Die Schneedecke im Schweizerischen Nationalpark

Gestern – heute – morgen(?)

Sven Kotlarski[1] **Sarina Danioth**[1,2] Regula Mülchi[1] **Adrien Michel**[1,3,4] Christoph Marty[3] Tobias Jonas[3] Christian Steger[2] Stefanie Gubler[5]

[1] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz
[2] Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich
[3] WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF
[4] EPFL
[5] Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) - Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks

sven.kotlarski@meteoschweiz.ch

Foto: www.graubuenden.ch

Bedeutung der natürlichen Schneedecke

Foto: www.slf.ch

Foto: Tobias Jonas (WSL-SLF)

Foto: Sven Kotlarski

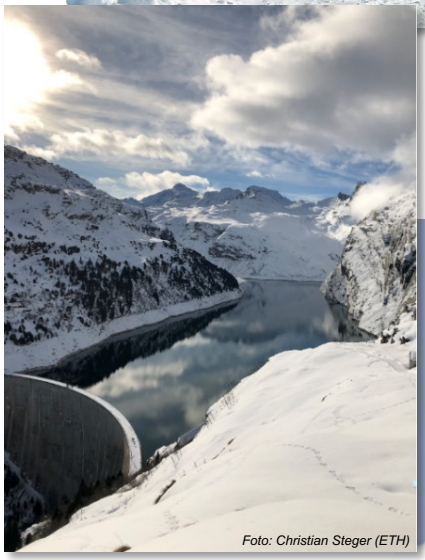
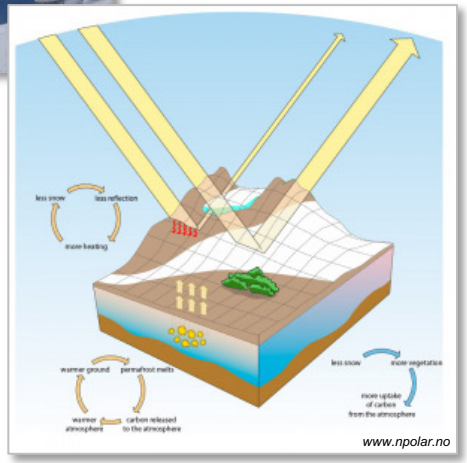


Foto: Christian Steger (ETH)

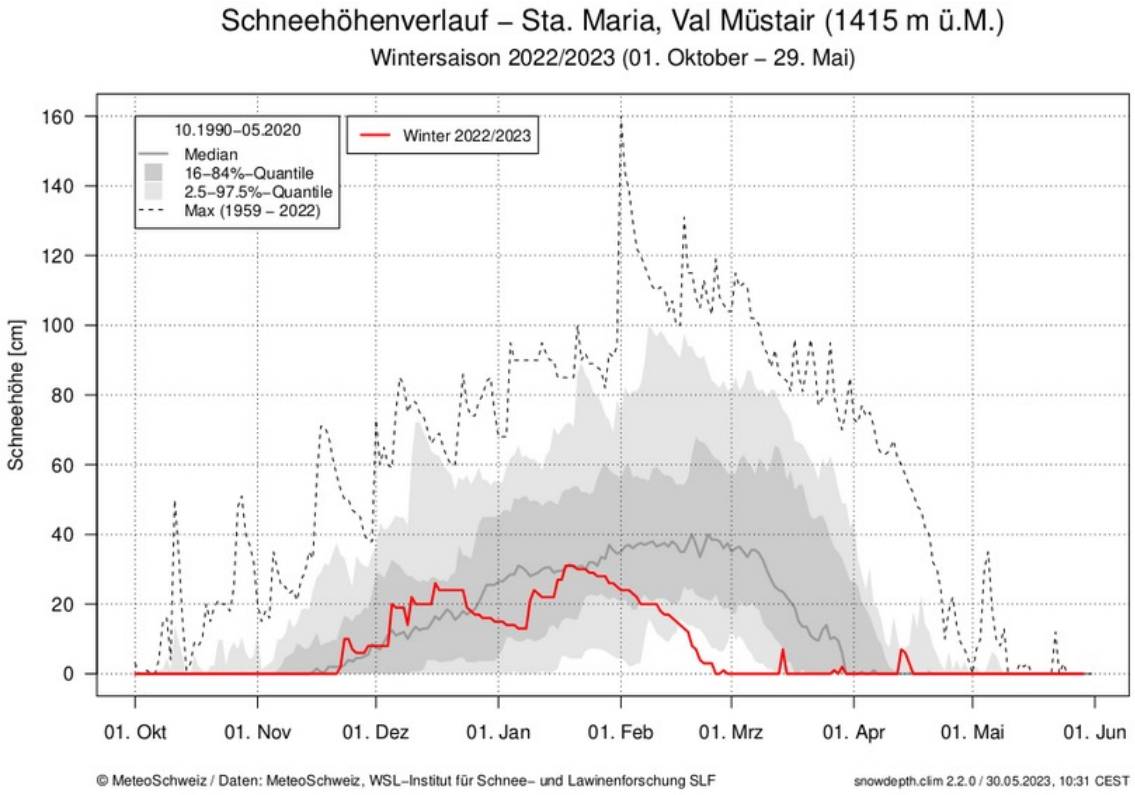
Foto: www.geo.de



www.npolar.no

Winterliche Schneedecke im Val Mustair

Klima = Leitplanke der Wettervariabilität?

