

Homogenisierung von Schneezeitreihen

Wolfgang Schöner¹, Gernot Resch¹, Georg Heinrich¹, Christoph Marty², Moritz Buchmann², Anna Maria Tilg^{2,3}, Roland Koch³,
Giorgia Marcolini⁴, Gabriele Chiogna⁵

¹ University of Graz AT, ² Swiss Snow and Avalanche Institute, Davos CH, ³
Geosphere Austria AT, ⁴ Uni Trento IT, ⁵ Uni Munich GE



Inhaltsgliederung

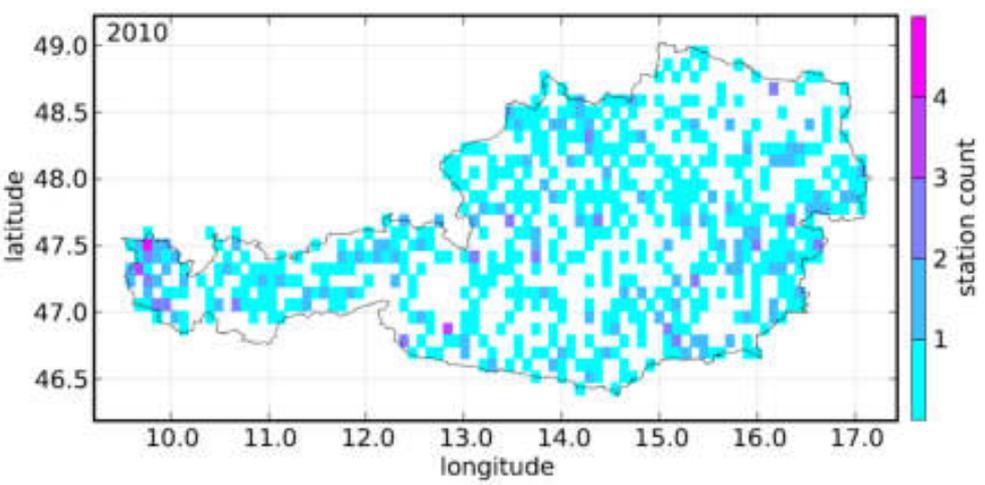
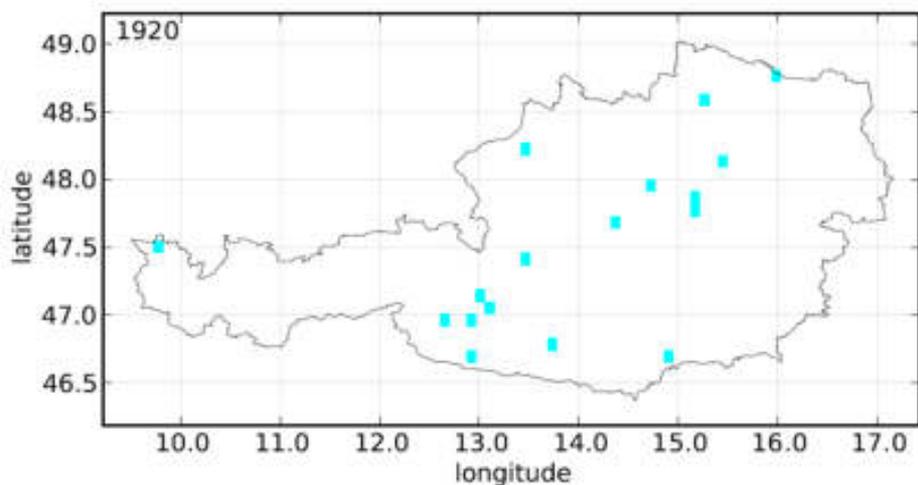
- Was versteht man unter Homogenisierung von (Schnee)zeitreihen und warum ist sie wichtig?
- Welche Methoden der Homogenisierung (relative Methoden) gibt es?
- Was sind die Besonderheiten des Schnees in Bezug zur Homogenisierung?
- Ergebnisse der Homogenisierung von Zeitreihen der Gesamtschneehöhe aus Österreich und der Schweiz
- Schlussfolgerungen

Stationsnetz Neuschnee- und Gesamtschneehöhe

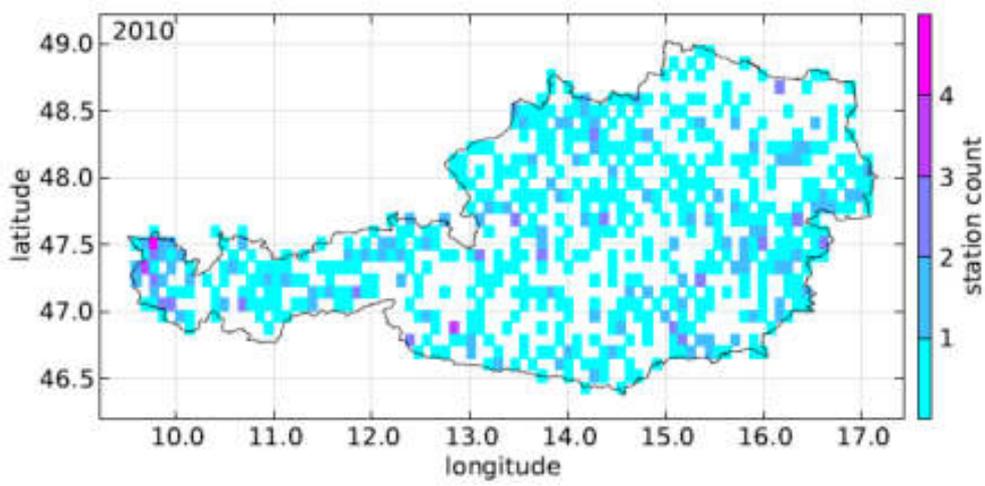
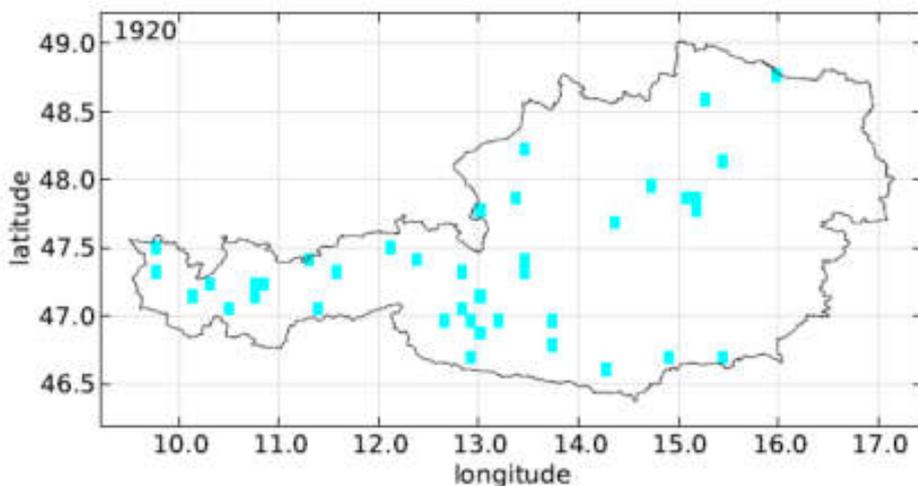
Hydrographie Österreich

Schöner et al., 2017

Neuschneehöhe



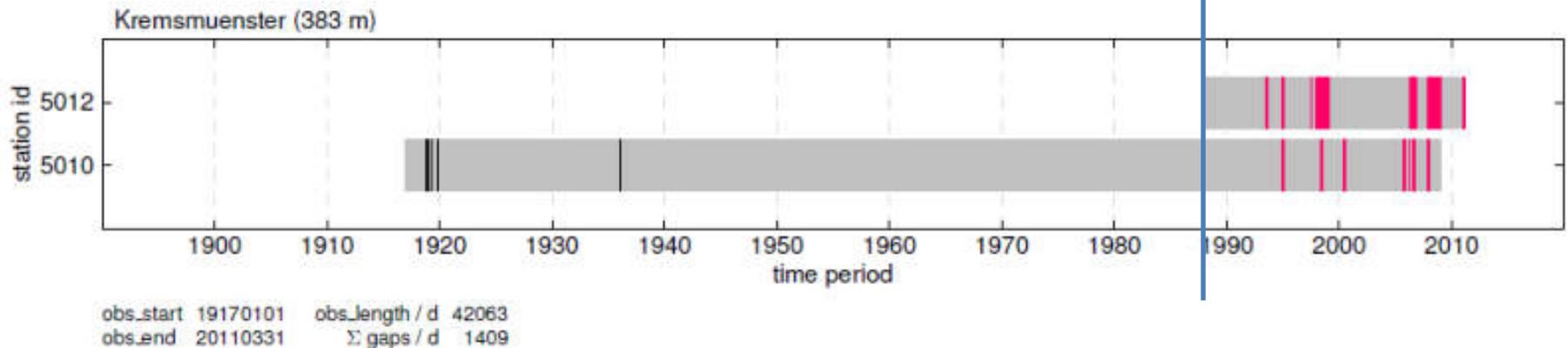
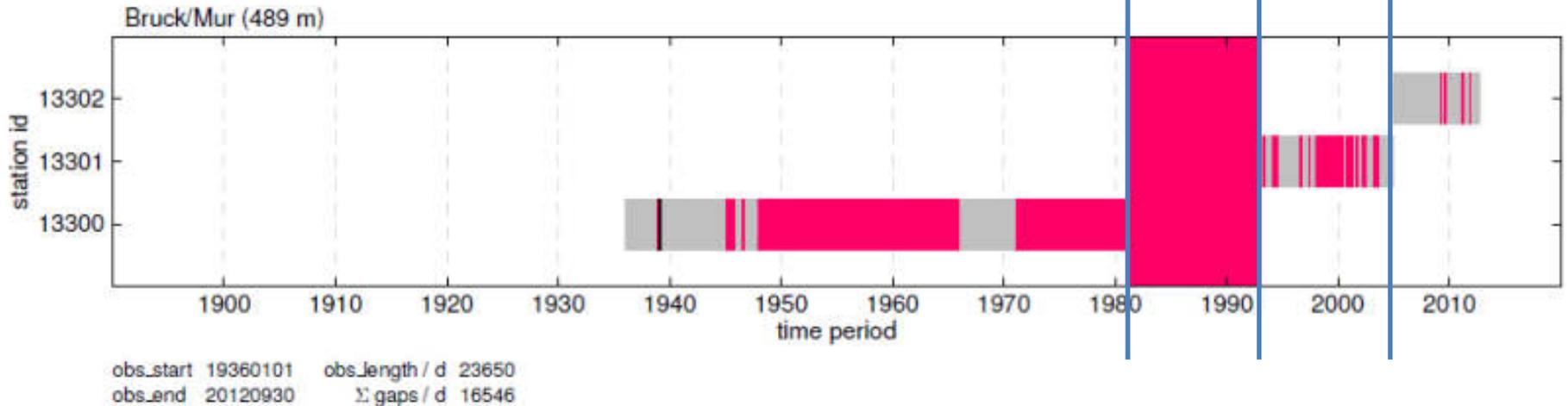
Gesamtschneehöhe



Datenhistorie

GSA Gesamtschneehöhe

Stationsverlegungen



Schöner et al., 2017

→ Stationsverlegungen
→ Unterbrechungen/Ausfälle

Rot: Gap > 30 Tage/Jahr
Grün: Gap > 10 Tage/Jahr
Grau: Gap > 1 Tage/Jahr

Was versteht man unter Homogenisierung von Schneezeitreihen

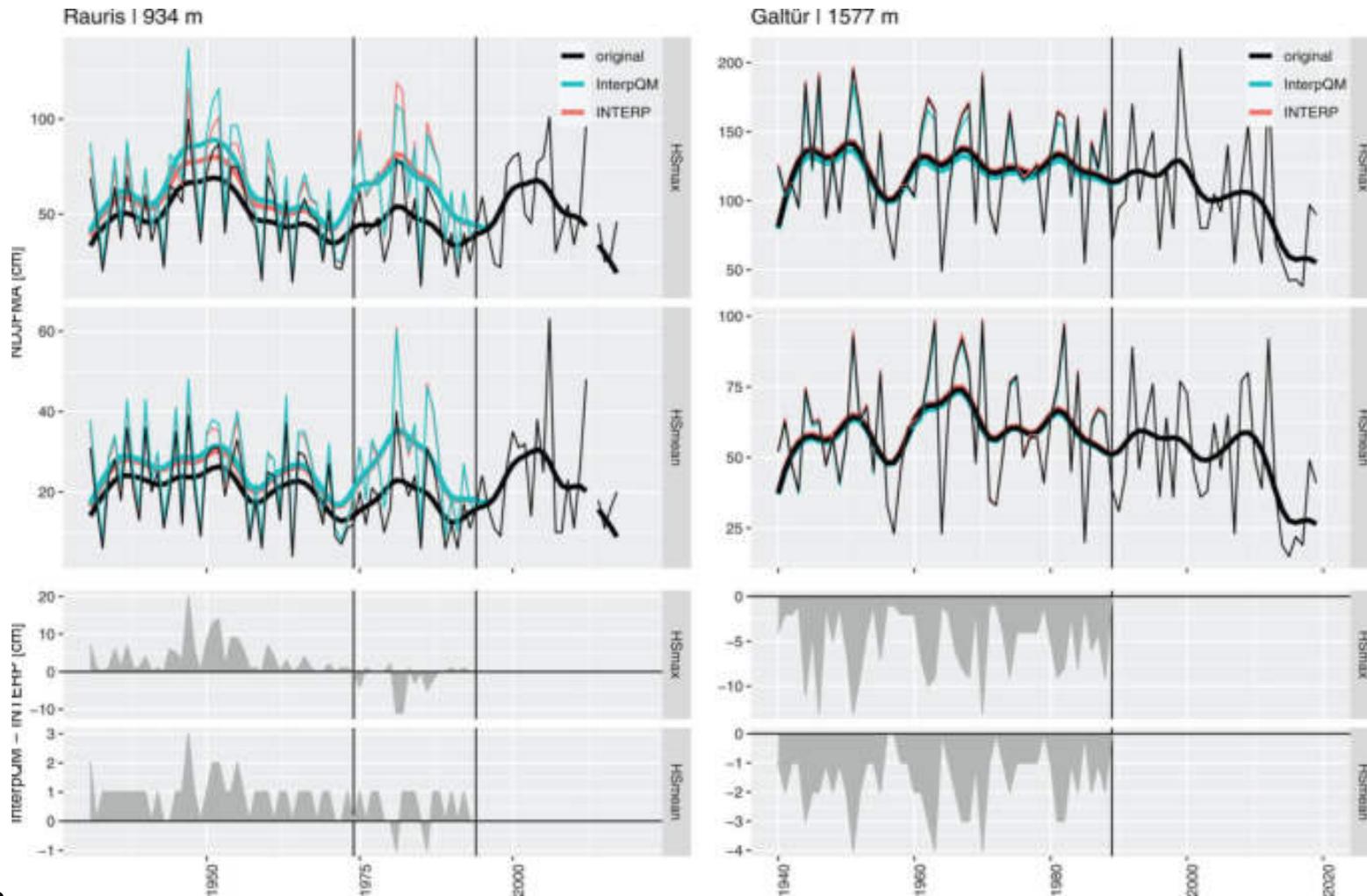
Allen hydrologischen/meteorologischen/...

