

Dynamiken des Geschiebetransports in Einzugsgebieten mit rapidem Gletscherrückgang

CLEMENS HILLER^{1,2}, KAY HELFRICHT¹,
STEFAN ACHLEITNER²

Organisation(en):

¹ Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften;

² Arbeitsbereich Wasserbau, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck

clemens.hiller@oeaw.ac.at, kay.helfricht@oeaw.ac.at, stefan.achleitner@uibk.ac.at

Abstract

Der aktuelle Gletscherschwund lässt Bereiche mit instabilen Sedimenten entstehen. Die erhöhte Sedimentverfügbarkeit wirkt sich auf das Naturgefahrenpotenzial von Gebirgsbächen in vergletscherten Gebieten aus. Hydraulische und hydrologische Modelle werden mit geomorphologischen Monitoring-Techniken kombiniert, um die Verknüpfung von Sedimenten aus dem paraglazialen Übergangsbereich mit dem proglazialen Geschiebetransport zu untersuchen und Trends in glazifluvialen Sedimentdynamiken abzuleiten.

Einleitung

In den Alpen nehmen Gletschermasse und Permafrostvorkommen durch die voranschreitende Erderwärmung mit zunehmender Geschwindigkeit ab (APCC 2014, Helfricht et al. 2019) und hinterlassen unkonsolidierte, instabile Sedimente auf den Gletschern und in den jüngst eisfrei-gewordenen proglazialen Flächen. Die paraglaziale Übergangsphase in Bereichen des Gletscherrückgangs ist durch verstärkte geomorphologische Prozesse gekennzeichnet (Ballantyne 2002, Heckmann et al. 2016) und führt meist zu einem erhöhten Sedimenteintrag in Gebirgsbäche (Comiti et al. 2019). Die Erderwärmung verändert zudem das Abflussregime in alpinen Einzugsgebieten und die damit verknüpfte glazifluviale Sedimentzufuhr aus den noch vergletscherten Bereichen. Dies wirkt sich wesentlich auf das Naturgefahrenpotenzial von Gebirgsbächen in vergletscherten Einzugsgebieten aus. In diesem Zusammenhang ist die zu erwartende allmähliche Verschiebung von einer Limitierung der Sedimentverfügbarkeit hin zu einer Limitierung der fluvialen Transportkapazität in hochalpinen Einzugsgebieten von Bedeutung (Lane et al. 2017) und verlangt nach Monitoring-basierten Studien. Der rapide gegenwärtige Gletscherrückgang eröffnet die Möglichkeit, aktuelle Prozesse und Mechanismen von Sediment-

transport, -speicherung und -freigabe direkt zu untersuchen (Porter et al. 2019). Diese Studie hat zum Ziel, die Verknüpfung von grobkörnigen Sedimenten aus dem paraglazialen Übergangsbereich mit dem proglazialen Geschiebetransport im Gletschervorfeld des Jamtalferners (Silvretta, Österreich) zu untersuchen und übertragbare Entwicklungstrends in glazifluvialen Sedimentdynamiken alpiner Einzugsgebiete abzuleiten. Die Hauptmotive bestehen darin, (i) die zeitlichen und räumlichen Sedimentationsdynamiken zu erfassen, (ii) das Verständnis von grundlegenden Sedimentationsprozessen in hochalpinen (glazi)-fluvialen Einzugsgebieten zu vertiefen, (iii) die Anwendbarkeit von fluvial-hydraulischer und Sedimenttransport-Modellierung in komplexer Hydromorphometrie zu testen und (iv) zur Gefahrenzonenplanung und Risikominderung in alpinen Einzugsgebieten beizutragen.

Methoden und Konzept

Die vorgestellte Studie stützt sich auf einen methodischen Ansatz, der hydraulische und hydrologische Modellierungen mit geomorphologischen Erfassungs- und Monitoring-Techniken verknüpft. Hydrologische Simulationen werden durch-

geführt, um den Abfluss am Gletschertor und an Konvergenzpunkten des proglazialen Gerinnes abzuschätzen und daraus die Sedimenttransport-Konnektivität und den potenziellen Sedimentexports abzuleiten. Das im Juni 2019 installierte Durchfluss-Radar (RQ-30, Sommer Messtechnik) liefert die nötigen Abflussdaten für die Modellkalibrierung. Die Abflussganglinie wiederum wird sukzessiv mit Hilfe der Salzverdünnungsmethode kalibriert. Das kalibrierte hydrologische Modell hilft anschließend den Abfluss in Teileinzugsgebieten zu bemessen.

