

ExtremA 2023

Gravitative Massenbewegungen - Muren

Roland Kaitna
Institut für Alpine Naturgefahren
Universität für Bodenkultur Wien

Mit Unterstützung von
Markus Moser
Gebietsbauleitung Lungau
Forsttechnischer Dienst für
Wildbach- und Lawinenverbauung



IAN 

Institut für
Alpine Natur-
gefahren



Inhaltliche Fragestellungen

- Was hat sich seit „ExtremA 2019“ in ausgewählten Forschungsfeldern getan?
- Welche Entwicklungen waren erwartbar, welche sind vollkommen neu und überraschend?
- Wohin werden die Entwicklungen in ausgewählten Forschungsfeldern in den nächsten Jahren gehen?
- Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen.
- Strategische Überlegungen im Management von Extremereignissen und dem Restrisiko.

Klimawandel!



Was ist extrem?

Zscheischler et al. (2020), Nature

REVIEWS

A typology of compound weather and climate events

Jakob Zscheischler^{1,2,20}, Olivia Martius^{1,3,4}, Seth Westra⁵, Emanuele Bevacqua⁶, Colin Raymond^{7,8}, Radley M. Horton⁹, Bart van den Hurk^{10,11}, Amir AghaKouchak^{12,13}, Aglaë Jézéquel^{14,15}, Miguel D. Mahecha^{16,17}, Douglas Maraun¹⁸, Alexandre M. Ramos¹⁹, Nina N. Ridder²⁰, Wim Thiery²¹ and Edoardo Vignotto²²

- Vorkonditionierte Ereignisse
- Multivariate Ereignisse
- Zeitlich zusammenhängende Ereignisse
- Räumlich zusammenhängende Ereignisse

Nach Unwettern in Serie liegen die Nerven blank

Es ist ein Sommer der Katastrophen: Aus Rinnsalen werden ohne Vorwarnung reißende Bäche. „Wir werden das auf Dauer nicht mehr schaffen“, warnt ein Bürgermeister. **seiten 2 bis 6**



Der Bahnhofsbereich in Wald im Pinzgau wurde in eine Geröllhalde verwandelt. Die Lokalbahn steckt mittendrin. Bilder unten: In St. Johann wurden am Dienstag Dutzende Fahrzeuge aus der Tiefgarage der Reinbachsiedlung abge schleppt. In Dienten wurde der Linienbus, der von einer Mure erfasst worden war, geborgen.

BILDER: JINDRIJK KOGLER, STEPHAN SCHNEIDER, MDR, VOEG



Nach Mure begann für Helfer ein Wettlauf gegen die Zeit

Ein nächtlicher Baggereinsatz hat in Wald im Pinzgau noch Schlimmeres verhindert. 120 Personen wurden in Sicherheit gebracht. Am Sonntagabend ging eine weitere Mure im Ort ab.



Die Einsatzkräfte brachten die Bewohner über völlig verschüttete Straßen in Sicherheit

Reportage

VON ANJA KRÜLL

„Du gehst mit der Gruppe mit“, lautet die kurze Anweisung vom Einsatzleiter. Wasserretter Michael Sier nicht ebenso kurz und stellt sich zur Gruppe aus Bergrettern und Alpinpolizisten. Er wird in den nächsten Stunden Einblick in eine Katastrophe bekommen, die sich der Öffentlichkeit in ihrem vollen Ausmaß erst im Juli offenbaren wird.

Mure zerstört Ortsteile: ein Toter, Vermisster lebt

Unwetter. Wiener Autolenker am Abend gefunden. In drei Stunden fiel im Gegenland so viel Regen wie sonst im gesamten Juni. Ein Lokalausgang zwischen Helfern und Betroffenen

Heidi sprach: „Einfach weg. Mein Mann ist in Kroatien auf Urlaub.“ Geblieben ist ihr ein Plastikkack, in dem sich all ihr Haß und Gut befindet. Über Treffen kreisten den gesamten Tag die Hubschrauber des Bundesheers sind des Innenministeriums. Am Vormittag transportierten sie Helfer ins von der Umwelt abgeschlossene Unwettergebiet in Einöde, auch Bewohner wurden ausgeflogen. Der Zivilschutzkern soll bis mitt-

„Die Mure hat den Sepp einfach mitgerissen“

Der 82-jährige Sepp E. ist bei dem Unwetter ums Leben gekommen. Der KURIER sprach mit seinem Bruder

Tragedie. Albin E. sieht in seinem Garten. Oder vielmehr war „Jensen haben wir noch den Kirchbaum geschossen. Die Kirchen geläubt und Marmelade gemacht.“ Jetzt steht der halbe Baum im Schlamm. Das ist doch alles, er, rückt die Trüffel, wippt, er auf einer Wolke aus Schlamm und Geröll steht. Erger werden die Worte, wenn er über die Straße blickt. Der Sepp, den Schlamme, die großen Steine. Auf das Haus, das einmal weiß war und die Garage seines Bruders Sepp E. Überlegen kann man so was doch gar nicht“, sagt Albin. Die Mure hat den Sepp einfach mitgerissen. Die Mure hat den Sepp mitgerissen“, schließt Bruder Albin E. **Trümmerhaube** Trüpp, der Begrenzung mit speziell angeformten Transparenzplättchen ordnet. Sie behält auch dem zweiten Vater eine vor. Aber was Bergretter Laura Wirth mit