Beobachtungsnetzen basierend auf Stationsbeobachtungen sind Veränderungen immanent, und zwar:

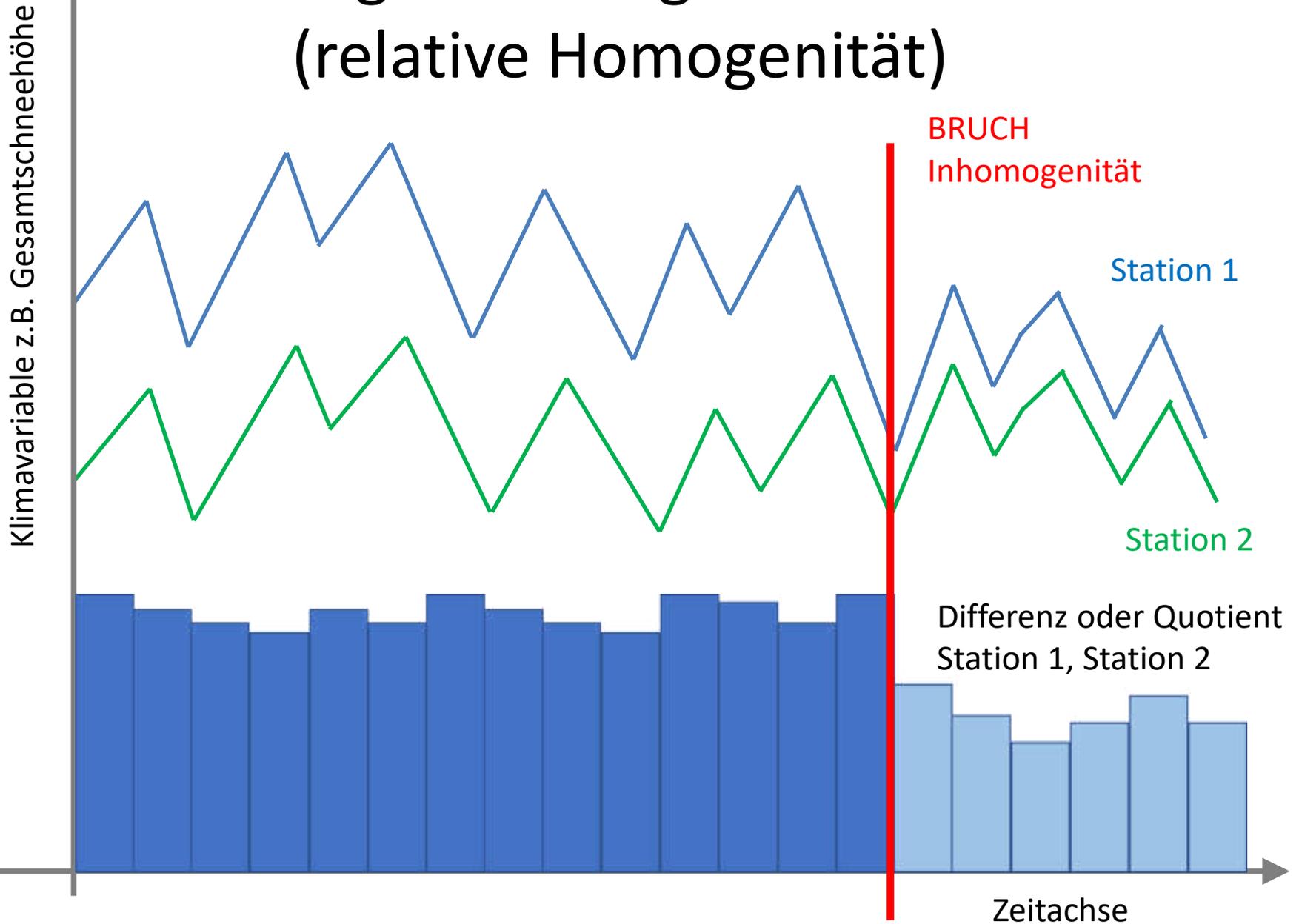
- Verlegungen der Station (innerhalb/außerhalb eines Ortes)
- Änderungen der Beobachtungsvorschriften
- Beobachterwechsel
- Änderung des Messsystems/Messensors
- Änderung der Beobachtungstermine
- ...

ALLE diese Änderungen sind nicht vom Klima verursacht und „stecken in den Zeitreihen drin“. Will man Aussagen über vom Klima verursachte Veränderungen gewinnen, müssen diese Änderungen aus den Zeitreihen entfernt werden → die Zeitreihen müssen **homogenisiert** werden.

Was versteht man unter Homogenisierung von Schneezeitreihen



Homogenisierung in a nutshell (relative Homogenität)



Welche Methoden der Homogenisierung gibt es?

Prinzipielle Schritte der Homogenisierung:

- Lücken in Zeitreihen füllen
- Brucherkenkung (break detection)
- Bruchkorrektur (break correction) → besonders anspruchsvoll

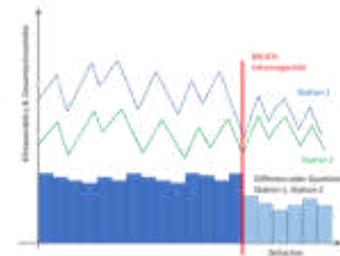
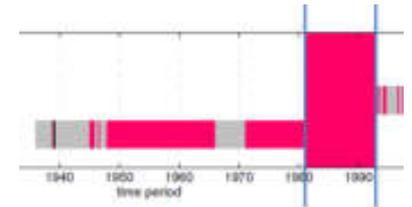
Relative Homogenitätstests:

HOMER, Climatol, SNHT, MASH, ACMANT, ...

Verschiedene Methoden der Bruchkorrektur:

Vergleich Median/Mittel der Differenzenreihe (vor/nach Bruch), quantilsbasierte Anpassung, ...

(Verschiedene Methoden für Berechnung der Referenzreihe)



Herausforderungen der Schneehomogenisierung

Gesamtschneehöhe
Neuschneehöhe
Schneewasseräquivalent
Schneedeckentage
Winterdeckentage
Maximale Schneehöhe
...

Welche Größen sollen homogenisiert werden?
Wie passen sie nach der Homogenisierung zusammen?
Sollen mit der Homogenisierung der Gesamtschneehöhe
die Schneedeckentage verändert werden oder nicht?
...

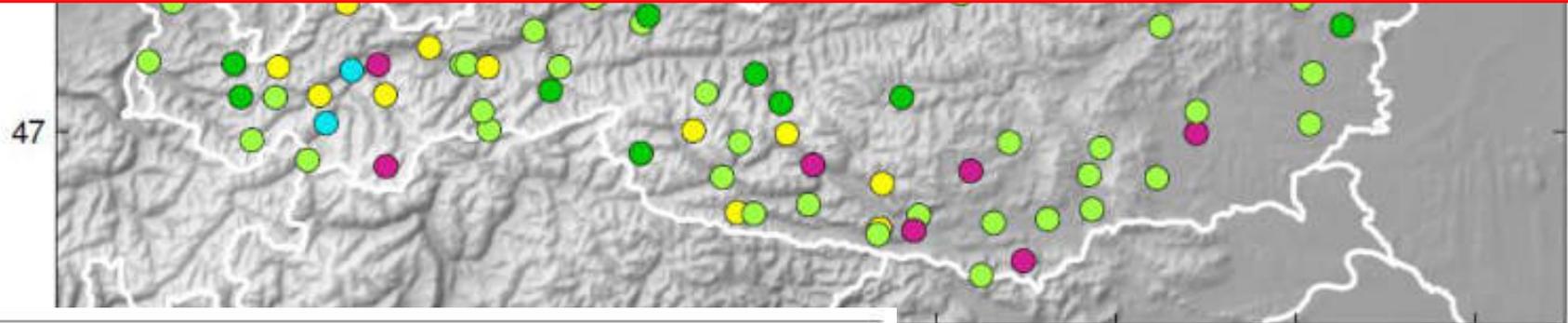
Lessons learned...

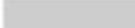
Homogenisierung Gesamtschneehöhe

ZAMG und HZB Stationen



Parameter	Anzahl der getesteten Stationen	Anzahl der Stationen ohne Bruch	Anzahl aller detektierten Brüche	Bruchdetektion		
				Anzahl der Brüche belegbar über Metainformation	Anzahl der homogenisierten Zeitreihen	keine oder teilweise Homogenisierung
<i>Gesamtschneehöhe</i>	100	53	47	25	10	18



	In Bearbeitung
	Keine Brüche detektiert (homogene Reihe)
	Bruch detektiert, Homogenisierung durchgeführt
	keine Homogenisierung möglich
	Detektion von Bruch um angegebenes Datum bei vergleichsweise geringen Schneehöhen; keine weiteren Brüche detektiert; Zeitreihe kann als homogen angesehen werden
	Eines der 3 Kriterien CAU, JON oder LEB liefert Division durch Null (Inf); Ursache ist vermutlich eine zu geringe Anzahl von Referenzstationen für die auszuwertende Zeitperioden sowie zu wenig Messwerte, der Kandidatsstation (Beobachtungslücken)

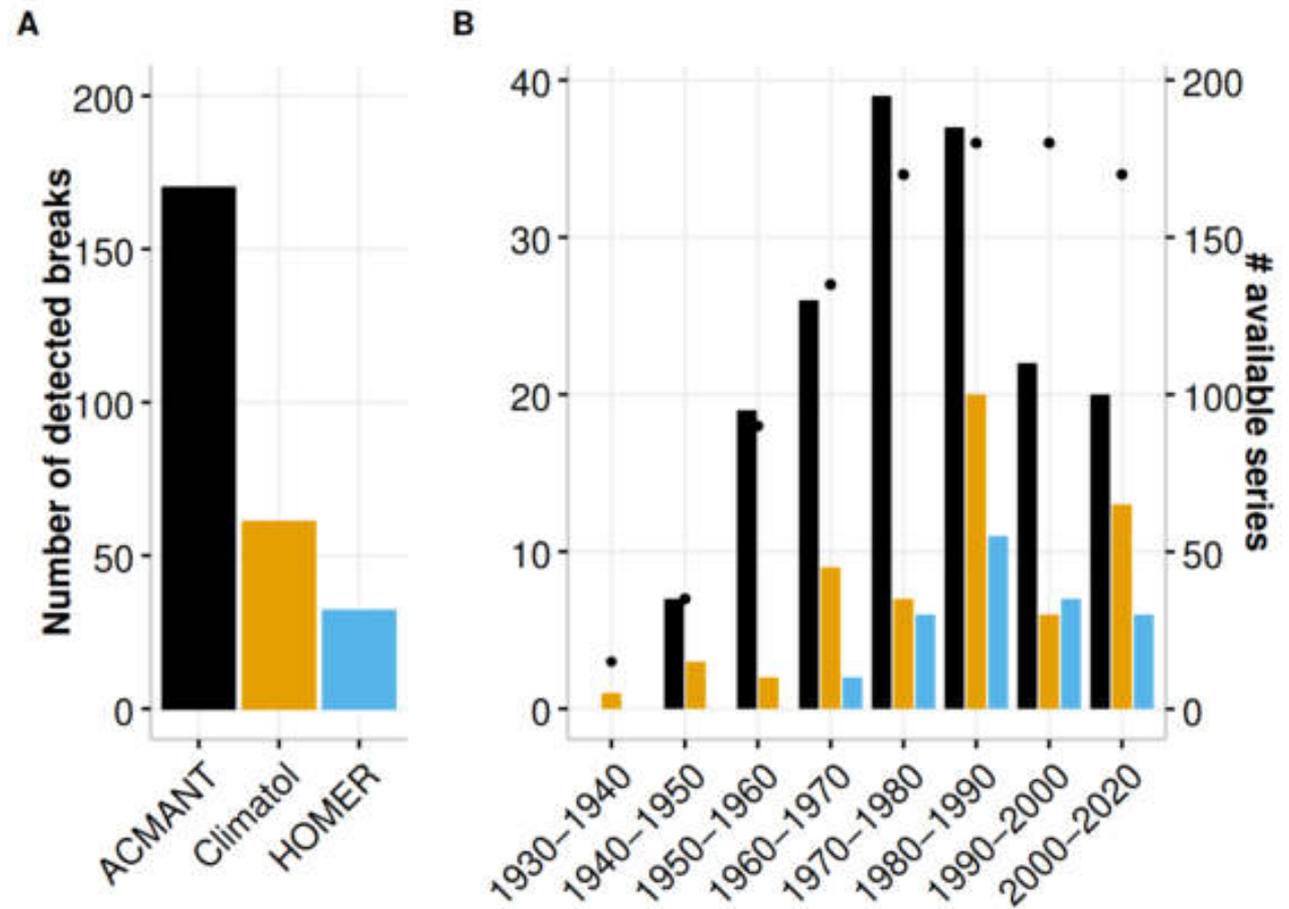
14 15 16 17

Schöner et al., 2017

Bruchdetektion Gesamtschneehöhe (CH)

Ergebnisse von FWF DACH Hom4Snow

3 verschiedene Bruchdetektions-Methoden:



Buchmann et al., 2022

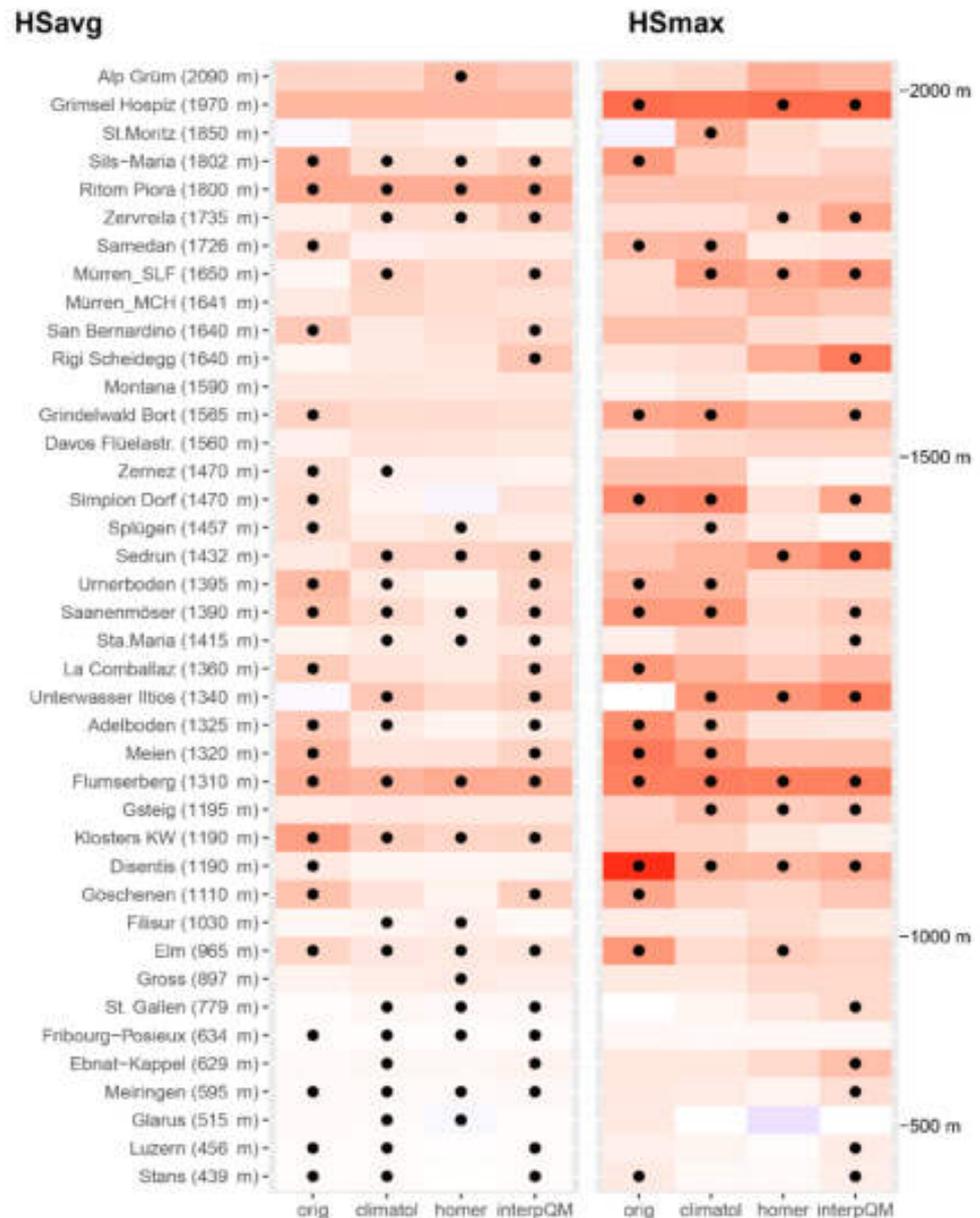
Auswirkung der Homogenisierung auf zeitliche Trends in den Zeitreihen