Mit terrestrischer Fotogrammetrie wurde die komplexe Gerinne-Morphometrie im Bereich des RQ-30 kartiert (Abb. 1) und wird als Basis für hydraulische Simulationen zur zusätzlichen Kalibrierung der Abflussmessung verwendet. Die hydraulische Simulation dient außerdem der Abschätzung des Geschiebetransports am Standort des Durchfluss-Radars. Die angestrebte Quantifizierung des aus dem Gletschervorfeld stammenden Abflusses stellt die Grundlage dar, um die potenzielle Transportkapazität zu bemessen.

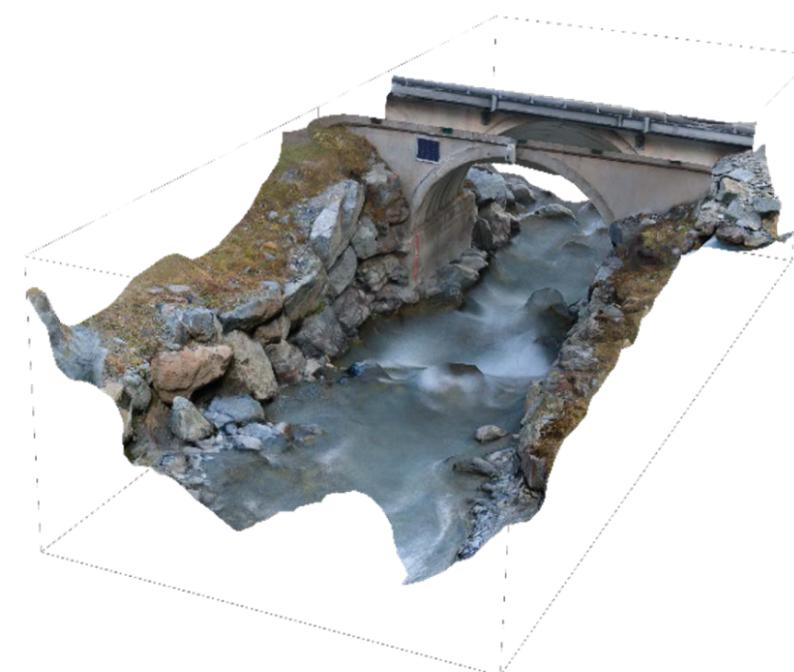


Abbildung 1: Gerinne im Jamtal mit Durchfluss-Radar, dargestellt als 3D Mesh auf Grundlage der fotogrammetrischen Kartierung

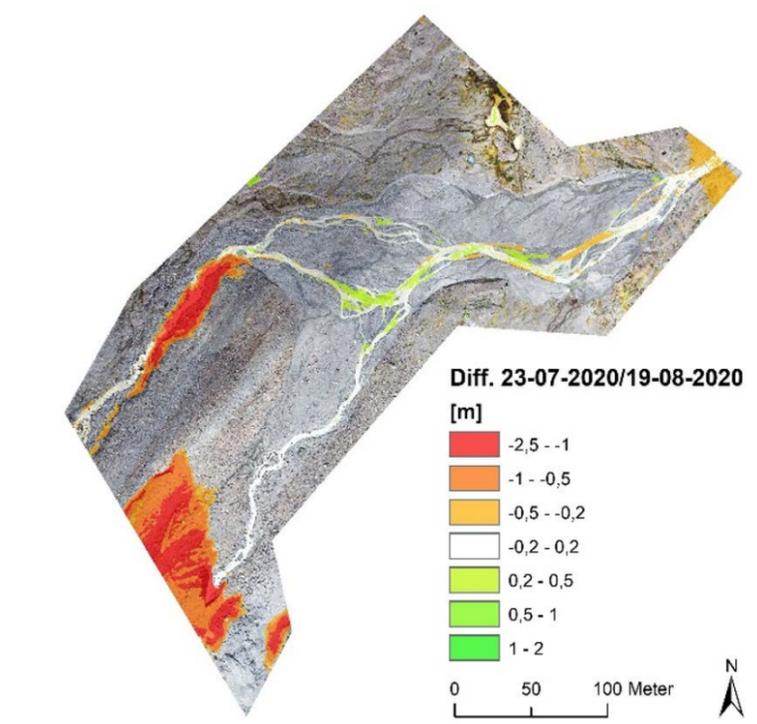


Abbildung 2: Orthofoto des Gletschervorfeldes mit Höhenänderungen durch Abschmelzen an der Gletscherstirn und Aufschotterung in der Sandfläche im Sommer 2020.

