



Institut für Naturgefahren

Innsbrucker Hofburggespräche



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of
Water, Atmosphere and Environment

Eintrittswahrscheinlichkeiten extremer meteorologischer Bedingungen jetzt und in Zukunft (SeRAC-CC)

BOKU – Universität für Bodenkultur
Department Wasser, Atmosphäre, Umwelt
Institut für Meteorologie

Herbert Formayer
Robert Goler
David Leidinger
Innsbruck
01. April 2014



Inhalt:

- **Trends abgeleitet aus lokalisierten RCM Szenarien**
- **Trends im Verhältnis fest/flüssiger Niederschlag**
- **Trends abgeleitet aus einem Labilitätsindex**
- **Physikalische Zusammenhang Niederschlagsintensität vs. Temperatur**
- **Einige Schlussfolgerungen**



Basis der Klimaszenarien:

**3 ENSEMBLE RCMs mit 25 km Auflösung und dem
A1B Szenario für den Zeitraum 1950 bis 2100,
fehlerkorrigiert und lokalisiert auf 1x1 km Raster**

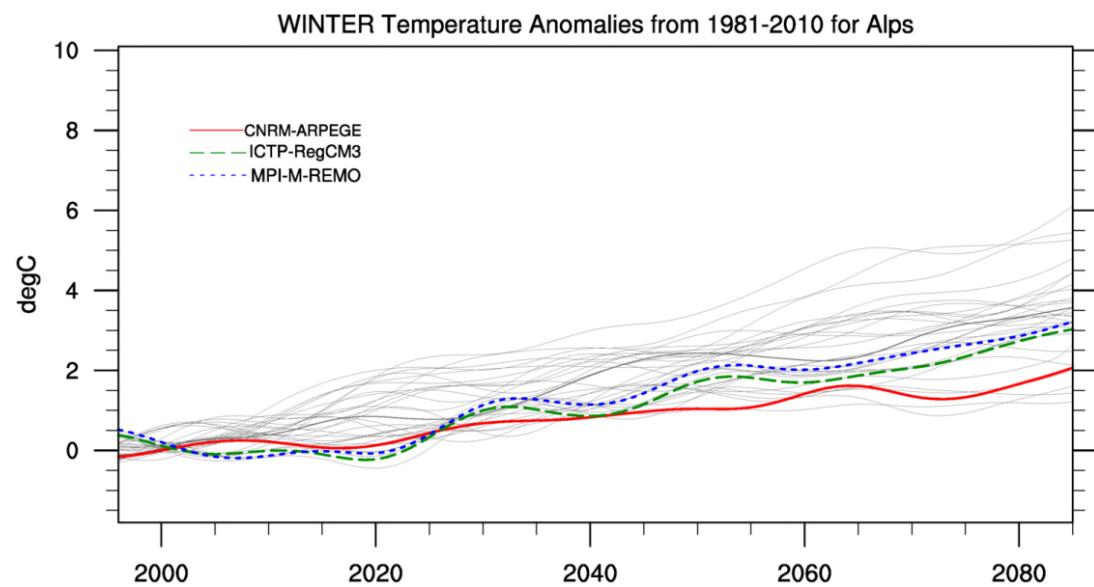
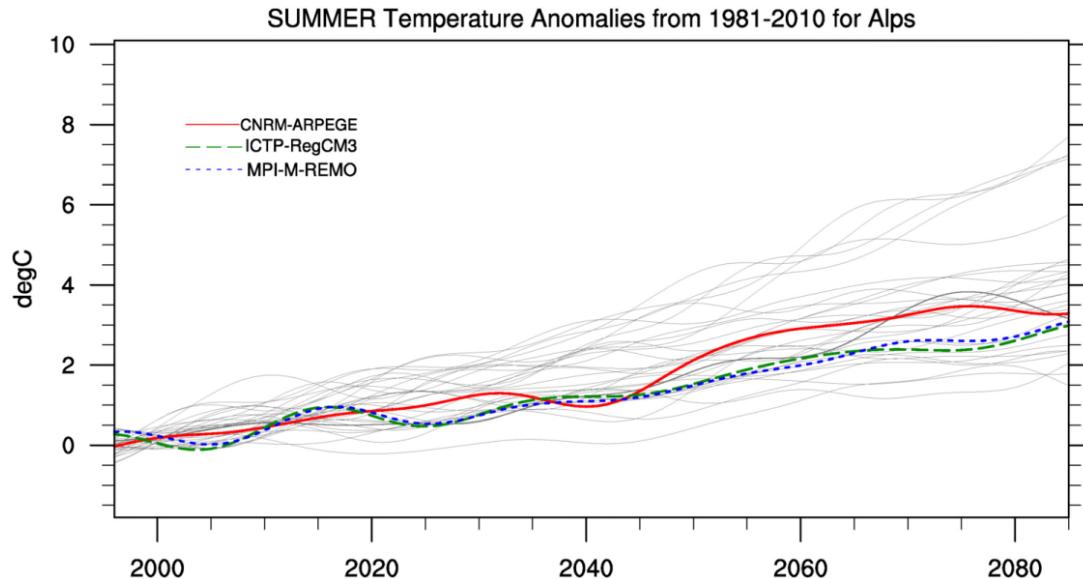
- **ARPEGE - ALADIN**
- **ECHAM5 - RegCM3**
- **ECHAM5 - REMO**