Ergebnisse aus
FWF DACH Hom4Snow



Theil-Sen slope

Buchmann, Resch, et al., 2023



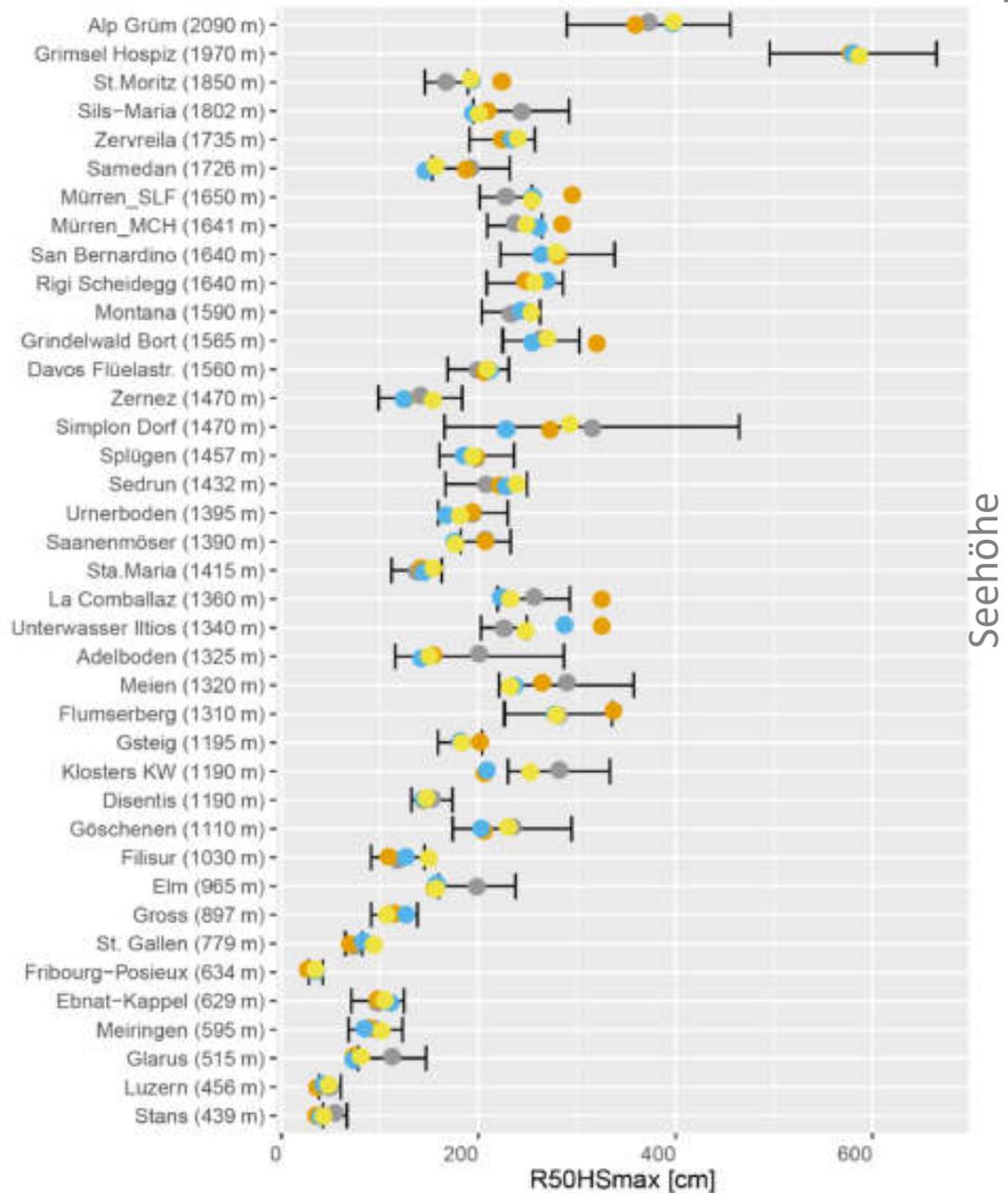
Auswirkung der Homogenisierung auf 50 jährliche Extremschneehöhe

Ergebnisse aus
FWF DACH Hom4Snow

● Original ● Climatol ● HOMER ● interpQM

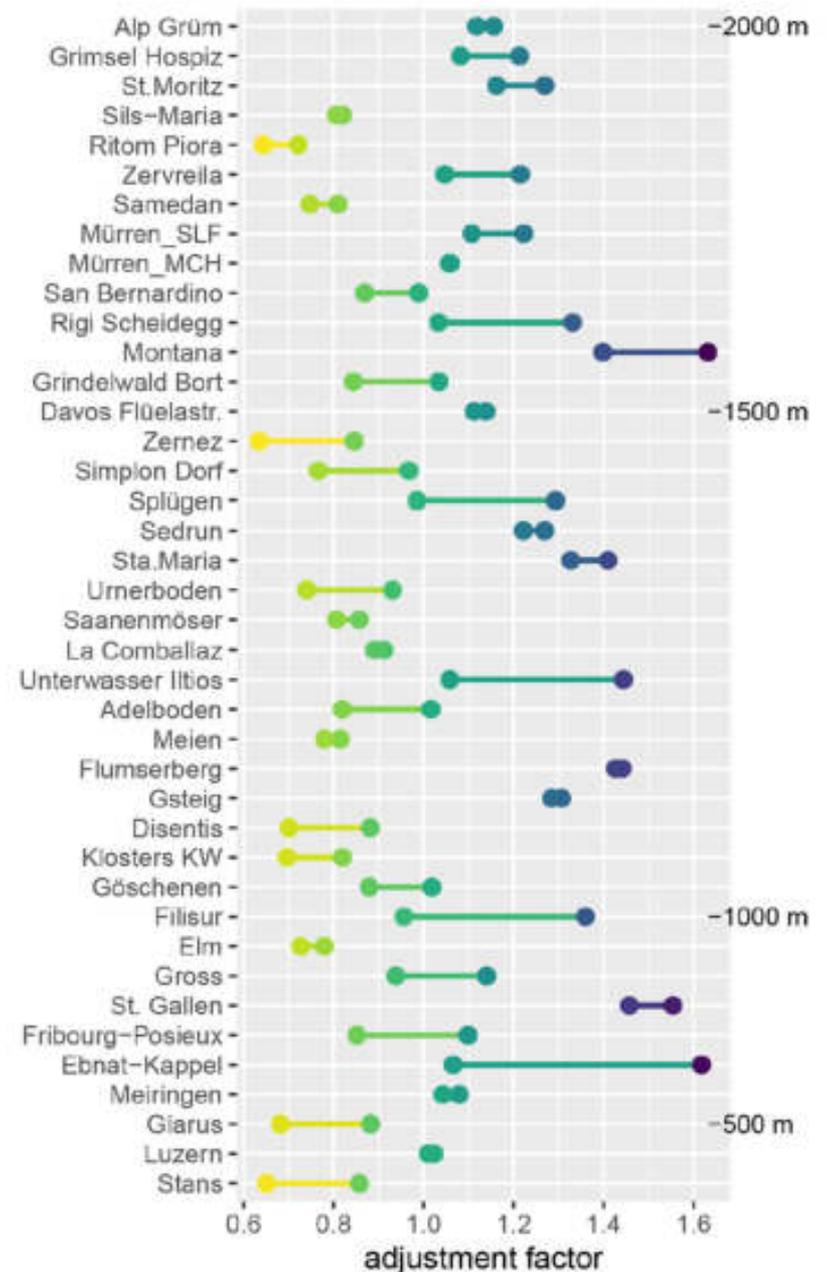
Whisker geben das 95%
Konfidenzintervall der
Originalzeitreihe an

Buchmann, Resch, et al., 2023

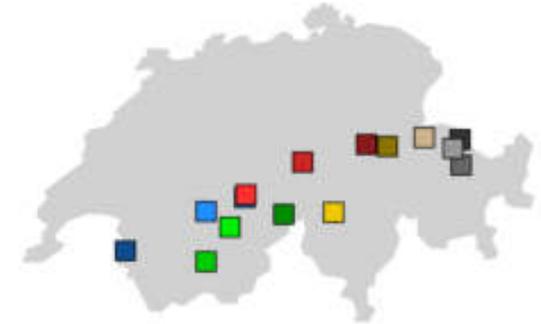
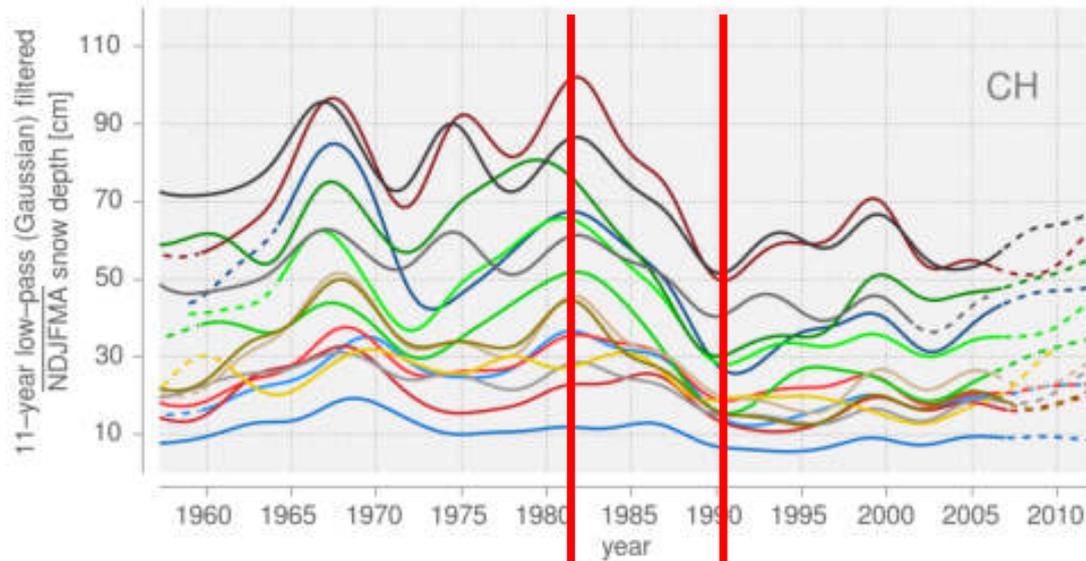


Ermittelte Korrekturfaktoren (quantilweise Anpassung) Gesamtschneehöhe Schweiz

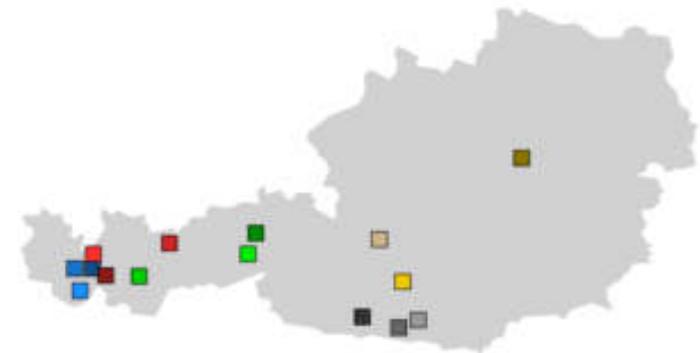
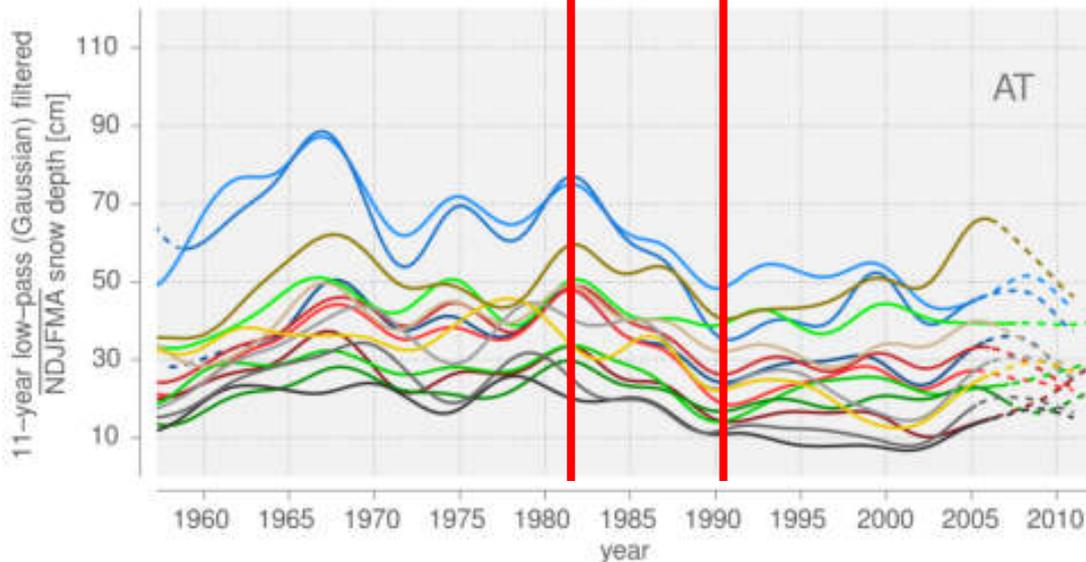
Ergebnisse aus
FWF DACH Hom4Snow



Erst nach der Homogenisierung sollte Zeitreihenanalyse erfolgen



Station zwischen 800 und
1600m.a.s.l. in AT und CH



Schlussfolgerungen

- Homogenisierung sollte eine Standardmethode in der Zeitreihenanalyse von Klimadaten sein
- Für die Schneedecke gibt es spezielle Herausforderungen (z.B. Gesamtschneehöhe sollte nicht nur in sich sondern auch zur Neuschneehöhe homogen sein). Im Vergleich zu anderen Klimavariablen weist die Gesamtschneehöhe jedoch (deutlich) weniger Inhomogenitäten auf (ca. 50% homogen in AT).
- Selbst wenn eine Korrektur von Inhomogenitäten nicht möglich ist, liefert ein Test auf Homogenität wichtige Informationen (inhomogene Reihen können ausgeschlossen werden).