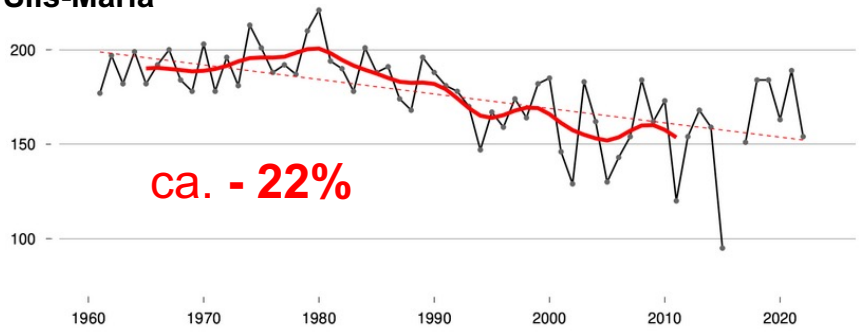


Die Schneedecke als Klimaindikator

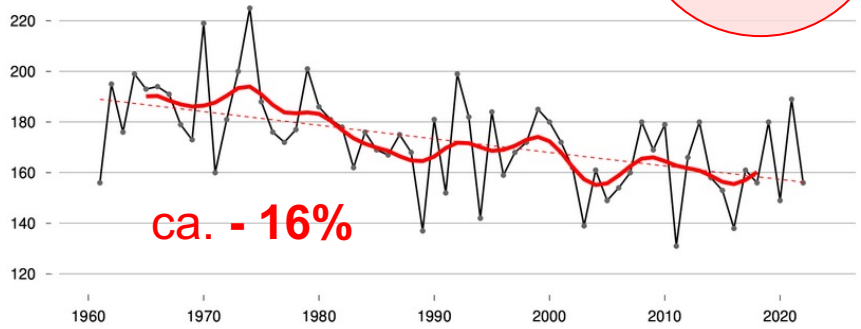
Entwicklung Anzahl Tage mit Schneedecke >= 1cm

