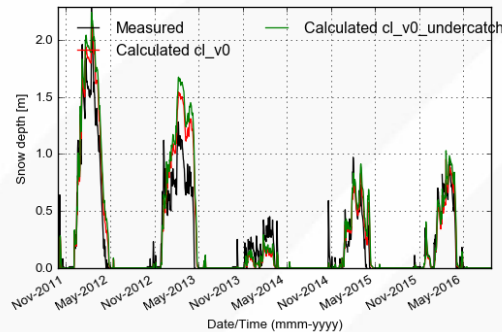
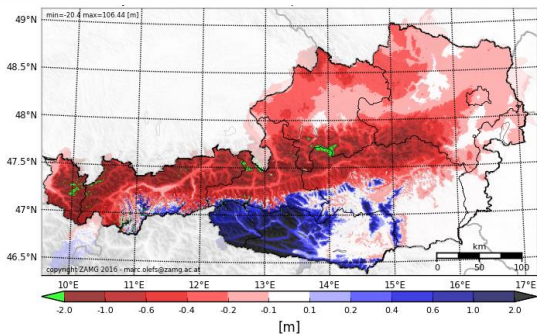


Neue Rasterdatensätze der Schneedecke und...

...eine flächendeckende Schneeklimatologie für Österreich seit 1961



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

Marc Olefs¹, Anna Girstmair², Johann Hiebl¹, Roland Koch¹, Wolfgang Schöner³

¹ ZAMG - Climate research department, Vienna, Austria

² ZAMG - Regional office of Tyrol and Vorarlberg, Innsbruck, Austria

³ Institute for Geography and Regional Research, University of Graz, Graz, Austria

Motivation: Schnee ist in Österreich wichtig!

23 May 2017



Schneelast & Gebäude



Straßenwinterdienst



Hydrologie

(Abfluss, Hochwasser, Stromerzeugung)



Lawinenwarnung



Wintertourismus



Stromnetz



Breiter Bedarf an Schneeinformation (Einsatzplanung, Kosten, Gefährdung)



Motivation und Ziele

(1) Erzeugung eines gegitterten Schnee-Datensatzes für Österreich (Schneehöhe, SWE), Kriterien:

- Langzeitkonsistenz
- Räumlich und zeitlich hoch aufgelöst (täglich, 1x1 km)
- Umfasst mehrere Jahrzehnte (seit 1961)
- Wird laufend (operationell) aktualisiert

(2) Ableitung einer flächendeckenden Schneeklimatologie mittels Schneeindikatoren

(3) ...im Dienste einer breiten Nutzercommunity:

- Klima-(folgen)forschung
- Monitoring (Umwelt, Gesellschaft), Verständnis des Hydroklimas
- Planungsaufgaben im Bereich: Wintertourismus, Infrastruktur, Naturgefahren, Energie
- Referenzdatensatz zur Validierung regionaler Klimamodelle
- Unterstützung Entwicklung regionale Klimawandelszenarien



Methodik: Schneedeckenmodell und Inputdaten

22 May 2017

Gitterdatensatz Schnee wurde berechnet mit Modell SNOWGRID-CL:

- Klimaversion von SNOWGRID (operationelles Schneedeckenmodell; Olefs et al., 2013)
- **Neu verfügbare tägliche meteorologische Gitterdatensätze seit 1961:**
 - Lufttemperatur (min/max; Hiebl and Frei 2016)
 - Niederschlag (Hiebl and Frei 2017)
 - Referenz-Evapotranspiration (Haslinger and Bartsch, 2016)
- Schneedeckenmodell berücksichtigt:
 - Kurzweilige Strahlungsbilanz (Pelliciotti et al., 2005)
 - Wärmeinhalt, Setzung, Energie durch Regen, Sublimation, laterale Umverteilung (Frey and Holzmann 2015)
- **Berechnung täglicher Grids der Geamtschneehöhe und des Gesamt-SWE, Zeitraum 1961-laufend**



Methoden: Schneeklimatologie und Validierung

22 May 2017

Flächendeckende Schneeklimatologie wird aus täglichen Schneedaten abgeleitet:

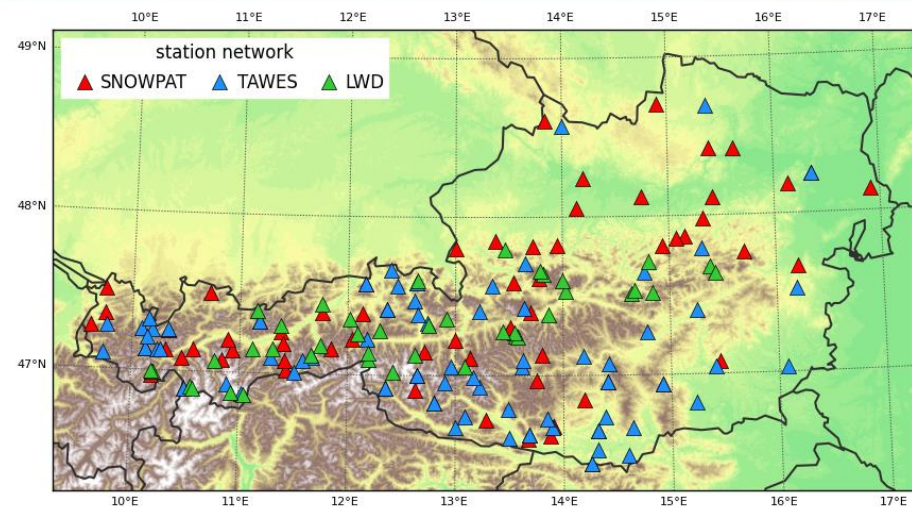
- Stakeholder Umfrage zur Definition klimarelevanter Indikatoren:
 - Definition des Jahreszyklus: hydrologisches Jahr (1 Okt – 30 Sep)
 - Auswahl von 18 Schneeindikatoren (z.B. Schneedeckendauer, max. Gesamtschneehöhe,...)
- Trendanalyse aller Schneeindikatoren (Mann-Kendall Trendtest (Mann, 1945; Kendall 1975;)

Validierungsgrundlage

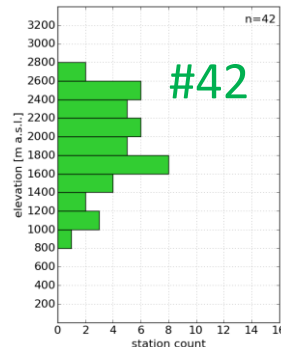
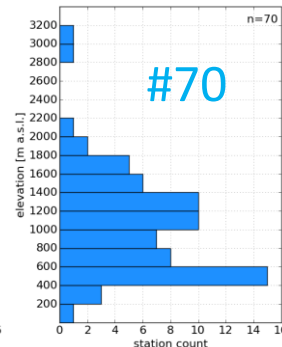
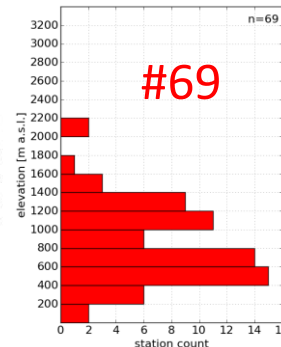
- Geprüfte & **homogenisierte Langzeitmessreihen tägliche Schneehöhe und Neuschnee an 69 stations** (ACRP Projekt SNOWPAT), 1961-2010, 198 - 2140 m Seehöhe
- (größtenteils) geprüfte **automatische tägliche Schneehöhenmessungen** (Laser, Ultraschall) 2011-2016, 130 ausgewählte Stationen (ZAMG, LWD Tirol/Salzburg/Steiermark)
- **MODIS fractional snow cover**, 2011-2016, Binäre Schneebedeckung (4 Kombinationen)
- **Gletscherwintermassenbilanzen**, 8 Gletscher, Jahreswerte ab 1965

Ergebnisse: Validierung Punktskala

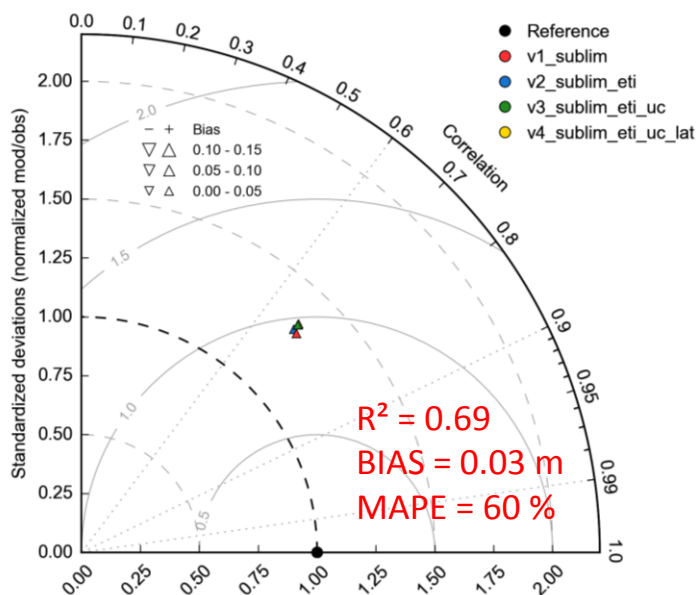
22 May 2017



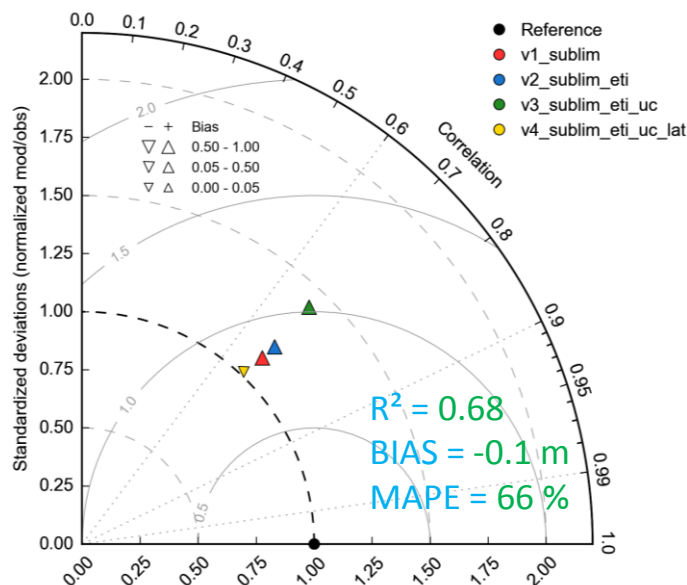
Höhenverteilung der Validierungsstationen