Unwetter in Triefen und Fackel als vorant gilt. Am Nachmittag war es Gewissheit. Sepp hat nicht überlebt. „Der Sepp, der hat wohl das Gefühl der Mure in der Nacht sehen. Das war ein bisschen, das Haus, die nicht vorstellen. Dann ist er vor das Haus gegangen. Sein Sohn, der bei ihm im Haus wohnt, hat von seiner Mutter geschaut. Und dann war die Sepp einfach weg. Die Mure hat den Sepp mitgerissen“, schließt Bruder Albin E. Auch die Bergretterkolonne mit Hund Egon erzählt Albin E.: „Die Vermisstenliste bei Muren ist meist schon das Maaßmal ist bei Muren extrem kompliziert, da mehrere und Faden die Hunde kaum etwas.“ Dabei hätte es laut den E. noch

Hinter den Zeiten



Albin E., der Bruder des verstorbenen Sepp, auf der Straße zwischen seinem Haus und dem Seppes Bruder

Die Story Bereits am 4.7. Uhr hat sich Ina Kroll zum Unglücksort aus, um live zu berichten und mit Betroffenen und W Einsatzkräften zu

Quelle: Kurier vom 30. Juni 2022, aus Hübl & Beck (2022), IAN Report 223

Beispiele extremer Ereignisse der letzten Jahre

- November 2019, Lungau:
Regen-auf-Schnee führt zu HW, Muren und Hangmuren
 - Transit und Ablagerung t.w. auf gefrorenen Boden
 - Wirkung klein-räumige Temperaturvariationen
 - „Mur-Schneegemisch mit staublawinenähnlichem Charakter und breiter Ablagerung an den Schwemmkegeln sowie hohen Fließgeschwindigkeiten“



Abbildung 60: Befliegung nach dem Ereignis mit Blick Ofnergraben (Bild links oben) und Gräben bzw. Rutschungen im Bereich Gut Kremser

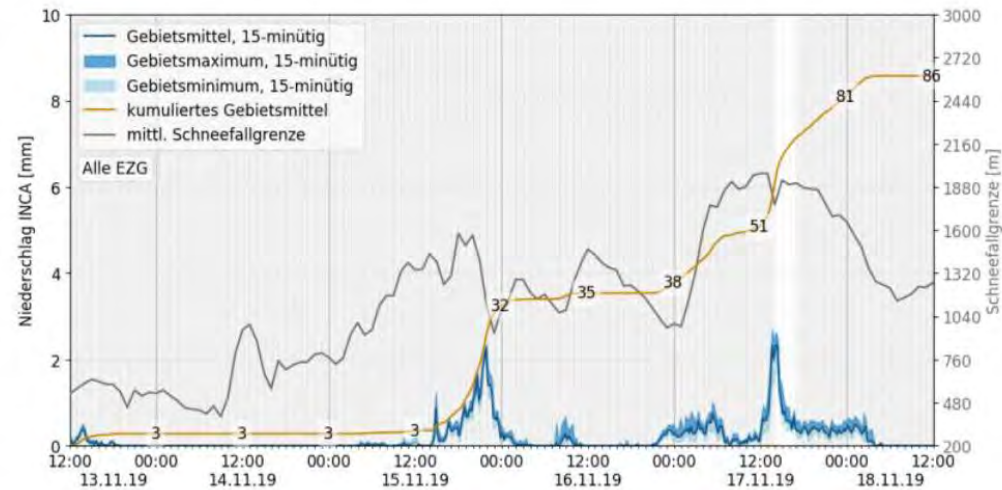


Abbildung 10: Gebietsmittel (zeitlich kumuliert und nicht-kumuliert), Gebietsminimum und Gebietsmaximum des 15-minütigen INCA Niederschlags und mittlere INCA Schneefallgrenze im EZG Leißnitzbach

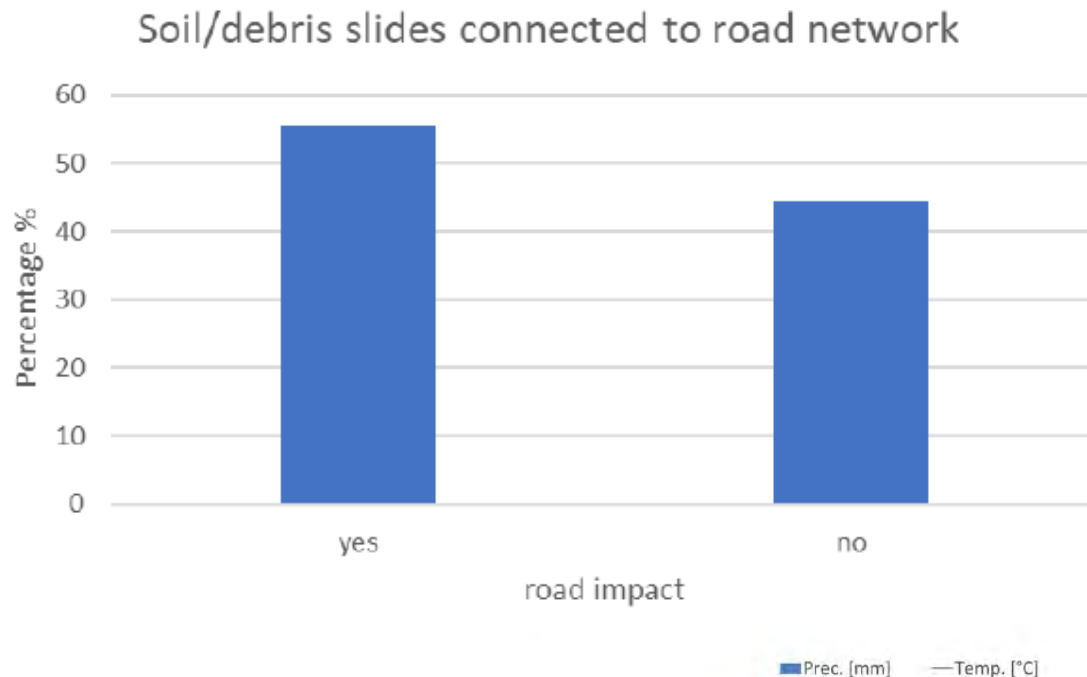
Moser et al. (2020)
ERDOK 2019 -
Sektion Salzburg



