



Tagungsband
Risikomanagement für
Alpine Naturgefahren
20. Mai 2022

Impressum

Für den Inhalt verantwortlich: Die Referenten
Nationalparkrat Hohe Tauern, Kirchplatz 2, 9971 Matrei i. O.
Satz: Bianca Brugger, Nationalpark Hohe Tauern
Layout: vorauer&friends
Titelbild: Bergsturz Obersulzbachtal - © npht Rieder



Inhaltsverzeichnis

Herausforderung Erderhitzung: Diagnose und Therapie - Fakten mit Fokus auf Österreich und den Raum Pinzgau sowie globale Zusammenhänge Mag. Dr. Marc OLEFS	Seite	1
Tauender Permafrost und schmelzende Gletscher. Fallen uns die Berge auf den Kopf? Dr. Markus KEUSCHNIG	Seite	6
Muren - wenn es ganz dick kommt DI Dr. Roland KAITNA	Seite	10
Weg im alpinen Raum - Quo vadis? Mag. Gerald VALENTIN	Seite	13
Herausforderung alpiner Raum - Wirtschaften in Zeiten des Klimawandels Ing. Norbert KARLSBÖCK	Seite	34



Herausforderung Erderhitzung: Diagnose und Therapie – Fakten mit Fokus auf Österreich und den Raum Pinzgau sowie globale Zusammenhänge

Klimaantriebe und -schwankungen

Seit Entstehung der Erde ist das Klima aufgrund natürlicher Antriebe wie z.B. Plattentektonik, oder astronomischen Zyklen stets laufenden Schwankungen unterworfen. Die meisten dieser natürlichen Klimaantriebe wirken allerdings auf Zeitskalen von Tausenden bis Millionen von Jahren und sind daher für die Interpretation der direkt gemessenen Veränderungen der letzten ca. 250 Jahre nicht relevant (ZAMG, 2020a). Die kurzfristige Änderung der Sonnenaktivität (ZAMG, 2020b) und Vulkanische Aerosole aufgrund von starken Vulkanausbrüchen (ZAMG, 2020c) sind die einzigen natürlichen Antriebe, die in diesem Zeitraum das Klimasystem nennenswert beeinflusst haben. Die letzten 250 Jahre stellen somit den Übergang vom natürlichen des vorindustriellen Zeitalters zum anthropogenen Treibhausklima des 21. Jahrhunderts dar. Ab etwa 1980 kam der menschengemachte Treibhauseffekt zu voller Geltung und ist nun der wirksamste Klimaantrieb.

Beobachtete Klimaänderung in Österreich

Seit Ende des 19. Jahrhunderts ist die Lufttemperatur in Österreich und im Alpenraum um knapp 2 Grad angestiegen, d.h. in etwa doppelt so stark wie im globalen Mittel (ZAMG HISTALP Jahres-Newsletter 2021; APCC, 2014) und liegt 20% über dem Anstieg der mittleren Lufttemperatur von 1,5°C über den globalen Landflächen (IPCC, 2019a). Hauptursache dafür ist, dass sich die Luft über Landflächen generell rascher erwärmt als über den thermisch trägeren Ozeanen (Hartmann et al., 2013; IPCC, 2019a), aber auch der Einfluss gesteigener bodennaher solarer Einstrahlung seit den 1980er Jahren spielt eine Rolle (Scherrer und Begert, 2019). Praktisch 100% der Erwärmung im Zeitraum 2010-2019 im Vergleich zu 1850-1900 ist menschengemacht (IPCC, 2021). Innerhalb Österreichs verliefen die Langzeitvariationen des Temperaturverlaufs in großer räumlicher Übereinstimmung. Nennenswerte Unterschiede in der Temperaturentwicklung gab es weder in der Horizontalen noch in der Vertikalen: Auf dem Sonnblick in 3100 m Seehöhe z.B. hat sich die Atmosphäre seit dem Ende des 19. Jahrhunderts ebenso um etwa 2°C erwärmt wie in Wien (ZAMG HISTALP Jahres-Newsletter 2021; Auer et al., 2007). Saisonal betrachtet ist die Erwärmung im Zeitraum 1989-2018 vs. 1871-1900 im Tiefland im Frühjahr und Winter am stärksten (+2.1 °C bzw. +2.3 °C), gefolgt vom Sommer (+1.8°C), am schwächsten ist sie im Herbst (+1.3°C), s. Abbildung 1. Den einzigen signifikanten Unterschied in der Erwärmung zwischen tiefen und hohen Lagen gibt es im Winter (+1.7°C in den Gipfelregionen vs. +2.3 im Tiefland). Abgesehen von der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die relativ niederschlagsreich ausfiel und der trockensten Phase der Messgeschichte in den 1860er Jahren, gestaltete sich das Niederschlagsklima über ganz Österreich hinweg gesehen, auch saisonal ohne ausgeprägte langfristige Schwankungen. Allerdings zeigen sich in einzelnen Regionen Österreichs unterschiedliche, teilweise sogar gegenläufige Niederschlagstrends, die vor allem im Winter zu beobachten sind: In Westösterreich (Vorarlberg, Nordtirol) nahm der Niederschlag über den gesamten Zeitraum seit 1858 betrachtet um ca. 10-15 % zu, während er im Südosten Österreichs (Unterkärnten, West- und Oststeiermark, Südburgenland) über die letzten 200 Jahre hinweg abnahm. Die Sonnenscheindauer hat im Alpenraum in den letzten 130 Jahren um ca. 10% zugenommen.

Zukünftige erwartete Klimaänderung in Österreich

Der Grad der bereits beobachteten und zukünftig erwarteten anthropogenen Klimaerwärmung ist durch die globalen historischen und zukünftigen kumulativen CO₂ Emissionen definiert. Selbst bei einem unmittelbaren, globalen und vollständigen Stop aller CO₂ Emissionen, würde ein großer CO₂ Anteil für Jahrhunderte und länger in der Atmosphäre verbleiben und so das Temperaturniveau hoch halten (Knutti und Rogelj, 2015). Um durch Klimamodellierungen die ganze Bandbreite der möglichen zukünftigen Klimaveränderungen zu untersuchen, werden verschiedene Entwicklungen des menschlichen Verhaltens (Weltbevölkerung, Energienutzung, Technologie,...), sog. Klimaszenarien, angenommen. Für die nahe Zukunft (2036-2065) wird unabhängig vom Emissionsszenario für Österreich ein weiterer Temperaturanstieg von ca. 0,5°C im Vergleich zur Klimanormalperiode 1991 bis 2020 erwartet. Für die ferne Zukunft (2071-2100) wird die Temperatur je nach Emissionsszenario um weniger als 1°C (RCP 2.6 -



Einhaltung des Paris Abkommens) oder 3°C bis 5°C (RCP 8.5 - „ungünstigstes Szenario“ – keine Klimaschutzmaßnahmen) im Vergleich zur Klimanormalperiode 1991 bis 2020 ansteigen (Abbildung 2; Chimani et al., 2016).

Auswirkungen der Klimaerwärmung für Österreich

Temperaturextrema (z.B. Anzahl der Hitzetage) haben signifikant zugenommen, diese Zunahme wird abhängig vom Emissionsszenario in Zukunft weitergehen und auch die Intensität und Andauer von Hitzewellen weiterhin zunehmen mit starken negativen Gesundheitsfolgen (Produktivität, Wohlbefinden, Übersterblichkeit, Allergien durch Pollen, Krankheiten durch Stechmücken) (APCC, 2014; Haas et al., 2018). Aufgrund zunehmenden Wasserdampfs in der Luft und einer labileren Luftschichtung im Zuge der Erwärmung hat sich in der Vergangenheit das Potential für die Bildung kleinräumiger (konvektiver) Wetterextreme (Gewitter, lokaler Starkregen, Hagel) bereits erhöht und wird sich ins Besondere in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ohne drastische Klimaschutzmaßnahmen weiter deutlich erhöhen. Dies führt auch zu einer Erhöhung des damit zusammenhängenden Schadenspotentials (z.B. kleinräumige Überflutungen, Hangrutschungen und Muren) (Enigl u.a., 2019; APCC, 2014). Aufgrund der in der Zukunft weiter erwarteten Zunahme der Verdunstung und erhöhten Jahr-zu-Jahr Variabilität im Wasserkreislauf ist ins Besondere ohne drastischen Klimaschutz mit häufigeren und intensiveren extremen Dürreereignissen im Laufe des 21. Jahrhunderts zu rechnen (APCC, 2014; Haslinger u.a., 2022). Die Kryosphäre (Schnee, Permafrost, Gletscher) nimmt aufgrund der fortschreitenden Erwärmung langfristig in allen Höhenlagen weiter ab, in tiefen Lagen und ohne drastische Klimaschutzmaßnahmen ist die Abnahme der Schneedecke dramatisch (IPCC, 2019b; APCC, 2014; Gobiet et al., 2021). Trockenheit und Hitze führen in niederschlagsärmeren Gebieten zu negativen Folgeerscheinungen im Bereich der Forst- (geringere Produktivität und intensivere und häufigere Störungen der Waldökosysteme durch z.B. Borkenkäfer) und Landwirtschaft (verringertes Ertragspotential und erhöhte Ausfallrisiken) (APCC, 2014). Die Klimaänderungen haben weitreichende Auswirkungen in vielen weiteren Bereichen und Sektoren auf die hier aus Platzgründen nicht näher eingegangen werden kann. Das Ausmaß all dieser Klimarisiken in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ist dabei wesentlich durch den Menschen beeinflussbar (drastische und rasche globale Klimaschutzmaßnahmen begleitet von regionalen und sektoralen Anpassungsmaßnahmen).

Klimawirksame Treibhausgase und das Pariser Klimaabkommen

CO₂ als bedeutendstes klimawirksames Treibhausgas weist derzeit eine global gemittelte Konzentration von 417 PPM (Parts per Million) auf (NOAA, 2022). Die globalen Kohlendioxid Emissionen durch fossile Verbrennung betragen im Jahr 2021 37.4 ± 2.9 Gigatonnen CO₂ pro Jahr (Friedlingstein u.a., 2022), wovon knapp 0.2% in Österreich emittiert werden (UBA, 2020). Bezieht man die durch österreichischen Konsum im Ausland verursachten CO₂ Emissionen mit ein, so liegen die Emissionswerte für Österreich um etwa die Hälfte höher (APCC, 2014). Im Pariser Klimaabkommen (UNFCCC, 2015) hat sich die Weltgemeinschaft verpflichtet, die globale Erwärmung bis Ende dieses Jahrhunderts auf einem Niveau wesentlich unter 2°C, wenn möglich auf 1,5°C, bezogen auf das vorindustrielle Temperaturniveau, zu begrenzen. Um das 1,5 Grad Ziel zu erreichen, müssen die globalen Emissionen möglichst sofort abnehmen, so dass die Nettoemissionen bereits 2055 auf null gesunken sind. Dies ist notwendig um die Klimagefahren auf einem derzeitigen Niveau zu stabilisieren, mögliche Kippunkte im Klimasystem zu vermeiden und den nächsten Generationen somit ein ähnlich attraktives Leben zu ermöglichen, das auch uns gewährt wird. Ein breites öffentliches Bewusstsein für diese wissenschaftlichen Fakten ist essentiell für den Impuls und Rückhalt des großen strukturellen, politischen und sozialen Wandels, den es jetzt dafür braucht.