**3 CMIP 5 GCMs statistisch lokalisiert auf Stationen
im Gebiet und dem RCP 8.5 Szenario für den Zeitraum
1961 bis 2100**

- **CNRM-CM5 (Nachfolge ARPEGE)**
- **MPI-ESM-MR (Nachfolge ECHAM5)**
- **IPSLCM5**



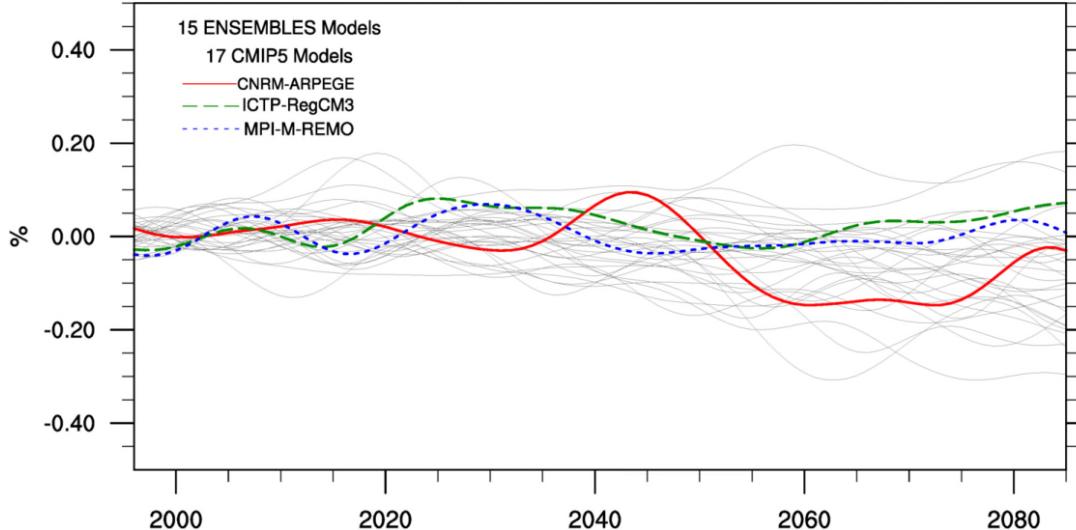
Klimaänderungssignal der Temperatur Sommer- und Winterhalbjahr Ostalpen