Schmalzgraben (Foto: Moser, WLV)

Beispiele extremer Ereignisse der letzten Jahre

- November 2019, Gasteinertal:
Regen-auf-Schnee führt zu Rutschungen und Muren
Besonderer Einfluss von Forststrassen!



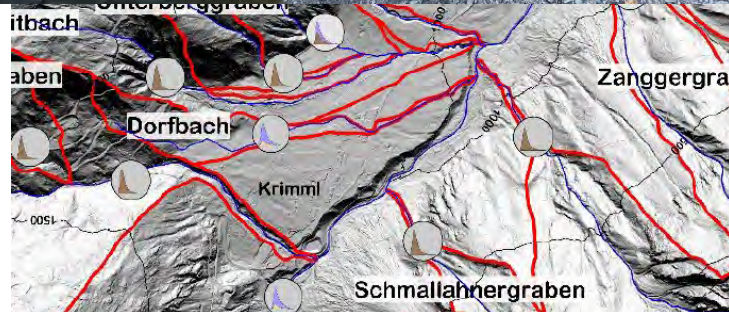
Angertal / Gasteinertal 2019

Foto: WLV

Beispiele extremer Ereignisse der letzten Jahre



Foto: EXPA/Kronen Zeitung



aus Hübl et al. (2022): ERDOK Wald im Pinzgau - Krimml

Beispiele extremer Ereignisse der letzten Jahre



Treffen,
Pöllingerbach



Sauwalderbach



Pöllingerbach

Forschungsartikel seit 2018 zu debris flow + extreme + Austria [scholar.google]



Schlögl et al. (2021): Datenbank Studie Österreich:

- Steigender Trend: Niederschlag-Indices, Exposition
 - Kein Trend: Wildbach-Ereignisse
- Kompensierender Effekt von Schutzmaßnahmen

Rom et al. (2023 a,b,c): Fallstudie Horlachtal:

- Kein Trend der > 800 Muren-Ereignisse
- Kein Trend von extremen Ereignissen seit 1850
- Extrem Ereignis in 2022: 156 Muren

Kiefer et al. (2021): Fallstudie Plansee:

- Murgang Aktivität seit 4000 Jahren
- Steigender Trend von Ereignissen seit 1900

Hermle et al. (2021); Kainz et al. (in review): Fallstudien

- Hohe geomorphologische Aktivität in glazialen und periglazialen Regionen

...

Forschungsartikel seit 2018 Muren und Klimawandel

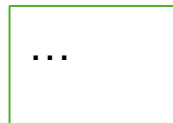


Studien zu Klimawandel in den Alpen:

- Höhere Temperaturen
 - mehr Wasser in der Atmosphäre
 - Auswirkungen auf Cryosphäre
 - Intensivere Niederschläge

Hirschberg et al. (2021): Fallstudie Illgraben (CH):

- Kombinierte hydrologisches und geomorphologisches Modell zur Murenauslösung für die Zukunft.
- Auslöse-Niederschläge nehmen zu
- Sedimentproduktion nimmt in einem wärmeren Klima ab
- → weniger Muren in einem zukünftigen Klima



Klimaprojektionen

- 14 x RCP 4.5
- 14 x RCP 8.5

Switanek et al. (2022)

**Beobachtetes
Klima**

Kalibration &
Validierung

**Hydrologisches
Modell**

**Einfluss
Klimawandel
auf Abfluss**

**Hydro-meteorologische
Zeitreihen**

- Referenz (1971 – 2000)
- Nahe Zukunft (2021 - 2050)
- Ferne Zukunft (2071 – 2100)

Hanus, S. et al. (2021). Future changes in annual, seasonal and monthly runoff signatures in contrasting Alpine catchments in Austria. Hydrology and Earth System Sciences, 25(6), 3429–3453.