Schlussfolgerungen

- Homogenisierungsmethoden nicht vollautomatisch anwenden!
→ Gefahr für importierte Fehler in Zeitreihen!
- Für die Gesamtschneehöhe ist eine Homogenisierung für Trendanalysen wichtig, für die Berechnung von Bemessungswerten mit Vorsicht anzuwenden

Danke

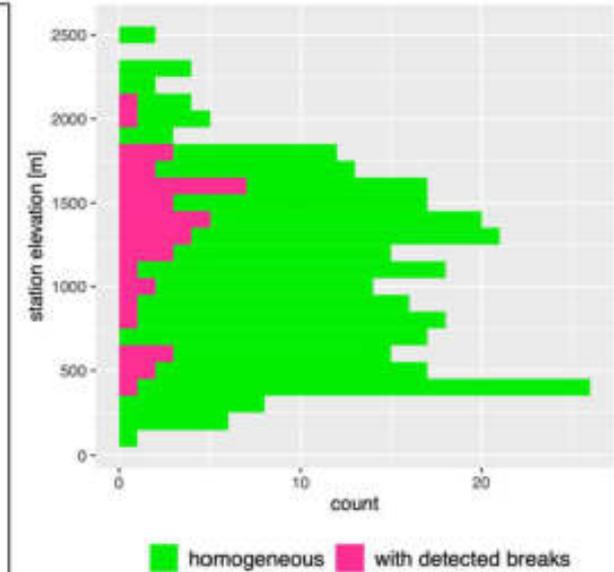
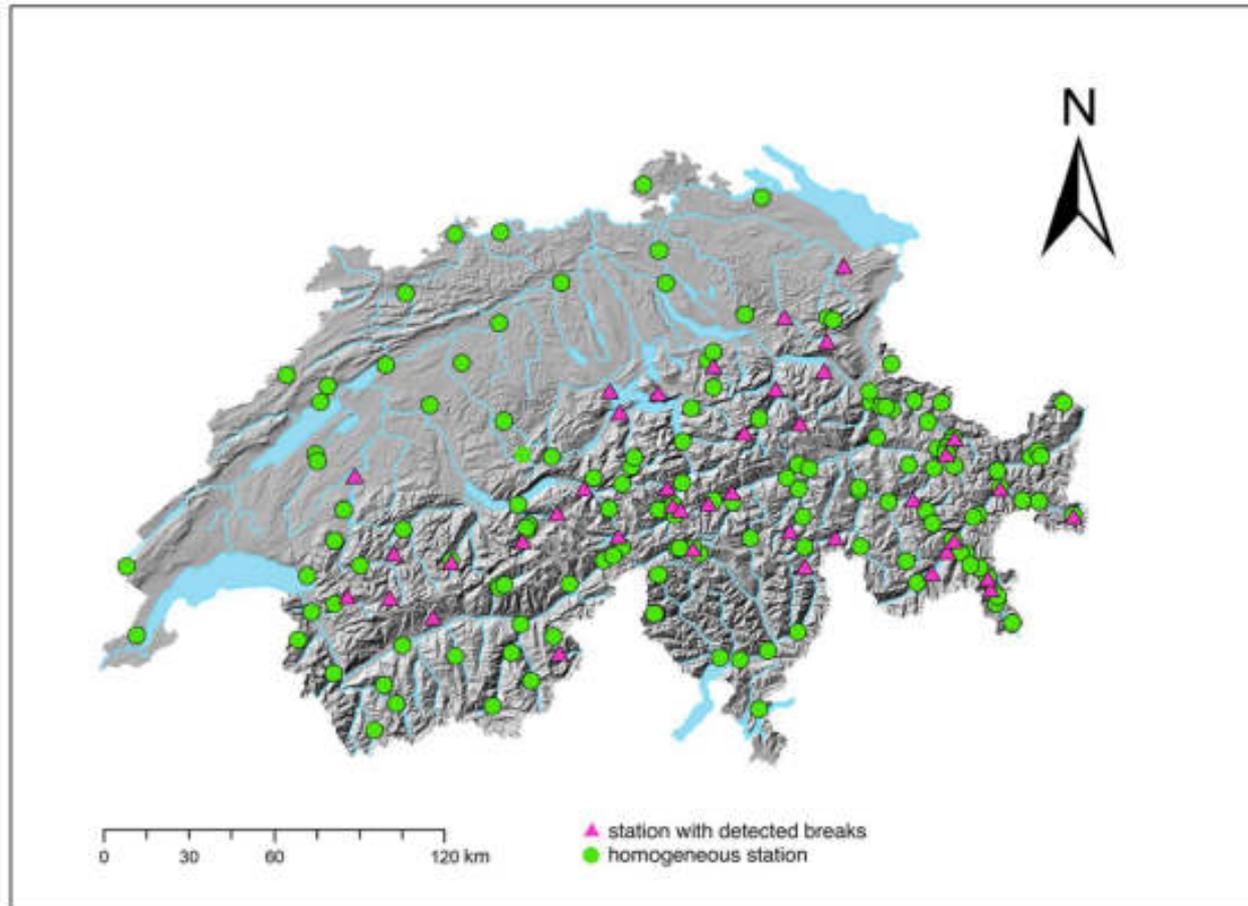
an Messnetzbetreiber Hydrographie Österreich, Geosphere Austria, Meteo-Swiss, WSL-SLF

an FWF, SNF, ACRP, ÖAW, BMBWF für Unterstützung der Forschung

→ für ihr Interesse



Was versteht man unter Homogenisierung von Schneezeitreihen



Was ist mit Schneehomogenisierung gemeint?



