[1], Maria Staudinger[1], Markus Weiler[2], **Kerstin Stahl[3]**

[1]Geographisches Institut, Universität Zürich, Schweiz
[2]Professur für Hydrologie, Universität Freiburg, Deutschland
[3]Professur für Umwelthydrosysteme, Universität Freiburg, Deutschland

Modellketten mit Klima- und hydrologischen Modellen sind die derzeit gebräuchlichste Methode, um den Einfluss von Klimaänderungen auf die Hydrologie zu quantifizieren. Niedrigwasser und hydrologische Dürre sind jedoch insbesondere eine Folge verringerter Grundwasserneubildung und reduzierten Abflusses aus Speichern - auch in alpinen Kopfeinzugsgebieten. Zur expliziteren Beschreibung der Klimasensitivität des Abflusses verschiedener Einzugsgebiete mit unterschiedlichen Speichereigenschaften in Trockenzeiten zeigt dieser Beitrag die Entwicklung und Anwendung verschiedener, ohne Klimaprojektionen bestimmter, sondern stattdessen aus der Vergangenheit abgeleiteter, Stresstest Szenarien. Zwei Ansätze zur Definition von "Stress" wurden getestet: Neue Kombinationen der realen Vorjahre und synthetische, in Jährlichkeiten ausgedrückte, Neubildungsszenarien, die Dürrejahren vorangehen. Der Effekt dieser (Vor)bedingungen auf Niedrigwasser wurde dann im Rahmen eines Modellexperiments für ausgewählte und bekannte Trockenjahre getestet. Die Ergebnisse untermauern die unterschiedlich prägende Rolle des Neubildungsgedächtnisses verschiedener Einzugsgebiete und erlauben eine Charakterisierung der Sensitivität hydrologischer Dürre abhängig der Speichereigenschaften im Gebiet. Während die Kombination realer Vorjahre in anderer Reihenfolge als Stress Grenzen beim maximalen Effekt aufzeigt, lassen sich mit den synthetischen Vorbedingungen auch hydrologische Dürren mit deutlich längeren Dauern und größeren Defizite simulieren. Diese als 'wenn...dann'-Geschichten gut kommunizierbaren Stresstests sowie der Fokus auf der Erholungszeit des Abflusses von einer Dürre bilden damit eine Ergänzung zu den üblichen Modellketten und Experimenten. Damit können sie direkt der Entwicklung von Niedrigwassermanagement und Anpassungsmaßnahmen dienen.

Kurzfassungen

Poster

Veränderungen der Schuttbedeckung auf Gletschern der Ostalpen und deren Auswirkungen auf den Geschiebetransport

Kay Helfricht[1], Stefan Achleitner[2], Florian Haas[3], Severin Hohensinner[4], Gabriele Schwaizer[5]

[1]Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung (IGF), Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW), Innsbruck, Österreich
[2]Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck, Österreich
[3]Lehrstuhl für Physische Geographie, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Deutschland
[4]Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG), Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU), Universität für Bodenkultur Wien, Österreich
[5]ENVEO Environmental Earth Observation IT GmbH, Innsbruck, Österreich

Steigenden Temperaturen während der vergangenen 150 Jahre haben den hochalpinen Raum dramatisch verändert. Der massive Gletscherschwund in den vergangenen Jahrzehnten ist die sichtbarste Evidenz des Klimawandels, und hat bereits Auswirkungen auf die Hydrologie im Hochgebirge. Mit fortschreitendem Verlust an Gletschereis und zunehmender Steinschlagaktivität sammeln sich Schuttablagerungen an den gegenwärtigen Gletscherzungen an.

Derzeit gibt es keine flächendeckende Abschätzung des Zustands und der jüngsten Entwicklung der Schuttbedeckung auf Gletscheroberflächen in Österreich. Es ist nur wenig bekannt, wie stark supraglazialer Schutt nach der Ablagerung im proglazialen Bereich mit dem Gerinne gekoppelt ist und so leicht als Geschiebe mobilisiert werden kann. Es gibt zudem nur wenige historische Untersuchungen darüber, wie sich Bachläufe in schuttreichen proglazialen Gebieten im Laufe der Zeit verändern können.

Im Allgemeinen sind Gebiete im Übergang von glazialen zu nicht-glazialen Bedingungen sehr instabil und anfällig für Erosion über einen großen Bereich von Abflüssen. Es wird angenommen, dass der supra- und proglaziale Schutt in hohem Maße für einen weiteren Transport im Gletscherbach zur Verfügung steht.

Das Hidden.Ice-Projekt zielt darauf ab, unser Wissen über die Schuttbedeckung von Gletschern in Österreich, ihre Auswirkungen auf die Eisablation und ihre Einbindung in den Geschiebetransport im Gerinne zu vertiefen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den hydrologischen Auswirkungen zunehmender Schuttablagerungen in der Übergangszone vom Gletschereis zu proglazialen Gebieten. Es werden folgende zentrale Fragestellungen bearbeitet:

(i) Wo und in welchem Ausmaß sind österreichische Gletscher mit zunehmender Schuttbedeckung konfrontiert?

(ii) Welche langfristigen Auswirkungen hat die Schuttbedeckungen auf die lokale Gletschermassenbilanz?

iii) Wie sehr ist supraglazialer Schutt mit dem Gerinne und damit einem raschen Transport als Geschiebe verbunden?