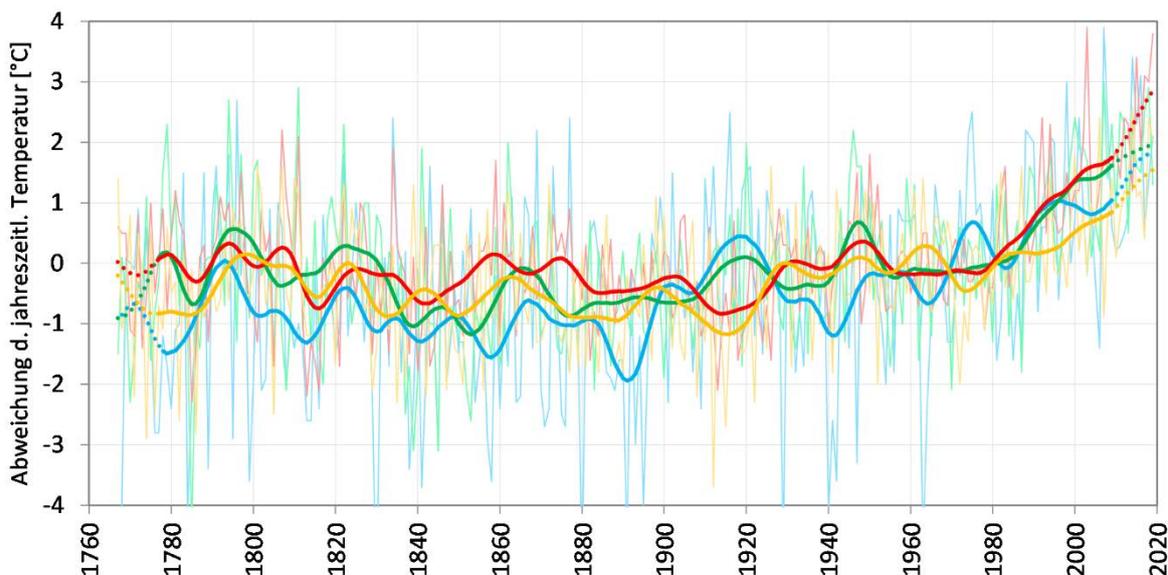


Abbildung 1: Entwicklung der mittleren Winter- (blau), Frühlings- (grün), Sommer- (rot) und Herbsttemperatur (gelb) in Österreich 1767–2019. Dargestellt sind jährliche Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961–1990 (dünne Linien) und deren geglättete Trends (dicke Linien, 21-jähriger Gauß'scher Tiefpassfilter) (Olefs et al., 2019 - aktualisiert). Quelle: ZAMG/HISTALP

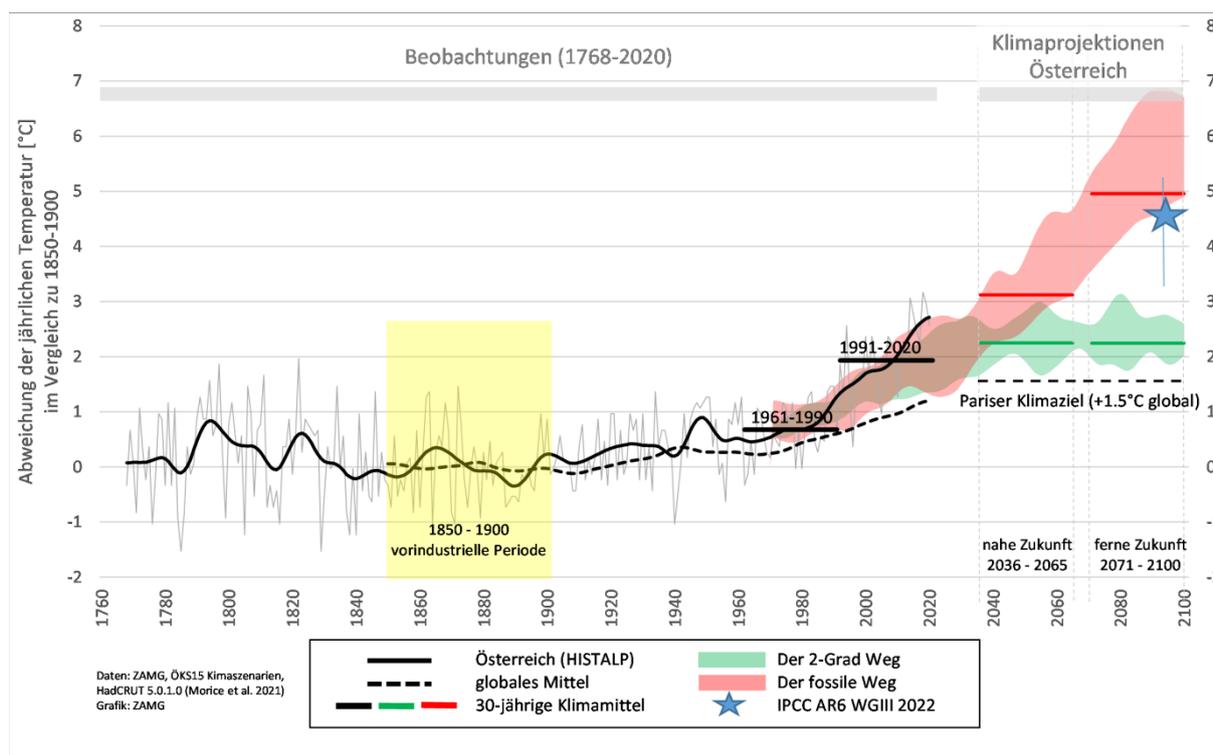


Abbildung 2: **Temperatur in der Vergangenheit und mögliche Entwicklung in der Zukunft:** In den letzten rund 40 Jahren ist die Temperatur in Österreich und global deutlich gestiegen. Die rot schraffierte Fläche zeigt die mögliche weitere Erwärmung in Österreich bei weltweit ungebremstem Ausstoß von Treibhausgasen. Die grün schraffierte Fläche zeigt die deutlich geringere weitere Erwärmung in Österreich bei weltweiter Einhaltung der Pariser Klimaziele. Der blaue Stern (vertikale Strich) zeigt die erwartete Temperaturentwicklung in Österreich am Ende des Jahrhunderts (inkl. Unsicherheitsbereich) wenn global keine Verschärfung von klimapolitischen Maßnahmen im Vergleich zum Stand Ende 2020 implementiert würden. Quelle: ZAMG/ÖKS15/Morice et al. 2021/IPCC 2022.

Literatur

- APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 978-3-7001-7699-2
- Auer I., Böhm R., Jurkovic A., Lipa W., Orlik A., Potzmann R., Schöner W., Ungersböck M., Matulla C., Briffa K., Jones P.D., Efthymiadis D., Brunetti M., Nanni T., Maugeri M., Mercalli L., Mestre O., Moisselin J.M., Begert M., Müller-Westermeier G., Kveton V., Bochnicek O., Stastny P., Lapin M., Szalai S., Szentimrey T., Cegnar T., Dolinar M., Gajic-Capka M., Zaninovic K., Majstorovic Z., Nieplova E. (2007): HISTALP – historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760–2003. *International Journal of Climatology* 27, 17–46, doi: 10.1002/joc.1377
- Chimani, Barbara, Georg Heinrich, Michael Hofstätter, Markus Kerschbaumer, Stefan Kienberger, Armin Leuprecht, A. Lexer, et al. 2016. "Endbericht ÖKS15 – Klimaszenarien Für Österreich - Daten - Methoden - Klimaanalyse. Projektbericht." CCCA Data Centre. <https://data.ccca.ac.at/dataset/a4ec86ca-eeae-4457-b0c7-78eed6b71c05>.
- Enigl, Katharina, Christoph Matulla, Matthias Schögl, and Franz Schmid. 2019. "Derivation of Canonical Total-Sequences Triggering Landslides and Floodings in Complex Terrain." *Advances in Water Resources* 129: 178–88. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2019.04.018>
- Friedlingstein, P. u.a., 2022: Global Carbon Budget 2021, *Earth Syst. Sci. Data*, 14, 1917–2005, <https://doi.org/10.5194/essd-14-1917-2022>.
- Gobiet, A., Olefs, M., Koch, R., Seitner, V., Strasser, U., Abegg, B., Wolf, A., Rothleitner, M., 2021: Schneetrends in Österreich: Schnee bleibt immer kürzer liegen, CCCA Factsheet #33, https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/33_schneetrends_in_oesterreich_202107.pdf
- Haas, W; Moshhammer, H; Muttarak, R; Balas, M; Ekmekcioglu, C; Formayer, H; Kromp-Kolb, H; Matulla, C; Nowak, P; Schmid, D; Striessnig, E; Weisz, U; Allerberger, F; Auer, I; Bachner, F; Baumann- Stanzer, K; Bobek, J; Fent, T; Frankovic, I; Gepp, C; Groß, R; Haas, S; Hammerl, C; Hanika, A; Hirtl, M; Hoffmann, R; Koland, O; Offenthaler, I; Piringer, M; Ressler, H; Richter, L; Scheifinger, H; Schlatzer, M; Schögl, M; Schulz, K; Schöner, W; Simic, S; Wallner, P; Widhalm, T; Lemmerer, K, 2018 : Österreichischer Special Report Gesundheit, Demographie und Klimawandel (ASR18) - Zusammenfassung für Entscheidungstragende und Synthese *Austrian Panel on Climate Change (APCC), Wien, Österreich, 103, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien; ISBN: 978-3-7001-8429-4*
- Hartmann, D.L., Klein Tank, A.M.G., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F.J., Dlugokencky, E.J., Easterling, D.R., Kaplan, A., Soden, B.J., Thorne, P.W., Wild, M., Zhai, P.M., 2013. Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA.
- Haslinger, K., Schöner, W., Abermann, J., Laaha, G., Andre, K., Olefs, M., and Koch, R., 2022: Contradictory signal in future surface water availability in Austria: increase on average vs. higher probability of droughts, *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-191>.
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, 2019a: *Climate Change and Land. An IPCC Special report on climate change, desertification, land, degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems: Summary for Policymakers (Approved draft)*, [Arnell et al.]. IPCC, Geneva, Switzerland, 43 pp.
- IPCC, 2019b: *Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- IPCC, 2021: *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- IPCC, 2022: *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*



[P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

NOAA, 2022: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html#global> (Zugriff am 05.07.2022)

Olefs, M., Koch, R., Gobiet, A., 2019, Klima und Schnee in Österreich – Beobachtete Vergangenheit und erwartete Zukunft, Fachzeitschrift FdSnow, Heft 53, ISSN 1864-5593 53.