+2.4°C
seit 1864

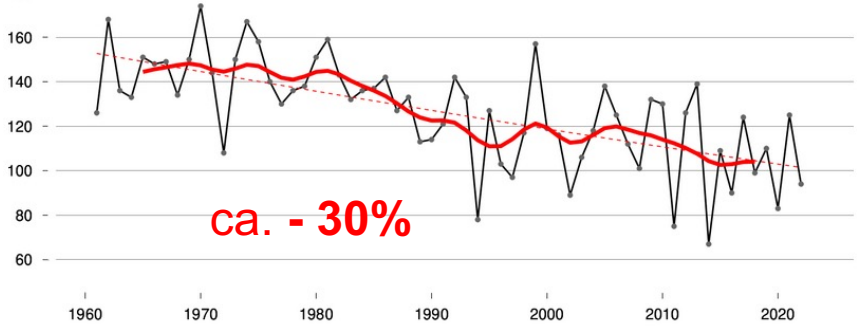
Sils-Maria



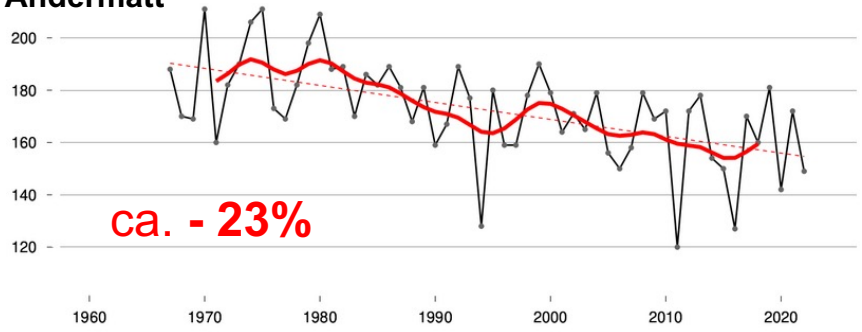
Davos



Elm



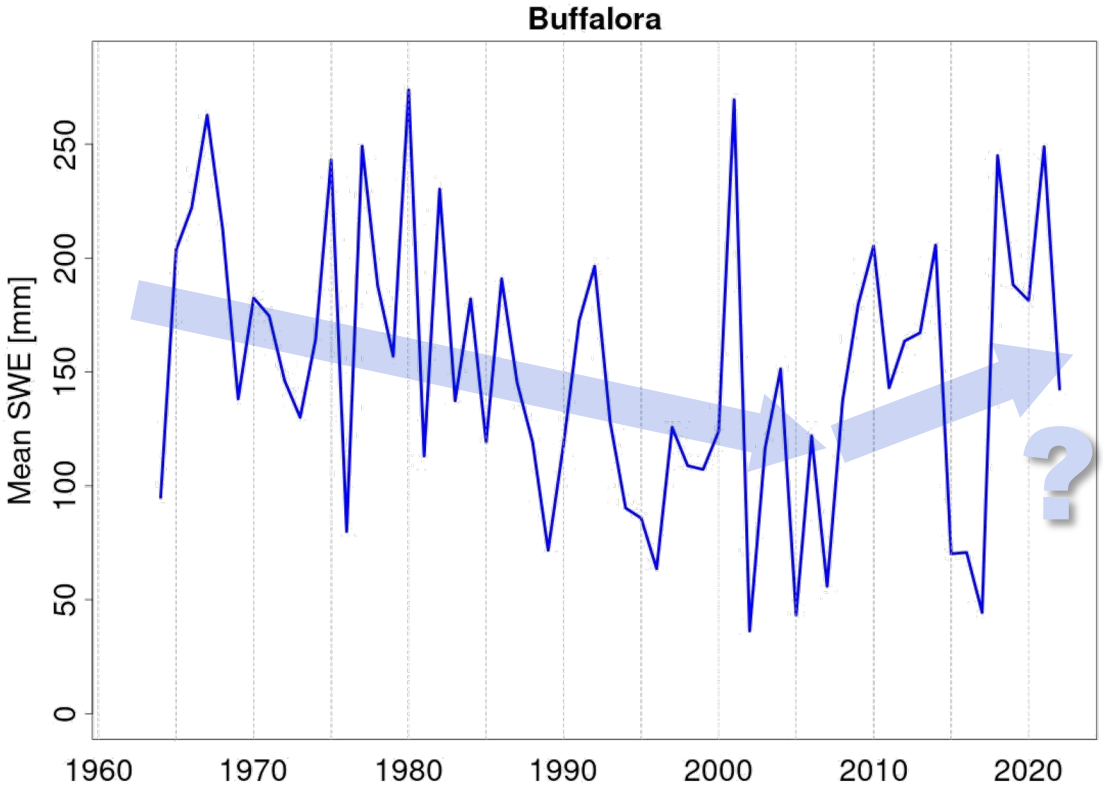
Andermatt



Quelle: MeteoSchweiz/SLF

Entwicklung Schneewasseräquivalent Buffalora

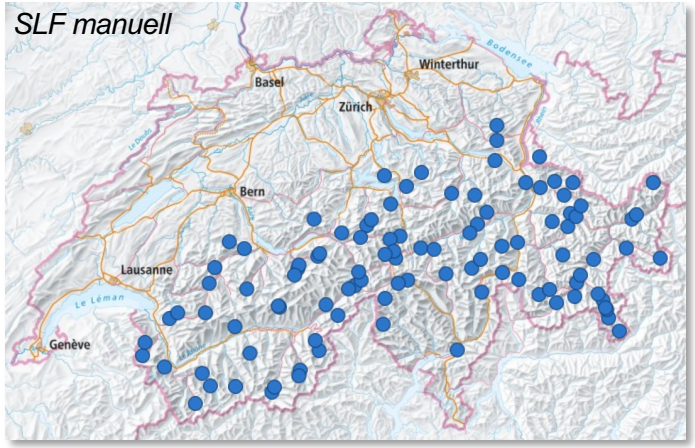
Schneewasseräquivalent = Die in der Schneedecke gespeicherte Wassermenge

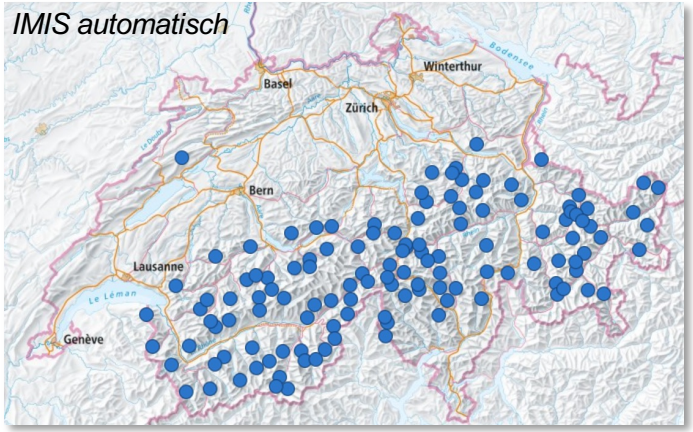


Quelle: Sarina Danioth (ETH Zürich/MeteoSchweiz)

Schneemessnetz Schweiz

Mehrere Hundert Stationen



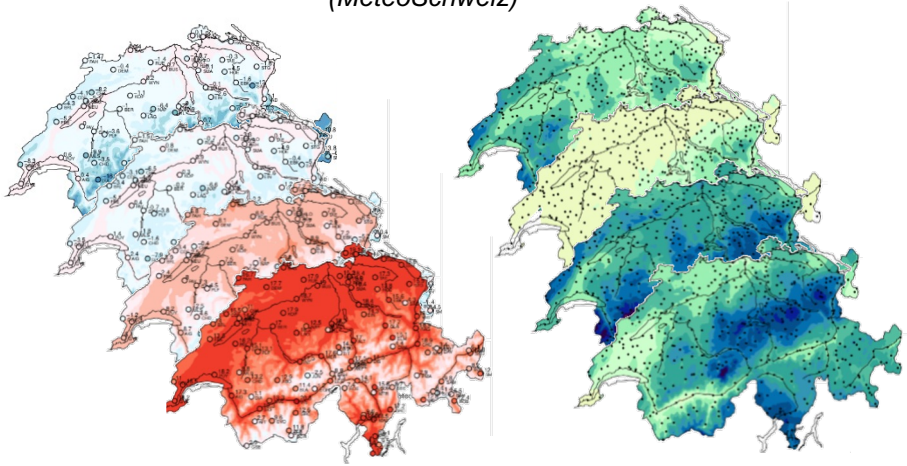


- Umfassendes Messnetz, aber nur **wenige langjährige (klimatologische) Messreihen**
- Grosse **räumliche Variabilität** der Schneedecke
- Langjährige Entwicklung im Raum? Was geschieht an Orten oder in Regionen ohne Messabdeckung?

➡ Entwicklung eines langjährigen (klimatologischen) Gitterproduktes

SPASS - Eine neue räumliche Schneeklimatologie für die Schweiz

Tägliche Temperatur- und Niederschlagsgitter in 1 km Auflösung (MeteoSchweiz)



SLF Startseite > Schnee > Schnee als Wasserressource > Schneehydrologische Vorhersagen

< Menü

Schneehydrologische Vorhersagen

OSHD Modelle

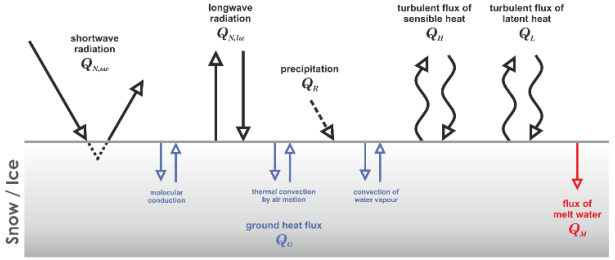
Schneehydrologische Vorhersagen

Das SLF betreibt einen operationellen schneehydrologischen Dienst (OSHD), der laufend die räumliche und zeitliche Verteilung der Schneewasserressourcen in der Schweiz analysiert und damit verbesserte hydrologische Vorhersagen und vorausschauende Gewässerregulierung ermöglicht.

In der Schweiz stellt Schnee einen wichtigen Teil des Wasserkreislaufs dar. Die Schneeschmelze beeinflusst die saisonale Abflussdynamik und kann - oft in Kombination mit anderen Faktoren wie etwa starken Niederschlägen - zu Hochwasser führen. Deswegen betreiben wir seit 2009 den operationellen schneehydrologischen Dienst (OSHD), der laufend die räumliche und zeitliche Verteilung von Schneewasserressourcen in der Schweiz analysiert und dadurch zu verbesserten hydrologischen Vorhersagen und vorausschauenden Gewässerregulierung beiträgt.

