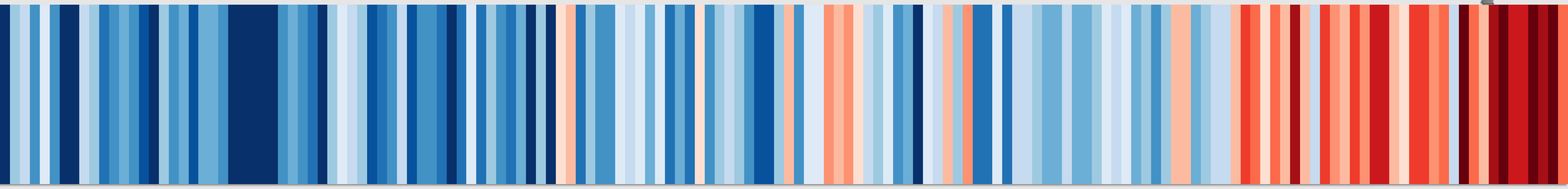


Bei ROT akute Steinschlaggefahr (?)

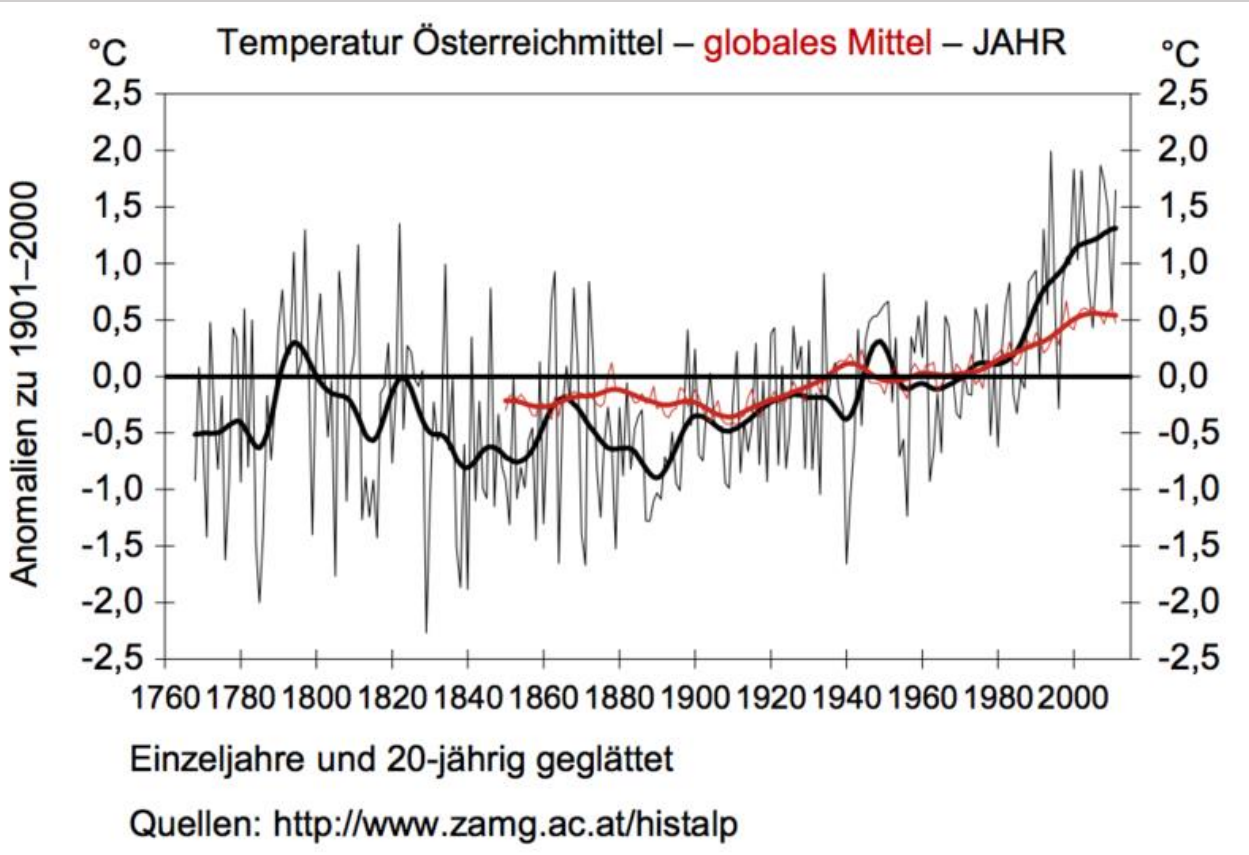
Alpine Naturgefahren im Kontext des Klimawandels