(iv) Wie entwickeln sich das Gerinne und der Abtransport von Feststoffen aus dem proglazialen Bereich schuttbedeckter Gletscher?

Das Hidden.Ice-Projekt nutzt fortlaufende Verbesserungen der zeitlichen und räumlichen Auflösung von Fernerkundungsdaten von verschiedenen Plattformen (Satelliten, Flugzeug-gestützt, UAV-basiert). Im Rahmen von Hidden.Ice werden insbesondere die Monitoring-Möglichkeiten des etablierten LTER-Standortes Jamtalferner für detaillierte Prozessstudien verwendet sowie erweitert.

Klimaprognosen und deren Wirkung auf die Wasserbilanzgrössen des Oberen Inn

Holzmann Hubert[1], Herbert Formayer[2], S. Frey[3], Klaus Hebenstreit[3]

[1]Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
[2]Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
[3]Verbund AG, Wien, Österreich

Die heißen Sommer der letzten Jahre zeigen deutliche Auswirkungen auf die Wasserhaushaltsgrössen wie z.B. die Verdunstung und den Abfluss. Daher wurde von der Österreichischen Verbund AG eine Studie in Auftrag gegeben, in der anhand neuer Klimadaten (ÖKS15) mögliche Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden sollten. Für ausgewählte Einzugsgebiete Österreichs – darunter auch das Inn Gebiet oberhalb Innsbruck – wurde mit Hilfe eines hydrologischen Modells eine Wasserhaushaltsbilanzierung durchgeführt. Dabei wurden aus dem ÖKS15 Klimadatensatz zwei mittlere und ein extremes Klimamodell/Szenario ausgewählt und die Entwicklungen in der nahen (2020-2049) und ferneren Zukunft (2070 – 2099) abgeschätzt. Für die Berechnung der Gletscherschmelze wurden aktuelle Zustandserhebungen verwendet. Das Modell errechnet einen starken Rückgang der Gletscherflächen unterhalb 3000 m Sh. bereits innerhalb der nächsten zwanzig Jahre. Die heiße Modellvariante des Modells MOHC-HadGEM2-ES mit dem Emmissionsszenario RCP8.5 lieferte noch raschere Ausaperungen in höheren Seehöhen. Hinsichtlich der zeitlichen Schneeverteilungen wurde für das Ende des Jahrhunderts ein kontinuierlicher Rückgang der Schneebedeckungsdauer um 4 bis 6 Wochen berechnet. Interessanter Weise lieferte das heiße Modell die höchsten maximalen Schneewasserwerte. Dies ist durch eine saisonale Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate bedingt. Die Abflussprognosen zeigen einen Rückgang der Jahresabflusshöhe um 5 – 15% bei den moderaten Modellen. Das heiße Modellszenario prognostiziert einen Rückgang um ca. 35%. Damit sind auch Rückgänge des Energieerzeugungspotentials zu erwarten.

Verzögerte Wiederbewaldung im Schutzwald – Auswirkungen auf Wasserumsatz und Abflussbildung

Daniela Klingsbigl[13], Peter Hauser[2], Matthias Kobler[3], Bernhard Kohl[1], Veronika Lechner[1], **Gerhard Markart**[1], Gertraud Meißl[3], Fabian Nagl[1], Frank Perzl[1], Georg Pircher[4], Monika Rössel[1], Theresa Rössler[1,3], Christian Scheidl[5], Patricia Schrittwieser[6]

[1] Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Institut für Naturgefahren, Abteilung Wildbachprozesse und Hydrologie, Innsbruck, Österreich
[2]Bezirksforstinspektion, Bezirkshauptmannschaft Landeck, Österreich
[3]Institut für Geographie, Universität Innsbruck, Österreich
[4]Forstinspektorat Schlanders, Autonome Provinz Bozen – Südtirol, Italien
[5]Amt der Tiroler Landesregierung, Gruppe Forst, Abteilung Forstplanung, Innsbruck, Österreich

Lücken- und Blößenflächen im österreichischen Ertragswald haben zwischen den Waldinventurperioden 2000/2002 und 2007/2009 von ca. 5% auf ca. 8% der Waldfläche zugenommen. Diese Entwicklung wird auch von Praktikern der Landesforstdienste im alpinen Schutzwald beobachtet.
Im Mai 2018 erfolgte daher der Start des Interreg-ITAT4041-Projektes BLÖSSEN um die Auswirkungen verzögerter Wiederbewaldung auf Naturgefahren, insbesondere die Abflussbildung zu untersuchen (Projektleitung: Landesforstdirektion Tirol, Projektpartner: Forstdienst der Provinz Bozen / Südtirol). Die Untersuchungen konzentrieren sich auf zwei Testgebiete in Nordtirol (Schallerbach und Istalanzbach bei See im Paznauntal - Bezirksforstinspektion Landeck) und zwei in Südtirol (Kapron im Schnalstal und Tanaserbach im Vinschgau - Forstinspektion Schlanders).
Mit dem hydrologischen Modell GEOtop werden saisonale Wasserbilanzen (Wasserumsatz und Abfluss) für verschiedenen Landbedeckungs- und Landnutzungseinheiten im Tanaserbach und im Istalanzbach berechnet. Seit Sommer 2018 erfolgen intensive Geländearbeiten um - unter anderem - die Eingangsparameter für das Modell bereitzustellen. Diese umfassen:

- Durchführung von Starkregensimulationen mit einer Großregenanlage (i_N = 100 mm h^{-1}, 50 m² Fläche) auf je 6 gebietsrepräsentativen Einheiten je Testregion
- Erfassung der Bodenverhältnisse / wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte auf gebietsrepräsentativen Einheiten
- Einrichtung und Monitoring von Bodenfeuchtemessstellen (Freifläche vs. Bestand)
- Bestandesaufnahmen an ca. 200 Punkten je Testregion

Diese Erhebungen werden durch Analysen von Zeitreihen von Luftbildern sowie gezielte Auswertungen zusätzlicher Daten aus den Projektgebieten (Meteo-Daten, Boden- und Vegetationskarten, Wildeinflussmonitoring, u.a.…) ergänzt.
Zurzeit werden die Starkregensimulationen mit GEOtop nachmodelliert, um eine nachvollziehbare Abbildung der Prozesse (Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss, Tiefensickerung) auf der Plot-Skala durch das Modell sicherzustellen. In einem weiteren Schritt soll die Modellierung des Wasserumsatzes der dominanten

Landbedeckungseinheiten in den Einzugsgebieten Tanaserbach und Istalanzbach für definierte Zeiträume (z.B. Sommermonate, Vegetationsperiode) erfolgen.
Ergebnisse aus dem Interreg-ITAT4041-Project BLÖSSEN sollen im Frühjahr 2020 vorliegen.

Abflussreaktion auf Niederschlagsereignisse in Abhängigkeit von der Ausgangsbodenfeuchte. Analyse einer neunjährigen Bodenfeuchte-Zeitreihe in einem kleinen ostalpinen Einzugsgebiet (Brixenbachtal, Tirol, Österreich)

Gertraud Meißl[1], Thomas Zieher[2], Clemens Geitner[1]

[1]Institut für Geographie, Universität Innsbruck, Österreich
[2]Institut für interdisziplinäre Gebirgsforschung (IGF), Österreichische Akademie der Wissenschaften, Innsbruck

Im Brixenbachtal, einem 9 km² großen Kopfeinzugsgebiet der Brixentaler Ache, wurde im Jahr 2009 ein Bodenfeuchtemessnetzwerk eingerichtet: an acht Standorten (6 Weide-, 2 Waldflächen) wird seither mit Hilfe von je drei Frequency-domain-Sensoren die Bodenfeuchte in ca. 10 cm Tiefe des Mineralbodens gemessen. Damit sollen der oberflächennahe Bodenwasserhaushalt und seine (klein-)räumliche Variabilität erfasst werden. Zusätzlich wurde an jedem Standort ein Sensor zur Bodentemperaturmessung installiert. Im Einzugsgebiet befindet sich eine Niederschlagswaage und am Talausgang ein Durchflusspegel, beide betrieben durch den hydrographischen Dienst Tirol.
Die Auswertung der Datenreihen zeigt, dass die drei Sensoren an den meisten Standorten zwar unterschiedlich hohe Bodenfeuchteniveaus, jedoch einen gleichläufigen Verlauf messen. Zur Analyse der Bodenfeuchtereaktion auf Niederschlagsereignisse wurden letztere in vier Cluster eingeteilt (niedrige Summe/niedrige Intensität/kurze Dauer, mittlere Summe/niedrige Intensität/kurze Dauer, hohe Summe/niedrige Intensität/lange Dauer und mittlere Summe/hohe Intensität/kurze Dauer). In Abhängigkeit von den Landnutzungs- und Bodeneigenschaften zeigen die acht Standorte unterschiedliche Reaktionen auf diese Niederschlagsereignistypen. Der Vergleich der Bodenfeuchte bei Ereignisbeginn mit dem Abflussbeiwert des jeweiligen Ereignisses (bezogen auf den Pegel am Talausgang) zeigt einen Schwellenwert der Ausgangsbodenfeuchte von ca. 40 vol.%. Oberhalb dieser Ausgangsbodenfeuchte kann der Direktabfluss deutlich stärker ausfallen, wodurch ein Abflussbeiwert größer als 0,21 erreicht werden kann. Die Ergebnisse der Analyse langjähriger Datenreihen können dabei helfen, kritische Systemzustände für Spitzenabflüsse im Brixenbachtal zu identifizieren.

Modellierung vergangener und zukünftiger Abflüsse und Sedimentfrachten in alpinen Einzugsgebieten am Beispiel des Schöttlbach

Stefanie Peßenteiner[1], Clemens Dorfmann[2], Sebastian Gegenleithner[2], Paul Krenn[1], Oliver Sass[3], Josef Schneider[2], Wolfgang Schöner[1]

[1]Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, Österreich
[2]Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, Österreich
[3]Lehrstuhl für Geomorphologie, Universität Bayreuth, Deutschland