Scherrer, Simon C., and Michael Begert. 2019. "Effects of Large-Scale Atmospheric Flow and Sunshine Duration on the Evolution of Minimum and Maximum Temperature in Switzerland." Theoretical and Applied Climatology, March. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02823-x>

UBA, 2020: <https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase> (Zugriff am 8.7.2022)

UNFCCC, 2015: The Paris agreement: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

ZAMG, 2020a: Kapitel „Antriebe des Klimasystems“ im Informationsportal der

ZAMG, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/antriebe>

(Zugriff am 21.1.2020).

ZAMG, 2020b: Kapitel „Sonnenaktivität kurzfristig“ im Informationsportal der

ZAMG, [https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-](https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/antriebe/sonnenaktivitaet-kurzfristig)

[klimawandel/klimasystem/antriebe/sonnenaktivitaet-kurzfristig](https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/antriebe/sonnenaktivitaet-kurzfristig)

ZAMG, 2020c: Kapitel „Vulkane“ im Informationsportal der

ZAMG, [https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-](https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/antriebe/vulkane)

[klimawandel/klimasystem/antriebe/vulkane](https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/antriebe/vulkane)

ZAMG HISTALP Jahres-Newsletter

2021, https://www.zamg.ac.at/histalp/download/newsletter/HISTALP_AT_Jahresnewsletter_2021.pdf

Mag. Dr. Marc OLEFS, ZAMG



Tauender Permafrost und schmelzende Gletscher. Fallen uns die Berge auf den Kopf?

Die durchschnittliche Jahrestemperatur ist in Österreich seit dem 1880 um rund 2 °C gestiegen (APCC, 2014). Diese Temperaturerhöhung liegt weit über dem globalen Durchschnitt von ca. 1 °C (IPCC, 2021). Auch künftig ist im Alpenraum eine stärkere Temperaturerhöhung als im weltweiten Mittel zu erwarten. Für die nächsten 40 Jahre geht die Forschung von einem Anstieg von weiteren 2 °C aus. Neben einem starken Gletscherrückgang ist eine Konsequenz das Auftauen des Permafrostes und dessen Auswirkung auf Steinschlag- Felssturz- und Murgangs Ereignisse.

Besonders in den letzten Jahren wurde eine Zunahme von Steinschlag-, Felssturz- und Murgangs Ereignissen nicht nur von Wissenschaftlern, sondern auch von Bergsteigern und Hüttenwirten beobachtet. Viele dieser Ereignisse traten in Bereichen mit Felspermafrost während langanhaltender Hitzeperioden aber ohne Niederschlag auf. Laborversuche zeigen, dass die Stabilität gefrorener Gesteine stark temperaturabhängig ist. Je höher die Temperatur der gefrorenen Gesteinsprobe, desto geringer sind die Festigkeiten des Gesteins. Im Minustemperatur-Bereich verursachen steigende Felstemperaturen eine exponentielle Abnahme der Festigkeiten (Krautblatter et al., 2013). Dies hat zur Folge, dass bereits eine geringfügige Erhöhung der Permafrosttemperatur eine signifikante Reduktion der Felsstabilität in hochalpinen Regionen bewirken kann.

Gletscherschwund ist eine der sichtbarsten Folgen, mit dem Rückzug des Eises werden Felsareale und Lockermaterial freigelegt und deren Temperaturhaushalt beeinflusst (Otto and Keuschnig, 2014). Daraus resultieren Schwächungen des Gebirges und eine vermehrte Mobilisierbarkeit von Lockermaterial durch Starkniederschläge. Neueste Studien zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit von Steinschlägen und Felsstürzen in kürzlich eisfrei gewordenen Bereichen 8-fach erhöht ist (Hartmeyer et al., 2020). Besonders in den letzten Jahren konnten alpenweit zahlreiche Murgänge aus hochalpinen Karen dokumentiert werden. Aktuelle Studien aus den nördlichen Kalkalpen weisen auf eine klimabedingte Zunahme von Murgängen hin, Starkniederschläge mit mehr als 35 mm/d haben sich seit 1921 nahezu verdoppelt (Dietrich and Krautblatter, 2018). Beobachtungen in der Natur können jedoch nur schwer auf einzelne „Ursache-Wirkung“ Prozesse reduziert werden. Unter anderem reagieren Untergrundbedingungen, wie Permafrost, oft stark verzögert auf äußere Einflüsse. Wechselwirkungen zwischen atmosphärischen Einflüssen, den Oberflächeneigenschaften und des oberflächennahen Untergrunds sind bis jetzt wenig erforscht, langfristige Datenreihen sind kaum vorhanden. Diese sind aber wichtig für ein verbessertes Prozessverständnis, die Identifikation von Schwellenwerten und für die Kalibrierung von numerischen Modellen und in weiterer Folge für eine verbesserte Vorhersage der zukünftigen Entwicklung. Mit Hilfe von Freiluftlabors soll diese Lücke geschlossen werden.

Freiluftlabor Kitzsteinhorn – 12 Jahre gelebte Hochgebirgsforschung und Anpassung an den Klimawandel

Seit mittlerweile 12 Jahren werden am Kitzsteinhorn (Kaprun, Salzburg) Geländeoberfläche, Untergrund und Atmosphäre im Rahmen eines umfassenden Monitorings systemisch untersucht. Dieses Freiluftlabor ist gegenwärtig der am besten instrumentierte Forschungsstandort für Permafrost und Massenbewegungen in Österreich. In fünf bis zu 30 m tiefen Bohrlöchern werden Permafrosttemperaturen gemessen, 30 flachgründige Bohrlöcher (maximale Tiefe 80 cm) dienen der Untersuchung oberflächennaher Frostdynamik im Festgestein. Mittels zweier fix installierter Geoelektrikprofile werden thermische Bedingungen und Kluftwasserdynamik auf Hangskale überwacht, ein Netzwerk an passiven seismischen Sensoren dient der Erfassung von akustischen Emissionen verursacht durch Steinschläge und Felsstürze. Zahlreiche Laserscanpositionen und UAS-Befliegungen ermöglichen die exakte Identifikation von Steinschlagablösbereichen, sowie raumzeitlich hochaufgelöste Gletschervolumenbilanzierungen. Fissurometer und automatische Ankerlastplatten registrieren Deformationen entlang von Festgesteinsklüften, drei vollautomatische Wetterstationen werden genutzt, um Veränderungen der meteorologischen Bedingungen aufzuzeichnen (Abbildung 1).



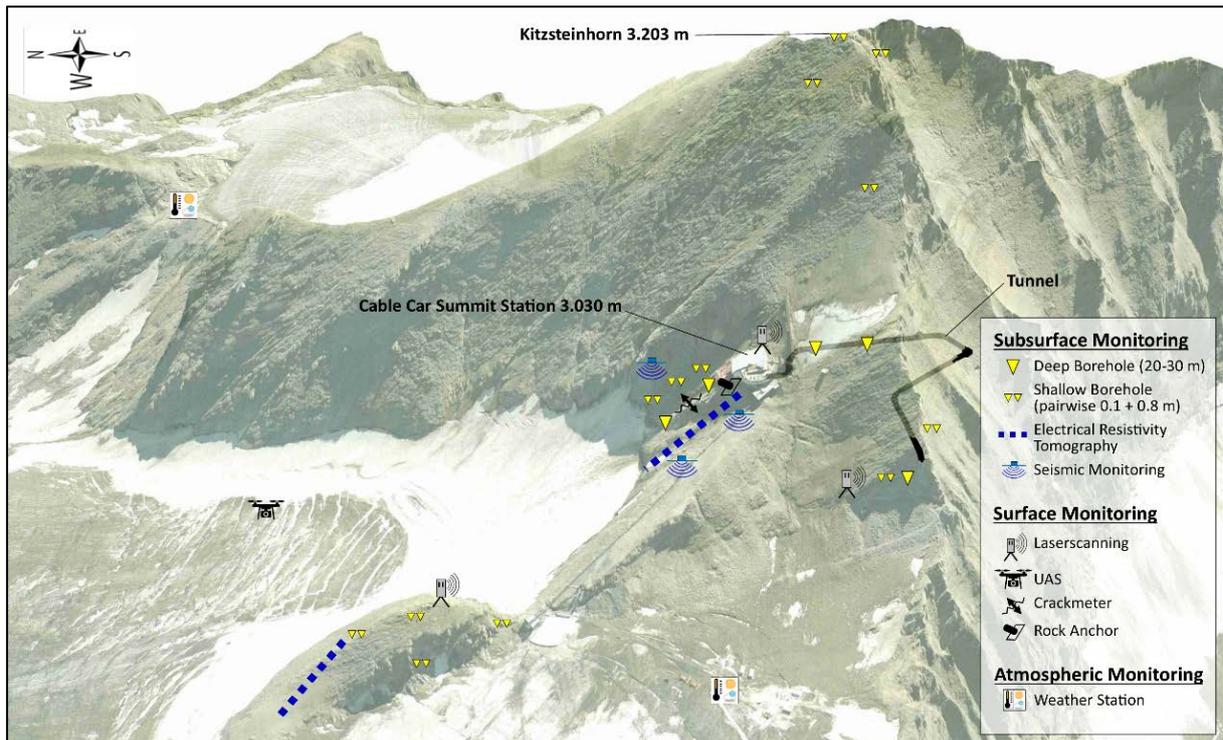


Abbildung 3: Überblick über die im Rahmen des Freiluftlabors Kitzsteinhorn angewendeten Methoden (siehe auch Appendix Abbildung 44).

Freiluftlabor Sattelkar/Obersulzbachtal – Klimasensitive, hochalpine Kare

Kare sind prägende Landschaftselemente des Hochgebirges und reagieren besonders sensitiv auf klimatische Veränderungen wie Temperaturerhöhung oder flüssigem Niederschlag. Das Sattelkar, in einer Seehöhe zwischen 2130 und 2730 m ü.A. gelegen, stellt ein typisches hochalpines Kar dar. Es befindet sich im Obersulzbachtal, Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Salzburg. Wie am Kitzsteinhorn werden Geländeoberfläche, Untergrund und Atmosphäre im Rahmen eines umfassenden Monitorings systemisch untersucht.

Das Sattelkar ist geprägt von Hangschutt und Felssturzablagerungen der rundum aufragenden Granitgneiswände und wurde intensiv glazial und periglazial geformt. Es sind Hinweise auf einen fossilen Blockgletscher vorhanden, mehrere Moränenwälle sind Zeugen der letzten Vergletscherungen. Aufgrund der topographischen Lage und Höhe kann sporadisch mit Permafrostvorkommen gerechnet werden. Seit dem Jahr 2003 ist eine erhöhte Dynamik an Massenverlagerungsprozessen innerhalb des Kares zu erkennen, geschlossene Vegetationsbereiche wurden großflächig durch Schuttbereiche abgelöst (Abbildung 2).