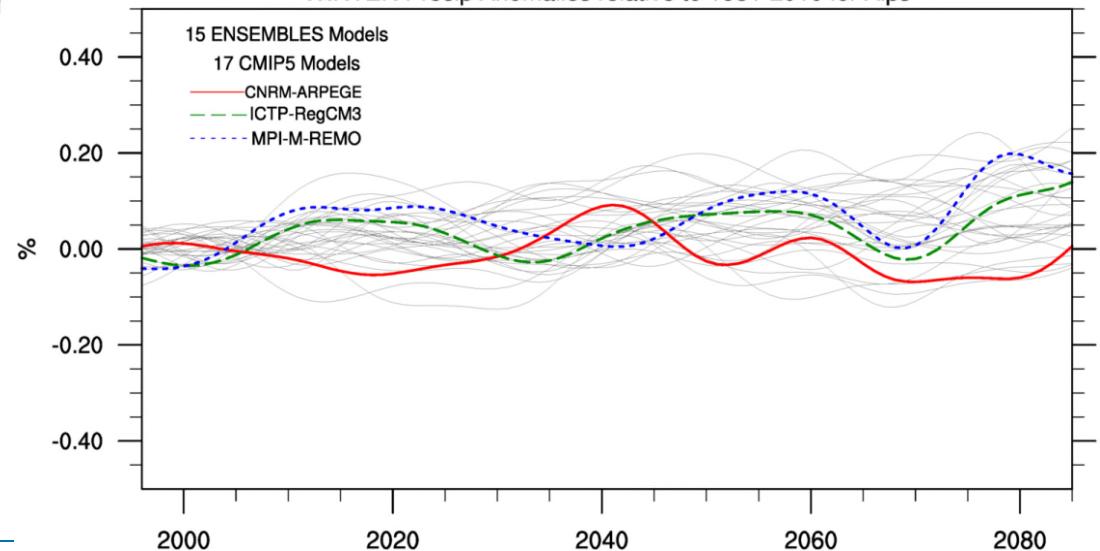


Klimaänderungssignal des Niederschlags Sommer- und Winterhalbjahr Ostalpen

SUMMER Precip Anomalies relative to 1981-2010 for Alps



WINTER Precip Anomalies relative to 1981-2010 for Alps

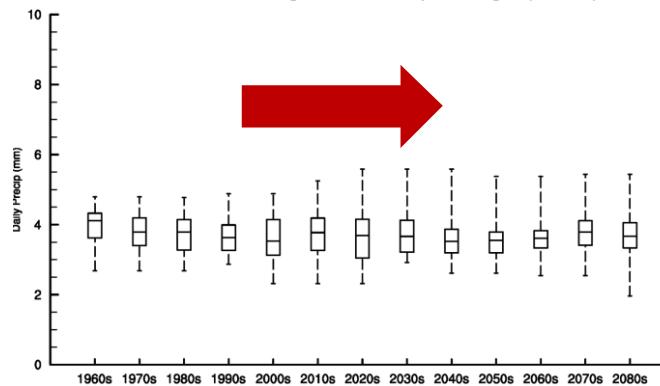




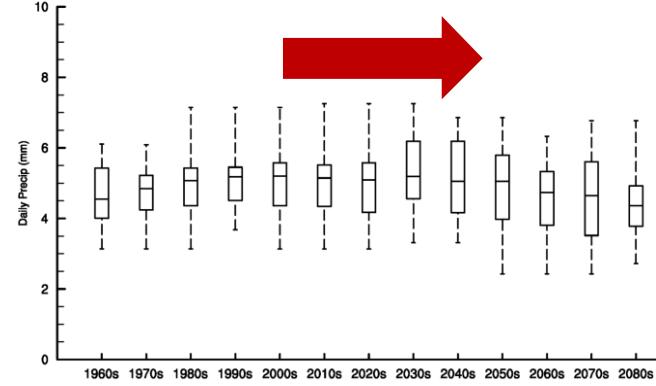
Verteilung der Tagesniederschlagsintensitäten Brixenbachtal - Sommer

RCM lokalisiert

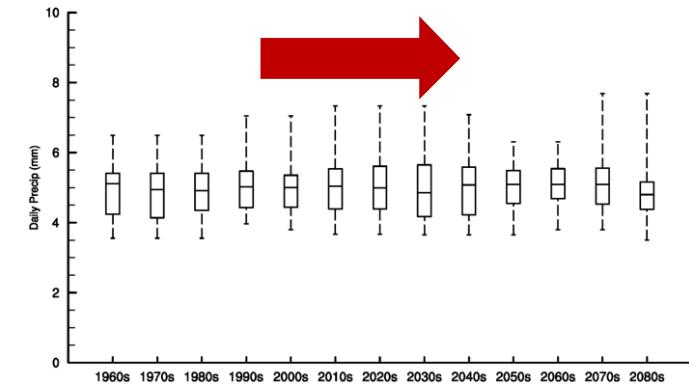
Box Plot of Mean Laeng Catchment Precip from Regcm (Summer)



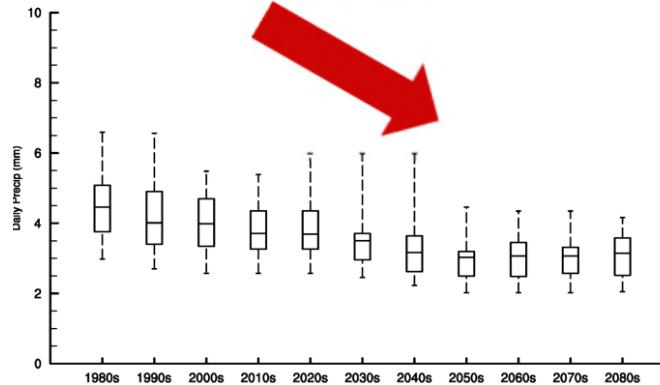
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from Aladin (Summer)