Der Alpenraum ist besonders vom aktuellen Klimawandel betroffen. Auf Basis der Simulationsergebnisse neuester Klimamodelle ist in den Alpen generell mit einer Intensivierung von Starkniederschlägen sowie mit einer winterlichen Niederschlagszunahme zu rechnen. Die Folgewirkungen auf Hydrologie und Sedimenttransport sind bislang nur unzureichend bekannt. Trotz erheblicher Unsicherheiten in den Niederschlagsprojektionen der Modelle, lassen die zu erwartenden Klimaänderungen eine Verschiebung des Systems hin zu stärkeren Hochwasserereignissen mit höheren Sedimentfrachten möglich erscheinen. Im Projekt RunSed-CC werden vergangene und zukünftige Abflüsse und Sedimentfrachten in alpinen Einzugsgebieten modelliert, um bestehende Wissenslücken zu schließen, und eine Vorbereitung auf künftig veränderte Umweltbedingungen zu ermöglichen. Wir wenden hierzu eine kohärente Modellkette vom Gebietsniederschlag über den Abfluss zur Sedimentfracht an, um ein besseres Verständnis für hydrologische Reaktion und Sedimenttransport bei Wildbachereignissen zu entwickeln. Als Beispiel dient der Schöttlbach (Niedere Tauern, Österreich). Für sein Einzugsgebiet wird das hydrologische Modell WaSiM mit dem hydrodynamischen Modell TELEMAC-2D sowie dessen Sedimenttransportmodul SISYPHE in unterschiedlichen Ansätzen gekoppelt. Der modellierte Einfluss auf das hydro-geomorphologische System wird mittels Geomorphic Change Detection Analyse validiert. Eine besondere Herausforderung liegt hierbei in Untersuchung und Bewertung von Sensitivitäten und Unsicherheiten in allen Schritten der Modellkette. Im vorliegenden Beitrag möchten wir erste Ergebnisse unserer Simulationen und Analysen vorstellen.

Earlier snowmelt, but no shift forward in snowmelt contribution to river runoff?

Erwin Rottler[1], Klaus Vormoor[1], Till Francke[1], Ulrich Strasser[2], Axel Bronstert[1]

[1]Institut für Umweltwissenschaften und Geographie, Universität Potsdam, Deutschland
[2]Institut für Geographie, Universität Innsbruck Österreich

In snow-dominated river basins, floods often occur during early summer, when high baseflow due to snowmelt is superimposed by heavy rainfall. An earlier onset of seasonal snowmelt as a consequence of a warming climate often is assumed to shift the snowmelt contribution to river runoff and potential flooding forward in time. Against this background, our study aims to investigate whether and how recent changes in snow cover translate into changes in river discharge. The spatial focus is on the European Alps, and particularly on the alpine part of the Rhine river basin. We assess and characterize historic changes in snow cover at the point and catchment scale. In this regard, we analyse in situ snow measurements and conduct snow simulations using a physically based snow model. To examine changes in the seasonality of river runoff and changes in runoff timing, we apply a set of analytical tools on discharge recordings from in and around the alpine ridge. Preliminary results hint at strong changes in the alpine snow cover during recent decades. Less snow is accumulating during winter and the onset of snow melt is occurring earlier in the year. Also river runoff has been changing substantially. However, not exactly in the way expected when comparing changes in runoff timing to changes in snow pack volumes. At many river gauges, we could not detect an earlier timing of river runoff due to an earlier onset of snow melt in spring. Observed changes in the seasonality of river runoff (more runoff during winter and less runoff during summer) seem to be caused by the construction of a large number of dams and reservoirs for hydro-power production rather than by changes in snow cover dynamics. Constructed reservoirs seem to absorb signals from earlier snowmelt. In addition, elevation dependent snow melt compensation effects emerging at the catchment scale might also blur the signals from earlier snowmelt.

Analysis and skill of seasonal runoff forecasts in the Alpine areas

Ignacio Santos[1], Mathew Herrnegger[1], Hubert Holzmann[1], Jennifer Ostermüller[2], Kristina Fröhlich[2]

[1]Institut für Hydrologie und Wassermanagement, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
[2]Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Deutschland

Reliable seasonal forecasts of runoff can be helpful for different water management applications. Hydropower production strongly depends on runoff, especially for runoff-river plants. In Alpine areas, in the context of storage hydropower plants, the proactive management of reservoir storages could be significantly enhanced with improved seasonal forecasts of runoff to the reservoirs. Furthermore, seasonal forecast can show possible tendencies to have either flood or drought conditions in the next few months ahead, which can enable a better management of agricultural water demand or the river navigation.
Several European projects are currently developing different climate services for seasonal forecasts for most parts of Europe. In the framework of one these projects Clim2Power (https://clim2power.com/) seasonal runoff forecasts are evaluated for different case studies, one of them constituting the Upper Danube (figure 1). The study area covers the Danube from its sources in the Black Forest until Vienna, an area of about 100 000 km². A large part of the basin is covered by the Alps. The hydrological regime is strongly influenced by high altitudes, leading to snow accumulation in winter and melting processes in spring.
The seasonal runoff forecasts are generated by driving a well-calibrated hydrological model (COSERO) with an ensemble of seasonal temperature and precipitation forecasts provided by the DWD (Deutscher Wetterdienst). Seasonal runoff forecasts of the past (Hindcasts) are used to assess and correct the output obtained with the hydrological model, since historic observations of runoff are available.
The skill of the seasonal forecasts are attributed to two main contributions: (i) initial catchment conditions, especially relevant in mountain regions, where the snow pack will play an important role during the melting season, and (ii) the forcing variables used to feed the hydrological model. In general, a finer spatial resolution of the meteorological variables is required in mountainous areas for the simulations of runoff, since temperature and precipitation show a high variability over short distances.
For analysing the strengths and weaknesses of seasonal forecasts over mountainous regions, results from two sub-basins (Inn and Enns) are presented in more detail (figure 2). Although the skill of current seasonal forecast was quite good, the results also show that the spatial resolution of the current meteorological forecasts are too coarse for the application in Alpine basins. Future improvements in the spatial resolution may also lead to an improvement in runoff forecasts.