Abbildung 4: Das Sattelkar, deutlich zu sehen die erhöhte Dynamik an Massenverlagerungsprozessen.

Im Sattelkar hat sich die Lockermaterialsbedeckung, beginnend an der Karschwelle und seit 2005 rasant rückschreitend in Bewegung gesetzt. Bisher ist davon auszugehen, dass Starkniederschläge ein stromartiges Abrutschen und Zerfließen der glazialen und periglazialen Strukturen auf der glatten Felsoberfläche verursachen. Luftbildanalysen, Zeugenberichte und Schadensereignisse dokumentieren eine vermehrte Aktivität des Kares und Murgereignisse seit dem Sommer 2005. Seither nehmen die Ausdehnung und Bewegungsrate der Rutschung mehr und mehr zu. Mittlerweile sind über 13 ha und über 1.000.000 m³ Lockermaterial mit einer Bewegungsrate von mehr als 10 m/a in Bewegung. Zuletzt führte im August 2014 ein Starkniederschlagsereignis zu einem Murgang von 170.000 m³, welche den Obersulzbach verlegten, ein Fahrzeug beschädigten und zusammen mit einer generellen Hochwassersituation im Obersulzbachtal zu einer schwerwiegenden Verwüstung des Mittel- und Unterlaufes führten. In unmittelbarer Nachbarschaft zum Sattelkar gibt es in Richtung Talschluss drei weitere Kare mit ähnlicher Genese und topographischen Gegebenheiten wie Exposition oder Hangneigungen. Ofenkar, Mitterkar und Steinkar liegen ein wenig höher als das Sattelkar, größere Massenumlagerungsprozesse konnten bis jetzt noch nicht dokumentiert werden.

Literatur

- APCC 2014. Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Wien, Österreich, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- DIETRICH, A. & KRAUTBLATTER, M. 2018. Evidence for enhanced debris-flow activity in the Northern Calcareous Alps since the 1980s (Plansee, Austria). *Geomorphology*.
- Hartmeyer I., Delleske R., Keuschnig M., Krautblatter M., Lang A., Schrott L., and Otto J.-C.: Current glacier recession causes significant rockfall increase: the immediate paraglacial response of deglaciating cirque walls. *Earth Surface Dynamics*, 8, 729–751, <https://doi.org/10.5194/esurf-8-729-2020>.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press,
- Krautblatter, M., Funk, D. and Günzel, F.K. (2013), Why permafrost rocks become unstable: a rock-ice-mechanical model in time and space. *Earth Surf. Process. Landforms*, 38: 876-887. <https://doi.org/10.1002/esp.3374>



OTTO, J. C. & KEUSCHNIG, M. 2014. Permafrost-Glacier Interaction - Process Understanding of Permafrost Reformation and Degradation. In: RUTZINGER, M., HEINRICH, K., BORSDORF, A. & STÖTTER, J. (eds.) permafrost – Austrian Permafrost Research Initiative - Final Report. IGF-Forschungsberichte 6: Austrian Academy of Sciences

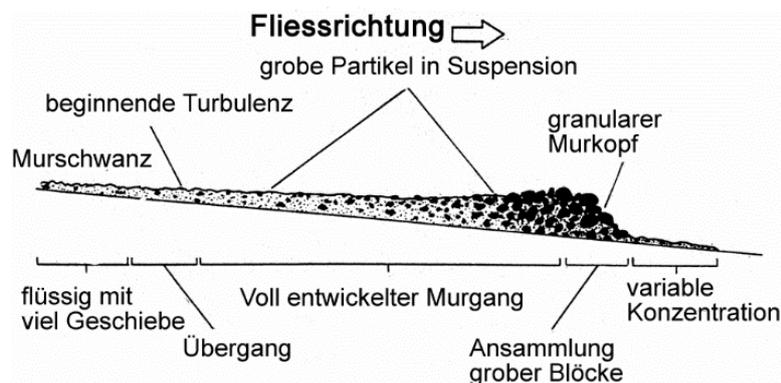
Dr. Markus KEUSCHNIG, GEORESEARCH Forschungsgesellschaft mbH



Muren – wenn es ganz dick kommt

Murgänge sind Wildbachprozesse, die in alpinen Regionen regelmäßig auftreten können und immer wieder zu beträchtlichen Schäden führen. Im Gegensatz zu anderen Wildbachprozessen (Hochwasser, fluvialer Feststofftransport und murartiger Feststofftransport, siehe Definition lt. Österreichischer Normungsrichtlinie ONR 24800, 2009) ist ein Murgang ein schnellfließendes Gemisch von Lockermaterial und unterschiedlichen Anteilen von Wasser. Murgänge weisen an der Front eine hohe Feststoffkonzentration auf und zeichnen sich durch ein schubartiges Fließverhalten aus, das sich deutlich vom Reinwasserabfluss unterscheidet.

Die Kornzusammensetzung von Murgängen kann sehr verschieden sein. Meist sammeln sich durch dynamische Segregationsprozesse grobe Blöcke an der Front des Murganges an, es werden aber auch in den übrigen Teilen der Murgangwelle gröberes Geschiebe transportiert. Man spricht dann auch von granularen Murgängen (Abb. 1). Bei den Schlammströmen dominieren das Feinmaterial und das Wasser, während die groben Steine in der Regel fehlen oder keinen wesentlichen Einfluss auf das Fließverhalten haben. Im hinteren Bereich eines Murganges sind die Feststoffkonzentrationen meist geringer als im vorderen Teil. Die Verhältnisse sind dann ähnlich wie bei fluvialen Geschiebetransport oder Hochwasser.



modifiziert nach Pierson, 1986

Abbildung 1: Typischer Längsschnitt durch einen Murgang mit abnehmender Feststoffkonzentration von der Front gegen den hinteren Teil (modifiziert nach Pierson, 1986).

Das Fließverhalten wird oft vom Vorhandensein der granularen Front geprägt, die von dem etwas flüssigeren Mittelteil nach vorne geschoben werden („moving dam“). Das Gemisch von Sediment und Wasser hat eine hohe Dichte (teilweise über 2000 kg/m^3), wodurch die „Zähigkeit“ sehr hoch ist (man spricht von „nicht-Newton'scher Flüssigkeit“). Der Abfluss erfolgt oft in Wellen bzw. Schüben, mit Spitzenabflüssen, die das Vielfache vom Hochwasserabfluss betragen kann (Abb. 2). Der größte Abfluss tritt in der Regel im Bereich der Murenfront auf. Bei Murgängen in den Alpen kann der Maximalabfluss mehrere $100 \text{ m}^3/\text{s}$ erreichen. Seltene Ereignisse erreichen aber auch Spitzenabflüsse darüber. Die Höhe der Murenfront wurde mit bis zu 10 m beobachtet, und Fließgeschwindigkeiten bis zu 15 m/s (54 km/h) wurden für alpine Murgänge abgeschätzt. Bei größeren Murgangereignissen werden einige $10'000 \text{ m}^3$ bis mehrere $100'000 \text{ m}^3$ Feststoffe zum Kegel gebracht.

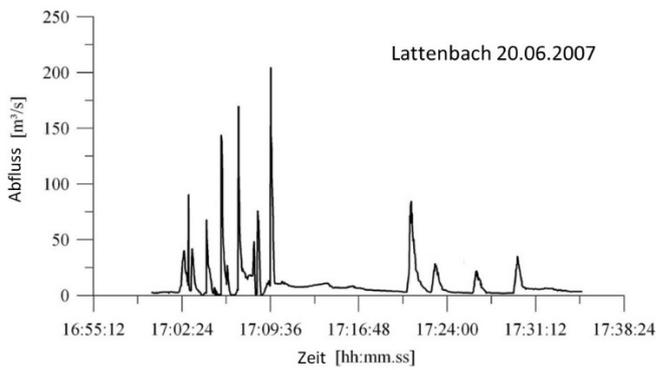


Abbildung 2: Ganglinie einer Mure am Lattenbach (Gemeinde Grins, Tirol) am 20. Juni 2007.

Die Auslösung von Muren durch Niederschlagsereignisse kann in Form von Hangrutschungen oder von Gerinne-Destabilisierung erfolgen (Abb. 3). Für die Beurteilung der Hangstabilität werden geotechnische Methoden herangezogen. Bezüglich der massiven Gerinne-Erosion oder -Destabilisierung gibt es Ansätze über den Grenzabfluss aus Laboruntersuchungen (analog zum Beginn des Geschiebetransportes) sowie einfache theoretische Abschätzungen. Beide Methoden liefern aber nur grobe Schätzwerte des Grenzabflusses bei der Auslösung von Murgängen, da unter anderem die Eigenschaften des groben Bachschuttmaterials nicht berücksichtigt sind.

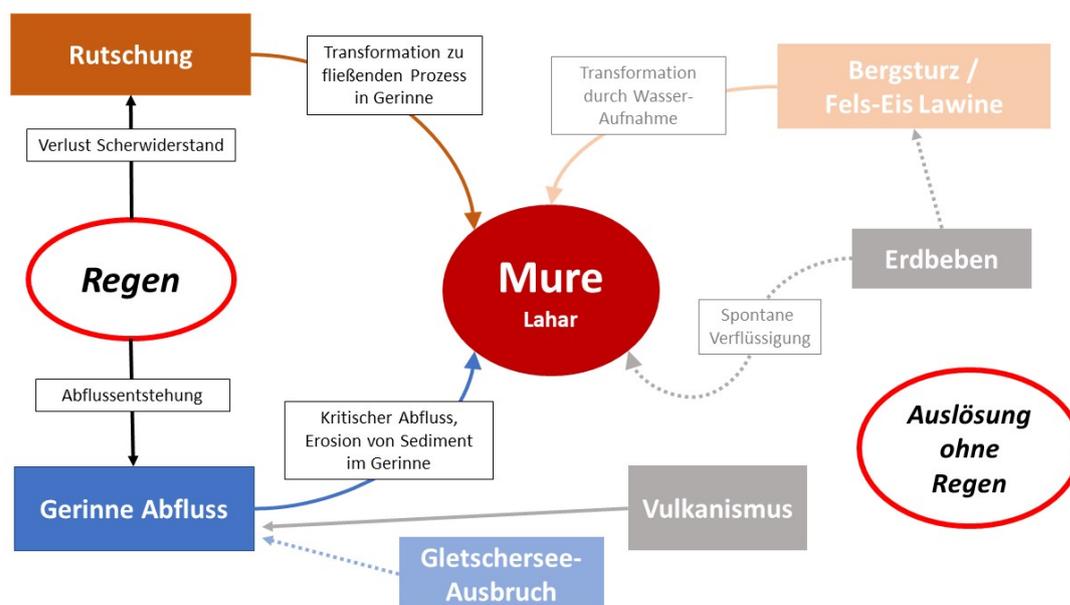


Abbildung 3: Entstehungsmechanismen von Muren.