Die Korngrößenverteilung proglazialer Sedimente ($d > 1$ cm) im Gletschervorfeld des Jamtalferners wird durch in-situ Messungen und UAV-gestützte Fotogrammetrie erfasst und stützt sich auf die Linienzahlanalyse nach Fehr (1987). Fraktionale Transportmodelle, die eine Korngrößenabhängige Bewegungsinisierung ermöglichen (e.g. Schneider et al. 2015), werden auf ein räumlich ausgedehntes Gerinne mit mäandernden Teilströmen angewandt und auf ihre Fähigkeit zur Schätzung der Geschiebefracht getestet. Punktuelle Validierungsdaten für Sedimenttransportmodelle werden mit Geschiebesammlern während mittlerer Abflüsse gewonnen. Die errechnete Korngrößenverteilung wird mit der geschätzten potenziellen Transportkapazität und den beobachteten Änderungen der Sedimentvolumina im Gletschervorfeld verglichen.

Veränderungen der Geländehöhe im Gletschervorfeld werden für zwei Jahre, jeweils im Frühjahr und Herbst, durch hochauflösende UAV-gestützte Foto-

grammetrie (SfM unter Verwendung von RGB-Bildern) erfasst. Die angestrebte Auflösung (GSD < 5 cm; min. 4 Aufnahmen in 2 Jahren) ermöglicht eine kleinräumige Änderungsdetektion im Gletschervorfeld des Jamtalferners (Abb. 1). Aus den Oberflächenveränderungen zwischen den Zeitschritten werden jährliche Volumina des Sedimentexports abgeleitet. Zusätzlich wird die proglaziale Topografie vor und nach Starkabflussereignissen mit UAV-gestützter Fotogrammetrie hochauflösend vermessen, um morphologische Änderungen in den proglazialen Gerinnen und räumliche Muster in der Verteilung grober Sedimente zu dokumentieren. Die Berechnung von DEMs of Difference (DoD) ermöglicht es, topographische Veränderungen nachzuverfolgen, aus denen hydrologische und geomorphologische Prozesse (und Massenbilanzen) identifiziert werden können.

Ausblick

Das hier beschriebene Forschungsvorhaben ist Teil des von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) im Rahmen des Earth System Science (ESS) Programms geförderten Projekts Hidden. Ice und verfolgt den interdisziplinären Ansatz, hydraulische, hydrologische und geomorphologische Methoden zu kombinieren, um die (glazi-)fluvialen Prozesse in hochalpinen Einzugsgebieten mit rapidem Gletscherschwund zu verstehen und Trends des Geschiebetransports abzuleiten. Dieses angestrebte lokale Prozessverständnis hat auch Implikationen für das Naturgefahrenmanagement und die Wasserkraftgewinnung in übergeordneten Einzugsgebieten und trägt somit zu den Anpassungsbemühungen alpiner Regionen an den Klimawandel bei.

Literaturverzeichnis

- Ballantyne, C.K. (2002): Paraglacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews*, 21(18-19), 1935-2017.
- Comiti, F., Mao, L., Penna, D., Dell'Agnese, A., Engel, M., Rathburn, S. & Cavalli, M. (2019): Glacier melt runoff controls bedload transport in Alpine catchments. *Earth and Planetary Science Letters*, 520, 77-86.
- Fehr, R. (1987): Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen, Mitteilung Nr. 92, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, Zürich.
- Heckmann, T., McColl, S. & Morche, D. (2016): Retreating ice: research in pro-glacial areas matters. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(2), 271-276.
- Helfricht, K., Huss, M., Fischer, A., & Otto, J.-C. (2019): Calibrated Ice Thickness Estimate for All Glaciers in Austria. *Frontiers In Earth Science*, 7, 1-15. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00068>
- APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten.
- Lane, S.N., Bakker, M., Gabbud, C., Micheletti, N. & Saugy, J.N. (2017): Sediment export, transient landscape response and catchment-scale connectivity following rapid climate warming and Alpine glacier recession. *Geomorphology*, 277, 210-227.
- Porter, P.R., Smart, M.J. & Irvine-Fynn, T.D.L. (2019): Glacial Sediment Stores and Their Reworking. In: T. Heckmann, D. Morche (Eds.), *Geomorphology of Proglacial Systems: Landform and Sediment Dynamics in Recently Deglaciated Alpine Landscapes*. Springer International Publishing, Cham, 157-176.
- Schneider, J.M., Rickenmann, D., Turowski, J.M. & Kirchner, J.W. (2015): Self-adjustment of stream bed roughness and flow velocity in a steep mountain channel. *Water Resources Research*, 51(10), 7838-7859