SNOWPAT 1961-2010



TAWES 2011-2016 & LWD 2011-2016



Ergebnisse: Räumliche Validierung mit MODIS FSCA

22 May 2017

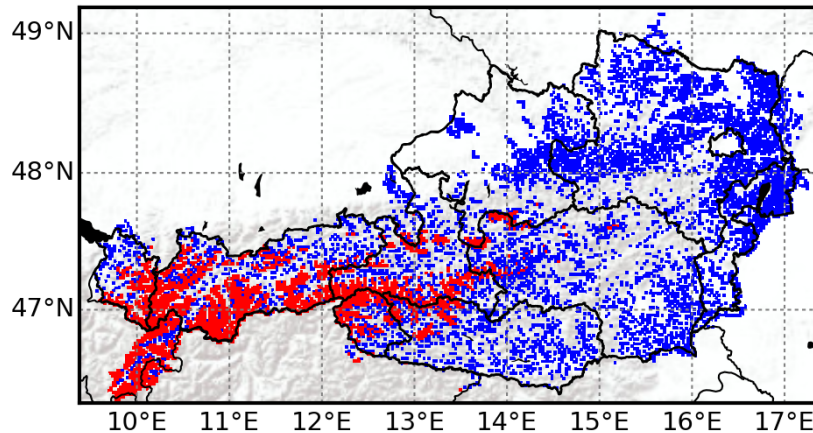
Binary Map of Snow Cover - Comparison of 'MODIS FSCA' & 'SNOWGRID' -

21-May-16 UTC

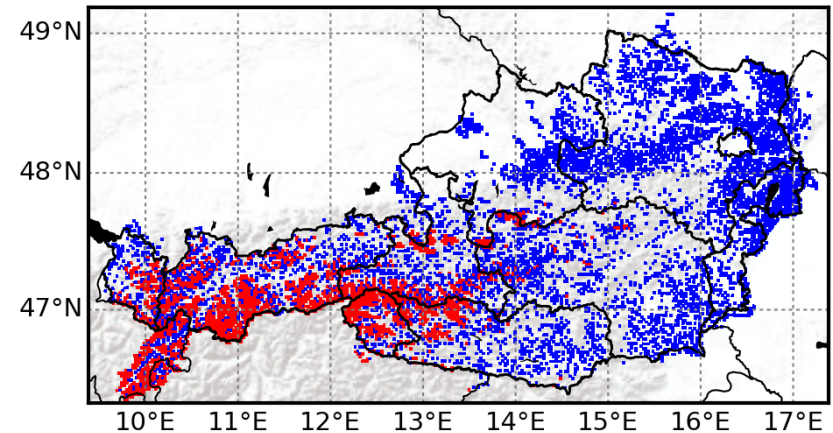


(excluding clouds, forests, water bodies and glaciers)

'MODIS' Fractional Snow Cover (FSC)
- Threshold: 15% FSC -



'SNOWGRID' Snow Depth (SD)
- Threshold: 1.0 cm SD -



2011-2016 (if cloudiness < 50 % -> 600 days)

Run_Name	POD_snow	POD_nosnow	FAR_snow	FAR_nosnow	HR	KSS
cl_v1_evap_2	0.68	0.95	0.24	0.06	0.94	0.63
cl_v1_evap_2_eti	0.81	0.94	0.36	0.06	0.93	0.76

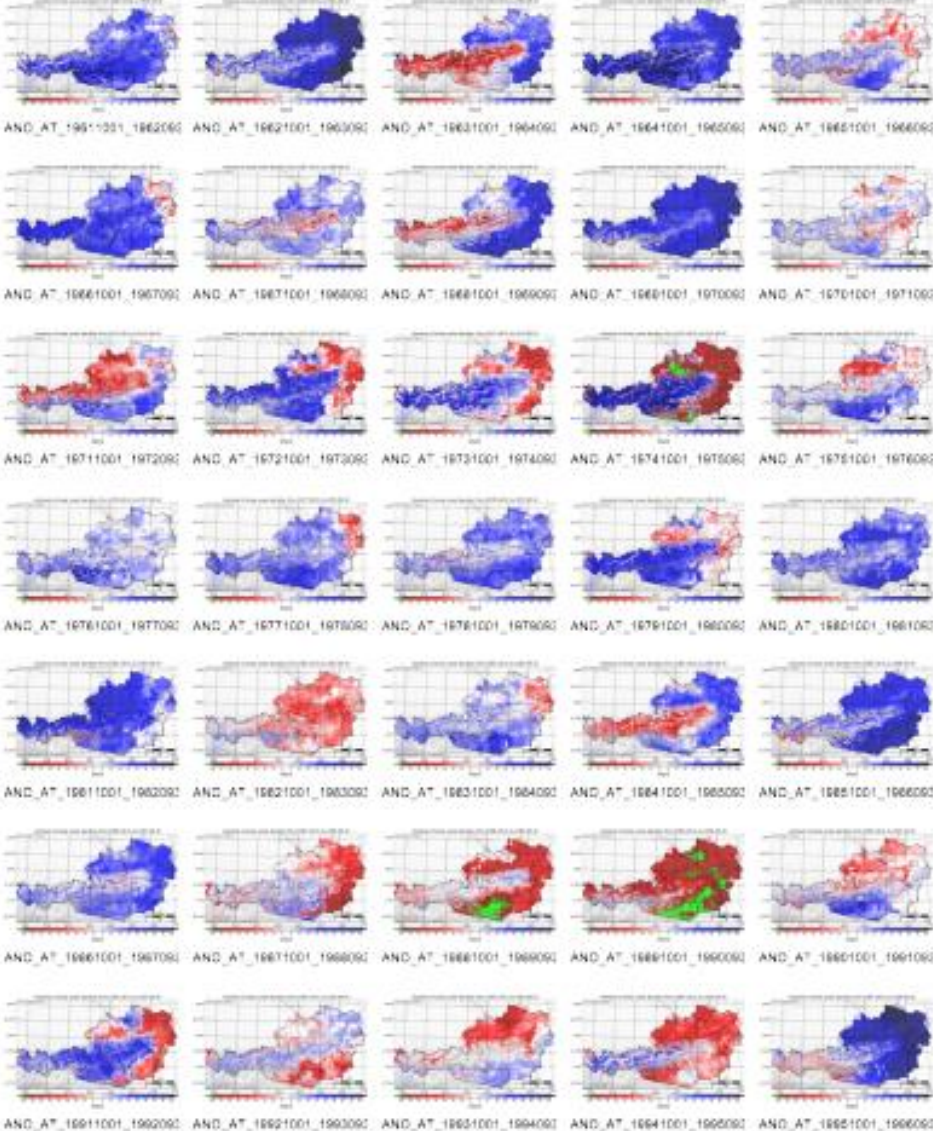
mittlerer Skill Score = 0.76



Ergebnisse: jährliche Anomalien Schneedeckendauer (vs. 1981-2010)