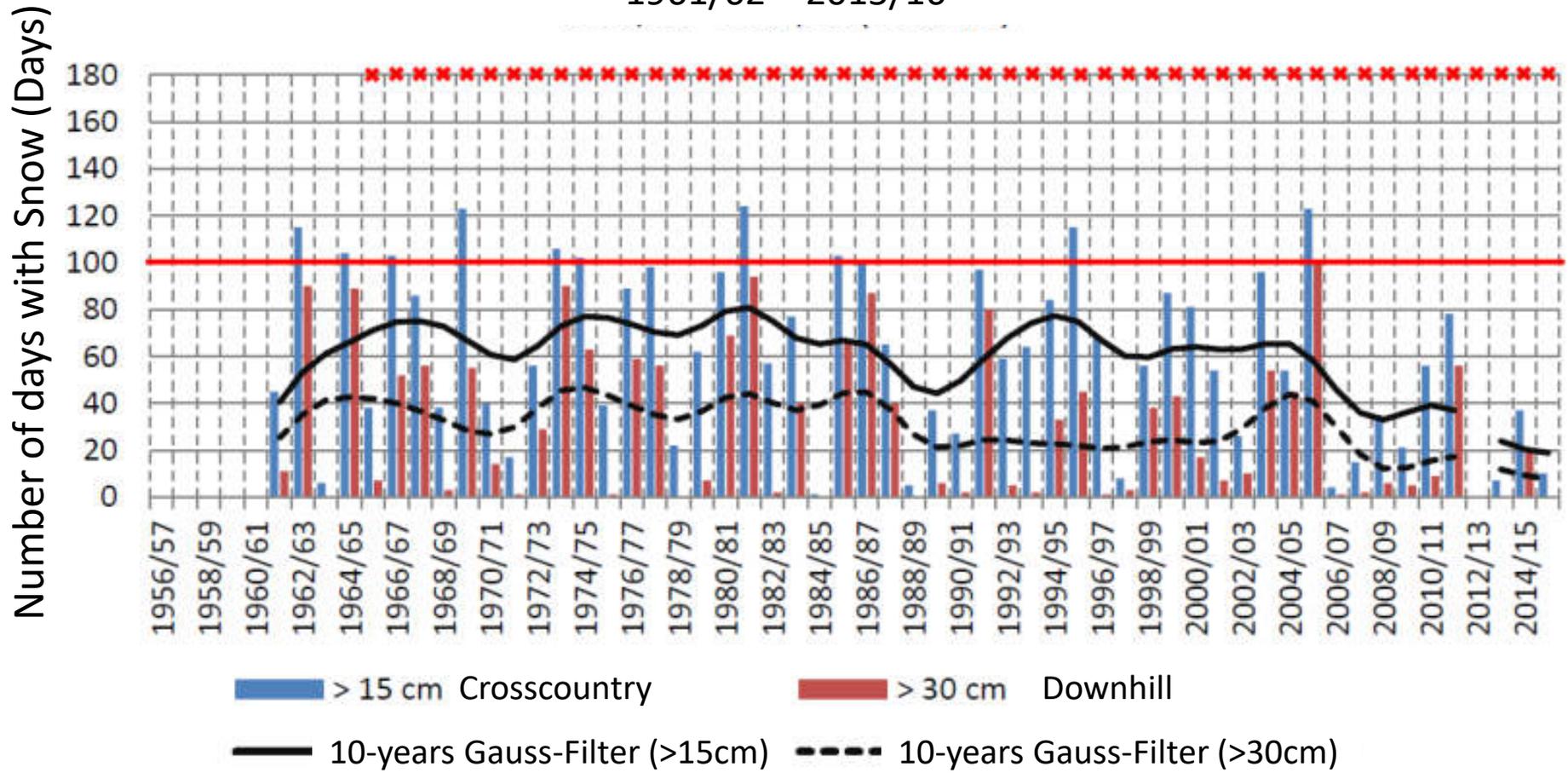
Quelle: www.orf.at/news

Snow indicator for economical success of skiing resorts

100 days rule



Schladming (Austria, 730m a.s.l.)
1961/62 – 2015/16

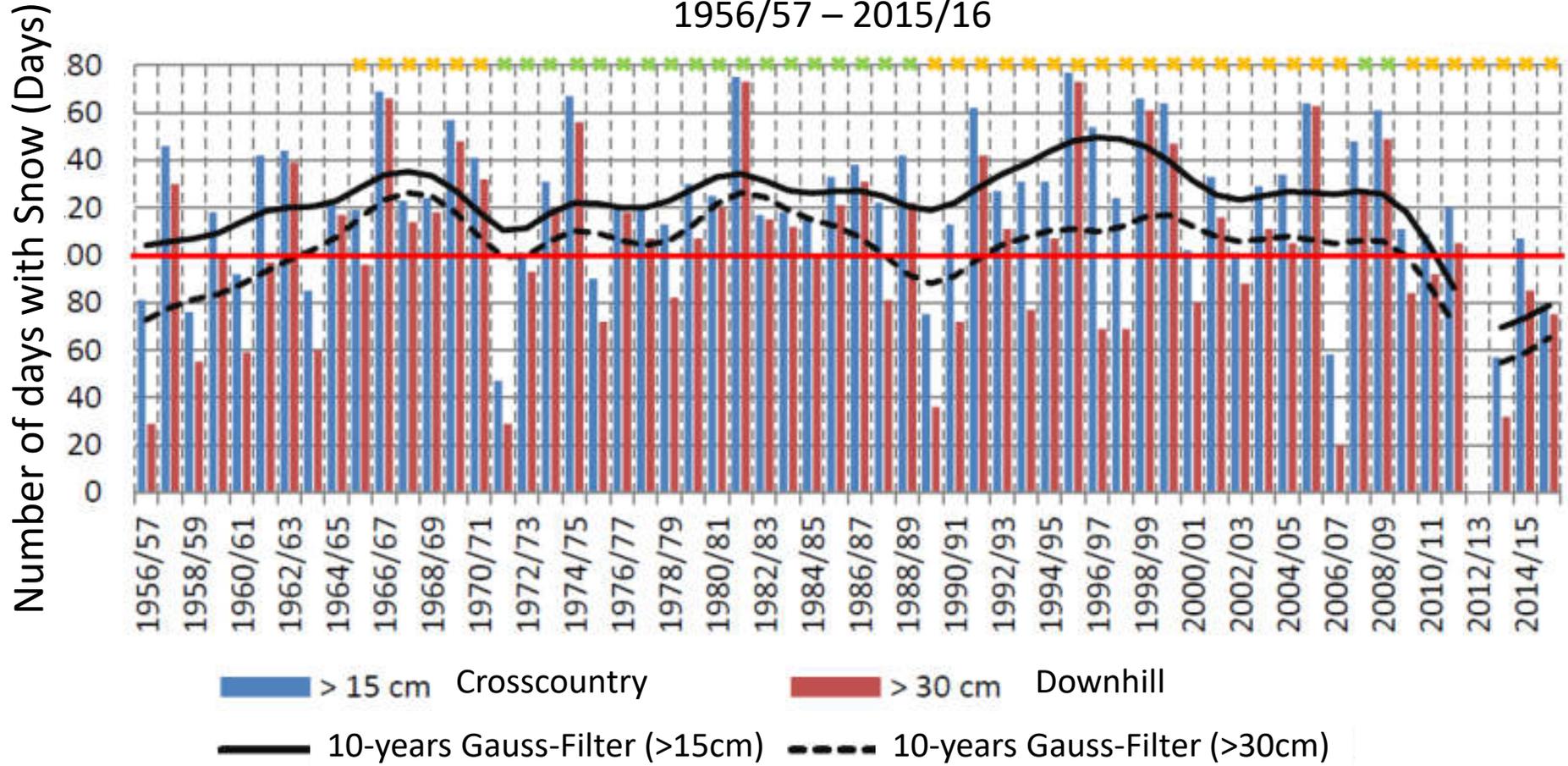


Snow indicator for economical success of skiing resorts

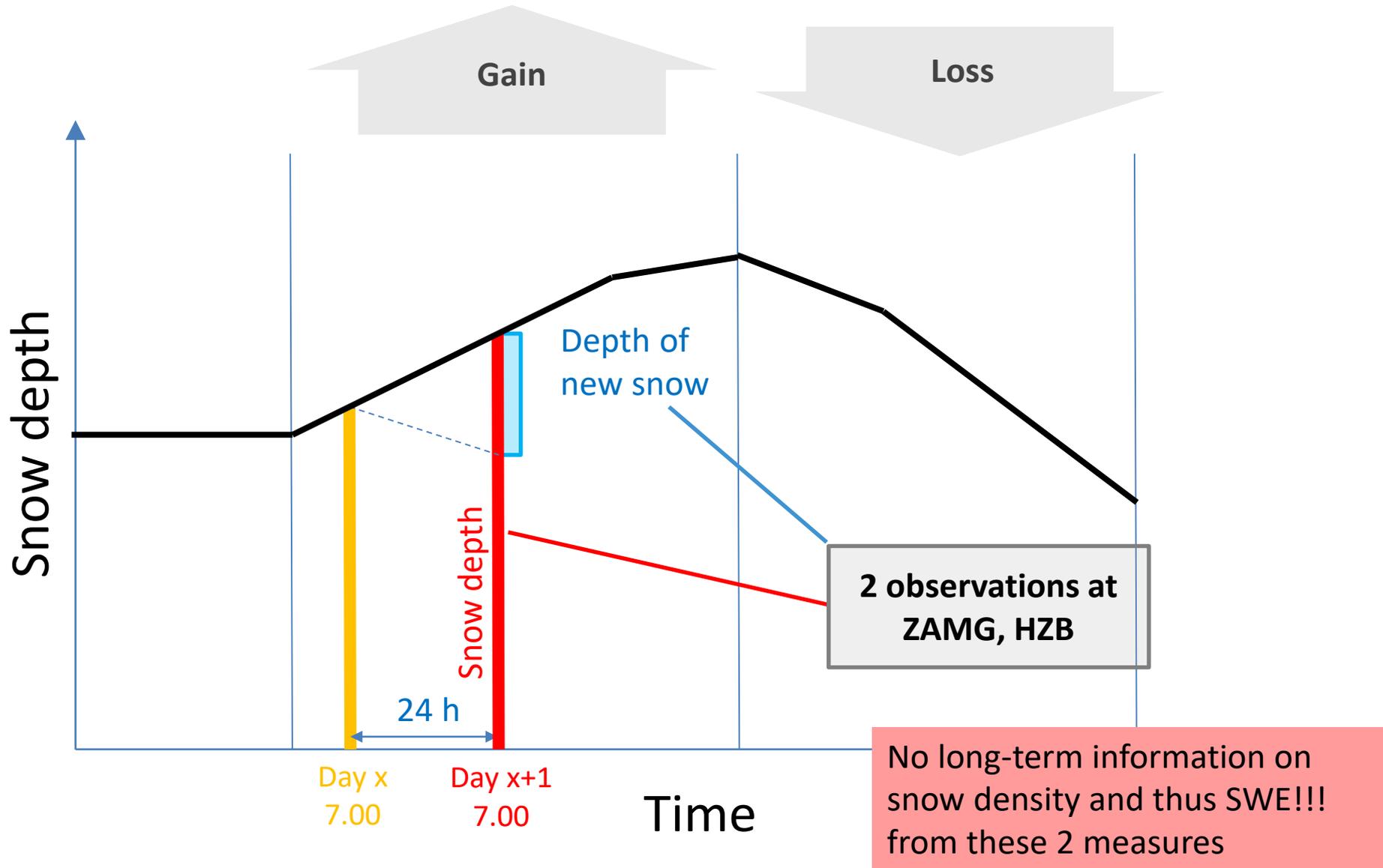
100 days rule



Lackenhof (Austria, 809m a.s.l.)
1956/57 – 2015/16

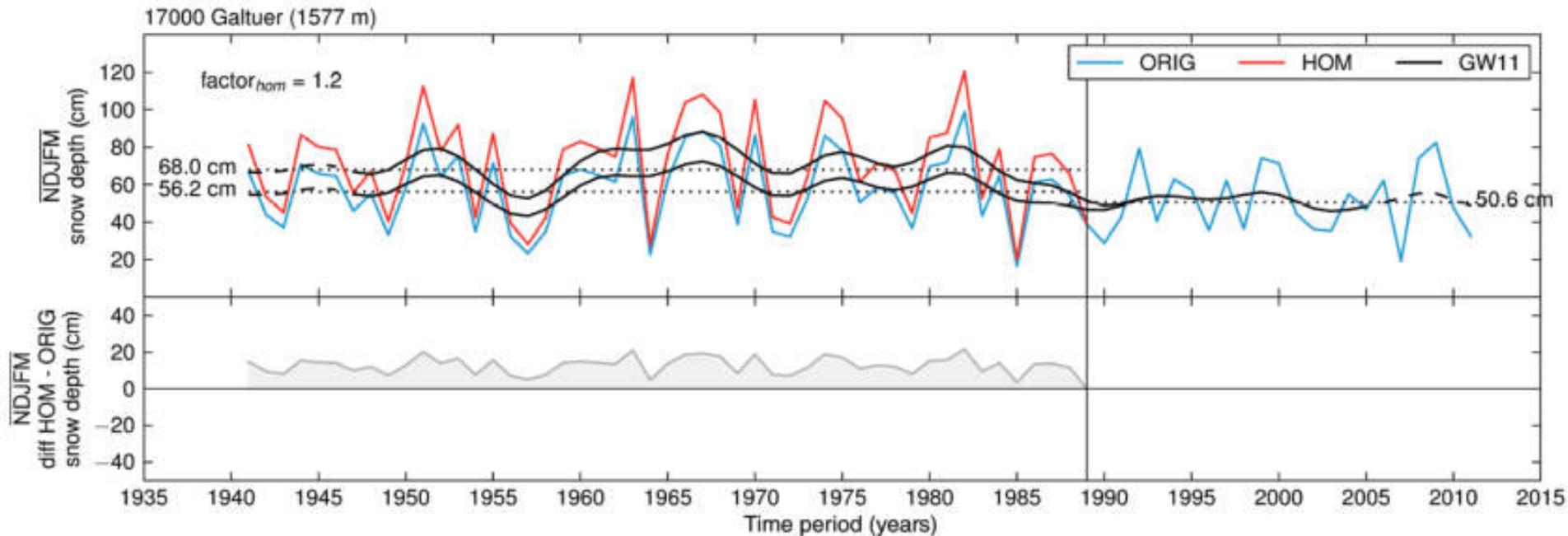


Measurement of temporal change of snow



Homogenization of snow depth

Ex: Galtür

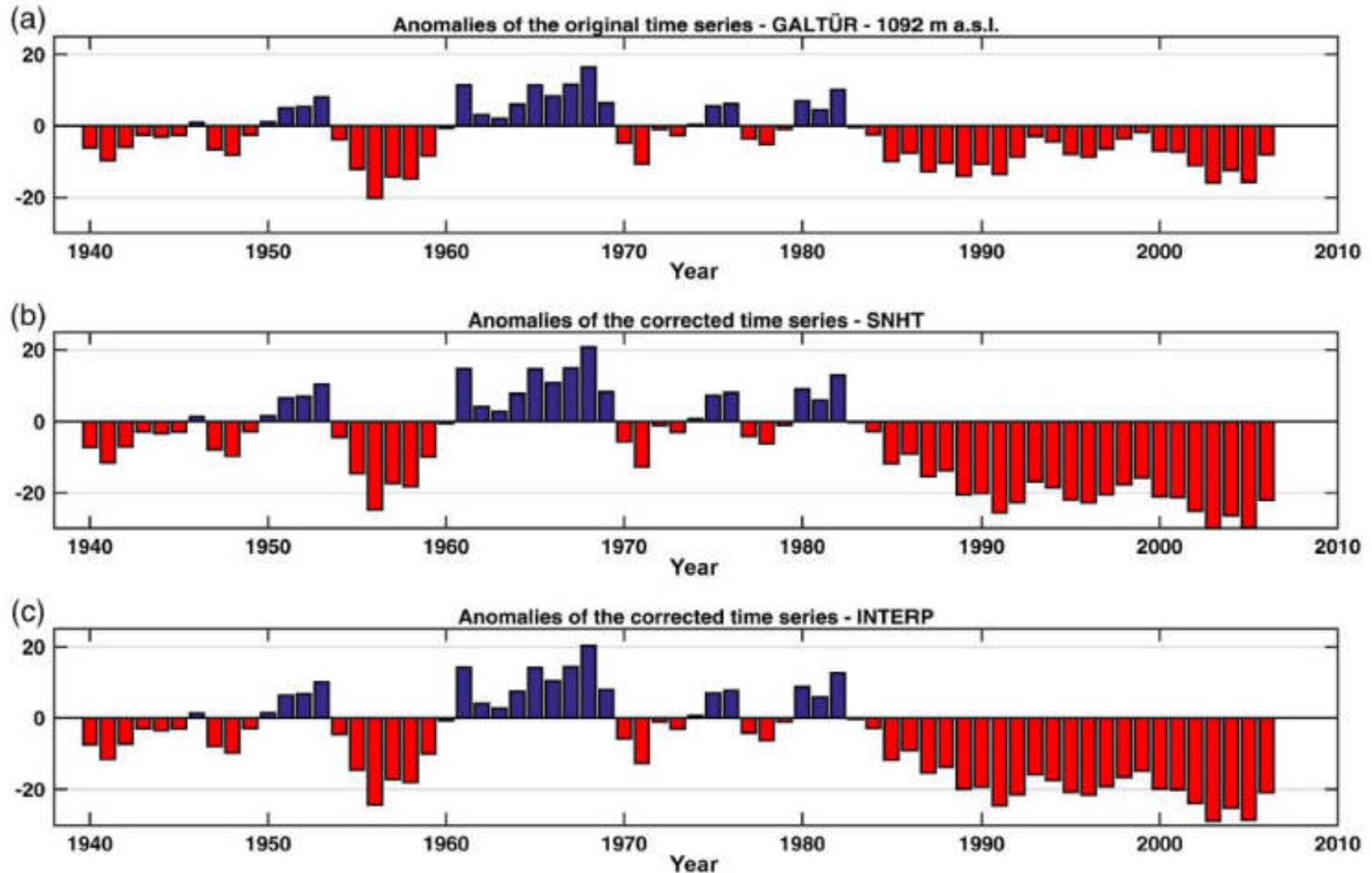


Sounds less, but:

- Impact on trend
- Snow – no snow
- Surface energy balance

Source: Schöner et al., 2018

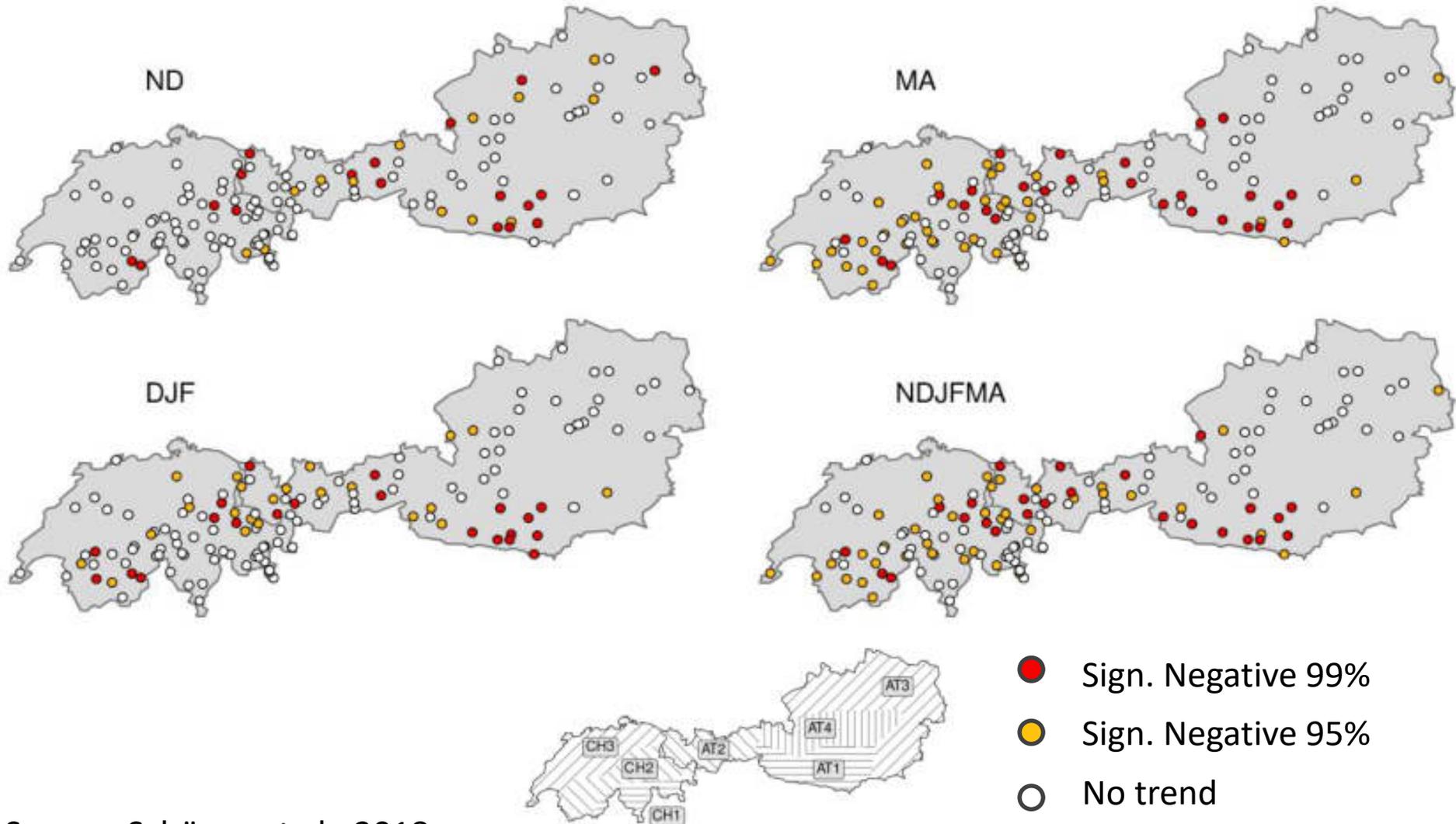
Different homogenization methods



Source: Marcolini et al., 2019

Dependency of SH trend on season

Trend (Mann-Kendall)

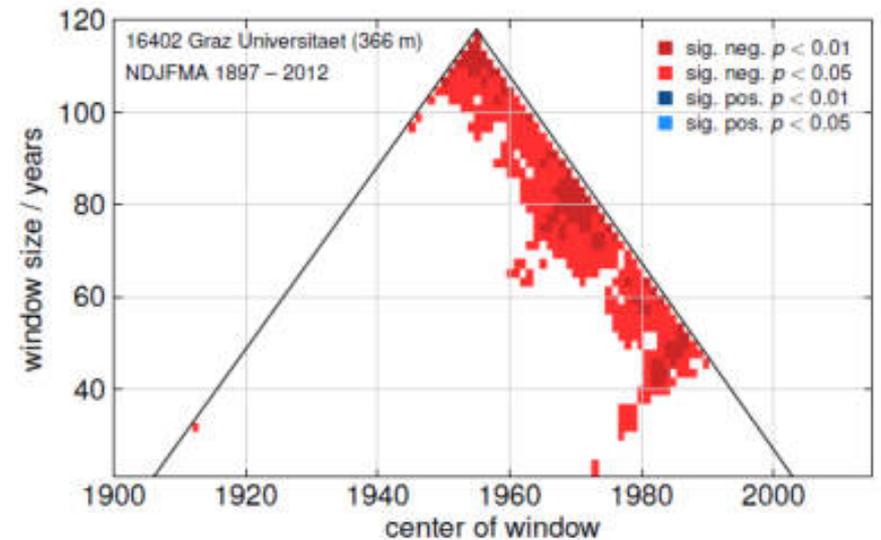
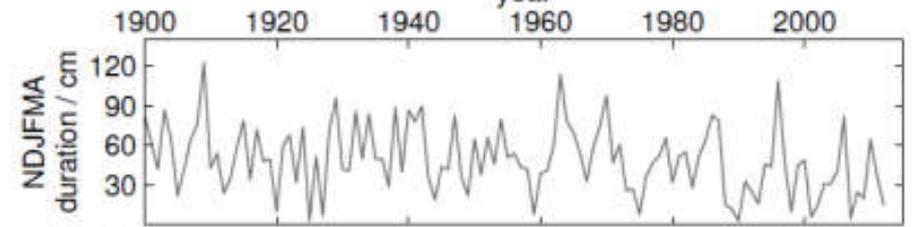
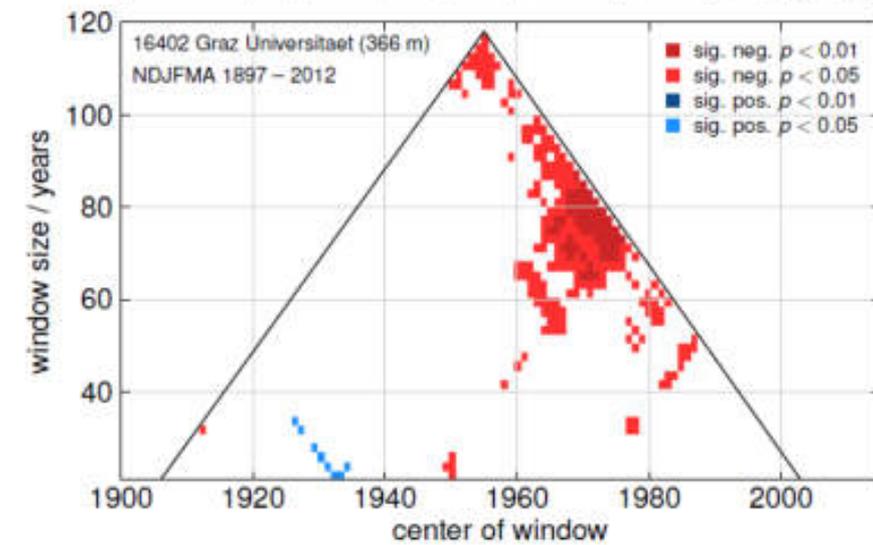
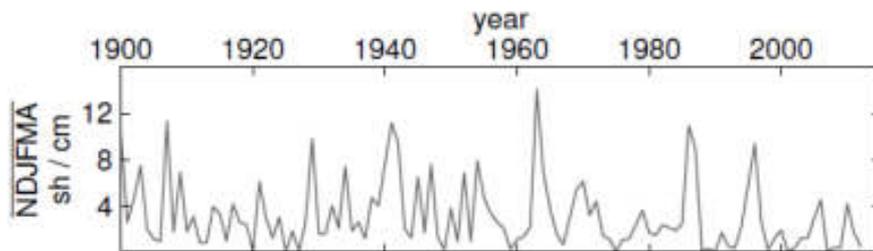
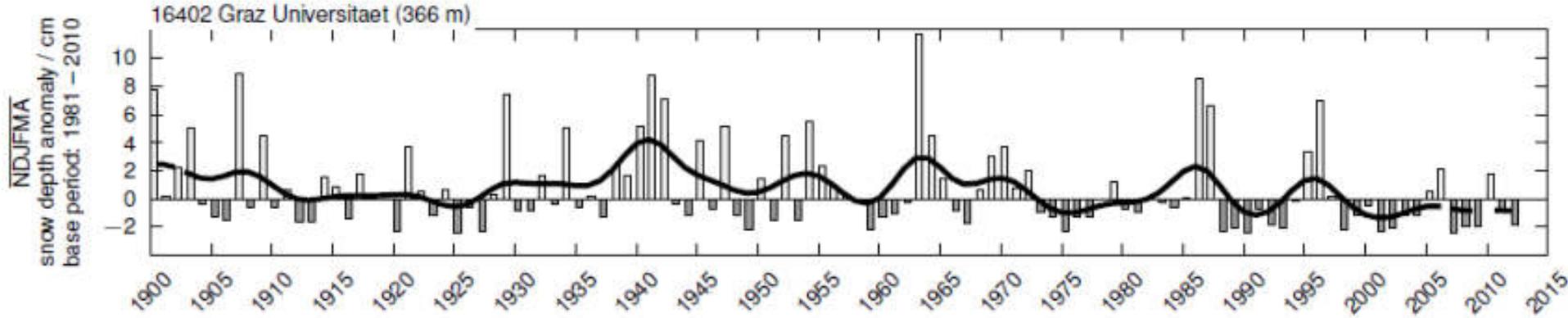