Temperaturveränderungen Schweiz, relativ zum Durchschnitt 1971
– 2000; je intensiver die Farbe desto deutlicher die Abweichung,
blau: kälter; rot: wärmer (Hawkins o.J.)

Schild in Brienz,
CH (Schlag et al.
2022),
Bei ROT akute
Steinschlaggefahr



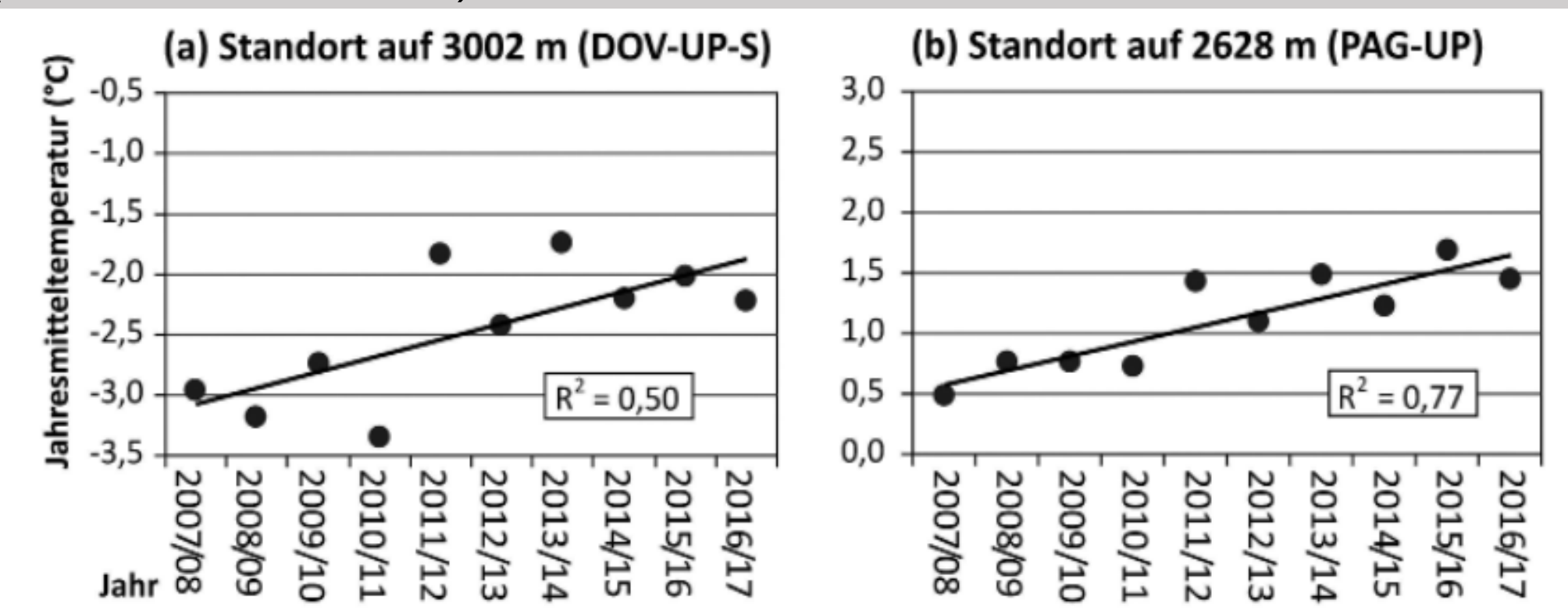
Ausgangspunkt: Klimawandel



- Seit 1880er Jahren Temperaturanstieg um 2°C, besonders starker Anstieg seit 1980
- Der Großraum Alpen (hier exemplarisch Österreich) weist damit einen doppelt so hohen Temperaturanstieg wie im globalen Mittel auf (Auer et al. 2014)

Rückgang des Permafrosts

- Permafrost: Fels, Lockermaterial oder Boden mindestens 2 aufeinanderfolgende Jahre unter 0°C
- ↔ Aufgrund unterschiedlicher Faktoren wie Gesteinsdruck, gelöster Ionen usw. Gefrierpunkt oftmals unter 0°C, vorrangig zwischen -0.1 und -1,5°C
- Flächenmäßige Ausdehnung ca. dreimal so groß wie vergletscherte Gebiete