**Dokumentierte
Muren**

Kalibration
& Test

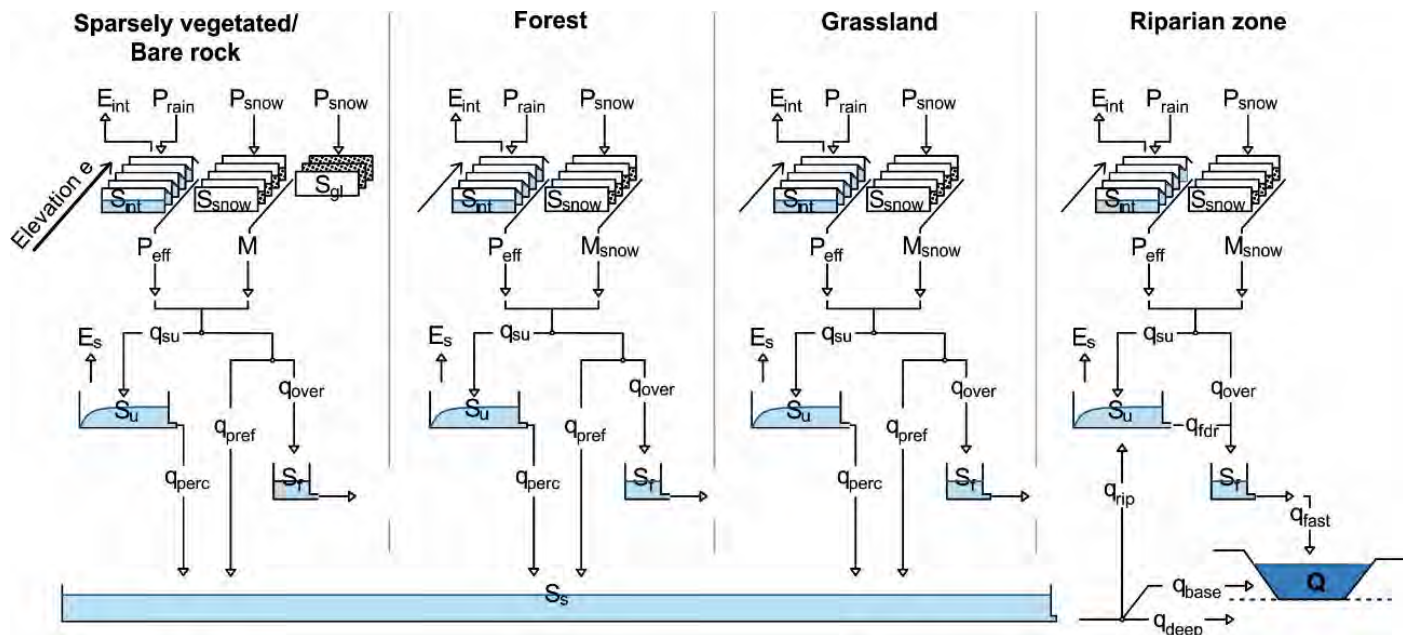
Auslösemodell

**Einfluss
Klimawandel
auf Muren**

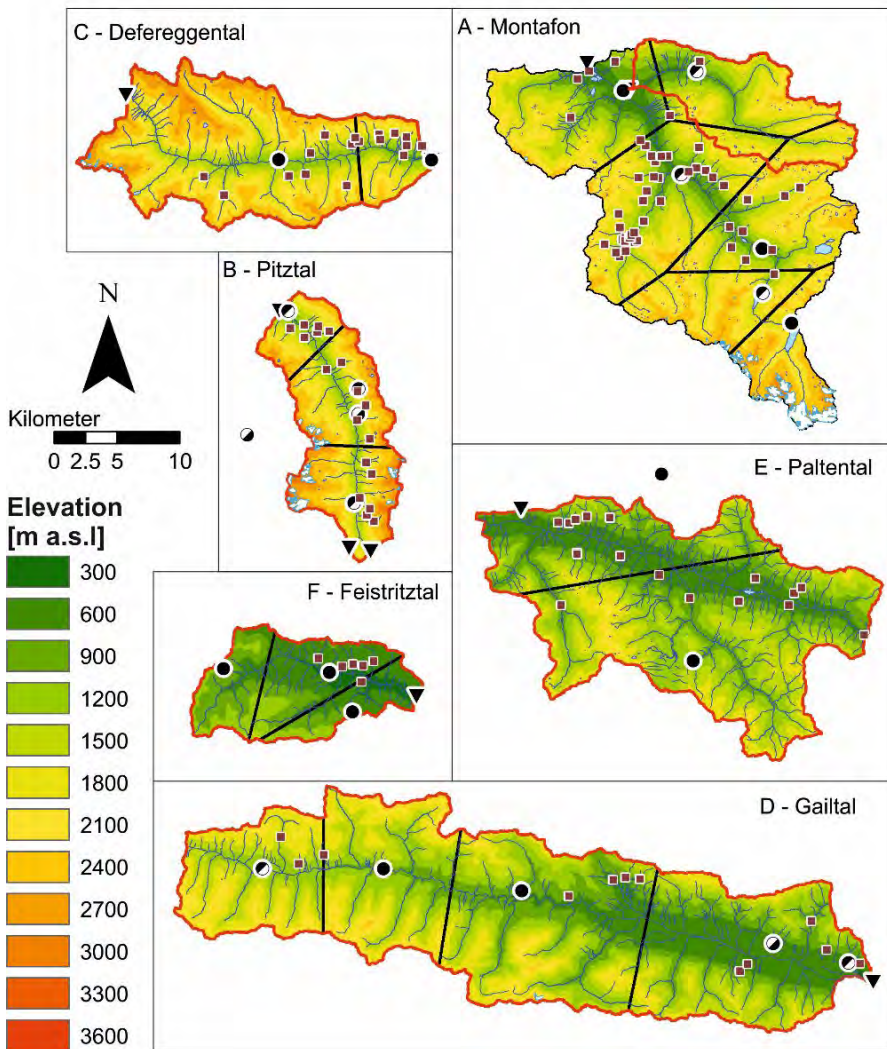
Prenner et al. (2018, 2019)