Operationelle Analysen

Der OSHD erstellt regelmässig schneehydrologische Bulletins, welche eine Reihe unterschiedlicher Produkte enthalten. Karten geben die aktuelle Verteilung des



Kollanski 2007 (modified after Oerlemans 2001)

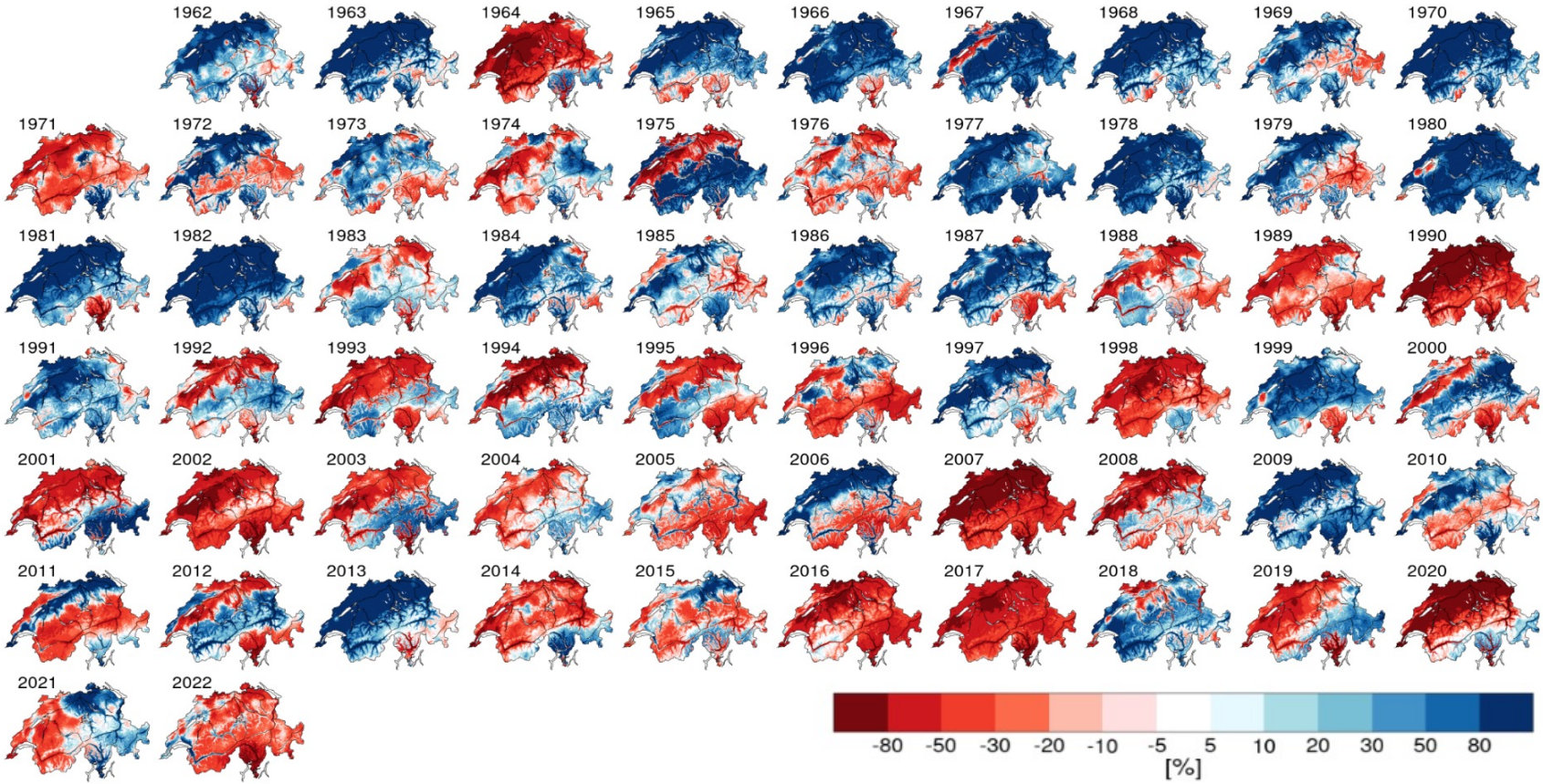
Tägliche SWE Gitter in 1 km Auflösung seit 1961 bis heute

(Schneehöhe folgt)