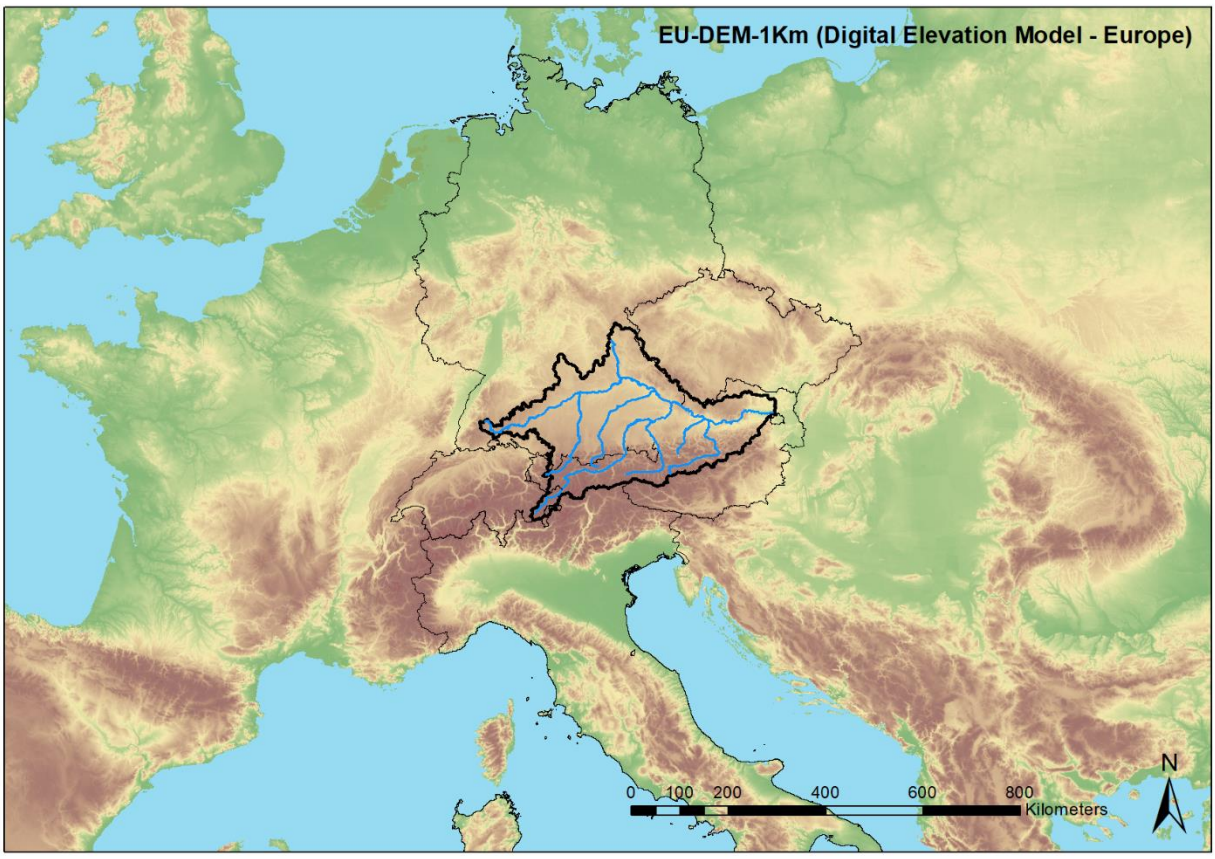


Figure 1: Upper Danube (study area)