- Schneedecke wichtiger Faktor für Wärmehaushalt der Bedienoberfläche und damit der Verbreitung des Permafrosts: Isolierung, Absorption langwelliger und Reflexion kurzwelliger Strahlung
- Über diese Wirkweise greift der Klimawandel: Veränderung des räumlich-zeitlichen Auftretens der Schneedecke
- ➔ Messungen belegen deutliche Erwärmung und Degradierung des Permafrosts (Krautblatter et al. 2018)



Jahresmitteltemperatur der Bodenoberfläche (a) im Bereich der Dösen, Kärnten und (b) im Bereich der Pasterze, größter Gletscher Österreich (Krautblatter et al. 2018)

Zunahme von Starkniederschlägen

- Tendenz zur Zunahme von Starkniederschlägen vor allem im Winter (Kunz et al. 2017)

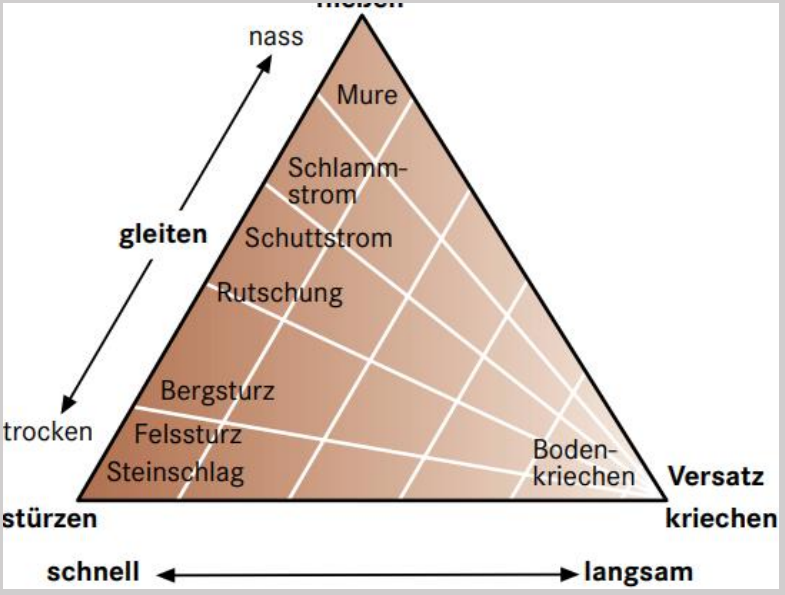
Begünstigend

Abschmelzen der Gletscher

- Abnehmende Fläche dauerhafter Vereisung
- Wirkung schnee-, eisbedeckter Flächen auch auf Permafrost (siehe oben, Permafrost) (Glade et al. 2017)

Destabilisierung von Hangbereichen, Veränderung der Dynamik gravitativer Massenbewegungen