Source: Schöner et al., 2018

Temporal change of snow

Trend (Mann-Kendall)

Considering all possible trends

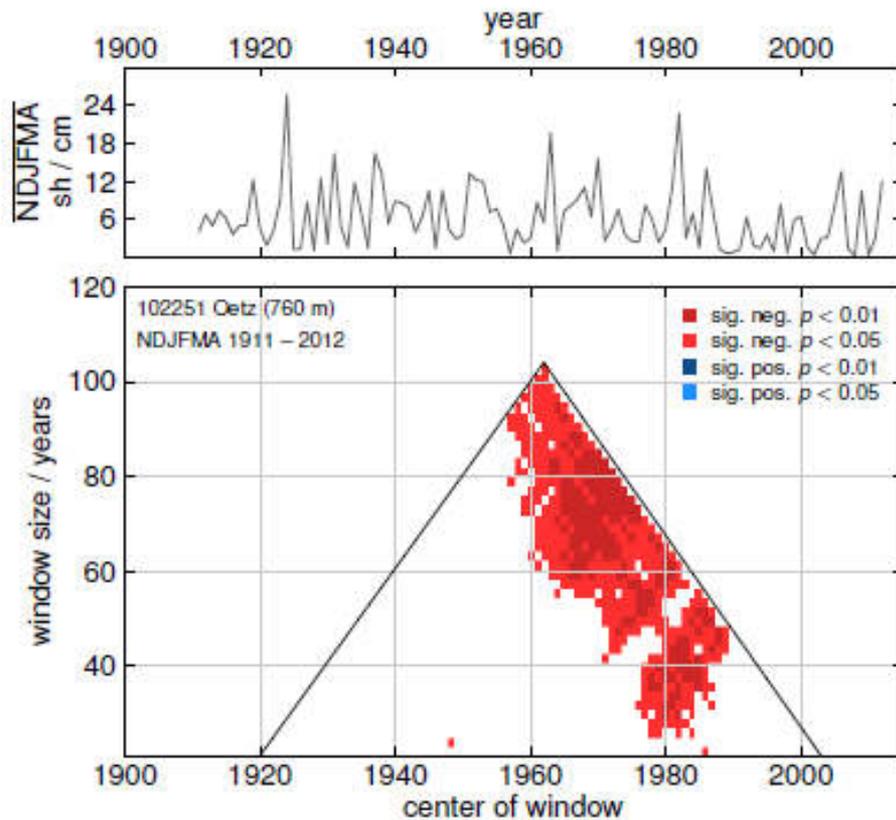


Temporal trend of snow depth

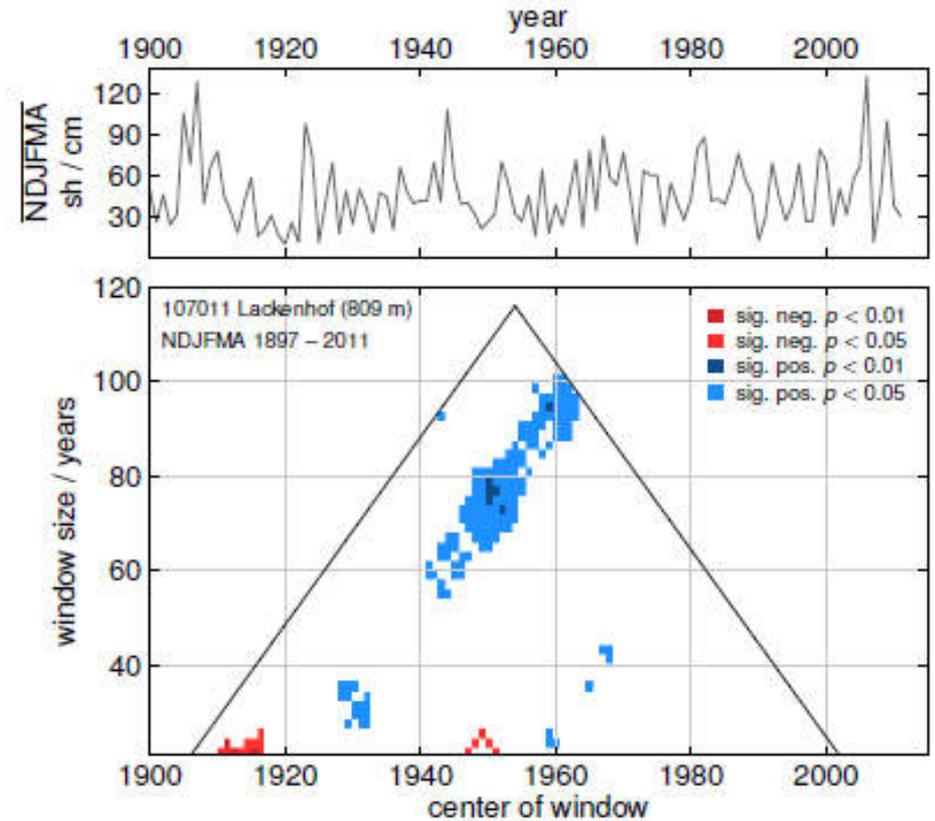
Trend (Mann-Kendall)