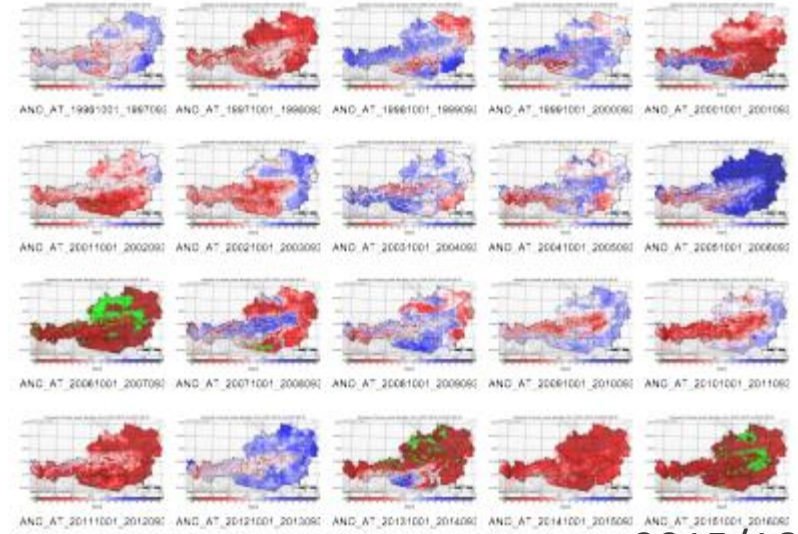
22 May 2017

1961/62

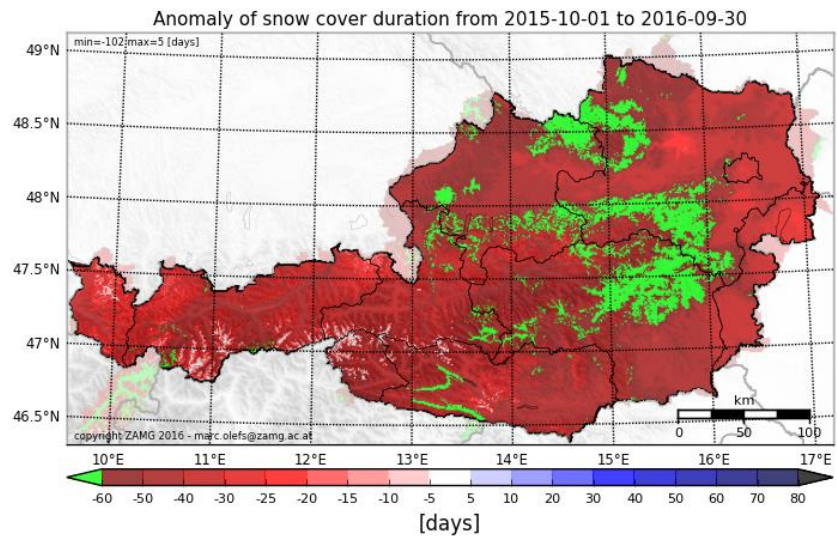


1965/66

1996/97

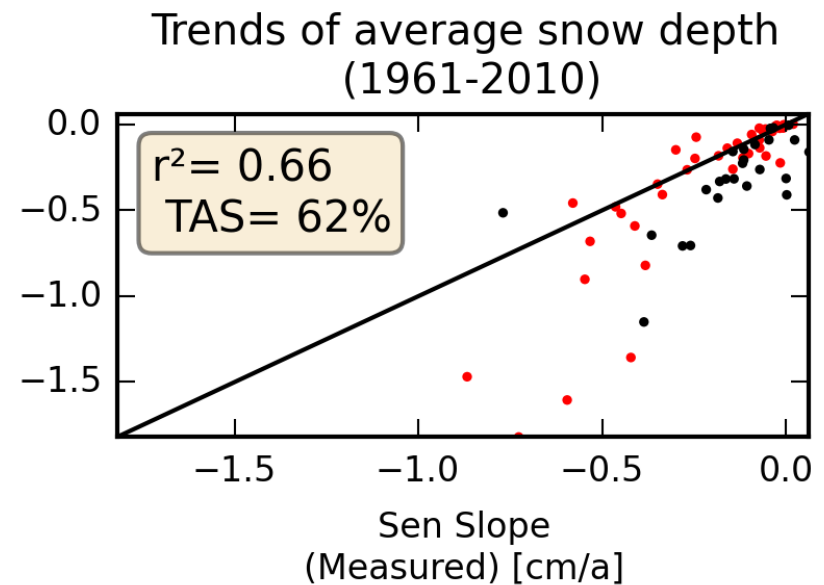
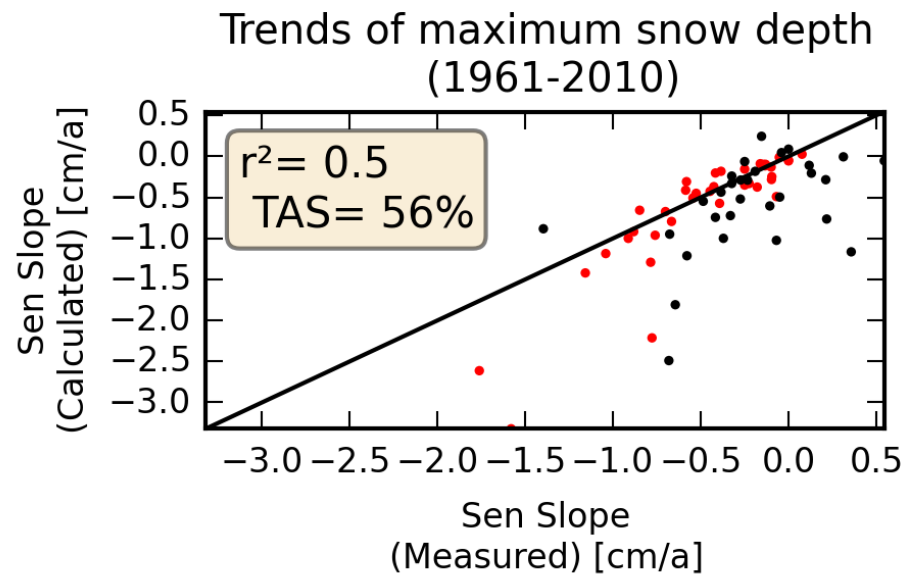


2015/16



Ergebnisse: beobachtete vs. modellierte Trends

22 May 2017



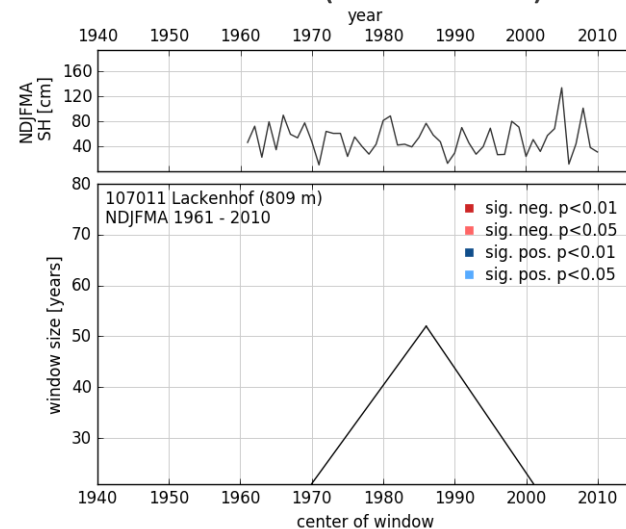
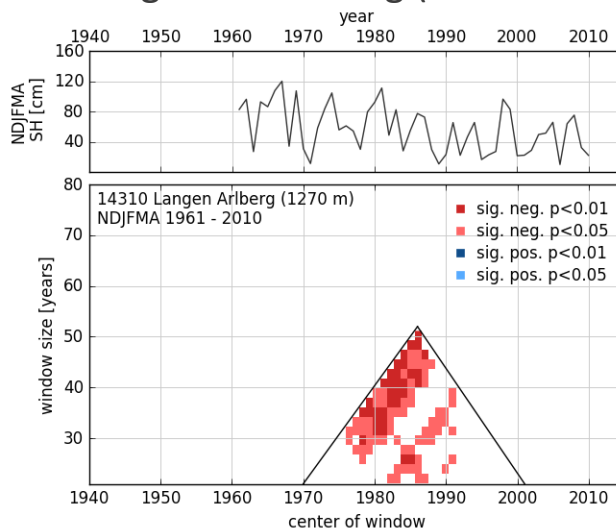
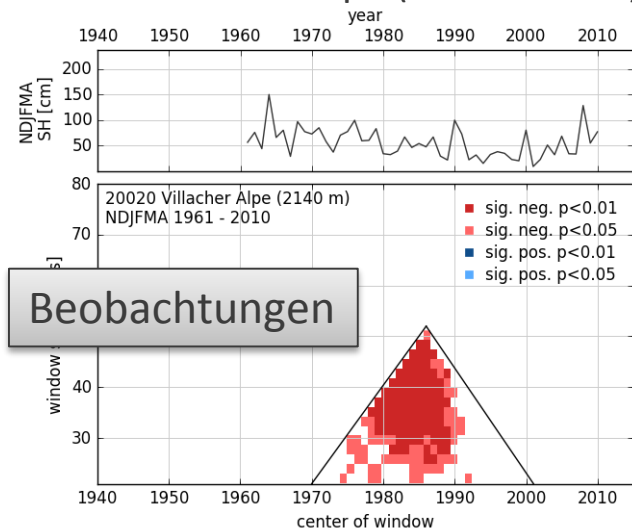
Ergebnisse: gleitende Trends – Beobachtung vs. Modell