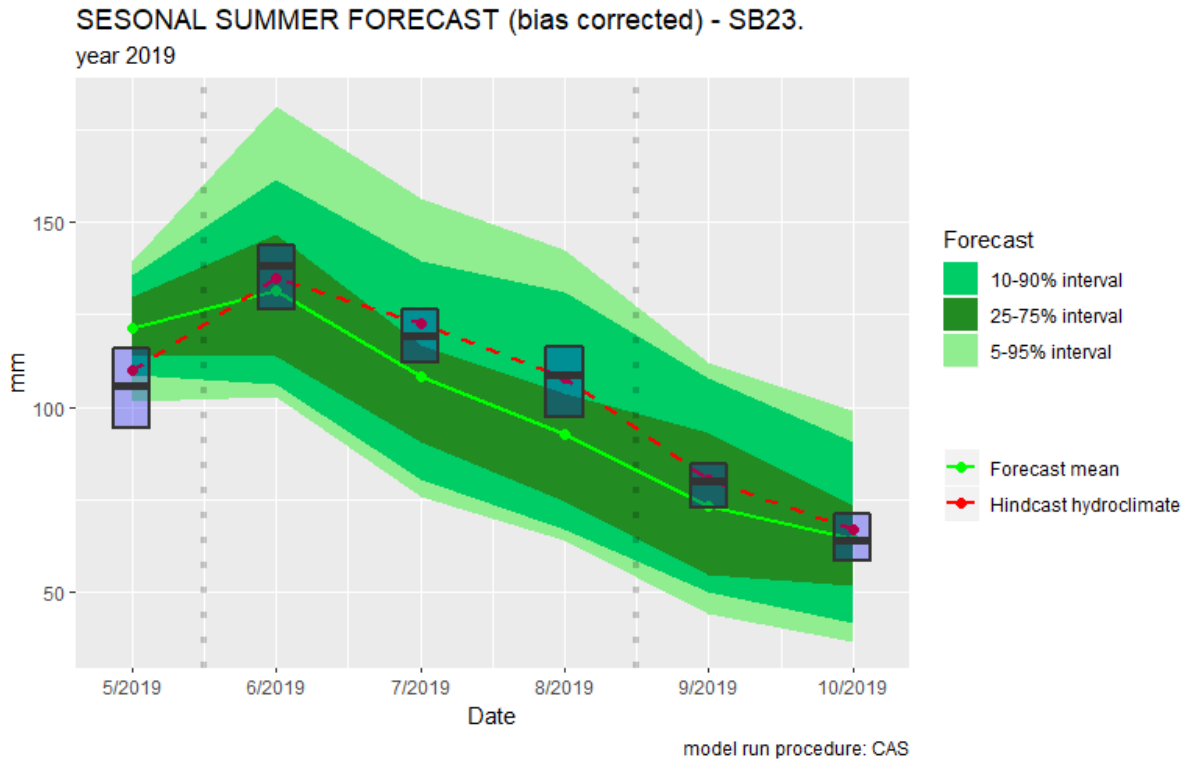


Figure 2: Summer seasonal runoff forecast for the Inn at Wasserburg gauge station.

Veränderungen der hydro-sedimentologischen Dynamiken in hochalpinen Einzugsgebieten: Analyse der zeitlichen und räumlichen Variabilität des Abflusses und der Konzentration suspendierter Sedimente am Beispiel des oberen Ötztals

Lena K. Schmidt[1], Till Francke[1], Stefan Achleitner[2], Johannes Schöber[3], M. Siebers[4], Daniel Pfurtscheller[5], Theresa Blume[6], Axel Bronstert[1]

[1]Institut für Umweltwissenschaften und Geographie, Universität Potsdam, Deutschland
[2]Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck, Österreich
[3]TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG, Innsbruck, Österreich
[4]Bayrische Akademie der Wissenschaften, Erdmessung und Glaziologie, München, Deutschland
[5]Amt der Tiroler Landesregierung, Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie, Innsbruck, Österreich
[6]Sektion 4.4 Hydrologie, GFZ Potsdam

In hochalpinen Einzugsgebieten wird bedingt durch klimatische Veränderungen ein sich beschleunigender Gletscherrückgang beobachtet. Daher befindet sich die Mehrheit dieser Systeme in einem Übergangszustand von einem glazialen dynamischen Gleichgewicht hin zu periglazialen oder gemäßigten Bedingungen. Dies führt einerseits zu einer vorübergehenden Erhöhung des Abflusses, die den Transport von größeren Sedimentmengen und/oder gröberem Material ermöglicht. Zugleich steigt die Verfügbarkeit von glazial konditionierten Sedimenten (z.B. nunmehr eisfreie Grundmoränen), und es eröffnen sich möglicherweise neue Transportpfade für loses Material in die Vorfluter. Zudem kann aus einigen Studien abgeleitet werden, dass sommerliche Starkniederschlagsereignisse, die zu Sturzfluten führen können, häufiger vorkommen und/oder in ihrer Intensität zunehmen (z.B. Bürger et al. 2014)[1], was ebenfalls zu einer Erhöhung des Sedimenttransports führen kann. Durch die erhöhten Sedimentfrachten kann es zu Beeinträchtigungen an stromabwärts gelegenen Ökosystemen oder Infrastruktur (wie z.B. Staubecken) kommen. Daher ist eine detailliertere Identifizierung der dominanten Prozesse und die Quantifizierung der Rate, mit der sich die proglazialen Prozesse im Hinblick auf die Sedimentdynamik verändern, erforderlich. Jedoch liefern gerade in kleinen Einzugsgebieten mit hochvariablen Sedimentdynamiken traditionelle univariate Beziehungen zwischen Abfluss und Sedimentkonzentration nicht immer robuste Ergebnisse.

Das Ziel des vorgestellten Projekts ist es daher, Abfluss- und Sedimentdynamiken auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen besser zu verstehen und die Einflussgrößen mit dem höchsten Erklärungsgehalt zu identifizieren. In einem ersten Schritt analysieren wir die zeitliche und räumliche Variabilität des Abflusses und der Konzentration suspendierter Sedimente im oberen Ötztal anhand von Daten, die an dort bestehenden Pegeln seit bis zu 12 Jahren aufgenommen werden, zunächst mit dem Ziel einer Abfluss- und Sedimentbilanzanalyse auf mehreren Skalen durch die Betrachtung genesteter Einzugsgebiete. In einem zweiten Schritt bestimmen wir, in welcher Beziehung die beobachteten Sedimentdynamiken zu verschiedenen Umweltvariablen stehen. Dabei stehen die Einflüsse von Temperatur (im Zusammenhang mit Schnee- und Gletscherschmelze) und Starkniederschlägen (plötzliche Erhöhung der Transportkapazität und kurzzeitige Anbindung von Sedimentspeichern) im Vordergrund, aber auch das hydrologische Gedächtnis des Einzugsgebiets, Vegetationsbedeckung und Gletscherausdehnung werden mit einbezogen.