Gemessen: P, T, Q

- Debris flow
- ▼ Discharge gauge
- Temperature station
- Precipitation station
- Temperature + precipitation
- Calibration domain
- ❄ Glacier
- Water body



E_{int} = elevation resolved interception evaporation, P_{rain} = elevation corrected liquid precipitation, P_{snow} = elevation and seasonal corrected snow fall, S_{int} = elevation resolved interception reservoir, S_{snow} = elevation resolved snow reservoir, S_{gl} = elevation resolved glacier reservoir, P_{eff} = effective precipitation, M = snow M_{snow} and glacier melt, E_s = soil evapotranspiration, S_u = soil reservoir, q_{su} = flux into soil reservoir, q_{pref} = preferential flow, q_{perc} = percolation into groundwater reservoir S_s , q_{over} = excess overland flow, S_f = fast responding reservoir, q_{fdr} = fast soil reservoir drainage, q_{rip} = groundwater flux into riparian zone, q_{fast} = fast runoff component, q_{base} = baseflow from groundwater, q_{deep} = deep groundwater loss, and Q = channel runoff.



Unterschiedliche Auslösemuster

Short duration storm
(SDS)

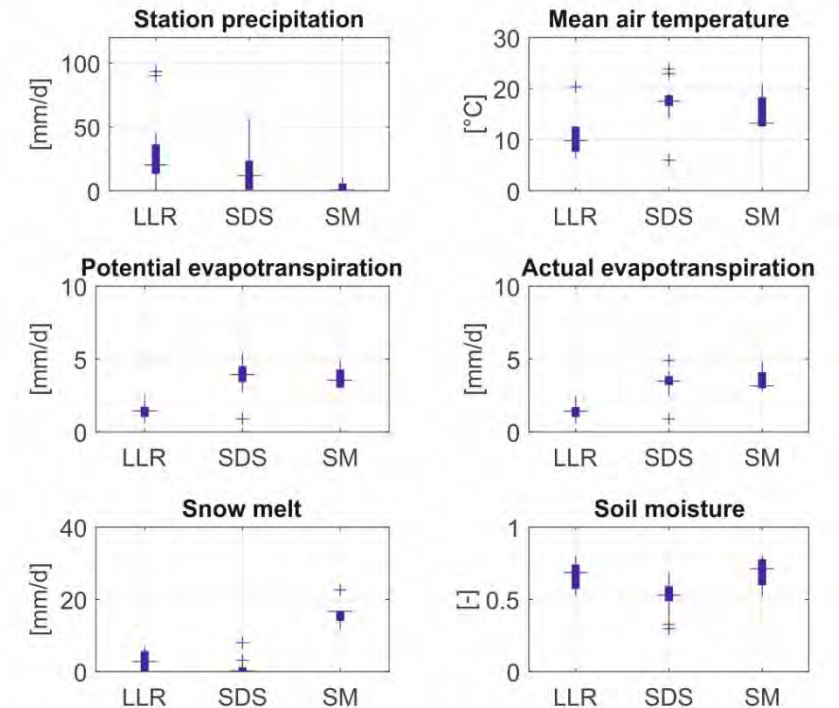
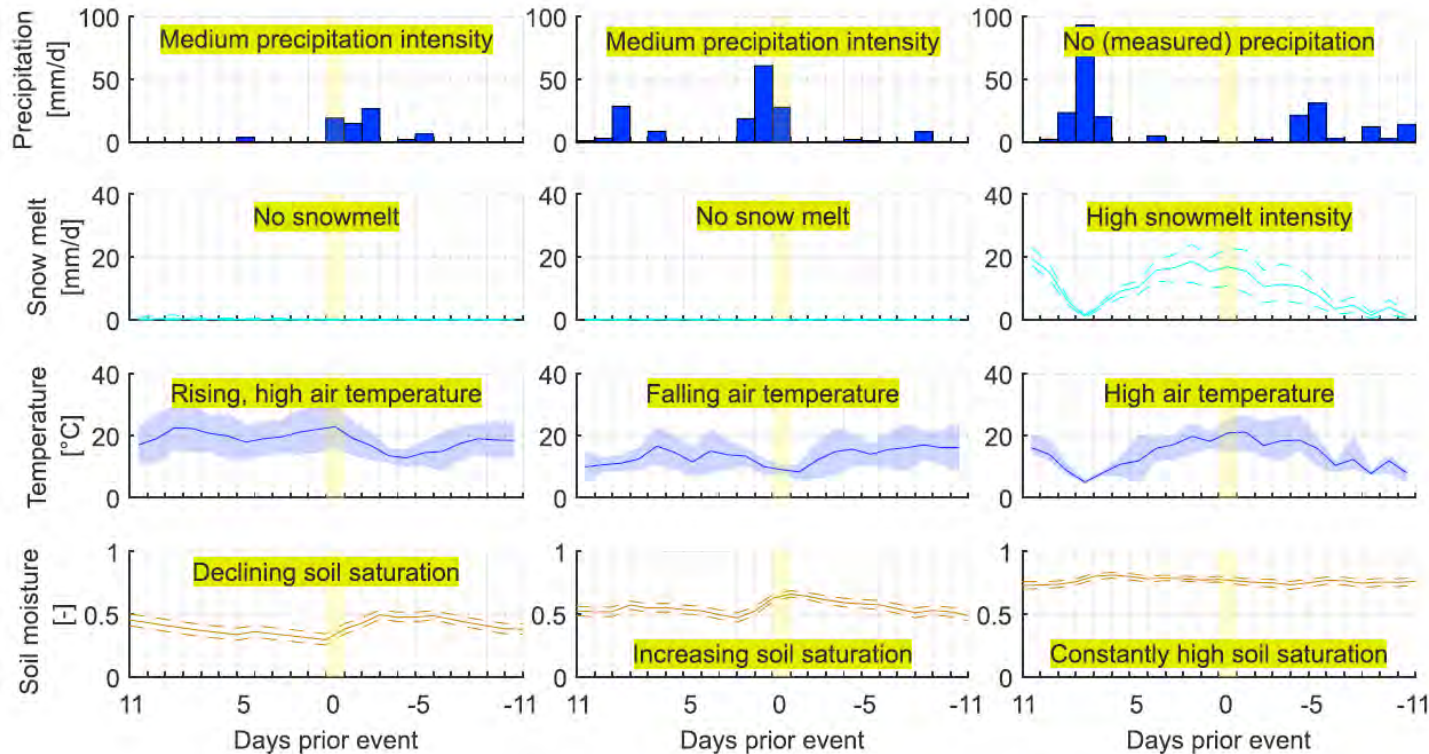
Long lasting rainfall
(LLR)