22 May 2017

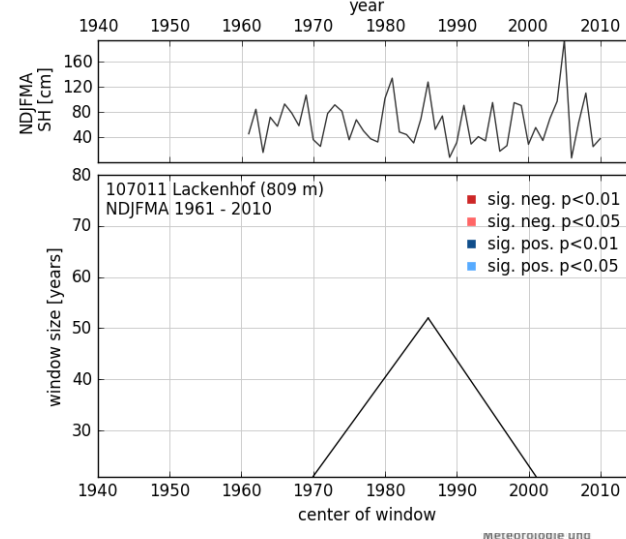
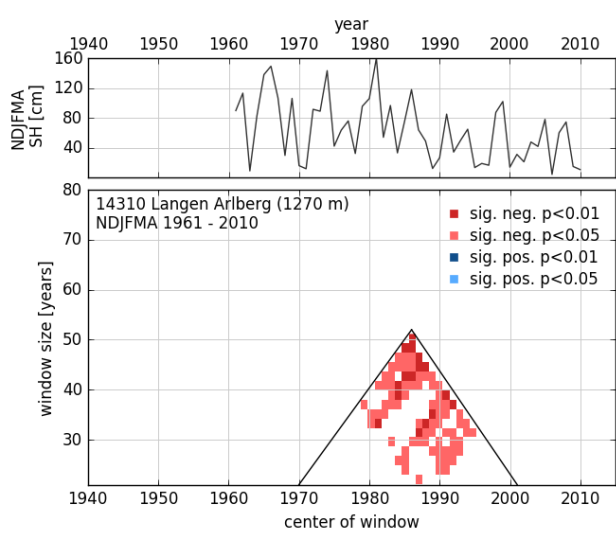
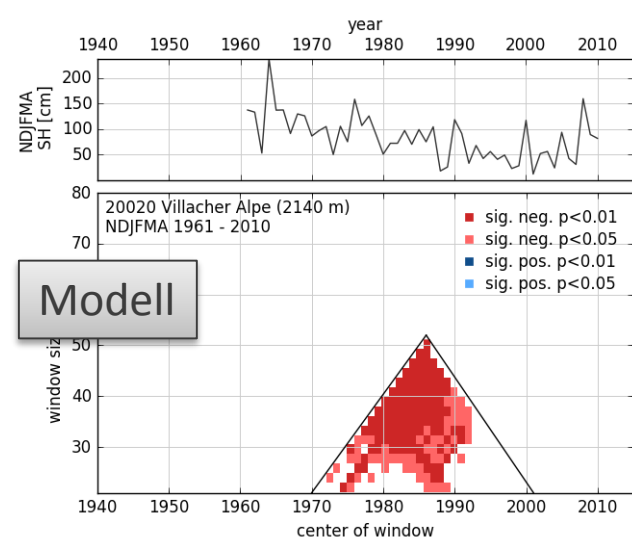
Villacher Alpe (2140 m a.s.l.)

Langen am Arlberg (1270 m a.s.l.)

Lackenhof (809 m a.s.l.)



mittl. Gesamtschneehöhe

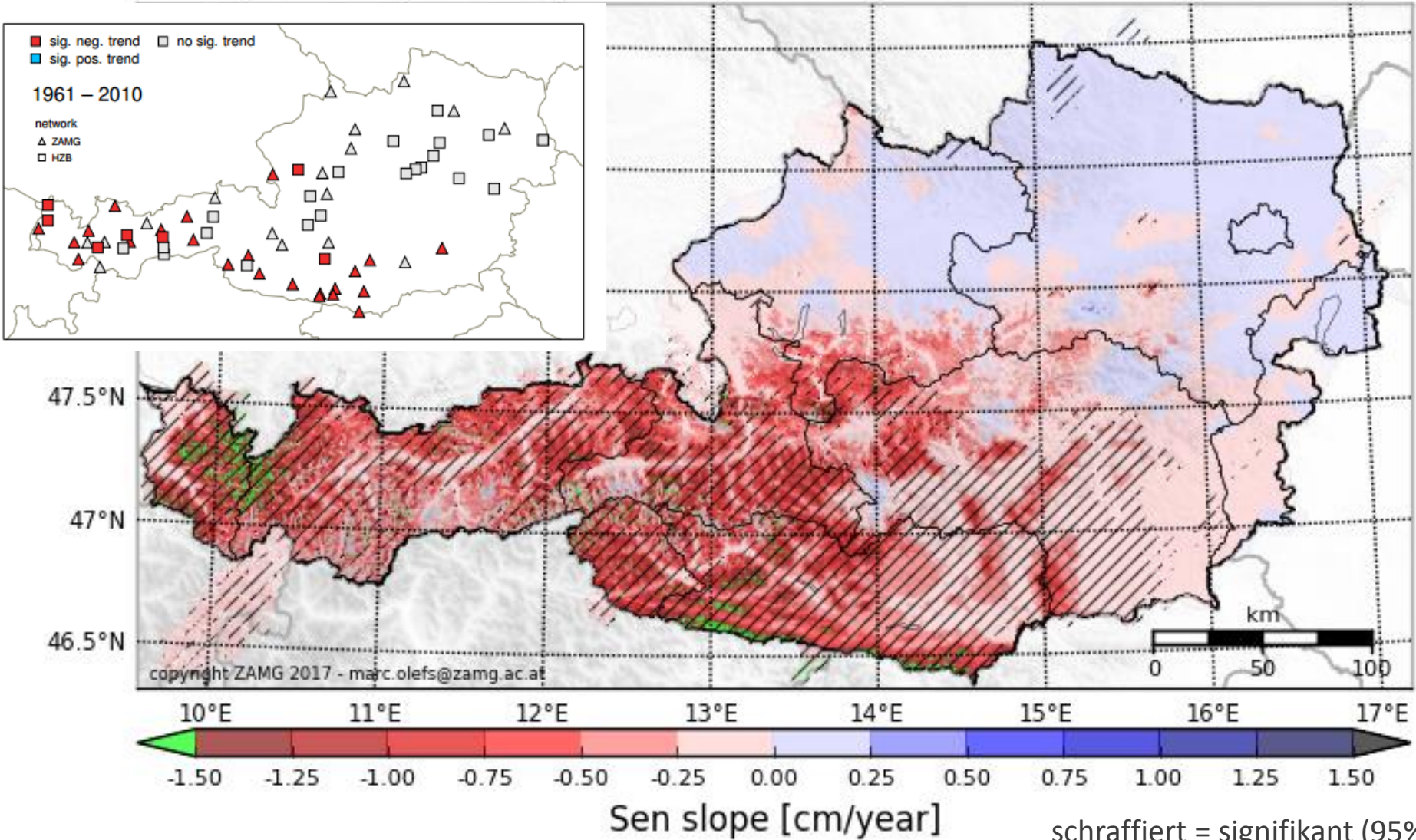


Ergebnisse: modellierte Trendkarten vs. Punktmessungen

22 May 2017

Mittl. Gesamtschneehöhe

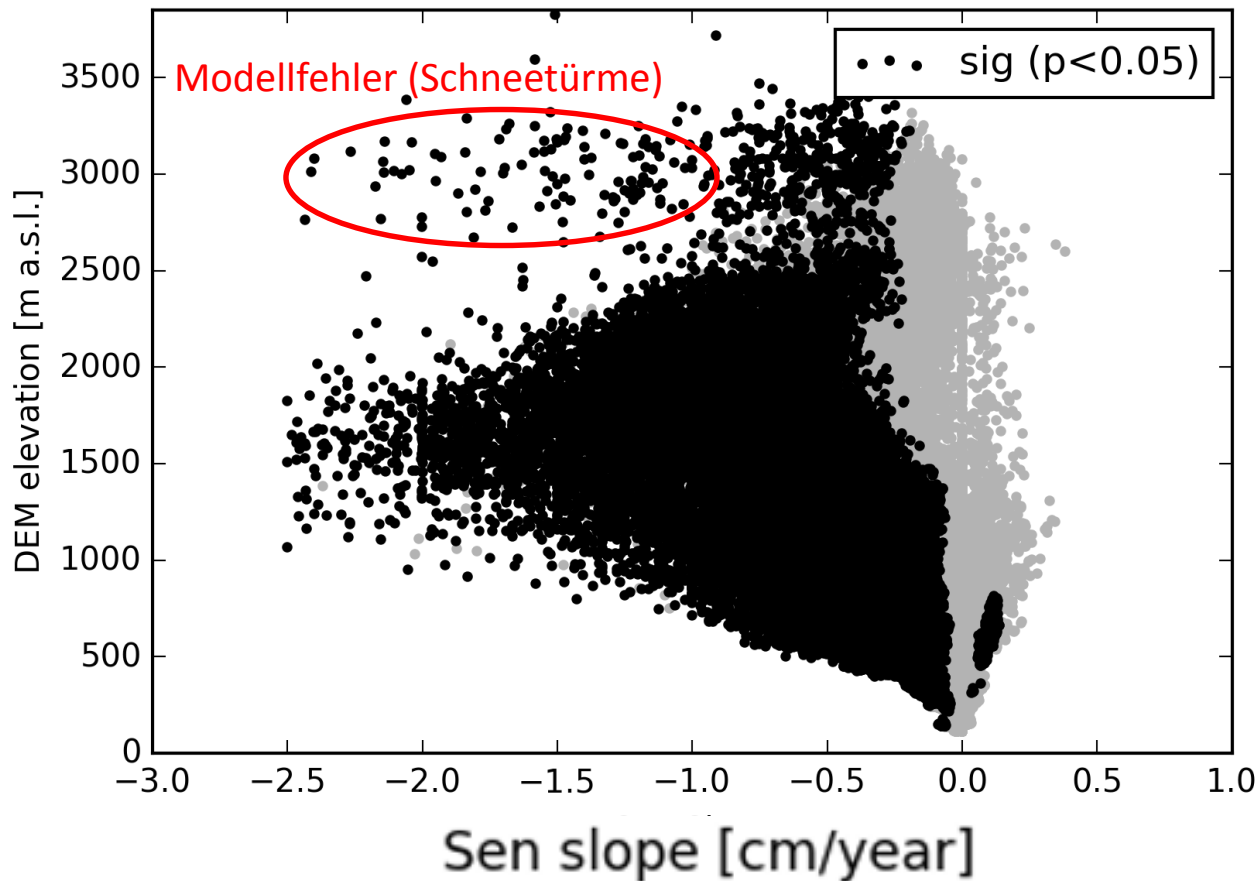
SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2010