Bei intensiverer und länger andauernder Schneeschmelze wird durch die Bodensättigung die Disposition für Muren erhöht. Für größere und schnellerfließende Murgang-Ereignisse sind im Alpenraum in der Regel aber zusätzlich intensivere Niederschläge nötig. Bei der Auslösung spielt das Wasser die entscheidende Rolle. In den hochalpinen Schutthalden kann die Destabilisierung bereits durch eine unterirdische Sättigung des Lockermaterials erreicht werden. Da nicht nur der Oberflächenabfluss eine Rolle spielt, ist für die Auslösung nicht allein die Regenintensität von Bedeutung, sondern auch das Ausmaß der Bodensättigung durch langanhaltende Niederschläge. Bei den außergewöhnlichen Mur-Ereignissen am 14., 15. und 16. August 2021 im Pinzgau (Bereich Krimml), waren die gemessenen Tagesniederschläge zwischen 50 und 80 mm, mit maximalen Intensitäten zwischen 10 und 22 mm/15 min (Hübl et al., 2022).

Grenzbedingungen für kritische Niederschlagsverhältnisse werden häufig in Form der mittleren Niederschlagsintensität i [mm/h] und der Dauer D [h] des auslösenden Niederschlagsereignisses dargestellt. Diese Grenzwerte können allerdings regional oder lokal stark variieren und die Prognose anhand solcher Grenzwert-Kurven sind mit erheblicher Unsicherheit behaftet (Prenner et al., 2018).



Im Bezug Veränderungen der Muren-Aktivität aufgrund des Klimawandels ist zu beachten, dass sich nicht nur die Häufigkeit und Stärke der auslösenden Niederschläge verändern kann, sondern auch die Disposition eines Wildbacheinzugsgebiets, Muren zu bilden. Diese Veränderung der Disposition kann kurz-, mittel- und langfristig austreten, sowie regional und auch im Bezug auf die Höhenlage unterschiedlich ausfallen (Gobiet et al., 2014). So ist zum Beispiel mit erhöhter physikalischer Verwitterung des Grundgesteins in hohen Lagen zu rechnen (extreme Temperaturen, häufigere Frost-Tau Wechsel). Genauso ist mit einer höheren Verfügbarkeit von glazialen und peri-glazialen Sediment durch den Gletscherrückgang und dem Auftauen von Permafrost zu erwarten. Andererseits könnte es durch die Vegetationsentwicklung in höheren Lagen zu einer gewissen Stabilisierung von Sediment kommen. In manchen Fachartikeln wird von der Möglichkeit von großen Ereignissen in Regionen, die bisher stabil waren, berichtet (Stoffel und Huggel, 2014).

Als weiterführende Literatur zu Muren ist die frei verfügbare Publikation von Rickenmann (2014) und die open-source Fachartikel von Gobiet et al. (2014) und Hanus et al. (2021) zur Klimawandel und Naturgefahren empfohlen.

Literatur

- Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J., & Stoffel, M. (2014). 21st century climate change in the European Alps - a review. *Science of the Total Environment*, 493, 1138-1151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050>
- Hanus, S., Hrachowitz, M., Zekollari, H., Schoups, G., Vizcaino, M., and Kaitna, R. (2021): Future changes in annual, seasonal and monthly runoff signatures in contrasting Alpine catchments in Austria, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 3429-3453, <https://doi.org/10.5194/hess-25-3429-2021>
- Hübl J., Kuschel, E., Egger, M., Schöffl, T. (2022): IAN Report 220 Band 2, Ereignisdokumentation August 2021, Wald im Pinzgau - Krimml, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht)
- ONR 24800 (2009): Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung (Protection works for torrent control – Terms and their definitions as well as classification). Österreichisches Normungsinstitut.
- Pierson, T. (1986). Flow behavior of channelized debris flows, Mount St. Helens, Washington. In *Hillslope processes*, pp. 269-296, Allen & Unwin: Boston.
- Prenner, D., Hrachowitz, M., & Kaitna, R. (2019). Trigger characteristics of torrential flows from high to low alpine regions in Austria. *Science of The Total Environment*, 658, 958-972. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.206>
- Stoffel, M., & Huggel, C. (2012). Effects of climate change on mass movements in mountain environments. *Progress in Physical Geography*, 36(3), 421-439. <https://doi.org/10.1177/0309133312441010>
- Rickenmann, D. (2014): Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL CH-8903 Birmensdorf, WSL, Berichte 2014, Heft 9 (ISBN: 2296-3456)

DI Dr. Roland KAITNA, Universität für Bodenkultur Wien

Weg im alpinen Raum – Quo vadis?



Weg im alpinen Raum - Quo vadis?



Foto: Oczolon

Nationalpark Hohe Tauern Risikomanagement für Alpine Naturgefahren

Gerald Valentin



ALLGEMEINES BÜRGERLICHES GESETZBUCH - ABGB **i.S.d. § 1319a**

Ein Weg ist eine Landfläche, die von jedermann unter den gleichen Bedingungen für den Verkehr jeder Art oder für bestimmte Arten des Verkehrs benützt werden darf.

Wird durch den mangelhaften Zustand eines Weges ein Mensch getötet oder verletzt, so haftet derjenige für den Ersatz des Schadens, der für den ordnungsgemäßen Zustand des Weges als Halter verantwortlich ist, sofern er oder einer seiner Leute den Mangel vorsätzlich oder grobfahrlässig verschuldet hat.

Ob der Zustand eines Weges mangelhaft ist, richtet sich danach, was nach der Art des Weges, besonders nach seiner Widmung, für seine Anlage und Betreuung angemessen und zumutbar ist.





Wege im Land Salzburg

Autobahnen	140 km
Landesstraßen	1.400 km
Ländliche Straßen	3.100 km
Forststraßen, Almwege	3.500 km
Wanderwege	7.200 km



Risikoanalyse

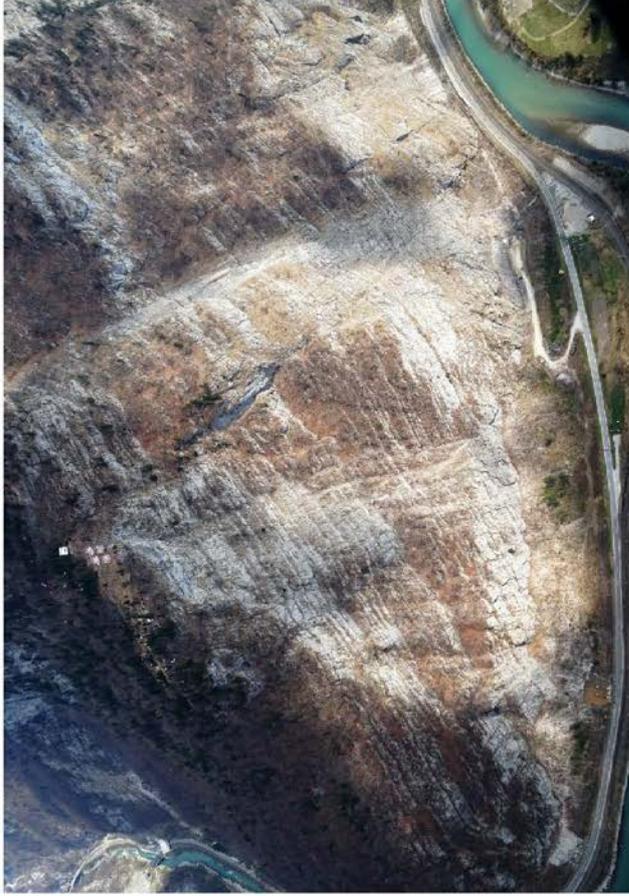


Foto: Valentin

Risiko

Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß

Risikoanalyse

Was kann passieren?

Anhand von definierten Szenarien wird bestimmt, welche Faktoren zum Gesamtrisiko beitragen.

Risikobewertung

Was darf passieren?

Die Risikobewertung zeigt auf, ob die ermittelten Risiken festgelegten Schutzziele entsprechen.

Massnahmenplanung

Was ist zu tun?

Sie zeigt das optimale Maßnahmenpaket auf um die Schutzziele zu erreichen.

Individuelles Risiko



Das individuelle Todesfallrisiko beschreibt die Wahrscheinlichkeit für eine Person, die den betrachteten Streckenabschnitt x-mal pro Tag passiert (Annahme Landesstraße: 4 mal), innerhalb eines Jahres infolge der untersuchten Prozesse umzukommen.

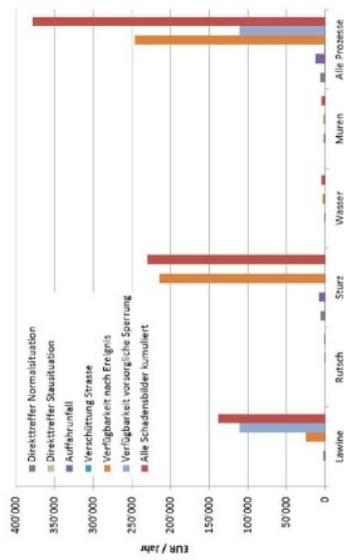
Schutzziel für Personen

niedrige bis keine Selbstverantwortung:
maximal $1 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr
z.B. PKW-Lenker

hohe Selbstverantwortung:
maximal $1 \cdot 10^{-4}$ pro Jahr
z.B. Schneeräumung



Foto: Valentin



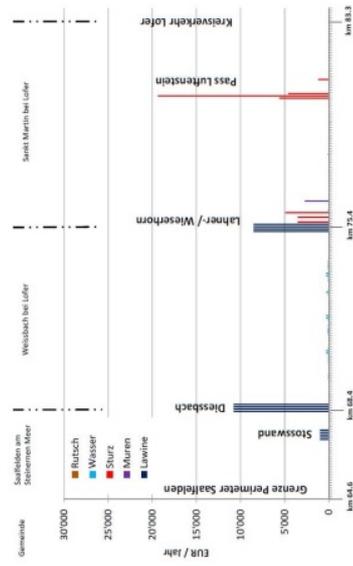
Beispiel B 311 Saalfelden - Unken

Das **kollektive Risiko** beträgt 380.000 € pro Jahr oder 12.000 € pro km.

Das maximale **individuelle Risiko** beträgt $1,2 \times 10^{-7}$.

Die Personenrisiken entsprechen einem statistischen Todesfall alle 120 Jahre.

Die Sachrisiken belaufen sich auf 95 %, die Personenrisiken 5 %.



Ein Schutzdefizit wird mit einer
Sicherung der Gefahrenbereiche,
Errichtung von Schutzbauten,
Installation von Warnanlagen oder
temporären Sperren begegnet.