Ötz

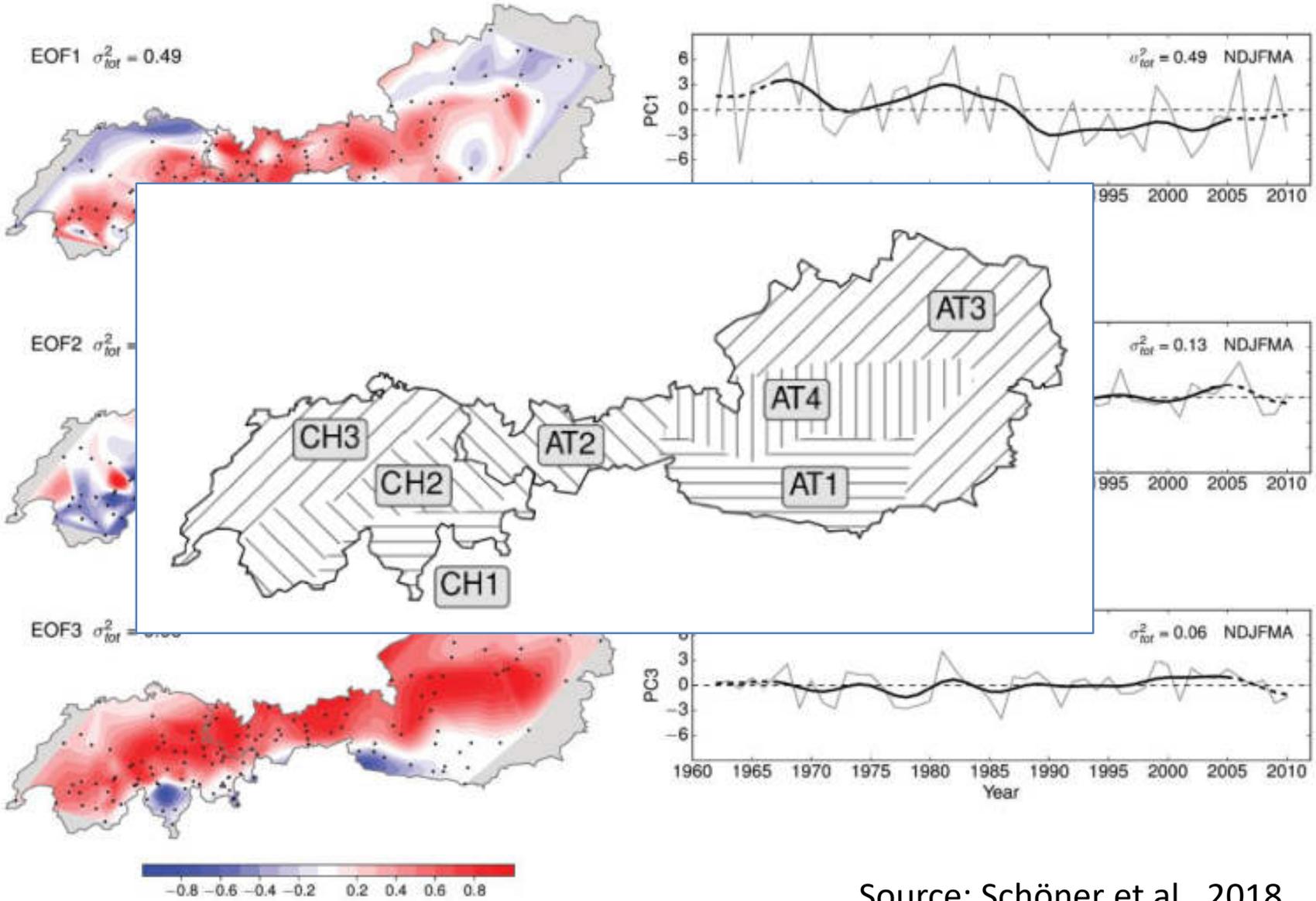


Lackenhof



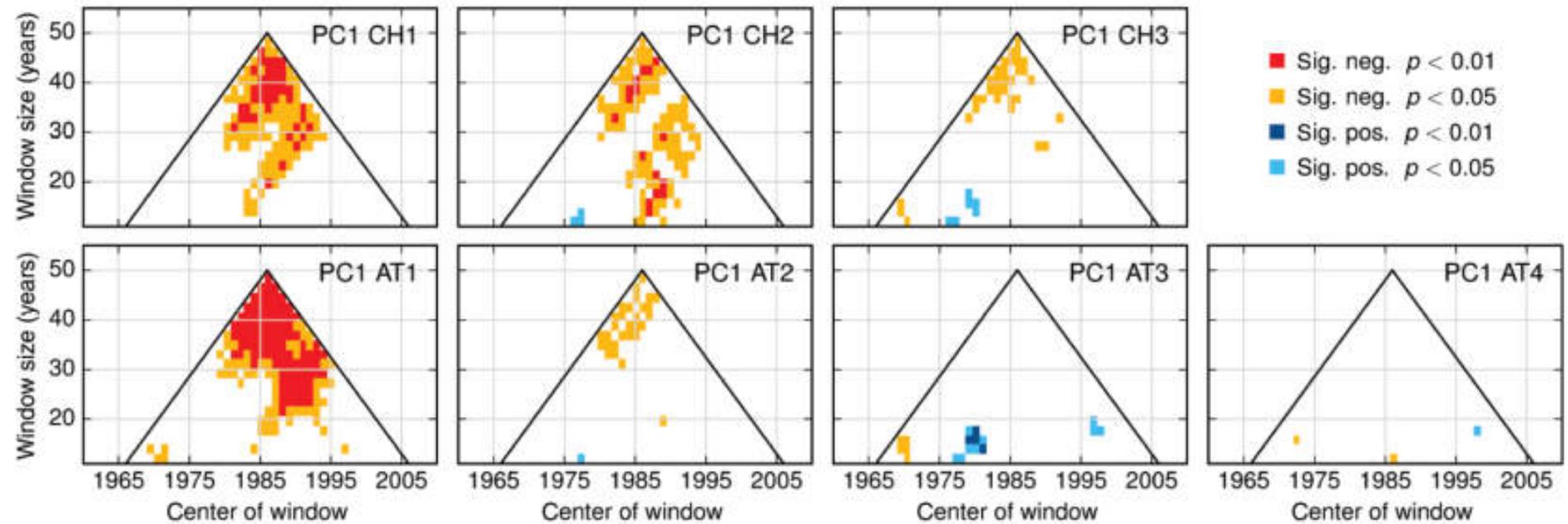
Regionalisation of AT-CH domain

EOF Analysis



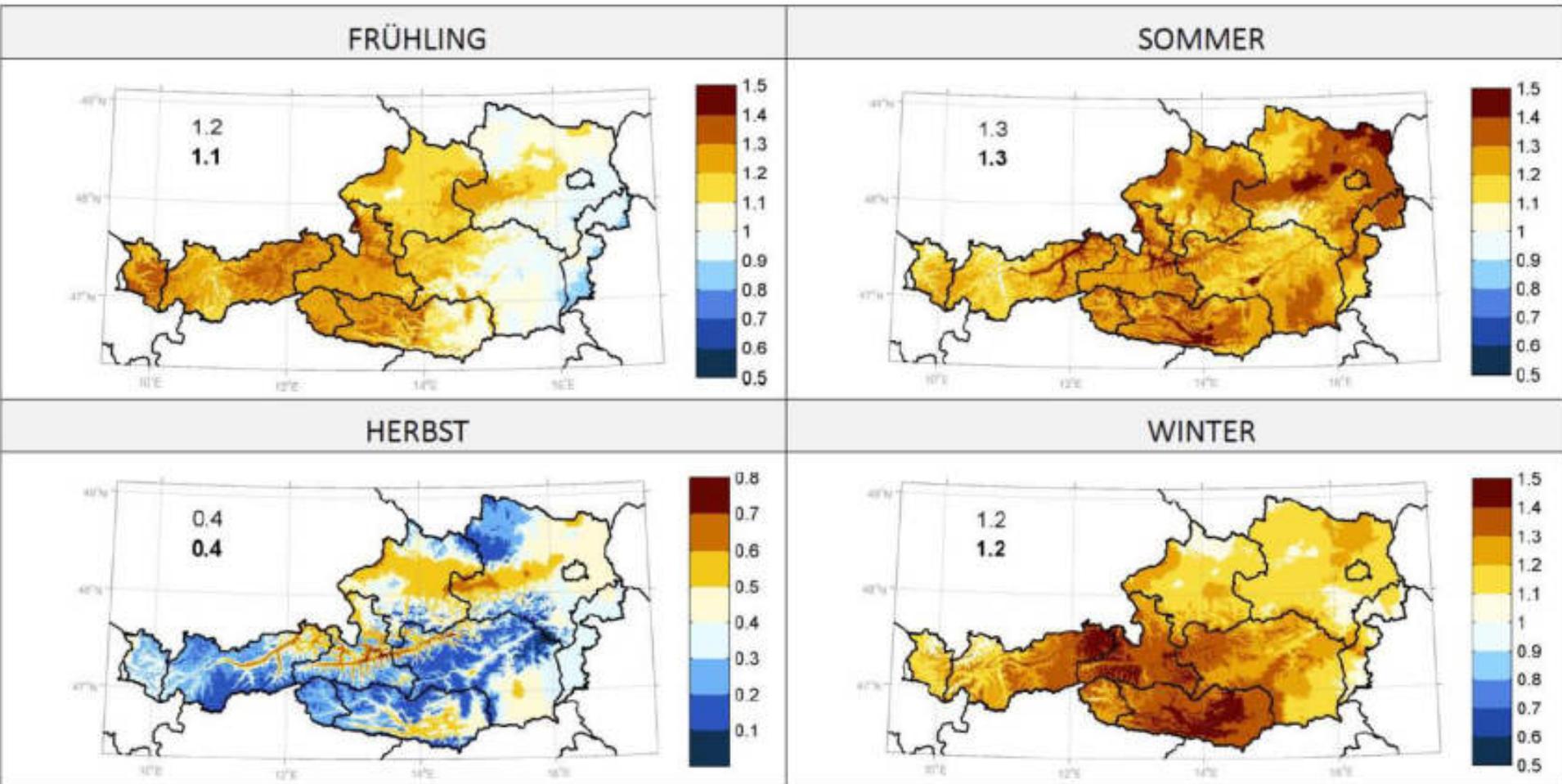
Source: Schöner et al., 2018

Trend for PCs



Temperature change ÖKS15

1986-2010 vs. 1961-1985

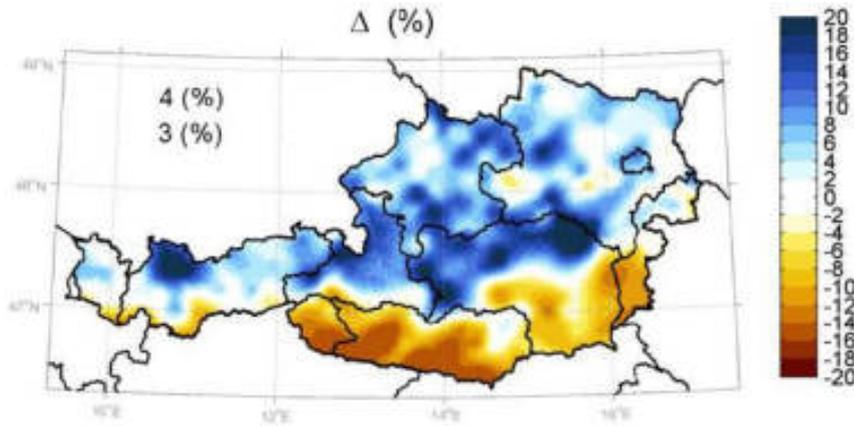


Precipitation change ÖKS15

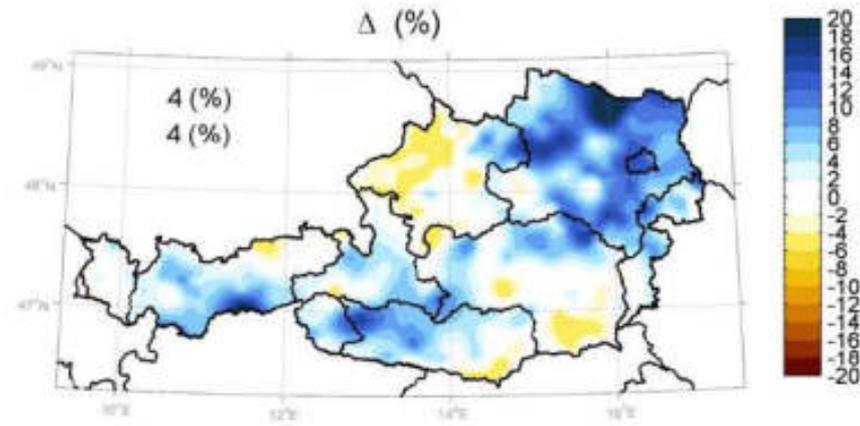
1986-2010 vs. 1961-1985



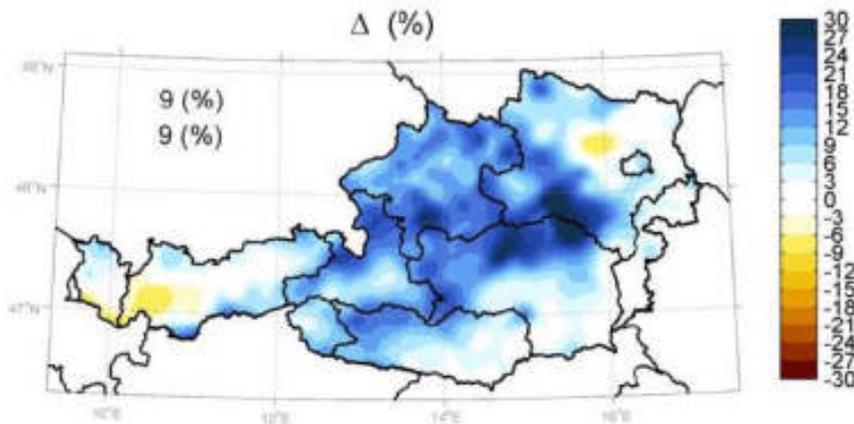
FRÜHLING



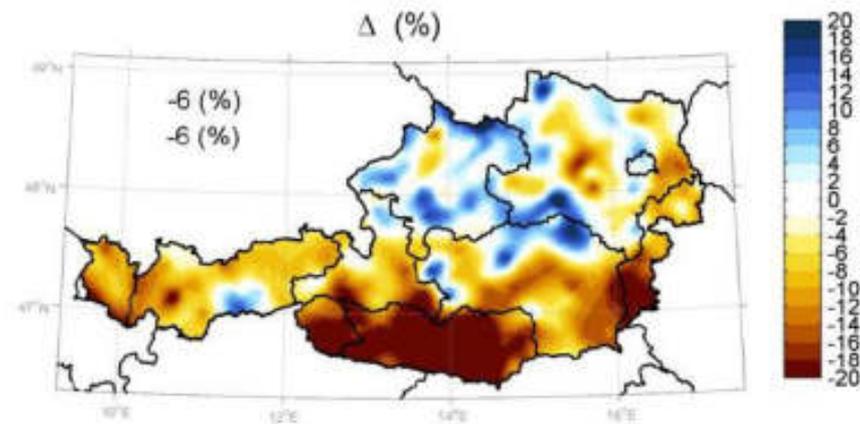
SOMMER



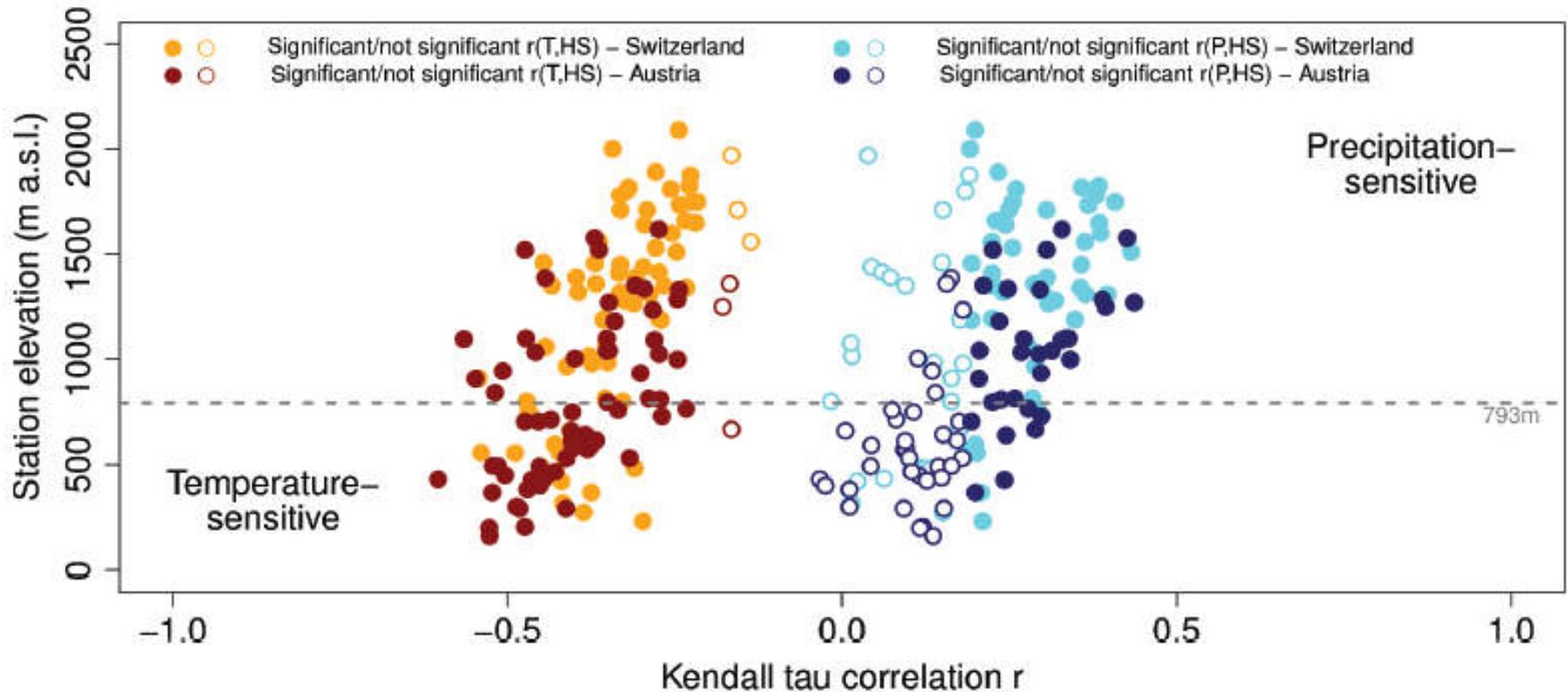
HERBST



WINTER



Sensitivity of snow depth changes to air temperature and precipitation

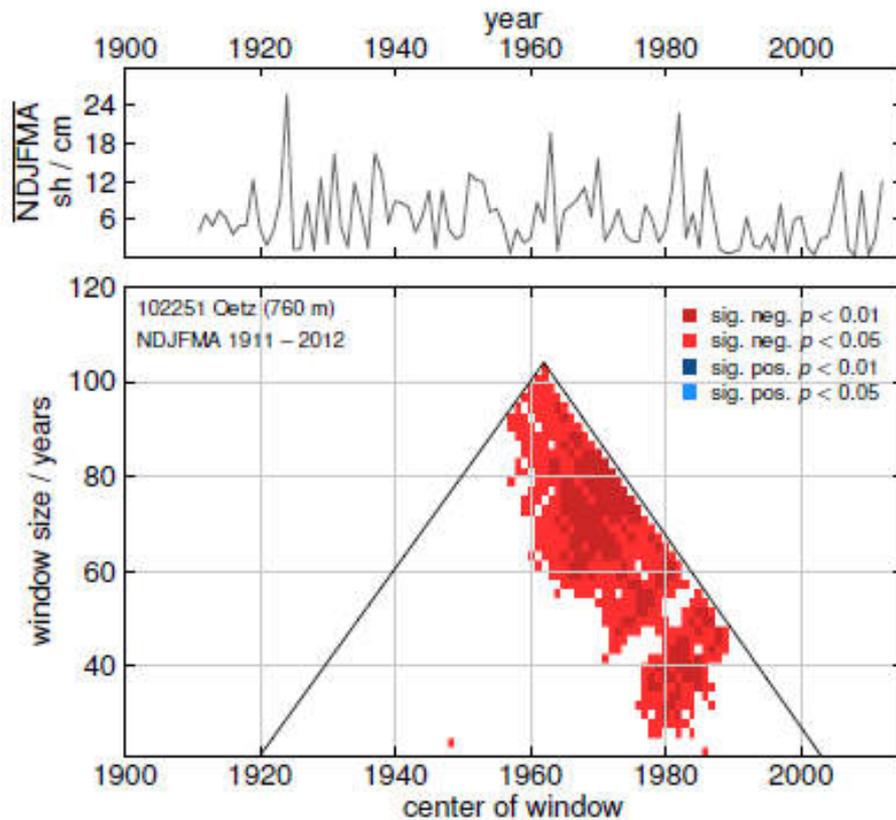


Temporal trend of snow depth

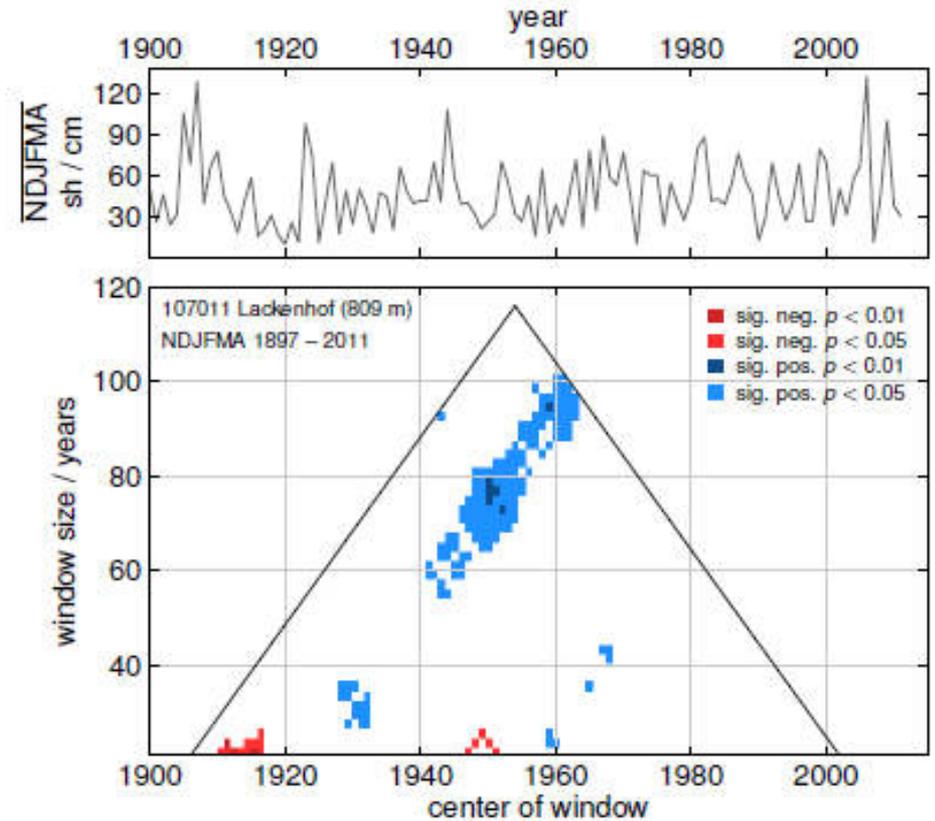
Trend (Mann-Kendall)



Ötz



Lackenhof



Changes of weather types

COST 733 weather types

Method: WLK

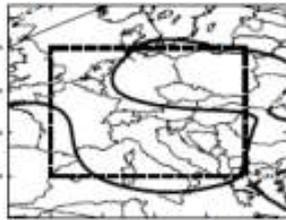
NCEP, 6 hourly reanalysis data, 1948-2010

U, V-component of horizontal wind in 700 hPa

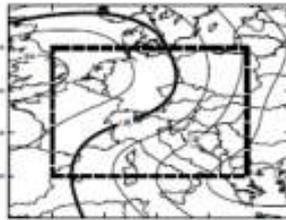
Optimization for area: 0E-22.5E, 40N-55.5N

Results: 9 classes (8 sectors + unclassified)