Snow melt
(SM)

(b) Event at 04. Jul 1994

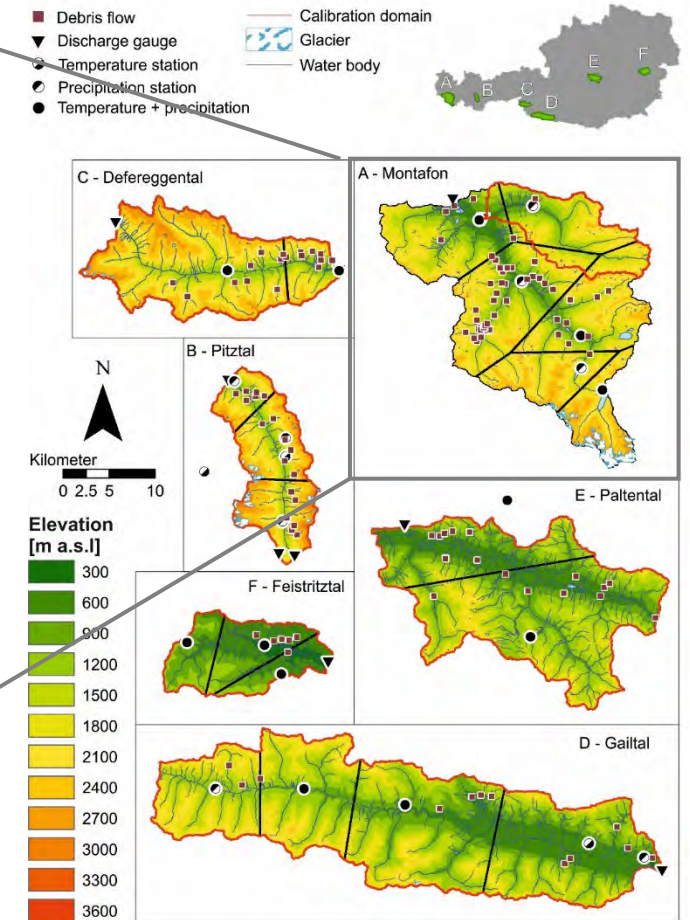
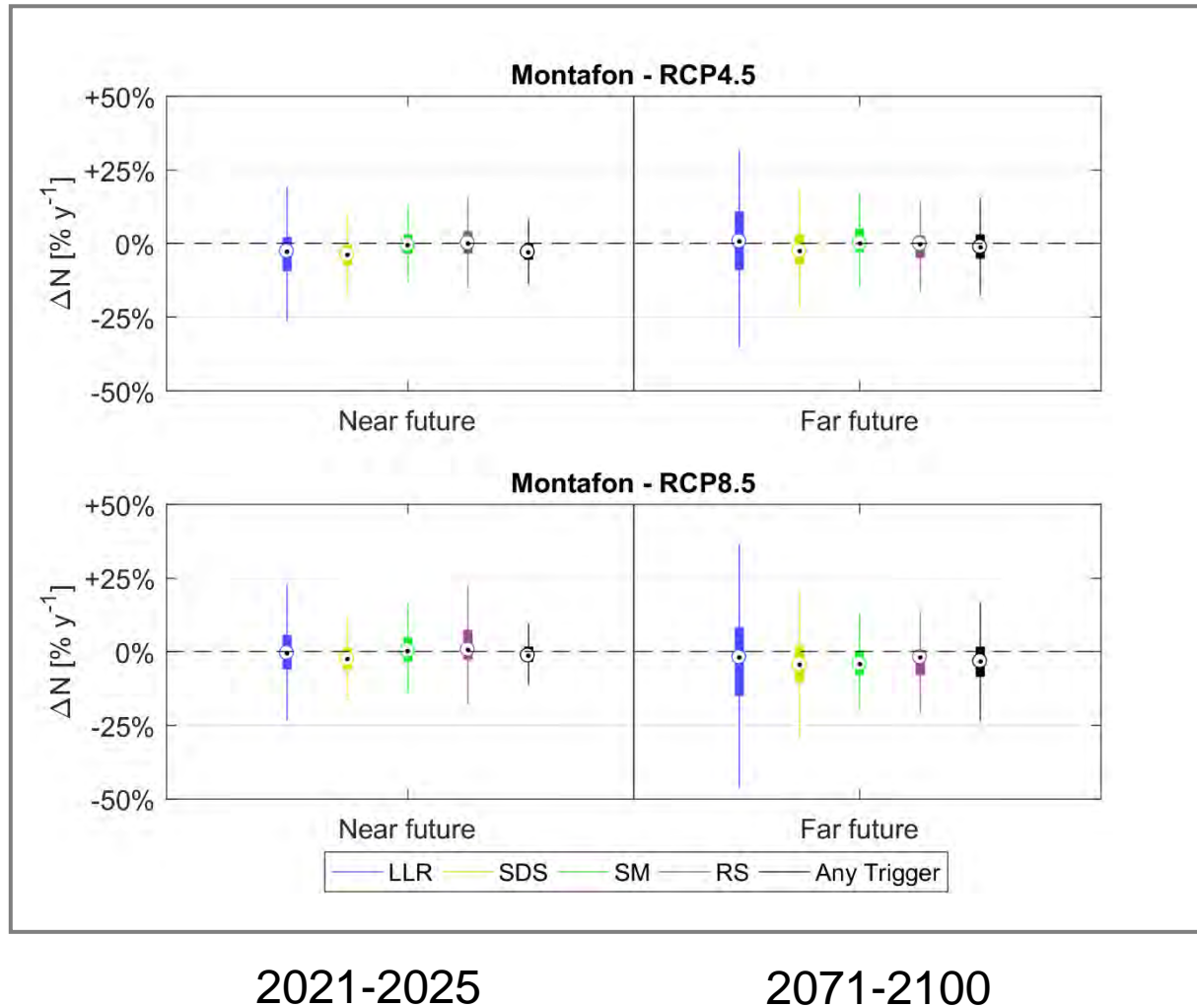
(c) Event at 06. Jul 1997