Validierung gegen Stationen und gegen Fernerkundungsdaten

Entwicklung Schneewasseräquivalent

September bis Mai, relative Anomalien gegenüber 1991-2020

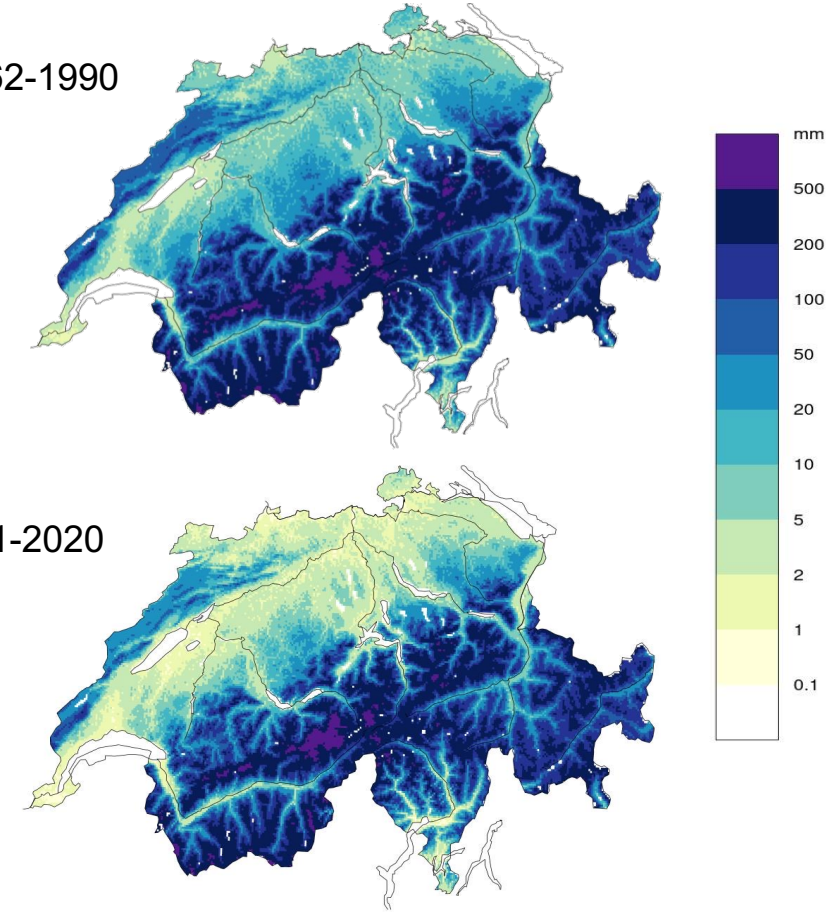


Änderung Schneewasseräquivalent

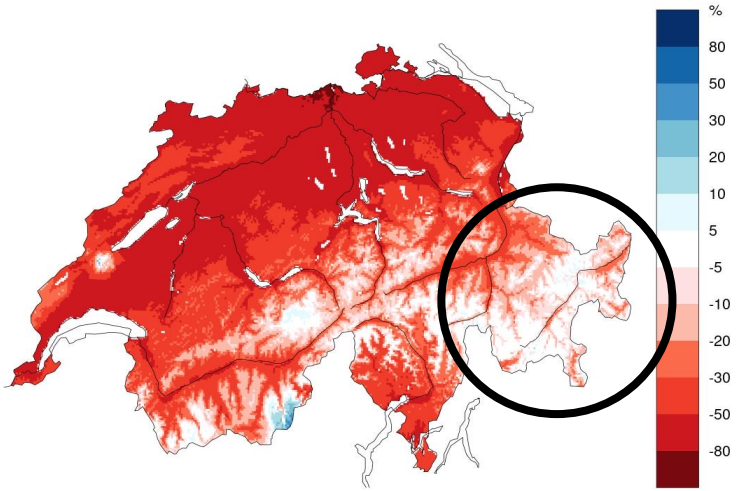
September bis Mai

1962-1990

1991-2020

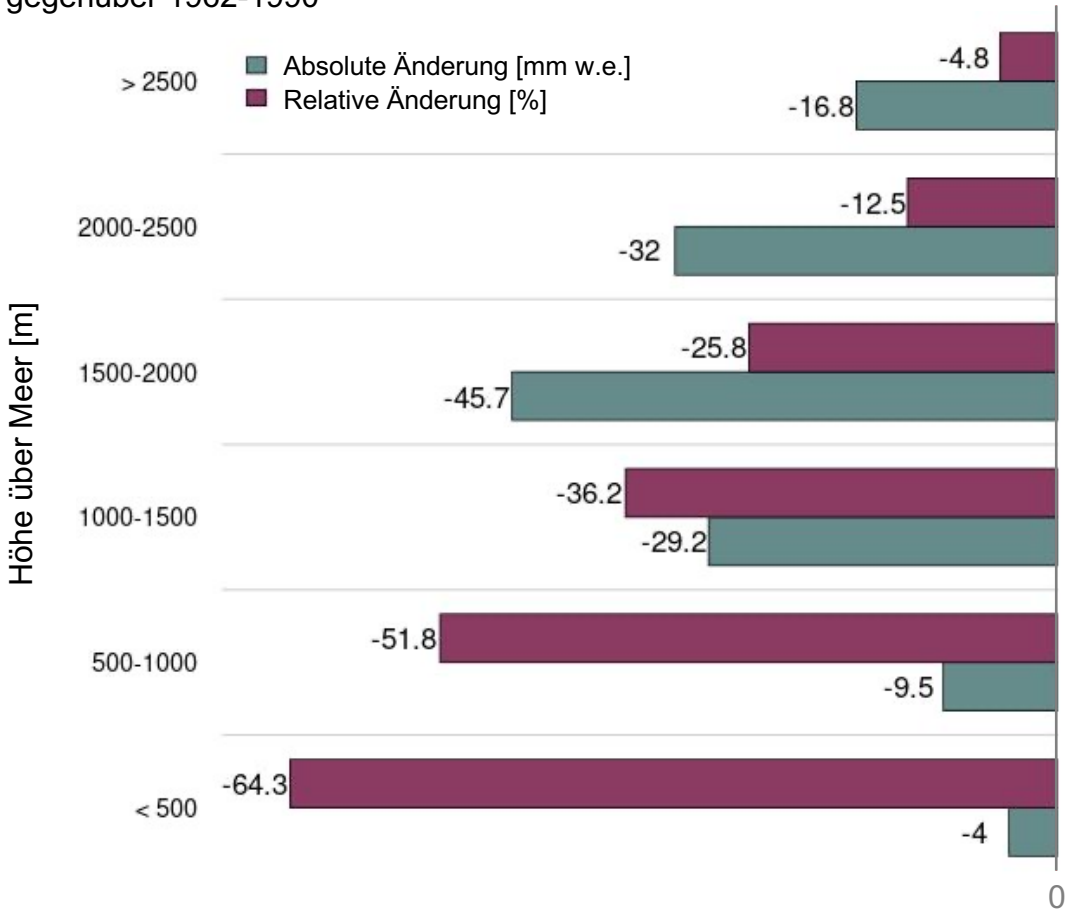


Relative Änderung [%]