Foto: Valentin



**LAND
SALZBURG**

Steinschlag Eisriesenwelt, 12.7.2020

Schutzziel für Talwege, bemauteete alpine Wege und Schauklammen: **1 · 10⁻⁵ pro Jahr**



Foto: Valentin

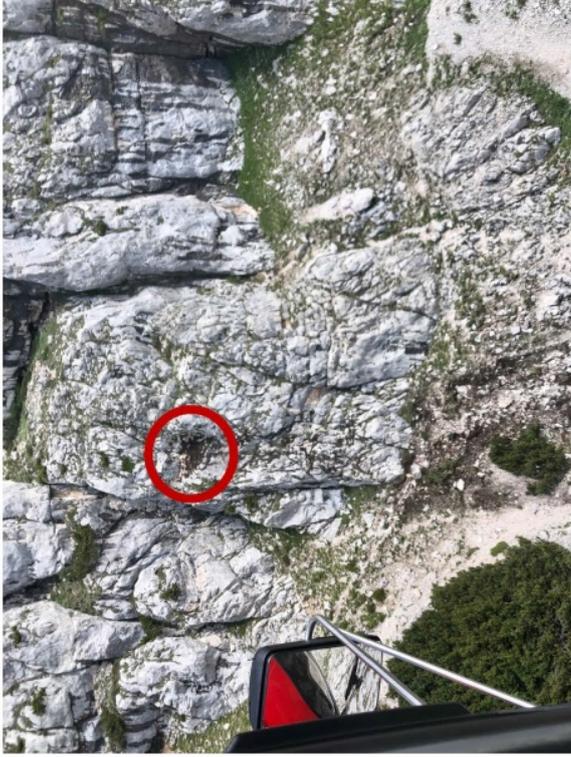


Foto: Valentin



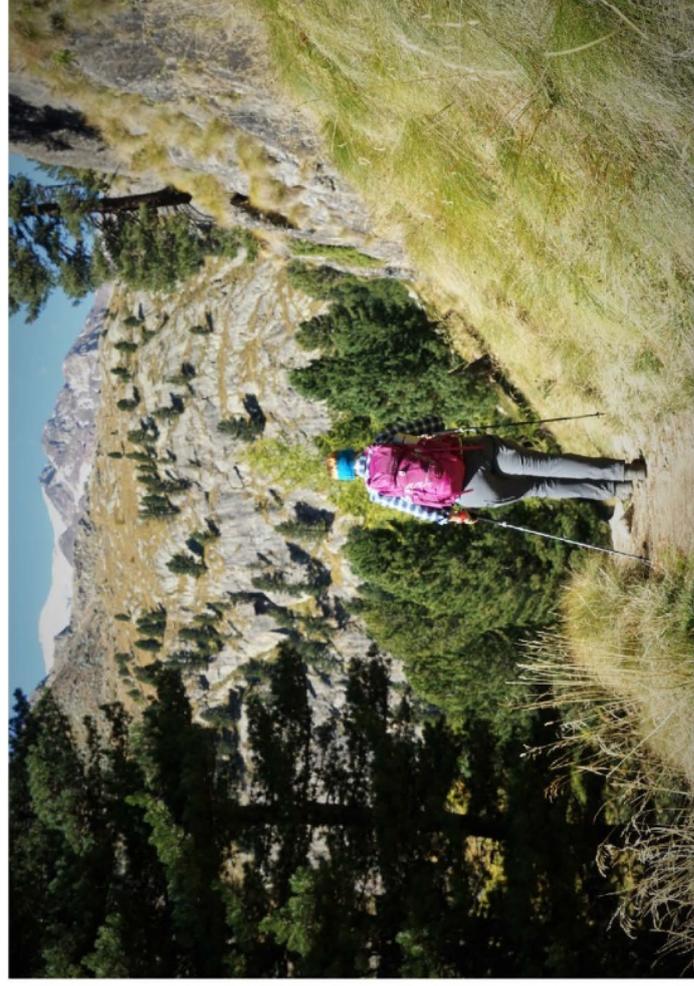


Foto: Valentin

Wanderwege

Der Wegehälter hat im Rahmen des zumutbaren die Verkehrsteilnehmer zu schützen oder zumindest vor bestimmten Gefahrenquellen (Abzweigungen, Steinschlag, absturzfähigete Stellen und dgl.) zu warnen.





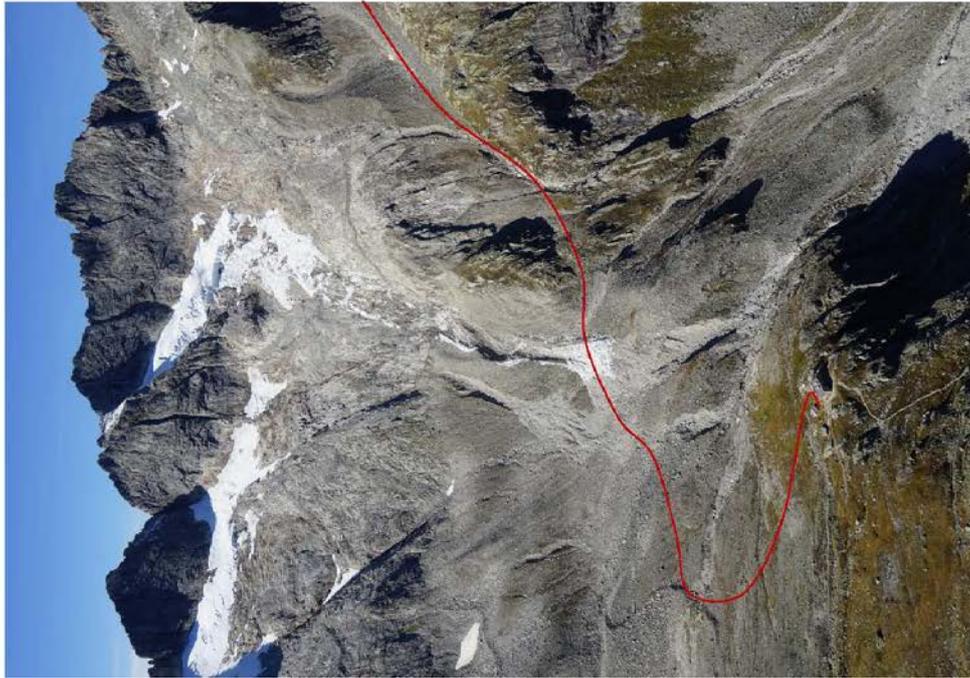
Foto: Valentin

Wegehalterhaltung

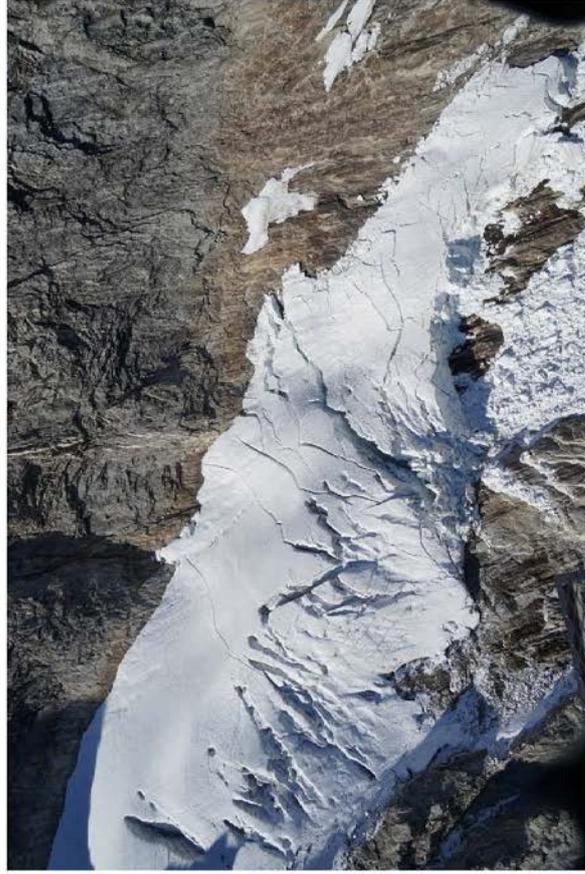
Bei der Wegehalterhaltung im alpinen Bereich spielt der Grundsatz der Eigenverantwortung eine zentrale Rolle.

Es wird anerkannt, dass es nicht möglich ist, alpine Wege immer gefahrlos zu halten.





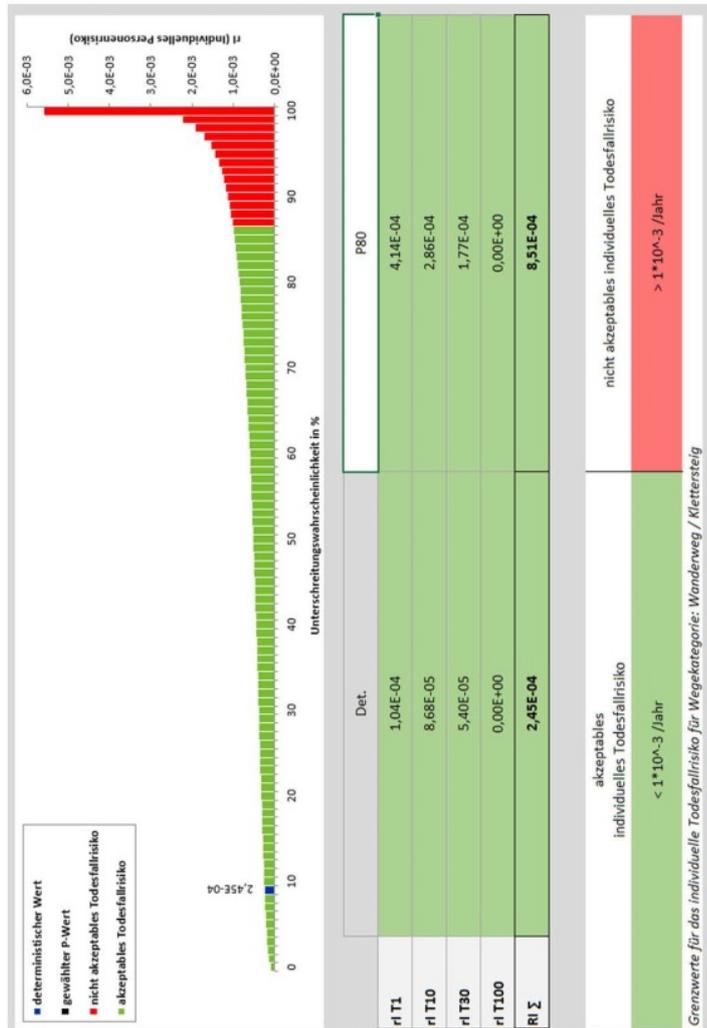
Eisabbruch Rainbachkees, 14.9.2021
Richterhütte-Gamsscharte-Plauener Hütte