(d) Event at 29. May 1999



Statistically different!

Auswirkung des Klimawandels auf Auslösemuster

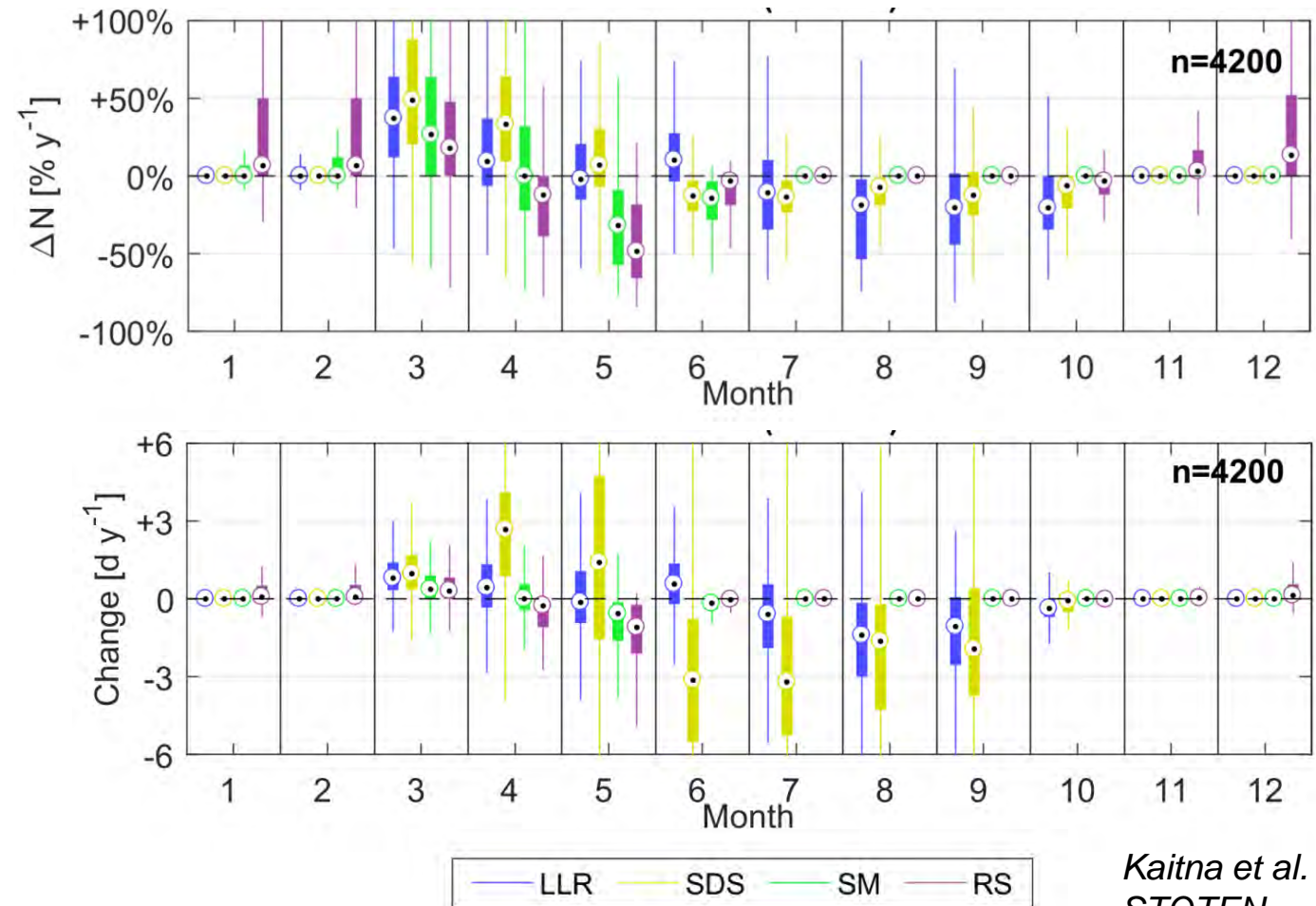


Kaitna et al. (2023), STOTEN

Auswirkung des Klimawandels auf Auslösemuster

Region Montafon

RCP 8.5
2071-2100



Kaitna et al. (2023),
STOTEN

- Kaum Änderungen auf jährlicher Basis
- Regionale und saisonale Unterschiede
 - SDS: schon früher im Jahr, besonders im Süden (Gail- und Defereggental). In manchen Regionen seltener im Sommer.
 - LLR: weniger häufig im Sommer, t.w. mehr im Herbst (Pitztal)
 - SM: früher und kürzere Perioden
 - RS: längere Perioden, auch im Winter



Zurück zu den Fragestellungen

- Welche Entwicklungen waren erwartbar, welche sind vollkommen neu und überraschend?
 - Hohe geomorphologische Aktivität in hochalpinen Regionen → Auswirkung auf Sedimentverfügbarkeit
 - Regen-auf-Schnee Ereignisse / Längere „Saison“
 - Höhere NS-Intensitäten
- Gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen.
 - Differenzierte Betrachtung
 - Sedimentmanagement
- Wohin werden die Entwicklungen in ausgewählten Forschungsfeldern in den nächsten Jahren gehen?
 - Höhere zeitliche & räumliche Auflösung
 - Auslösemuster/Typologie von Extremen
- Strategische Überlegungen im Management von Extremereignissen und dem Restrisiko
 - Δ Frequenz \neq Δ Magnitude
 - Bedeutung der Instandhaltung der Schutzbauwerke
 - Ausweisung Restrisikoflächen (Schwemmkegel?)

Referenzen

- Hermle, D., Keuschnig, M., Hartmeyer, I., Delleske, R., & Krautblatter, M. (2021). Timely prediction potential of landslide early warning systems with multispectral remote sensing: a conceptual approach tested in the Sattelkar, Austria. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(9), 2753–2772. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2753-2021>.
- Hirschberg, J., Fatichi, S., Bennett, G. L., McArdell, B. W., Peleg, N., Lane, S. N., et al. (2021). Climate Change Impacts on Sediment Yield and Debris-Flow Activity in an Alpine Catchment. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 126(1), e2020JF005739. <https://doi.org/10.1029/2020JF005739>.
- 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)
- Hübl J., Aigner, Ph., Schöffl, T. (2022): IAN Report 224, Ereignisdokumentation 2022 vom Grubingerbach und Einödberggraben, Pinzgau, Salzburg, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht).