Änderung Schneewasseräquivalent

September bis Mai, 1991-2020 gegenüber 1962-1990

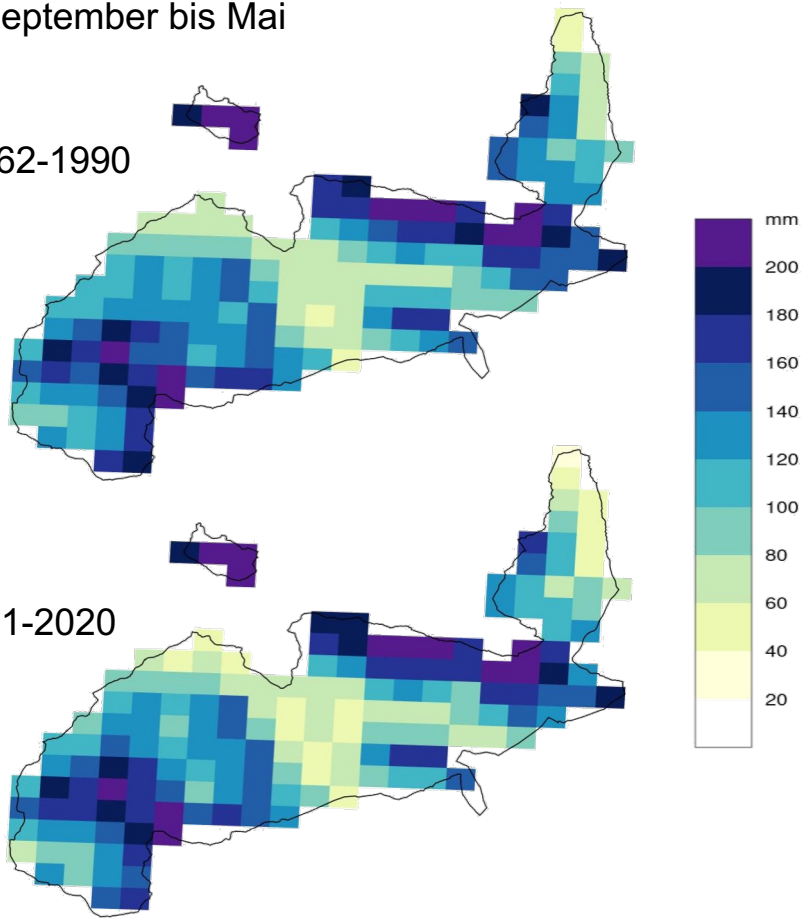


Änderung Schneewasseräquivalent SNP

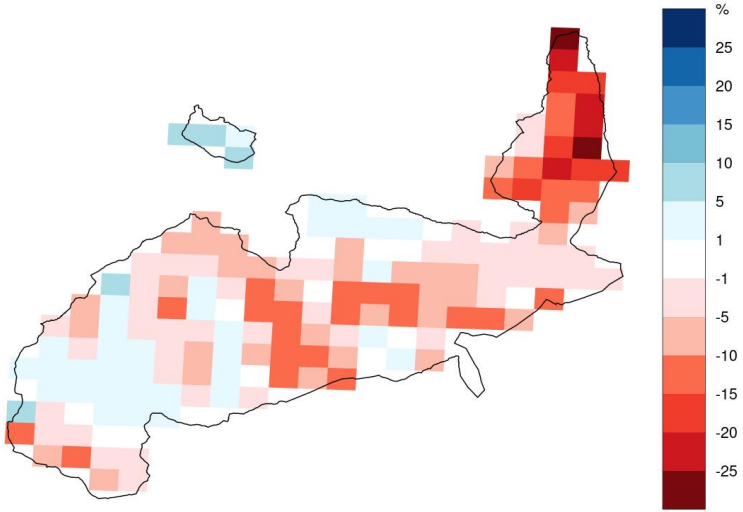
September bis Mai

1962-1990

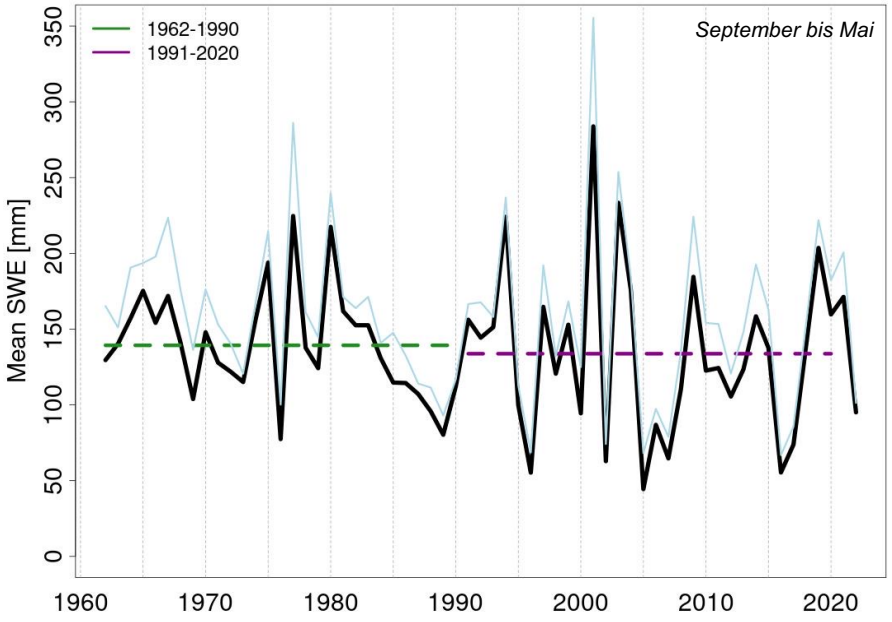
1991-2020