Ergebnisse: Höhenabhängigkeit der Schneetrends

22 May 2017

Mittlere Gesamtschneehöhe 1961 – 2010

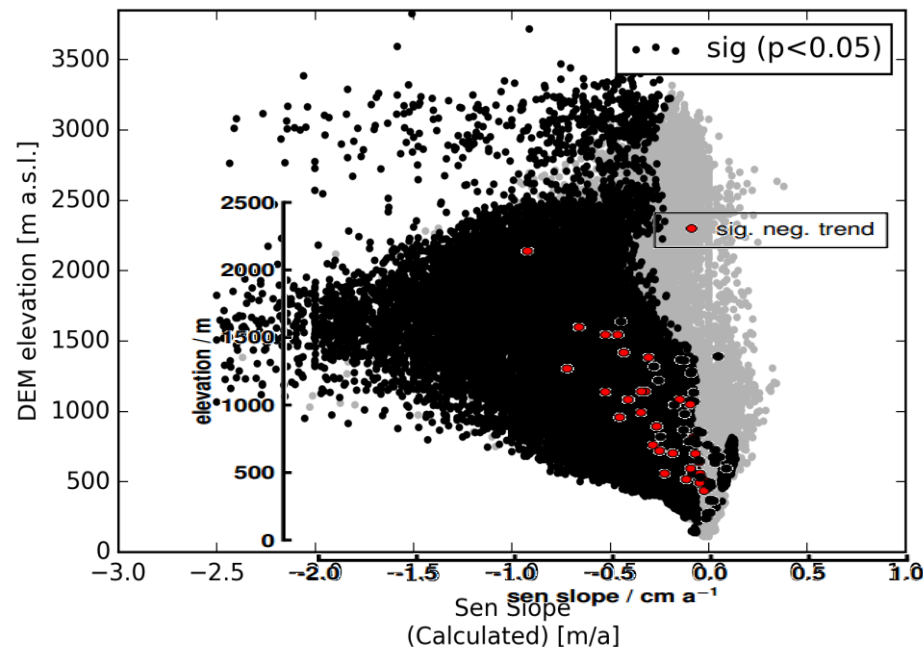


Stärkste abnehmende Trends in mittleren Höhenlagen (1000 – 2000 m Seehöhe)

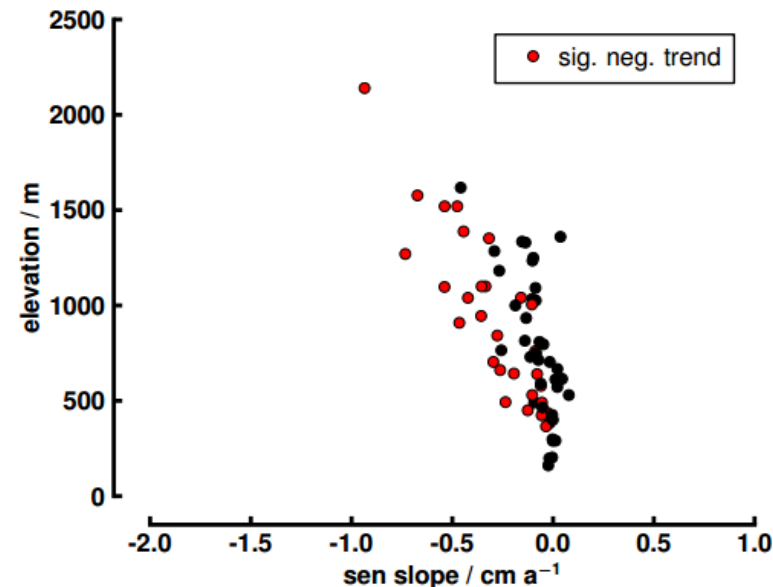
Ergebnisse: Höhenabhängigkeit Trends Modell vs. Beobachtung

22 May 2017

Mittlere Gesamtschneehöhe 1961 – 2010



Modell (SNOWGRID-CL)

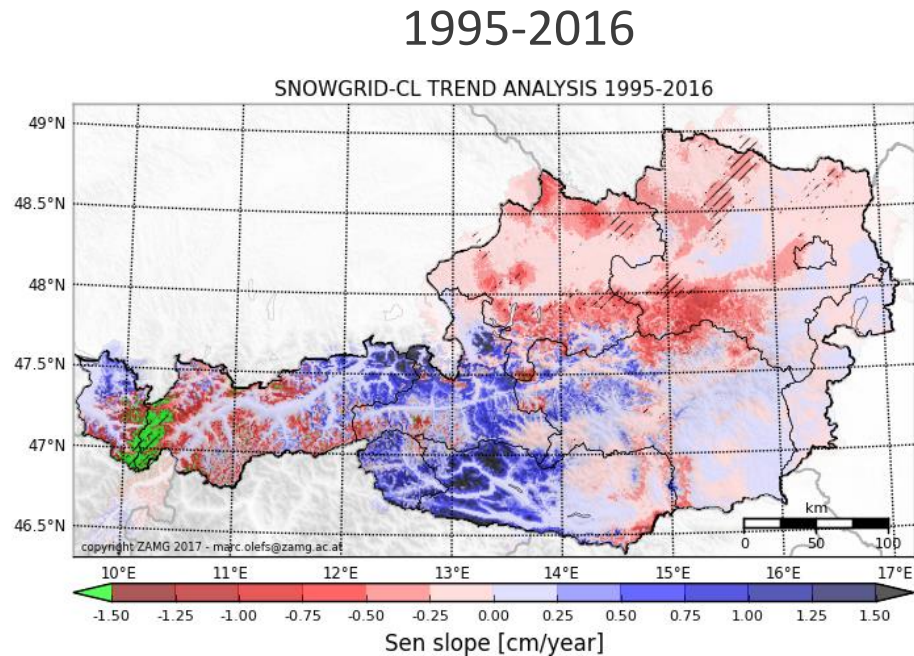
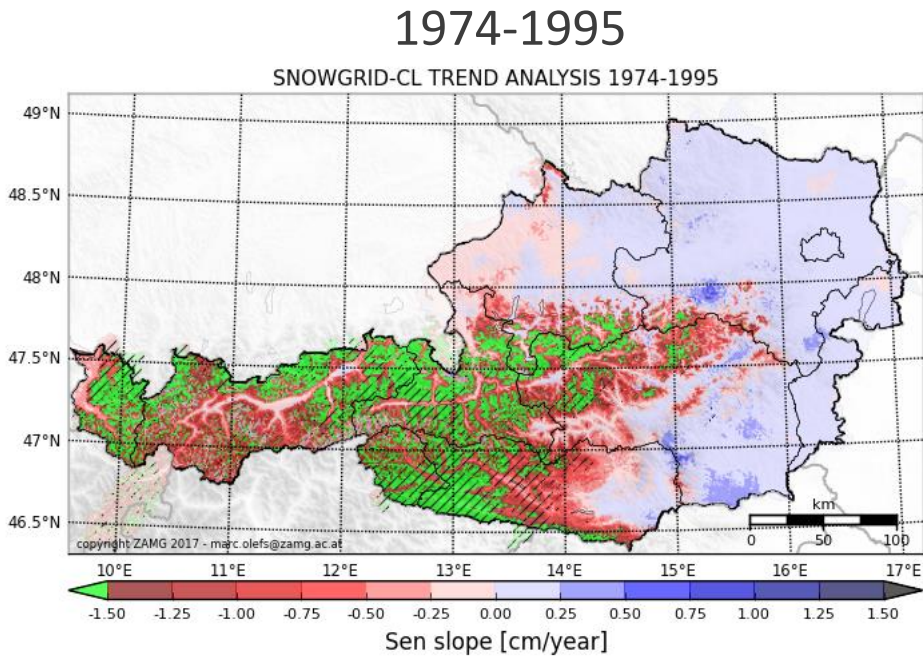


Beobachtungen (SNOWPAT)