- Kainz, S., Wagner, T., Krainer, K., Avian, M., Olefs, M., Haslinger, K., & Winkler, G. (2022). The role of thermokarst evolution in debris flow initiation (Hüttekar Rock Glacier, Austrian Alps). *EGU sphere*, 1–36. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-567>.
- Kaitna, R., Prenner, D., Switanek, M., Maraun, D., Stoffel, M., & Hrachowitz, M. (2023). Changes of hydro-meteorological trigger conditions for debris flows in a future alpine climate. *Science of The Total Environment*, 872, 162227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162227>.
- Kiefer, C., Oswald, P., Moernaut, J., Fabbri, S. C., Mayr, C., Strasser, M., & Krautblatter, M. (2021). A 4000-year debris flow record based on amphibious investigations of fan delta activity in Plansee (Austria, Eastern Alps). *Earth Surface Dynamics*, 9(6), 1481–1503. <https://doi.org/10.5194/esurf-9-1481-2021>.
- Pescoller M. (2021): Event documentation and analysis of mass wasting processes in the Gastein valley (Salzburg/Austria) in November 2019. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- Rom, J., Haas, F., Heckmann, T., Altmann, M., Fleischer, F., Ressler, C., et al. (2023). Spatio-temporal analysis of slope-type debris flow activity in Horlachtal, Austria, based on orthophotos and lidar data since 1947. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(2), 601–622. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-601-2023>.
- Rom, J., Haas, F., Heckmann, T., Dremel, F., Fleischer, F., Altmann, M., et al. (2023). Establishing a record of extreme debris flow events in a high Alpine catchment since the end of the Little Ice Age using lichenometric dating. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 105(1), 47–63. <https://doi.org/10.1080/04353676.2023.2187531>.
- Rom, J., Haas, F., Hofmeister, F., Fleischer, F., Altmann, M., Pfeiffer, M., et al. (2023). Analysing the Large-Scale Debris Flow Event in July 2022 in Horlachtal, Austria Using Remote Sensing and Measurement Data. *Geosciences*, 13(4), 100. <https://doi.org/10.3390/geosciences13040100>.
- Schlögl, M., Fuchs, S., Scheidl, C., & Heiser, M. (2021). Trends in torrential flooding in the Austrian Alps: A combination of climate change, exposure dynamics, and mitigation measures. *Climate Risk Management*, 32, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100294>
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R. M., et al. (2020). A typology of compound weather and climate events. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(7), 333–347. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>.