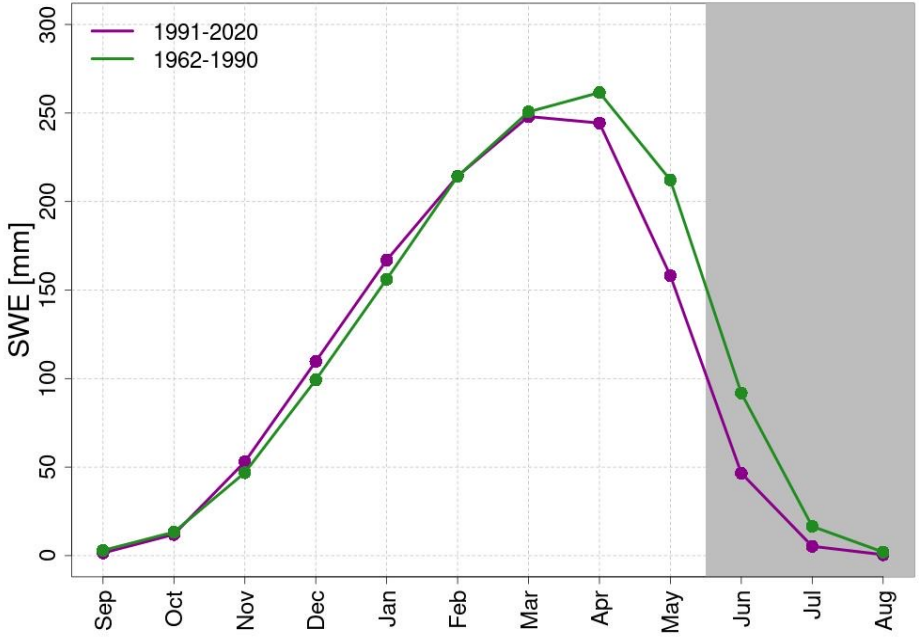


Relative Änderung



Entwicklung Schneewasseräquivalent im SNP





139.3 mm → 133.8 mm

Δ = 5.5 mm

ca. - 4%

Klimaszenarien

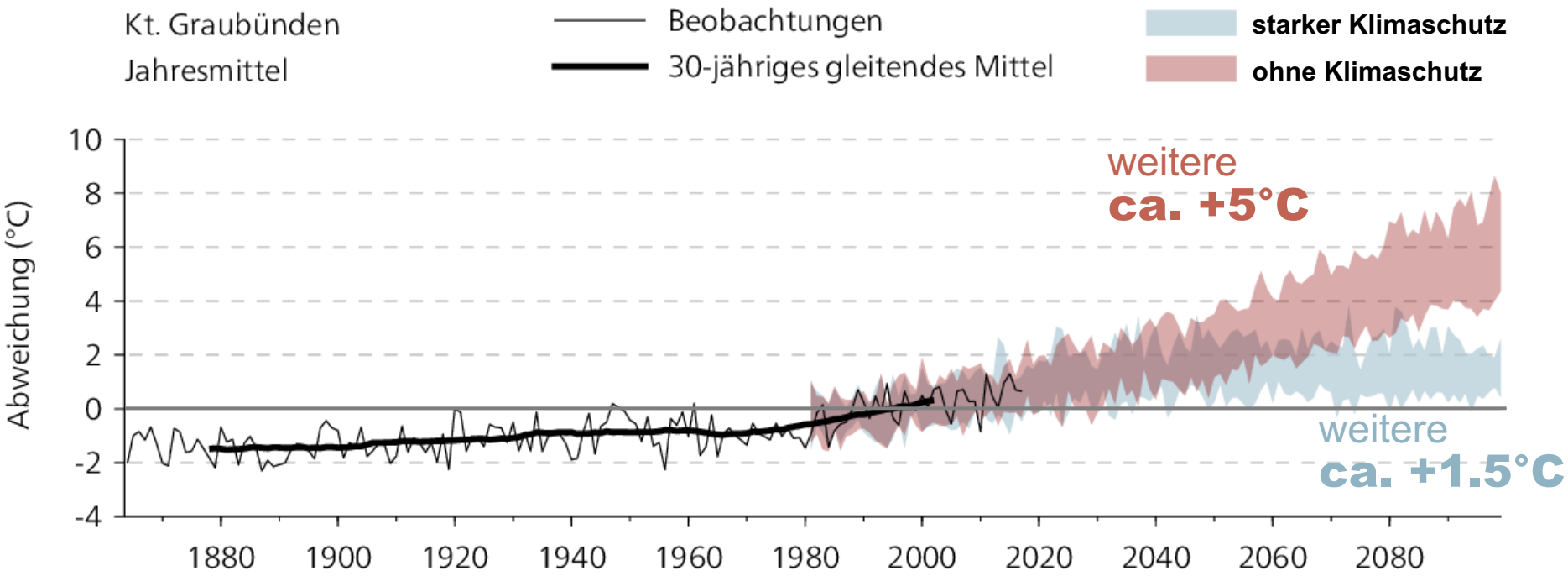
Wohin geht die Reise?

www.klimaszenarien.ch

Quelle: NASA (Apollo 8 Mission)