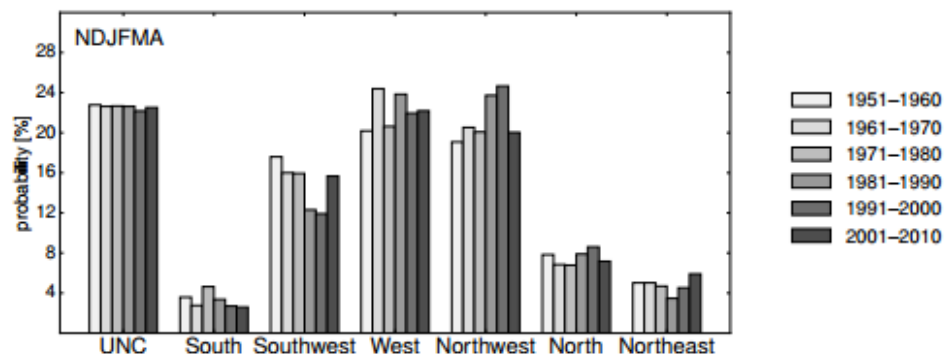
→ Modell vs. Realität: sehr ähnliche Höhenabhängigkeit (negativere Trends, stärkere Streuung)

Ergebnisse: Schneetrends über 20 Jahre

22 May 2017



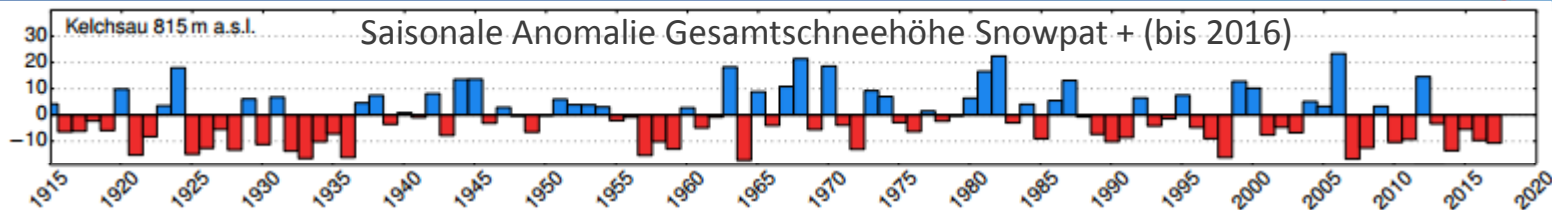
Gründe für hohe Variabilität des Schnees:
Kombination aus Temperatur, Niederschlag, Wetterlagen



Häufigkeitsänderungen
Wetterlagen über 6 Dekaden
1951-1960...2001-2010

Ergebnisse: Schneedeckenvariabilität: HISTALP & SNOWPAT

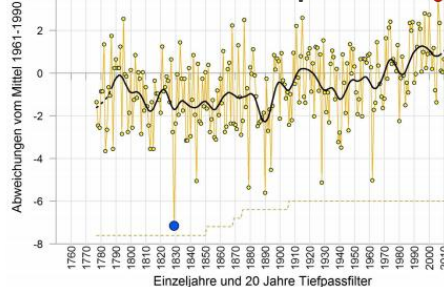
23 May 2017



Kelchsau
815 m a.s.l.

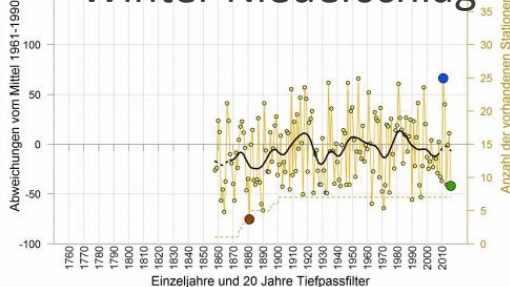
WINTERMITTELTEMPERATUR 1777 - 2016 REGION WEST

Winter Temperatur

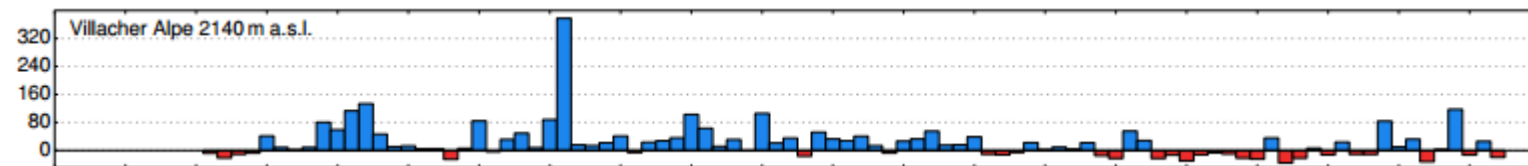


WINTERNIEDERSCHLAG 1858 - 2016 REGION WEST

Winter Niederschlag

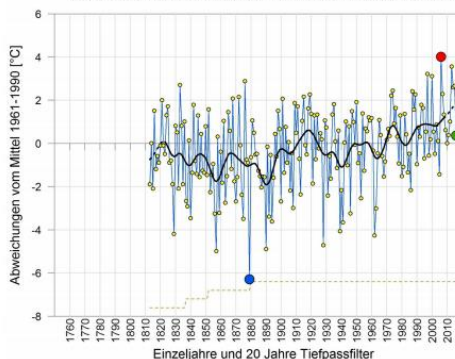


HISTALP Daten
Region West
Winter 1777 (1858) - 2016

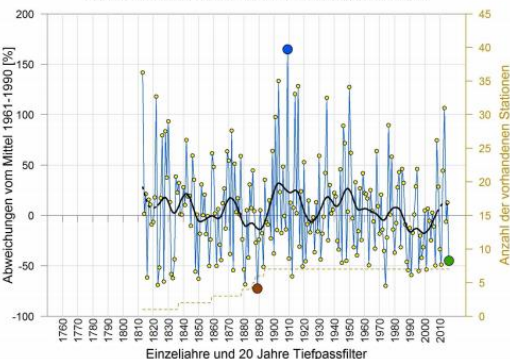


Villacher Alpe
2140 m a.s.l.

WINTERMITTELTEMPERATUR 1813 - 2016 REGION SÜDOST



WINTERNIEDERSCHLAG 1813 - 2016 REGION SÜDOST

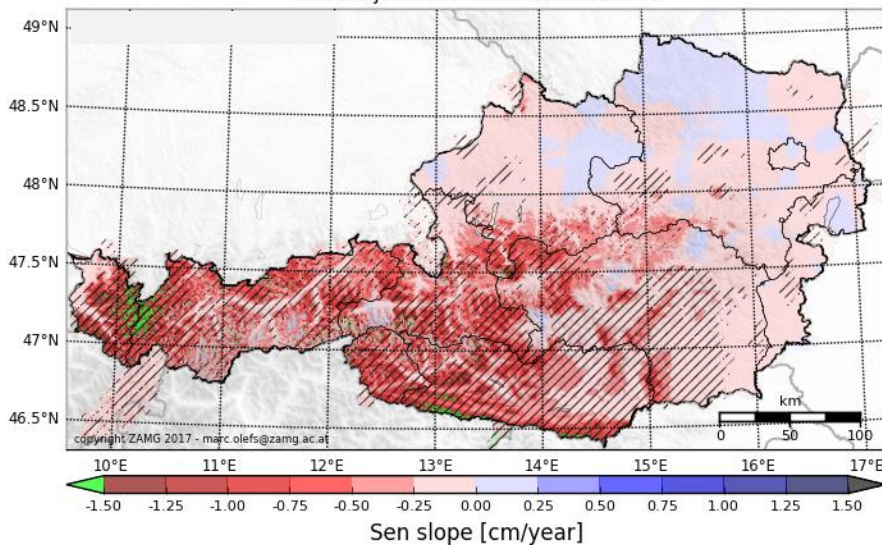


HISTALP Daten
Region Südost
Winter 1777 (1858) - 2016

Ergebnisse: Trendkarten Gesamtschneehöhe 1961-2016

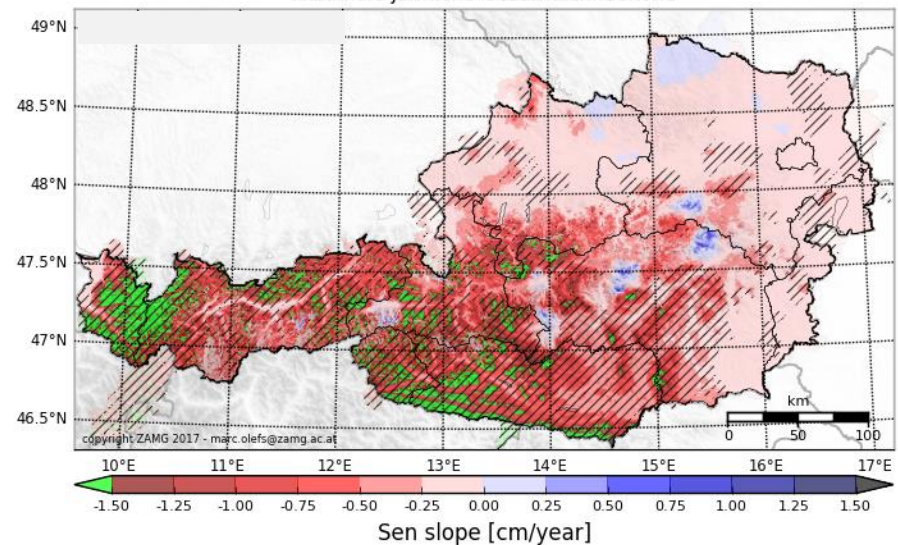
23 May 2017

SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2016
Mittlere jährliche Gesamtschneehöhe