Fotos: Fegerl



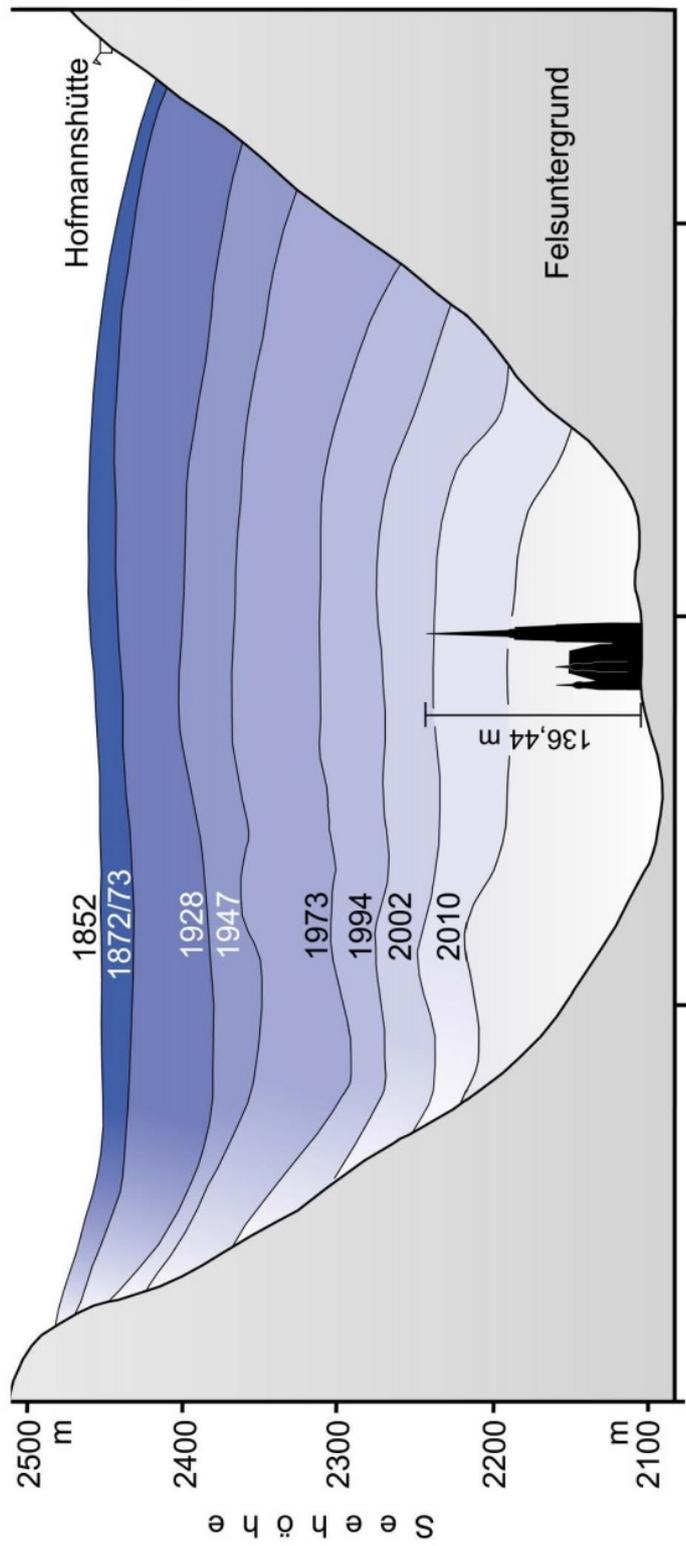
SARA - Salzburger RisikoAnalyse





Pasterze, quo vadis?





Eiszerfall und Schuttbildung



Foto: Valentin

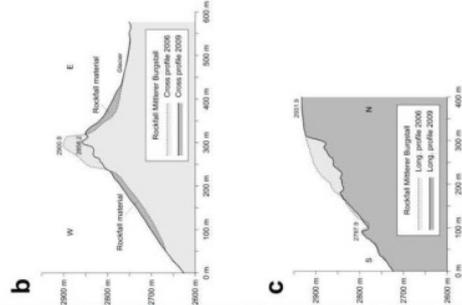
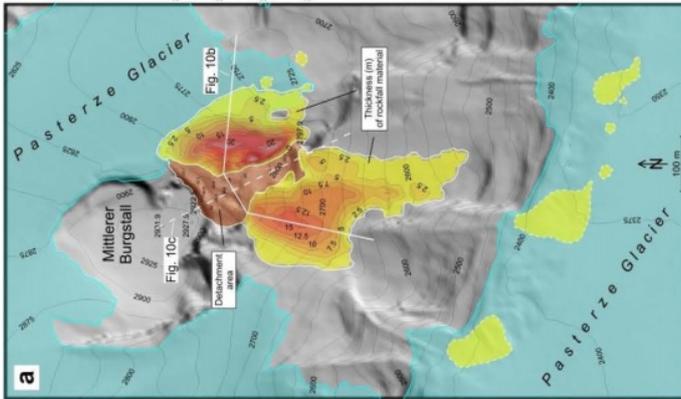
Destabilisierung von Felsbereichen



Foto: Valentin



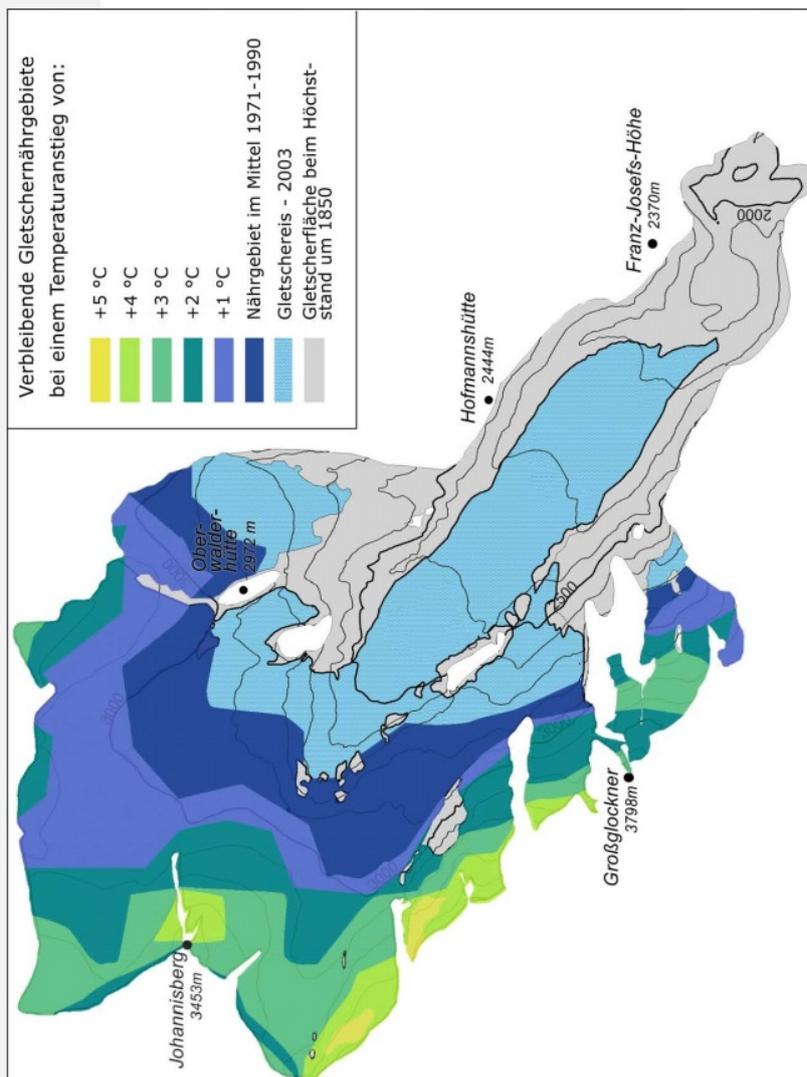
Felsgleitung Mittlerer Burgstall



Abbildungen: ZAMG



Szenarien für die künftige Entwicklung



Zzeichnung: Böhm, 2007

Großglockner - quo vadis?

Bild: Markus Pernhart, 1860, (Museum Moderner Kunst Kärnten)



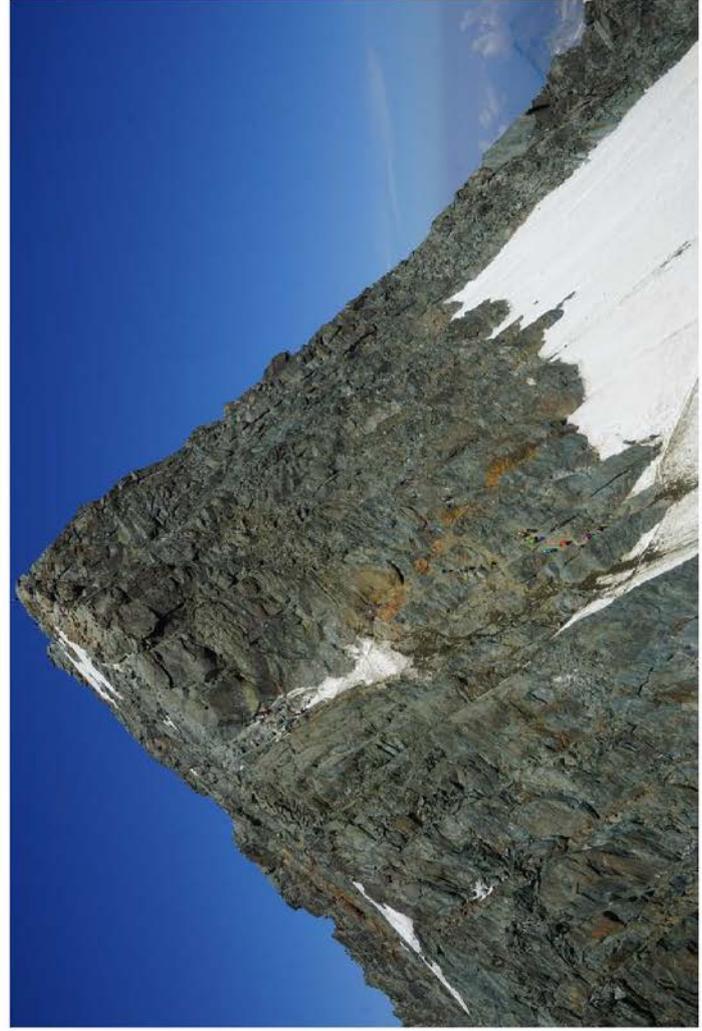


Foto: Gerald Valentin, 2019

**Ein Eisanstieg wandelt
sich zu einer Kletterroute**





Foto: Valentin



Herausforderung alpiner Raum – Wirtschaften in Zeiten des Klimawandels

Das Kitzsteinhorn im Kaprunertal ist einer der nördlichsten Dreitausender des gesamten Alpenbogens. Die unverkennbare Silhouette des Kitzsteinhorns und die fast magische Aura machen den „weißen Berg“ zum Wahrzeichen der Region Zell am See-Kaprun. Diese landschaftliche Besonderheit bietet seit 150 Jahren die Grundlage der touristischen Erfolgsentwicklung.

Mit der Errichtung der Westbahn im Jahr 1875 erwachte der Bergtourismus am Kitzsteinhorn, und es wurden in den Folgejahren mit der Salzburger Hütte und der Krefelder Hütte erste Unterkünfte für Bergsteiger:innen in den Sommermonaten geschaffen.