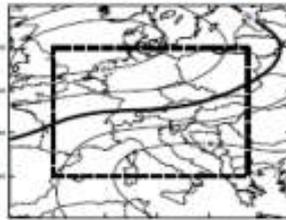
Unclassified



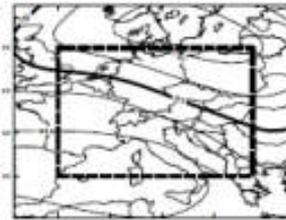
North



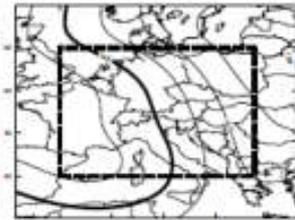
Northeast



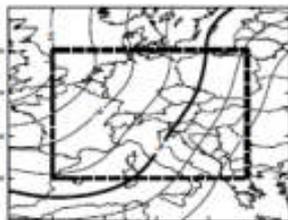
East



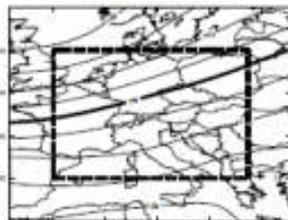
Southeast



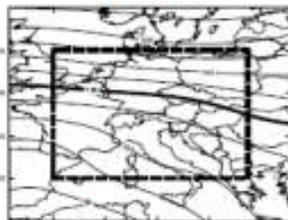
South



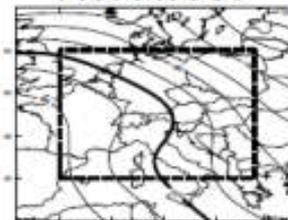
Southwest



West



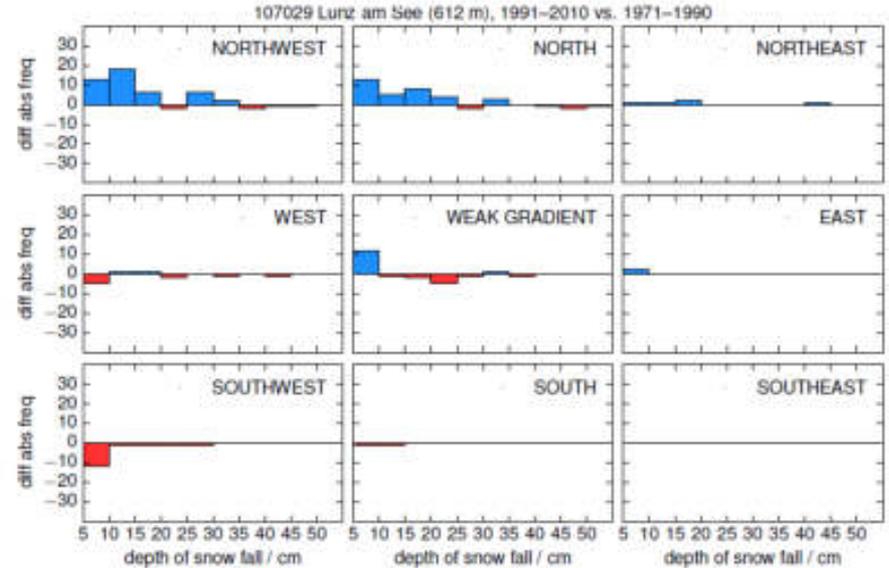
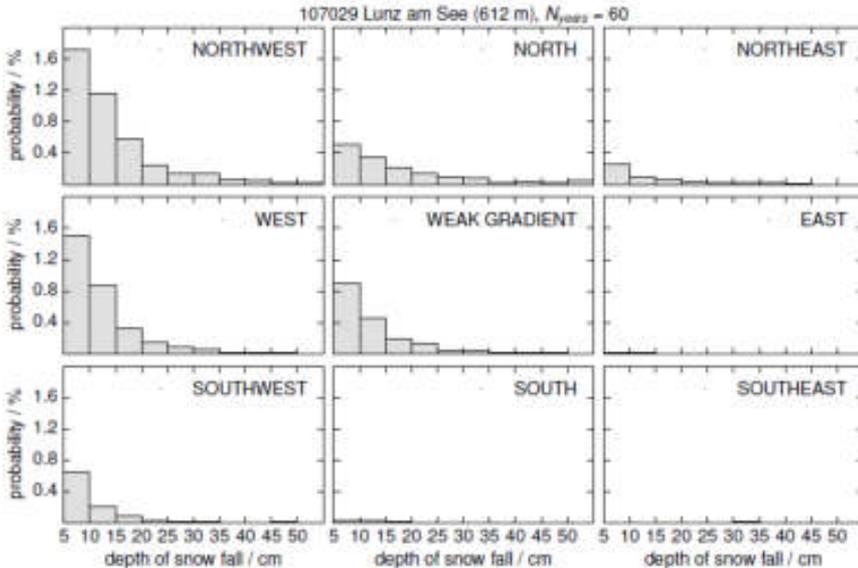
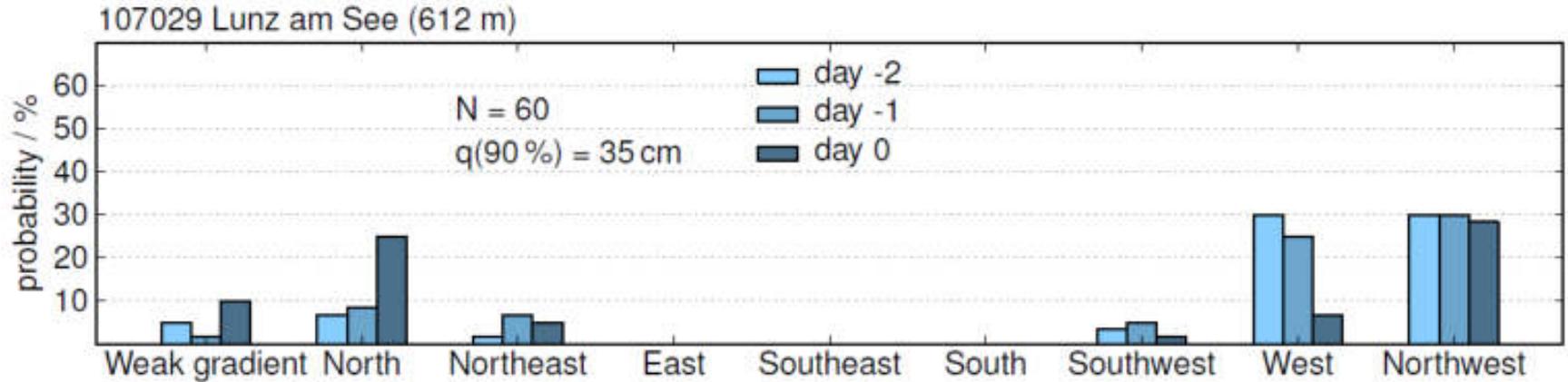
Northwest



850 hPa geopotential height

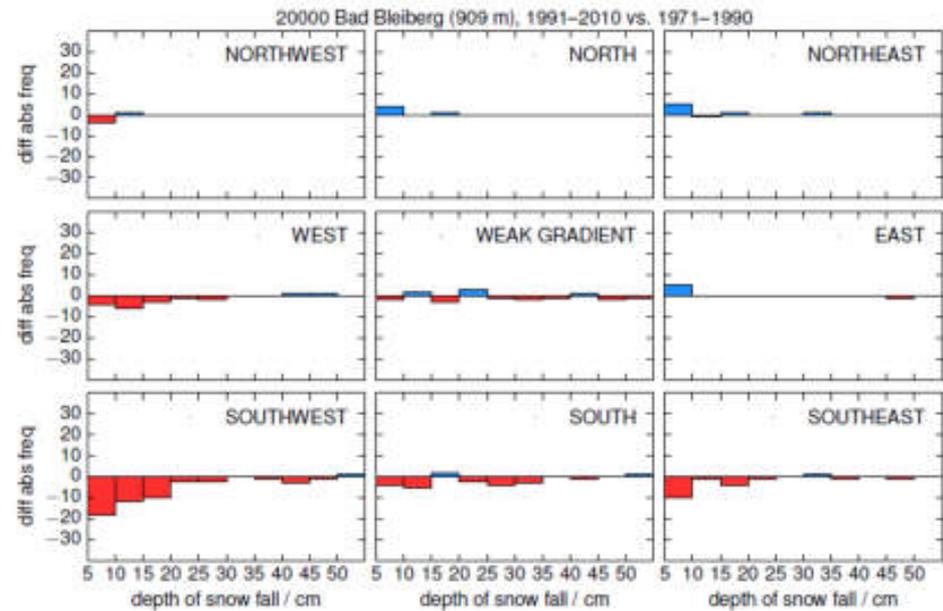
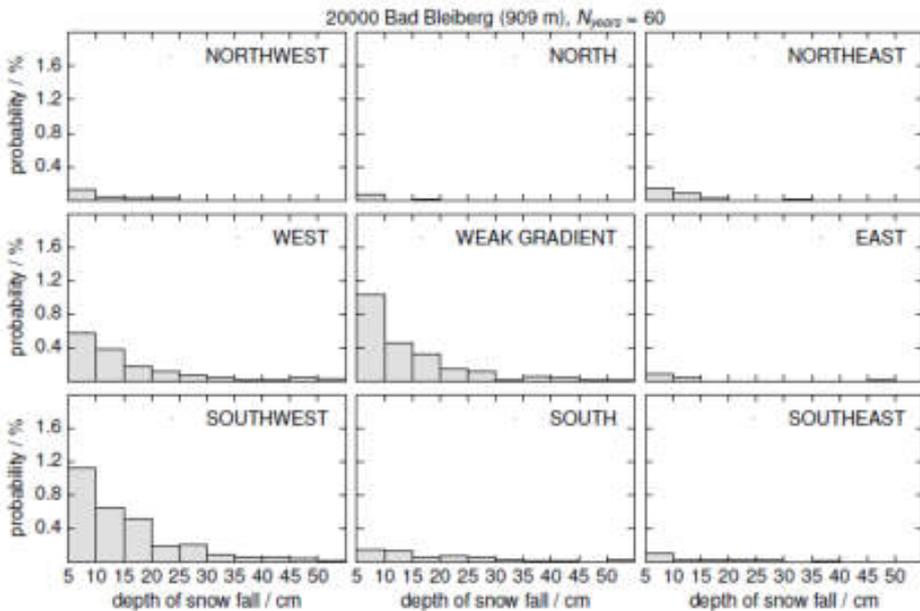
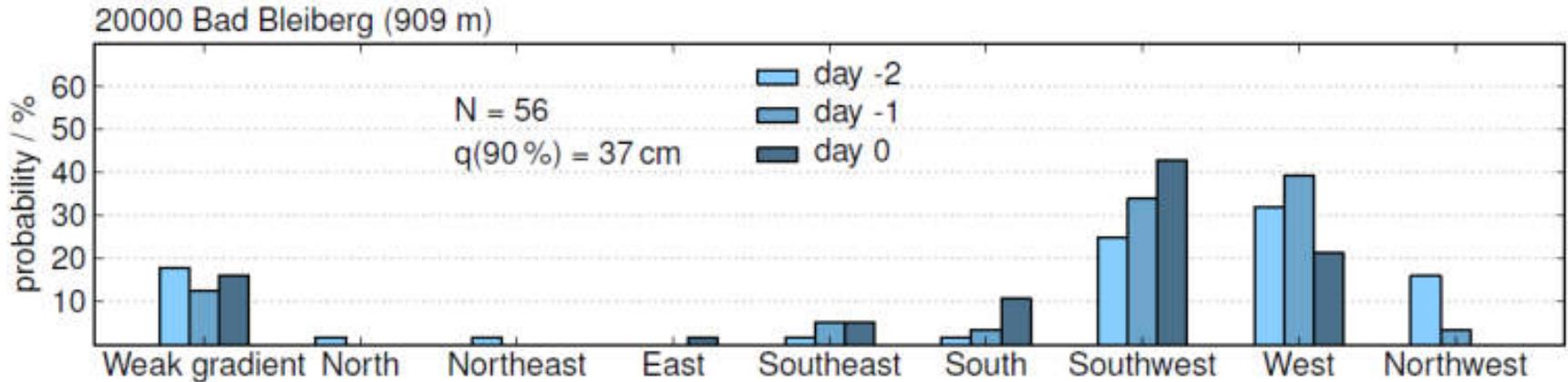
Change SN 1991-2000 vs. 1971-90

Weather types COST 733

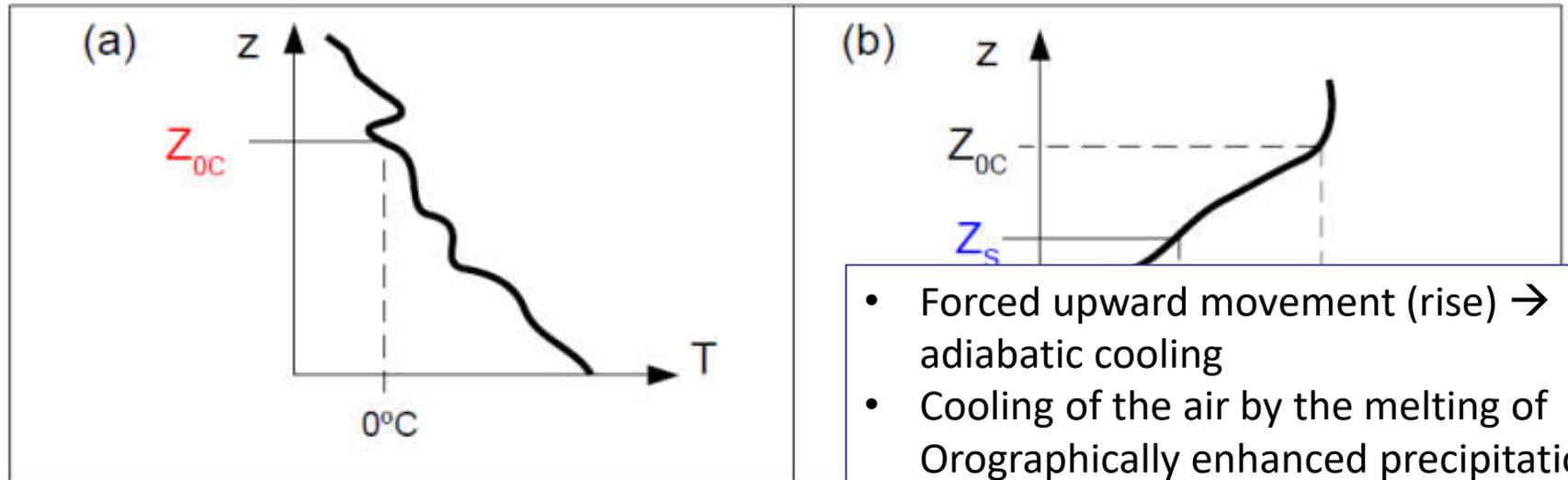


Change SN 1991-2000 vs. 1971-90

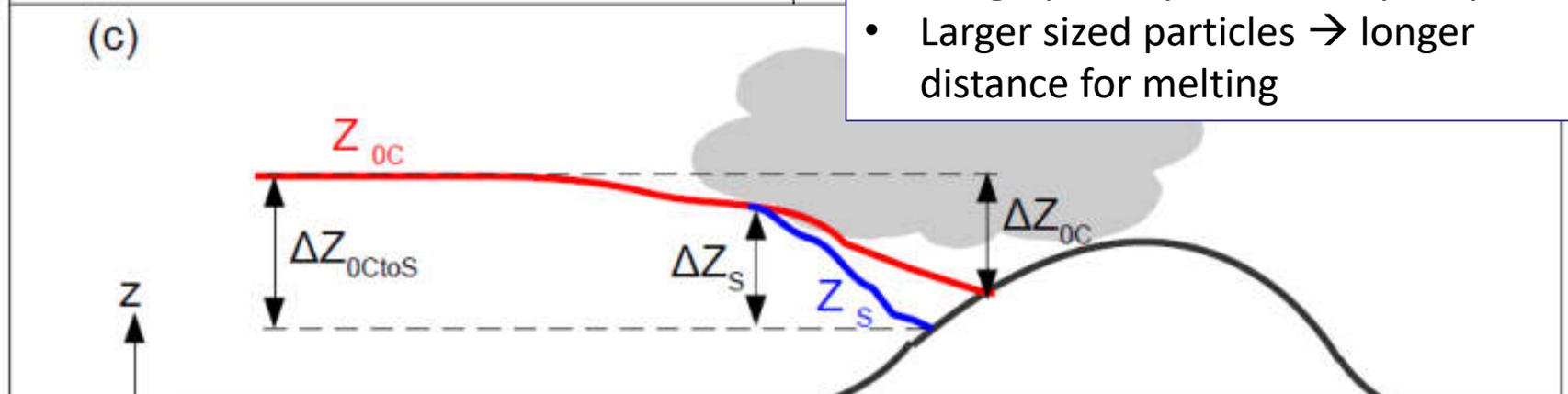
Weather types COST 733



Altitude of 0° line vs. Snowfall line



- Forced upward movement (rise) → adiabatic cooling
- Cooling of the air by the melting of Orographically enhanced precipitation
- Larger sized particles → longer distance for melting



This effect is (at least to some extent) masking climate change in mountain regions with respect to observed changes of the snow!!!

Thank you!