Mittlere jährliche Gesamtschneehöhe
-2.7 cm/Dekade
1961-2016: -15 cm
(44% vom Klimamittel 1981-2010 (34 cm))

SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2016
Maximale jährliche Gesamtschneehöhe



Maximale jährliche Gesamtschneehöhe
-5 cm/Dekade
1961-2016: -28 cm
(38% vom Klimamittel 1981-2010 (73 cm))

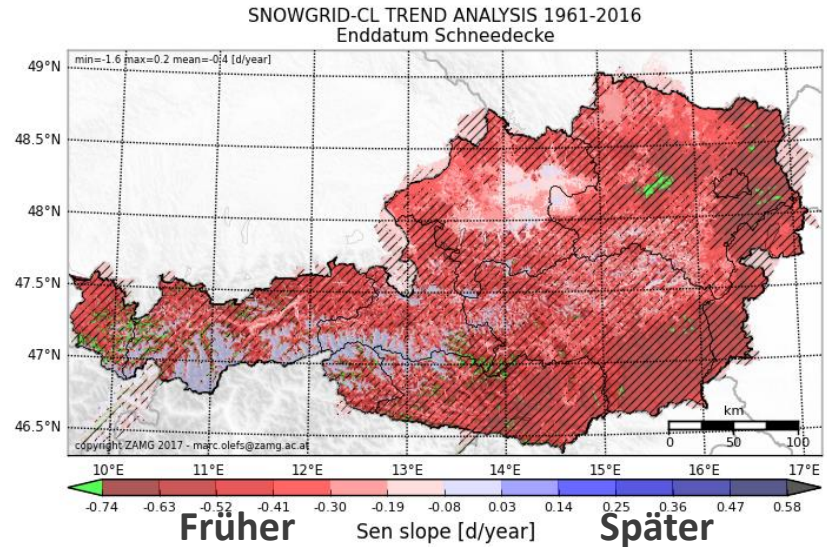
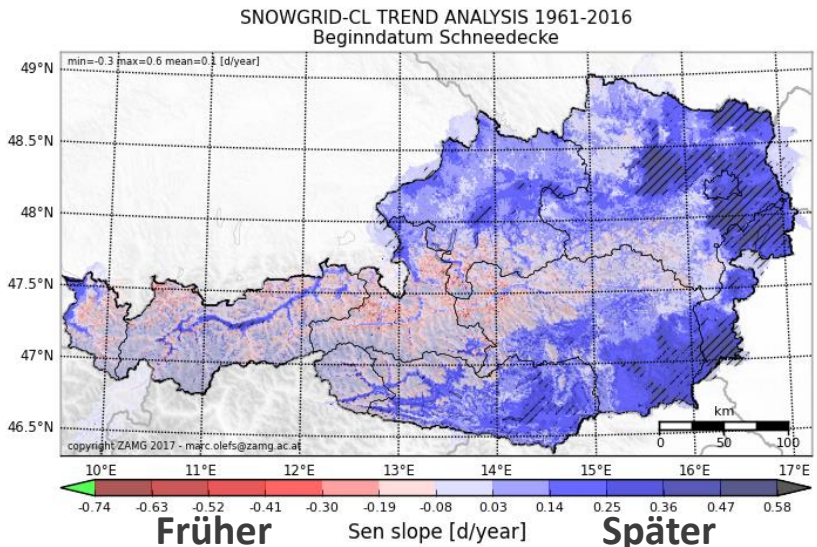
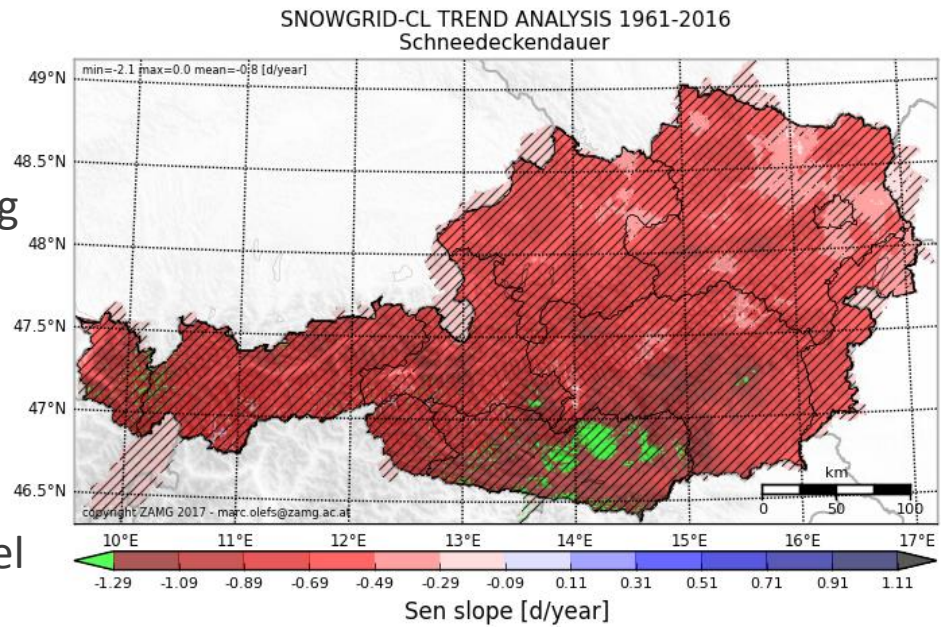
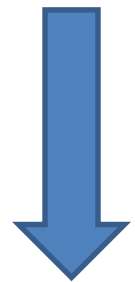
Ergebnisse: Trendkarten Schneedeckendauer 1961-2016

23 May 2017

Großflächige Verkürzung
Schneedeckendauer:
-8 Tage/Dekade

1961-2016:
-44 Tage
(→ 40% vom Klimamittel
1981-2010 (112 Tage))

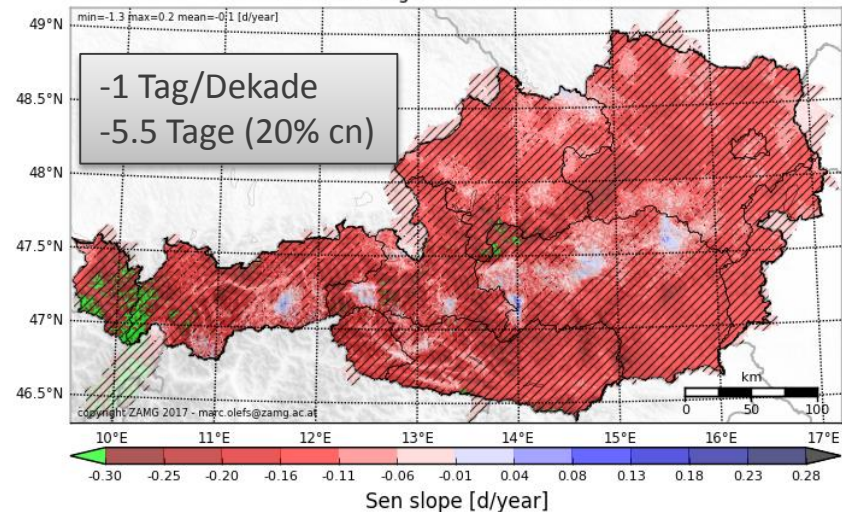
Hauptgrund:
frühere Ausaperung



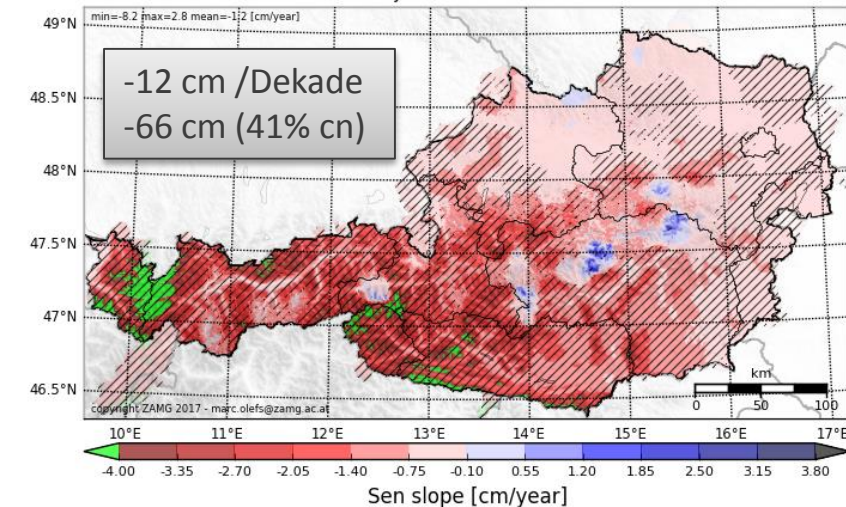
Ergebnisse: Trendkarten Neuschnee 1961-2016