- Fehlender, bzw. nachlassender „Kitt“ z.B. in Fels und Schutthaldden, fehlender Gegendruck einstiger Gletscher, einsetzende periglaziale Prozesse in einst dauerhaft vereisten Gebieten
- Gefahr durch vermehrtes Auftreten gravitativer Massenbewegungen im schnellen Bereich
- ➔ Vor allem Steinschläge, Fels- und Bergstürze, Muren
- Steinschlag, Fels-, Bergsturz: Unterschiede in Sturzvolumen und –intensität
- Mure: bestehend aus Wasser, Schlamm- und Gesteinsmassen (Glade et al. 2017; Glaser et al. 2017)



Klassifizierung gravitativer Massenbewegungen (Glaser et al. 2017)

Folgen

Gefährdung von:

- Dörfern, Bevölkerung vor Ort
- Tourismus, Landwirtschaft
- Infrastruktur, wie Straßen, Seilbahnen
- Etc.

Fallbeispiel & Forschung

Piz Cengalo, GR, Schweiz:

- 2011: Bergsturz mit mehreren Millionen Kubikmetern Material
- Anriss: Permafrost sichtbar
- Untersuchung der Wand mittels Laserscans, Fotos und Infrarotaufnahmen
- Ziel: besseres Verständnis über das Zustandekommen von Sturzereignissen im Permafrost (WSL o.J. a)

Flüelapass, GR, Schweiz:

- Steinschlagforschung mit künstlichen, mit Sensoren bestückten Steinen
- Aufzeichnung von Flugbahn, Drehgeschwindigkeit, Aufprallkräfte, Sprunghöhen usw. Implementierung der Daten in Simulations-Software
- Ziel: Bessere Abschätzung bei der Planung von Schutzmaßnahmen (WSL o. J. b)

Quellen:
Auer, I., U. Foelsche, R. Böhm, B. Chimani, L. Haimberger, H. Kerschner, K.A. Koinig, K. Nicolussi und C. Spötl, 2014: Vergangene Klimaänderung in Österreich. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 227–300. Abbildungen: CC BY-NC 3.0, unverändert
Ed Hawkins (o. J.), University of Reading, <https://showyourstripes.info/europe/switzerland>, CC BY 4.0, unverändert
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (o. J.a): Berg- und Felsstürze im Permafrost, <https://www.slf.ch/de/projekte/berg-und-felsstuerze.html> (abgerufen am 22.02.2022)
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (o. J.b): Steinschlagforschung: Experimente liefern Grundlagen für Modelle, <https://www.slf.ch/de/projekte/steinschlag-experimente.html> (abgerufen am 22.02.2022)
Krautblatter, Michael; Kellerer-Pirklbauer, Andreas; Gärtner-Roer, Isabelle (2018). Permafrost in den Alpen: Erscheinungsformen, Verbreitung und zukünftige Entwicklung. Geographische Rundschau, (11):22-29.
Glade T., Hoffmann P., Thonick K. (2017) Dürre, Waldbrände, gravitative Massenbewegungen und andere klimarelevante Naturgefahren. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöllner S. (eds) Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_12
Glaser R. et al. (2017) Äußeres Erscheinungsbild – exogene Formungskräfte. In: Physische Geographie kompakt. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi-org.ezproxy-unifr-1.redi-bw.de/10.1007/978-3-662-50461-1_3
Kunz M., Mohr S., Werner P.C. (2017) Niederschlag. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöllner S. (eds) Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_7
Schlag, G., Wenz, B. (2022): SWR2 Wissen Podcast: Steinschlag, Bergstürze, Murgänge – Klimawandel in den Alpen, <https://www.swr.de/swr2/wissen/steinschlag-bergstuerze-murgaege-klimawandel-in-den-alpen-swr2-wissen-2022-01-25-100.html> (abgerufen am 15.02.2022)