Änderungen der Evapotranspiration in alpinen Einzugsgebieten – Höhenabhängigkeiten und saisonale Wechselwirkungen von beeinflussenden Prozessen

Klaus Vormoor[1], Axel Bronstert[1]

[1]Institut für Umweltwissenschaften und Geographie, Universität Potsdam, Deutschland

Der Einfluss hydrometeorologischer Prozesse auf die Wasserbilanz alpiner Einzugsgebiete variiert räumlich und zeitlich aufgrund der Saisonalität der allgemeinen klimatologischen Bedingungen sowie der Heterogenität von Gebietseigenschaften, die sich im Gebirge hauptsächlich mit der Höhe ändern. Änderungen der atmosphärischen Randbedingungen und der (damit verbundenen) Vegetations-zusammensetzung können die Prozesse, die den Wasser- und Energiehaushalt alpiner Einzugsgebiete beeinflussen, erheblich modifizieren. Dies kann zu Verschiebungen der relativen Bedeutung einzelner Einzugsgebietsprozesse hinsichtlich ihrer zeitlichen und räumlichen Relevanz für die Wasserbilanz führen.
Während die sich ändernde Rolle der Schneeschmelze und Gletscherschmelze mittlerweile relativ gut verstanden wird, gibt es weiter Forschungslücken hinsichtlich der Rolle der Evapotranspiration (ET) in alpinen Einzugsgebieten unter sich wandelnden atmosphärischen Randbedingungen und Einzugsgebietseigenschaften. Wir präsentieren hier ein Forschungsvorhaben und erste Ergebnisse, die darauf abzielen, die sich ändernde – und vermutlich wichtiger werdende – Rolle der ET für alpine Einzugsgebiete genauer zu beleuchten. Die Höhenabhängigkeit der Prozesse, die Änderungen in der ET hervorrufen, sollen dabei besonders berücksichtigt werden. Dafür analysieren wir öko-hydro-meteorologische Änderungen (a) aus regionaler Sicht über 32 Einzugsgebiete auf unterschiedlichen Höhen in den Tiroler Alpen, sowie (b) entlang des Längsprofil der Ötztaler Ache, deren Einzugsgebiet sich durch einen ausgeprägten Höhengradienten und eine starke naturräumliche Differenzierung in vertikaler Richtung auszeichnet. Ein weiterer Fokus liegt auf den zeitlichen Wechselwirkungen von unterschiedlichen Einzugsgebietsprozessen (v.a. Schmelzprozesse und Regen) und deren Einfluss auf die saisonale Wasserfügbarkeit für ET. Beobachtungsdatenbasierte Methoden und dynamische hydrologische Modellierung werden als komplementäre Ansätze verwendet, um Änderungen der ET zu identifizieren und den Prozessen zuzuordnen, die für diese Änderungen verantwortlich sind.

TeilnehmerInnen:

assoz. Univ.-Prof. DI Dr.	Achleitner	Stefan	Arbeitsbereich Wasserbau - Institut für Infrastruktur Univ. Innsbruck Technikerstraße 13a A-6020 Innsbruck stefan.achleitner@uibk.ac.at
DI	Aigner	Philipp	Institut für Alpine Naturgefahren Universität für Bodenkultur Wien Peter Jordan Strasse 82 A-1190 Wien philipp.aigner@boku.ac.at
Dr. sc. nat, Dipl. Natw. ETH	Bernath	André	SITgisconsult Zelglistr. 59 CH-5600 Lenzburg sit@sitgisconsult.ch
Univ.-Prof. Dr.	Bronstert	Axel	Institut für Erd- und Umweltwissenschaften Universität Potsdam, Karl-Liebknecht-Str. 24-25 14476 Potsdam-Golm axelbron@uni-potsdam.de
MSc	Decker	Sven	Department of Geosciences University of Oslo P.O. Box 1072 Blindern NO-0316 Oslo sven.decker@geo.uio.no
Dr.	Engel	Michael	Fakultät für Naturwissenschaften und Technik Freie Universität Bozen Universitätsplatz 5 I-39100 Bozen michael.engel@unibz.it
MSc	Färber	Vanessa	Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) Institut für Naturgefahren Abteilung Wildbachprozesse und Hydrologie Rennweg 1 - Hofburg A-6020 Innsbruck vanessa.faerber@bfw.gv.at
Dr.	Freudiger	Daphné	H2K, Geographisches Institut Universität Zürich Winterthurerstr. 190 CH-8057 Zürich daphne.freudiger@geo.uzh.ch

Dr.	Hebenstreit	Klaus	VERBUND Trading GmbH Frau Gabriele Maierhofer/DP ATU45644600 Am Hof 6a A-1010 Wien gabriele.mayerhofer@verbund.com
PhD	Helfricht	Kay	IGF - Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung Österreichische Akademie der Wissenschaften Technikerstr. 21a A-6020 Innsbruck kay.helfricht@oeaw.ac.at
M.Sc..	Hofmeister	Florentin	Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement Technische Universität München Augustenstraße 44 D-80333 München florentin.hofmeister@tum.de
Ao.Univ.-Prof. DI Dr.	Holzmann	Hubert	Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien Muthgasse 18 A-1190 Wien hubert.holzmann@boku.ac.at
PhD, MSc, habil. Associate Professor	Hrachowitz	Markus	Water Management Department Delft University of Technology Stevinweg 1 NL-2600GA, Delft m.hrachowitz@tudeflt.nl
Dr.	Jeníček	Michal	Department of Physical Geography and Geoecology Charles University, Prague/Czechia Albertov 6 CZ-128 43 Prague 2 michal.jenicek@natur.cuni.cz
Assoz.Prof. Dr.	Kaitna	Roland	Institut für Alpine Naturgefahren Universität für Bodenkultur Wien Peter Jordan Strasse 82 A-1190 Wien roland.kaitna@boku.ac.at
Mag.	Klebinder	Klaus	Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) Institut für Naturgefahren Abteilung Wildbachprozesse und Hydrologie Rennweg 1 A-6020 Innsbruck klaus.klebinder@bfw.gv.at