Temperaturentwicklung Graubünden

Abweichung von der Normperiode 1981-2010



www.klimaszenarien.ch

CH2018 – Weitere Hauptergebnisse

Trockene Sommer

Heftige Niederschläge

Hitzebelastung

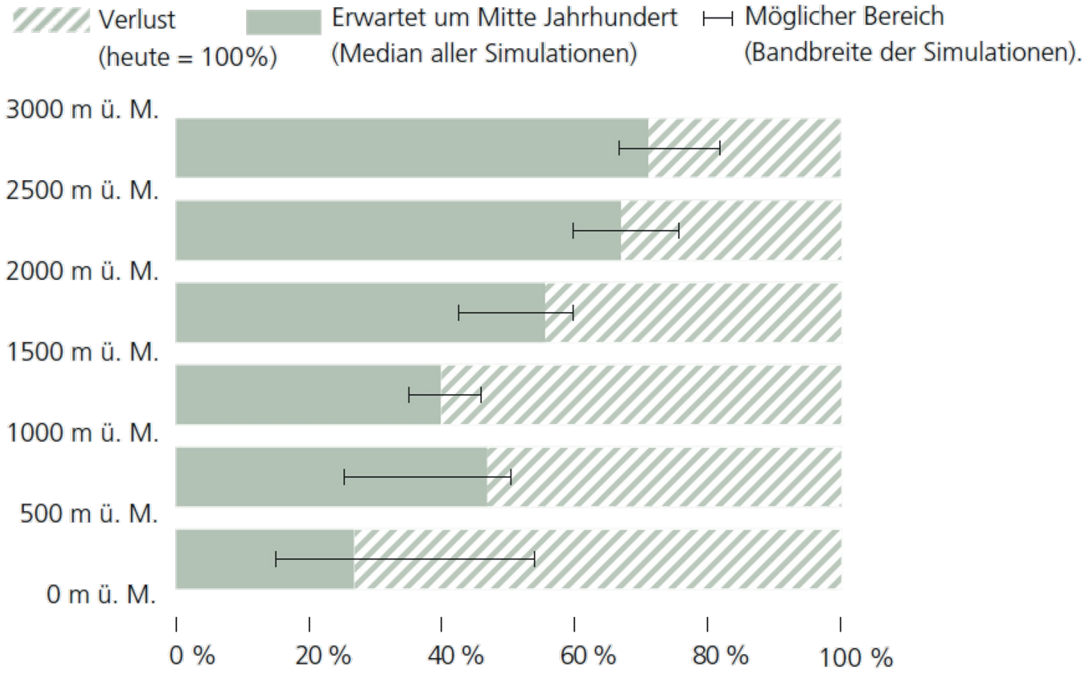
Schneearme Winter

Reduktion der Schneebedeckung

Szenario **ohne Klimaschutz** bis **Mitte Jahrhundert**

Schneedecke

Schneebedeckeckung um 2060 ohne Klimaschutz in Prozent der heutigen Norm, als mittleres Wasseräquivalent von September bis Mai auf unterschiedlichen Höhenstufen (30-jährige Mittel)



Zusammenfassung und Ausblick

- **Natürliche Schneedecke** als wichtiger Klimaindikator
- Bereits jetzt **deutliche Veränderung** schweizweit, vor allem in Mittelland und Voralpen, aber **auch Region des SNP ist betroffen**
- **Neue Schweizer Schneeklimatologie** füllt bisherige Datenlücke
- **Schneeszenarien**: Weiterer deutlicher Rückgang der natürlichen Schneedecke wird erwartet
- **Globale Emissionsreduktionen können mögliche Veränderungen auf ca. $^1/_3$ begrenzen!**

https://doi.org/10.5194/gmd-2022-298
Preprint. Discussion started: 17 May 2023
© Author(s) 2023. CC BY 4.0 License.

Geoscientific Model Development Discussions

SnowQM 1.0: A fast *R* Package for bias-correcting spatial fields of snow water equivalent using quantile mapping

Adrien Michel[1,2], Johannes Aschauer[1], Tobias Jonas[1], Stefanie Gubler[2], Sven Kotlarski[2], and Christoph Marty[1]
[1]WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland
[2]Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss, Zurich, Switzerland
Correspondence: Adrien Michel (adrien.michel@meteoswiss.ch)

Abstract. Snow cover plays a crucial role in regional climate systems worldwide. It is a key variable in the context of climate change because of its direct feedback to the climate system, while at the same time being very sensitive to climate change. Accurate long-term spatial data on snow cover are scarce, due to the lack of satellite data or forcing data to run land surface models back in time. This study presents an *R* package, SnowQM, designed to correct for the bias in long-term spatial snow water equivalent data, using more accurate data for calibrating the correction. The correction is based on the widely applied quantile mapping approach. A new method of spatial and temporal clustering of the data points is used to calculate the quantile distributions. The main functions of the package are written in C++ to achieve high performance and to allow parallel computing. In a case study over Switzerland, where a 60-year snow water equivalent climatology is produced at a resolution of 1 day and 1 km, SnowQM reduces the bias in snow water equivalent from -9 mm to -2 mm in winter and from -41 mm to -2 mm in spring. It is also significantly faster than pure *R* implementations. The limitations of the quantile mapping approach for snow, such as snow creation, are discussed. The proposed spatial clustering improves the correction in homogeneous terrain, which opens the way for further use with other variables.

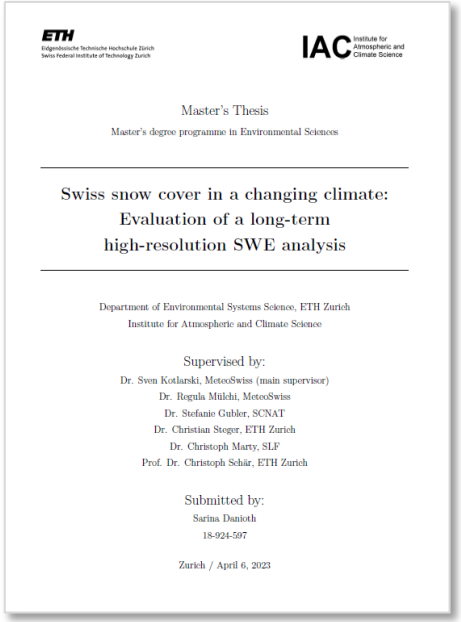
1 Introduction

Snow cover is a central component of the climate system in many regions worldwide. It influences the local energy balance, air temperature, and wind (Barry, 1996; Serreze et al., 1992). Snow cover and snow season duration impact permafrost, soil biology (Smith et al., 2022) and vegetation (Rumpf et al., 2022). Snow is also a crucial component of the hydrological cycle acting as a buffer for precipitation. Snow accumulation and melt will directly influence discharge and temperature in mountainous catchments (Michel et al., 2022), impacting water availability, energy production and ecosystems downstream (Schaefli et al., 2007; Beniston, 2012).

In the context of climate change, snow cover plays a central role by having a direct feedback on the climate system through changes in surface albedo and surface temperature, and being at the same time very sensitive to changes in near-surface air

1

Michel et al. 2023
Geoscientific Model Development Discussions
→ LINK



ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IAC Institute for Atmospheric and Climate Science

Master's Thesis
Master's degree programme in Environmental Sciences

Swiss snow cover in a changing climate: Evaluation of a long-term high-resolution SWE analysis

Department of Environmental Systems Science, ETH Zurich
Institute for Atmospheric and Climate Science

Supervised by:
Dr. Sven Kotlarski, MeteoSwiss (main supervisor)
Dr. Regula Mülchi, MeteoSwiss
Dr. Stefanie Gubler, SCNAT
Dr. Christian Steger, ETH Zurich
Dr. Christoph Marty, SLF
Prof. Dr. Christoph Schär, ETH Zurich

Submitted by:
Sarina Danioth
18-924-597

Zurich / April 6, 2023

Sarina Danioth 2023
Masterarbeit ETH/MeteoSchweiz/SLF
→ LINK

VIELEN DANK!