23 May 2017

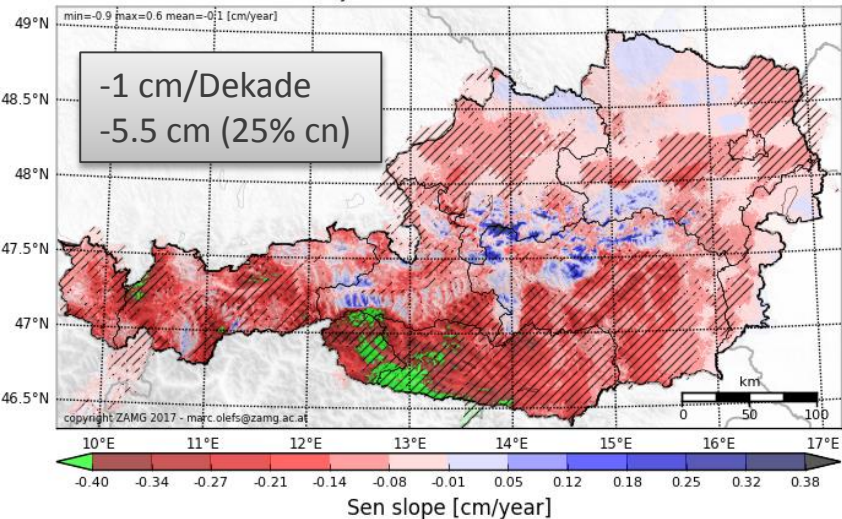
SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2016
Anzahl der Tage mit Neuschnee > 1 cm



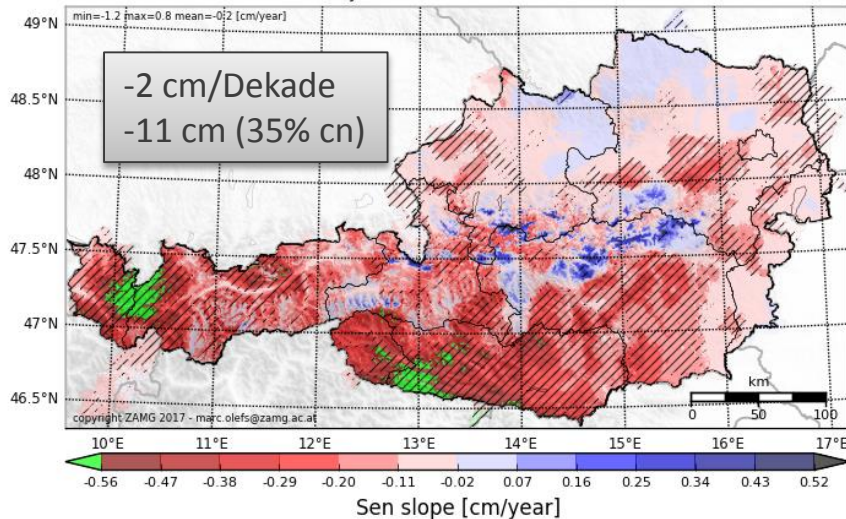
SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2016
Kumulative jährliche Neuschneesumme



SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2016
Maximale jährliche 24-H Neuschneesumme



SNOWGRID-CL TREND ANALYSIS 1961-2016
Maximale jährliche 72-H Neuschneesumme



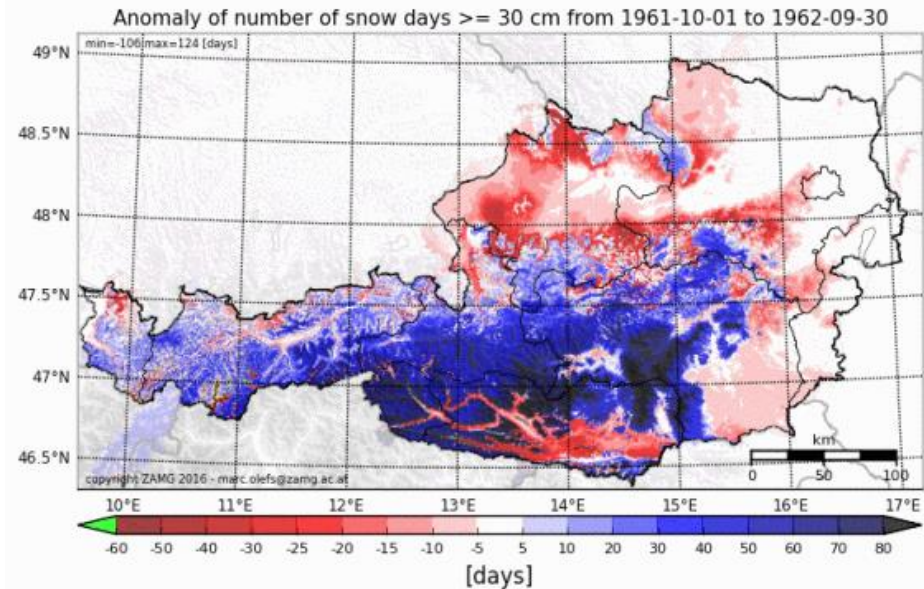
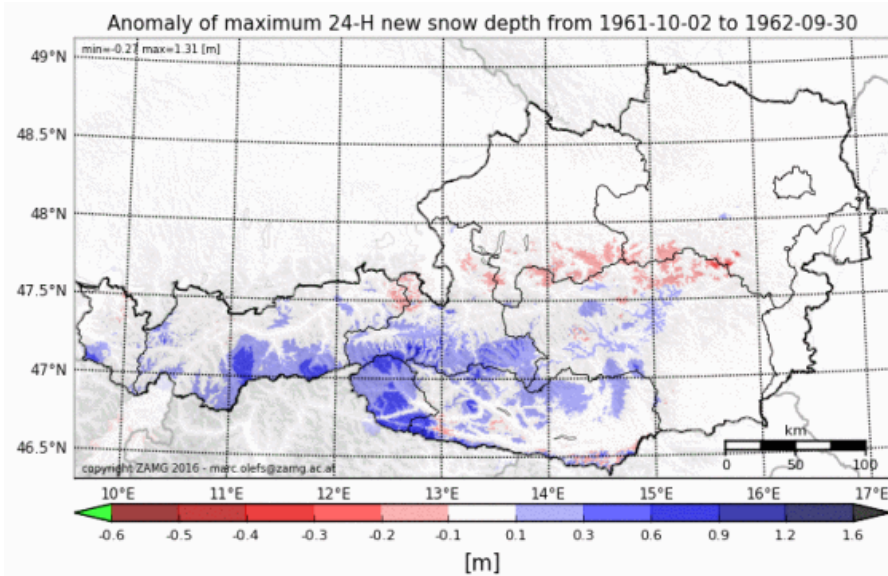


Zusammenschau und Eckpunkte zum Mitnehmen

- Ableitung einer flächendeckenden Schneeklimatologie aus täglichen Daten
Schneedeckenmodell seit 1961
- Gute Übereinstimmung mit Punktmessdaten und Satellitenbeobachtungen
(größere Unsicherheiten in hochalpinen Bereichen >2500 m a.s.l. – nicht gezeigt)
- Gute Übereinstimmung beobachteter mit berechneten Trends auf allen Zeitskalen
(Magnitude, Vorzeichen und Signifikanz)
- Modellbasierte Trendkarten geben wertvollen Einblick in räumliche Muster der
Änderungen und Signifikanz (z.B. vertikale Abhängigkeiten) → **guter Weg um
(Punkt-) Beobachtungen zu kommunizieren und besser zu interpretieren**
- Stärkste (abnehmende) Trends (Gesamtschneehöhe) in mittleren Höhenlagen
(1961-2016) (enthält Perioden mit teilweise positiven (nicht sig.) Trends (z.B.
1995-2016), Verkürzung der Schneedeckendauer vor allem im Frühjahr (sehr
ähnliche Ergebnisse zu Schweizer Studien)
- **Schneedatensatz (inkl. Trends & Unsicherheiten) verfügbar ab Sommer 2017
(ZAMG Nutzungsbedingungen)**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

23 May 2017



marc.olefs@zamg.ac.at

References

- Frey, S. and Holzmann, H. (2015): A conceptual, distributed snow redistribution model, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 4517-4530, doi:10.5194/hess-19-4517-2015.
- Haslinger K. and A. Bartsch (2016) Creating long-term gridded fields of reference evapotranspiration in Alpine terrain based on a recalibrated Hargreaves Method. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 1-13, doi:10.5194/hess-20-1-2016
- Hiebl J., Frei C. (2016): Daily temperature grids for Austria since 1961 – concept, creation and applicability. *Theoretical and Applied Climatology* 124, 161–178, doi:10.1007/s00704-015-1411-4
- Hiebl J., Frei C. (2017): Daily precipitation grids for Austria since 1961 – development and evaluation of a spatial dataset for hydro-climatic monitoring and modelling. *Theoretical and Applied Climatology*, doi:10.1007/s00704-017-2093-x
- Kendall, M.G. (1975): Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London.
- Mann, H.B. (1945): Non-parametric test against trend. *Econometrica*, Vol. 13, S. 245–259.
- Olefs, M., Schöner, W., Suklitsch, M., Wittmann, C., Niedermoser, B., Neururer, A., Wurzer, A., (2013): SNOWGRID – A new operational snow cover model in Austria, Proceedings of the international snow science workshop Grenoble – Chamonix Mont-Blanc, 7-11 Oct 2013, France. <http://arc.lib.montana.edu/snow-science/item/1785>
- Pellicciotti, F., B. Brock, U. Strasser, P. Burlando, M. Funk, and J. Corripio, 2005: An enhanced temperature-index glacier melt model including the shortwave radiation balance: development and testing for Haut Glacier d'Arolla, Switzerland. *Journal of Glaciology*, 51, 573–587, doi:10.3189/172756505781829124.