BSc	Klingsbigl	Daniela	Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) Institut für Naturgefahren Abteilung Wildbachprozesse und Hydrologie Rennweg 1 - Hofburg A-6020 Innsbruck daniela.klingsbigl@student.uibk.ac.at
Dr.	Koch	Franziska	Department für Geographie Universität München (LMU) Luisenstr. 37 D - 80333 München f.koch@iggf.geo.uni-muenchen.de
em. Univ.-Prof. Dr.	Kuhn	Michael	Institut für Atmosphärische und Kryosphärische Wissenschaften Universität Innsbruck Innrain 52 A-6020 Innsbruck michael.kuhn@uibk.ac.at
DI	Lechner	Veronika	Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) Institut für Naturgefahren Abteilung Wildbachprozesse und Hydrologie Rennweg 1 – Hofburg A-6020 Innsbruck veronika.lechner@bfw.gv.at
Dr.	Markart	Gerhard	Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) Institut für Naturgefahren Abteilung Wildbachprozesse und Hydrologie Rennweg 1 – Hofburg A-6020 Innsbruck gerhard.markart@bfw.gv.at
Dr.	Meißl	Gertraud	Institut für Geographie Universität Innsbruck Innrain 52 A-6020 Innsbruck gertraud.meissl@uibk.ac.at
Mag.	Peßenteiner	Stefanie	Institut für Geographie und Raumforschung Universität Graz, Heinrichstraße 36 A- 8010 Graz stefanie.pessenteiner@uni-graz.at
Mag.	Raffeiner	Georg	Amt der Tiroler Landesregierung Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie Herrengasse 3 A-6020 Innsbruck georg.raffeiner@tirol.gv.at

MSc	Rottler	Erwin	Institut für Umweltwissenschaften und Geographie Universität Potsdam Karl-Liebknecht-Str. 24-25 D-14476 Potsdam-Golm rottler@uni-potsdam.de
MSc	Santos	Ignacio Martin	Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität für Bodenkultur Wien Muthgasse 18 A-1190 Wien ingnacio.martin-santos@boku.ac.at
MSc	Schmidt	Lena Katharina	Institut für Umweltwissenschaften und Geographie Universität Potsdam Karl-Liebknecht-Straße 24-25 14476 Potsdam leschmid@uni-potsdam.de
Dr.	Schöber	Johannes	TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG Abteilung Wasserkraftplanung Hydrologie und Wasserwirtschaft Eduard-Wallnöfer-Platz 2 A-6020 Innsbruck johannes.schoeber@tiwag.at
Univ.-Prof. Dr.	Schulz	Karsten	Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) Muthgasse 18 A-1190 Wien karsten.schulz@boku.ac.at
Univ.-Prof. Dr.	Stahl	Kerstin	Professur für Umwelthydrosysteme Universität Freiburg Friedrichstraße 39 D-79098 Freiburg kerstin.stahl@hydrology.uni-freiburg.de
Associate Professor	Stewart-Frey	Iris	Department of Environmental Studies and Sciences Santa Clara University 500 El Camino Real Santa Clara, CA,, 95053, USA --- Professur für Umwelthydrosysteme Universität Freiburg Friedrichstr. 39 D- 79098 Freiburg IStewartFrey@scu.edu
BSc	Stücker	Sara Maria	Geographisches Institut Universität Bonn, Meckenheimer Allee 166 D- 53115 Bonn S6astue@uni-bonn.de

Univ.Prof. Dr.	Stumpp	Christine	Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien Muthgasse 18 A-1190 Wien Christine.stumpp@boku.ac.at
MSc	van Tiel	Marit	Professur für Umwelthydrosysteme Universität Freiburg Friedrichstraße 39 D-79098 Freiburg marit.van.tiel@hydrology.uni-freiburg.de
MSc	Vogel	Simone	Björnsen Beratende Ingenieure GmbH Maria Trost 3 56070 Koblenz s.vogel@bjoernsen.de
Dr.	Vormoor	Klaus	Institut für Umweltwissenschaften und Geografie Universität Potsdam Karl-Liebknecht-Str. 24-25 14476 Potsdam kvormoor@uni-potsdam.de
DI Dr.	Wagner	Thomas	Institut für Erdwissenschaften Karl-Franzens-Universität Graz Heinrichstrasse 26 - EG A-8010 Graz thomas.wagner@uni-graz.at
Univ.-Prof. Dr.	Weiler	Markus	Professur für Hydrologie Universität Freiburg Friedrichstraße 39 D-79098 Freiburg markus.weiler@hydrology.uni-freiburg.de
Assoc.-Prof. Dr.	Winkler	Gerfried	Institut für Erdwissenschaften Universität Graz Heinrichstr. 26 A-8010 Graz gerfried.winkler@uni-graz.at