Während des ersten Weltkriegs führte die k. u. k. *Armee* am Schmiedingerkees Alpinskiausbildungen durch. Nach dem Bau der großen Kapruner Wasserkraftwerke von 1938-1955 und der damit verbundenen Errichtung der Seilbahn mit Skibetrieb auf den Maiskogel wurde Anfang der 1960er-Jahre der Entschluss gefasst, das Kitzsteinhorn mittels drei Pendelbahnen bis in die Höhe von 3.029 m für den Sommerskilauf zu erschließen. Bereits in dieser Zeit war der stetige Rückgang des Gletschers deutlich spürbar.

In den Jahren 1965-2006 wandelte sich das Gästeangebot am Kitzsteinhorn infolge der Klimaerwärmung von einem Sommerskigebiet in ein schneesicheres Höhenskigebiet und zudem ab 2010 in ein ganzjähriges Erlebnisziel für Ausflugsgäste. Innerhalb der letzten 10 Jahre wuchs der Anteil an Nichtskifahrer:innen von 10 % auf 25 % der gesamten Jahresbeförderungen.

Ausgelöst durch das dramatische Tunnelunglück vom 11.11.2000, rückte der Fokus in den Folgejahren weg von technischen Errungenschaften hin zu den Besonderheiten des Naturraums und den Menschen in der Nationalparkregion Hohe Tauern. Heute stehen das qualitative und nachhaltige Wirtschaften, ein CO₂-reduzierter Energieeinsatz sowie die wissenschaftliche Begleitung der Anpassungsprozesse in absolutem Vordergrund. Diese Entwicklung wurde 2003 durch die Umsetzung und laufende Kontrolle der hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandards nach ISO 9001 und 2007 durch intensivierete Umweltschutzmaßnahmen mit dem klaren Bekenntnis zur Nachhaltigkeit gemäß ISO 14001 (Umweltstandards) sowie durch die Zertifizierung nach ISO 50001 (Energieeffizienz) im Jahr 2015 ausgedehnt. Die ISO-Zertifizierungen der Gletscherbahnen Kaprun AG gelten für alle Unternehmensbereiche, das heißt, Pisten, Bahnen, Administration und Gastronomie.

Übergeordnetes Ziel ist es, Fragen des Umweltschutzes sowie die Vermeidung und Reduzierung von Umweltbelastungen mit einer wirtschaftlich, sozial und ökologisch nachhaltigen Entwicklung des Unternehmens in Einklang zu stellen. Eine konsequente ökologische Begleitplanung und ökologische Bauaufsicht bei allen Projekten sowie bei aufwändigen Rekultivierungsmaßnahmen in unseren Höhenlagen sind seit vielen Jahren Unternehmensstandard. Das renommierte Institut für Ökologie in Salzburg unterstützt uns dabei seit 2006 und veröffentlicht jährlich einen Bericht über die umfangreichen Aktivitäten am Kitzsteinhorn.

Unsere Seilbahnen und Anlagen werden mit zertifiziertem Strom aus 100 % erneuerbaren Energieträgern betrieben und die Energieeffizienz durch einen Energiebeauftragten im Unternehmen weiterentwickelt. Die Gletscherbahnen Kaprun AG ist Partner im Forschungsprojekt „Clean Energy for Tourism“, das sich mit der Verbesserung der CO₂-Bilanz und der gezielten Steuerung und Optimierung von technischen Einheiten zur Steigerung der Kosten- und Energieeffizienz beschäftigt. Durch Energierückgewinnung bei Maschinen und Antrieben für Gebäudeheizungen werden 250 kWh pro Jahr eingespart. Photovoltaik-Anlagen auf unseren Gebäudedächern bringen derzeit 70.000 kWh pro Jahr ein, eine Vervielfachung dieser Erzeugungsmenge wird durch kontinuierlichen Ausbau angestrebt. Kern unserer betriebseigenen Stromerzeugung ist das Kleinwasserkraftwerk Grubbach. Dieses kombinierte Pumpwasserkraftwerk erzeugt 1.200.000 kWh pro Jahr. Es dient im Sommer zur Stromerzeugung und im Winter als Anlage für die Pistenbeschneigung. Noch im Sommer 2022 wird die Kraftwerksleistung um +33 % ausgebaut. Die Beschneigungsanlage am Kitzsteinhorn stellt insgesamt eine Besonderheit dar, da auf große Speicherteiche verzichtet werden kann. Das



Schneiwasser wird aus den Jahresspeichern des Kraftwerkes bezogen, das Schmelzwasser im Frühjahr fließt wieder zur Energieerzeugung zurück.

Wesentliche Themen in der Nachhaltigkeitsbetrachtung sind die Pistenpräparierung und die Mobilität unserer Gäste. Im Bereich der Pistenpräparierung setzen wir auf die neueste Generation hybrider Pistengeräte. Diese sind mit neuester GPS-Technologie ausgestattet, ermöglichen eine Treibstoff-Reduzierung von -20 % und damit ein energiereduziertes Schneemanagement.

Der öffentliche Nahverkehr in der Region bietet durch die finanzielle Unterstützung der Bergbahnen ein beinahe großstädtisches Angebot und reduziert die Individualfahrten von Einheimischen und Gästen. Zudem wurde im Winter 2020/2021 ein E-Skibus in Kaprun eingesetzt und ein E-Gelenkbus auf der Linie 660 zwischen Zell am See und Kaprun erfolgreich getestet. In der Umstellung des Busnahverkehrs auf Elektromobilität sehen wir große Möglichkeiten für eine CO₂-Reduzierung.

Im Gleichklang erfolgt der schrittweise Umbau unserer betriebseigenen Fahrzeugflotte auf Elektroantrieb inklusive Elektro-Sammelbusse für Mitarbeiter:innen. Als wesentlicher Projektpartner der Klima- und Energiemodellregion Zell am See-Kaprun begleiten wir auch den Aufbau neuer Zuganbindungen nach Zell am See, um unseren Gästen eine CO₂-neutrale Anreise zu ermöglichen.

Besonders wertvoll ist die Partnerschaft mit dem Nationalpark Hohe Tauern, die sich aus der Errichtung der Nationalpark Gallery im Jahr 2010 am Kitzsteinhorn entwickelte. Seit 2012 sind wir offizieller Partnerbetrieb des Nationalparks Hohe Tauern und dokumentieren dies durch tägliche Führungen mit Nationalpark Rangern im Bereich der Gipfelwelt 3000. Nationalpark Ranger begleiten und begeistern Gäste auf der Explorer Tour vom Ort Kaprun auf 768 m bis zum Kitzsteinhorn auf 3.029 m mit fachkundigen Erklärungen zur Veränderung von Flora und Fauna sowie des Klimas in verschiedenen Höhenzonen.

Mit den klimatischen Veränderungen einhergehend, beobachten wir eine tendenzielle Zunahme alpiner Naturgefahren verschiedenster Ausprägungen. Ein großflächiger Windwurf durch einen Föhnsturm im November 2002 erforderte das größte flächenwirtschaftliche Projekt zur Schutzwaldaufforstung im Kaprunertal. Dazu wurde das „Integrale Rotwildmanagement“ als gemeinsames Forschungsprojekt der BOKU Wien, der Vetmeduni Wien, dem Gut Fischhorn und mit Unterstützung der Gletscherbahnen Kaprun AG erfolgreich umgesetzt.

Seit 2010 werden im Freiluftlabor Kitzsteinhorn die Auswirkungen des Klimawandels auf hochalpine Oberflächen- und Untergrundprozesse von Forschern der GEORESEARCH Forschungsgesellschaft mbH untersucht. Die Forschungsbereiche umfassen Klima, Gletscher, Permafrost und Felsstabilität. In Zusammenarbeit mit TU München, ETH Zürich, alpS und ZAMG wird standortspezifische Hochgebirgsforschung und das weltweit umfangreichste Steinschlagmonitoring am Kitzsteinhorn betrieben sowie jährlich ein umfangreicher Bericht verfasst. Diese Forschungen sind Grundlage für alle unternehmerischen Entscheidungen in Bezug auf Anpassungsstrategien infolge des Klimawandels. Bereits 2014-2016 wurde auf diesen Grundlagen die Bahnen-Struktur im Gletscherbereich so verändert, dass wesentliche Anlagenbereiche auch bei weiterem Gletscher-Rückzug funktionsfähig bleiben.

Der bisher letzte maßgebliche Teil unserer Anpassungsstrategie war die 2018 und 2019 errichtete Seilbahnverbindung vom Ort Kaprun über den Maiskogel bis zum Skigebiet Kitzsteinhorn. Diese seilbahntechnische Verbindung wurde ohne weitere Pistenerschließungen konzipiert und ermöglicht durch die direkte Anbindung des Ortszentrums und die fußläufige Erreichbarkeit der neuen Talstation eine Einsparung von ca. 1,5 Mio. PKW-Kilometern pro Jahr.

Wir achten darauf, dass alle Angebotsanpassungen für Schneesportler:innen sowie Ausflugs Gäste gleichermaßen und möglichst ganzjährig nutzbar sind. Vorbildhaft ist dabei die an 365 Tagen geöffnete Gipfelwelt 3000 mit einzigartigen Ausblicken in den Nationalpark Hohe Tauern, die barrierefrei erreichbar ist. Individuelle Angebote wie „Mein erster 3000er“ (geführte Touren auf den Kitzsteinhorn-Gipfel) sowie markierte Skitourenrouten am Kitzsteinhorn und Maiskogel stärken die touristische Nachhaltigkeit. Gleiches gilt für das naturnahe Mountainbike- und Wanderwegenetz während der Sommermonate.

In den eigenen gastronomischen Betrieben setzen wir stark auf regionale Lieferanten sowie saisonale Gerichte und stärken damit die regionalen landwirtschaftlichen Strukturen.



Mit im Jahresschnitt von 270 Mitarbeiter:innen ist die Gletscherbahnen Kaprun Aktiengesellschaft einer der großen, ganzjährigen touristischen Betriebe im Pinzgau und bildet Lehrlinge aus. Zahlreiche Mitarbeiter:innen sind in örtlichen bzw. regionalen Vereinen integriert und leisten so einen wesentlichen sozialen Beitrag zum Gemeinschaftsleben.

Die Herausforderung des Wirtschaftens im alpinen Raum in Zeiten des Klimawandels sehen wir als permanenten Optimierungsprozess, wofür wir bereits 2011 in Laibach mit dem „pro natura – pro ski“-Award, im Beisein der Umweltminister der Alpenländer, für ökologisch orientiertes Management, Innovationskraft und nachhaltiges Handeln ausgezeichnet wurden. Diesen eingeschlagenen Weg fortzuführen, ist eine wesentliche unternehmerische Aufgabe und Grundlage des zukünftigen wirtschaftlichen Erfolgs am Kitzsteinhorn.

Ing. Norbert KARLSBÖCK





Medieninhaber und Herausgeber, Verleger:

Nationalparkrat Hohe Tauern
Kirchplatz 2, 9971 Matri

Tel.: +43 (0) 4875 / 5112 | E-Mail: nationalparkrat@hohetauern.at



www.hohetauern.at