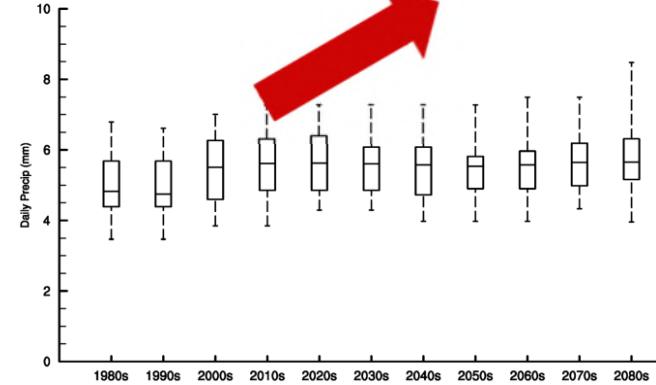
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from Remo (Summer)



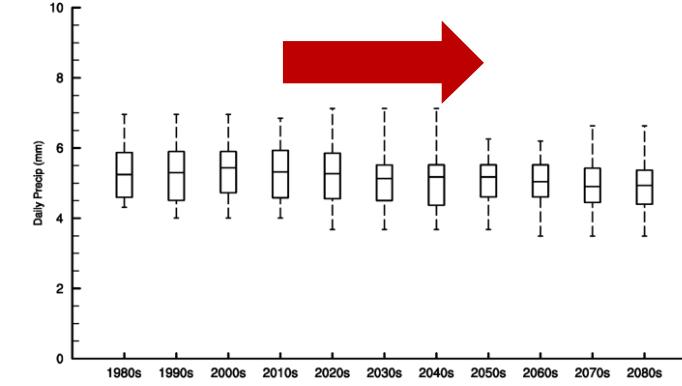
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from IPSLCM5 (Summer)



Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from CNRM-CM5 (Summer)



Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from MPI-ESM-MR (Summer)

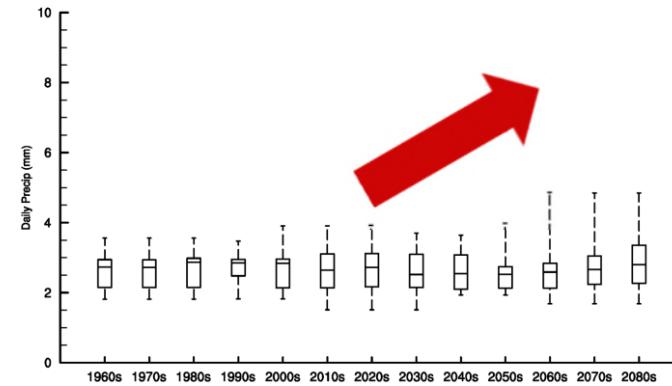


GCM statistisch lokalisiert

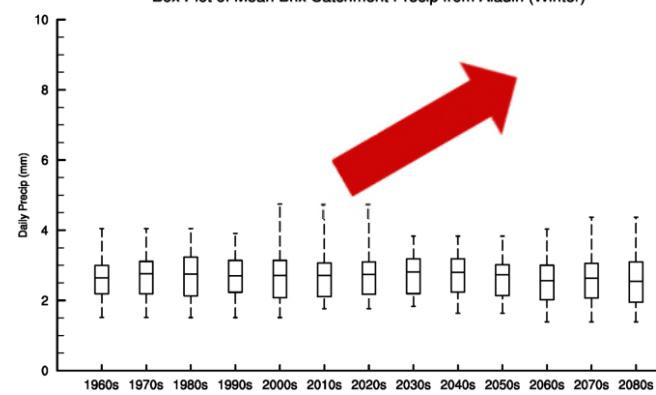


Verteilung der Tagesniederschlagsintensitäten Brixenbachtal - Winter RCM lokalisiert

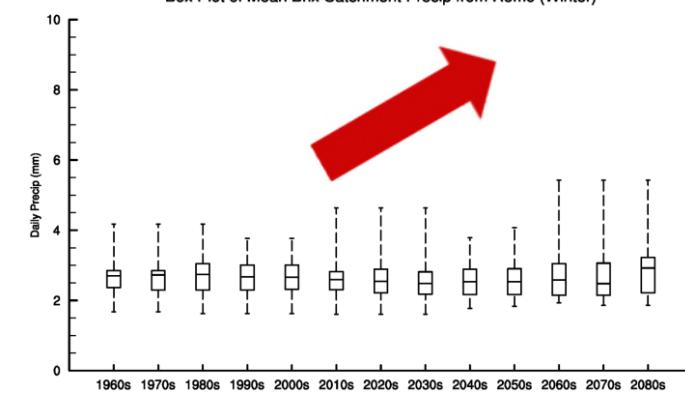
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from Regcm (Winter)



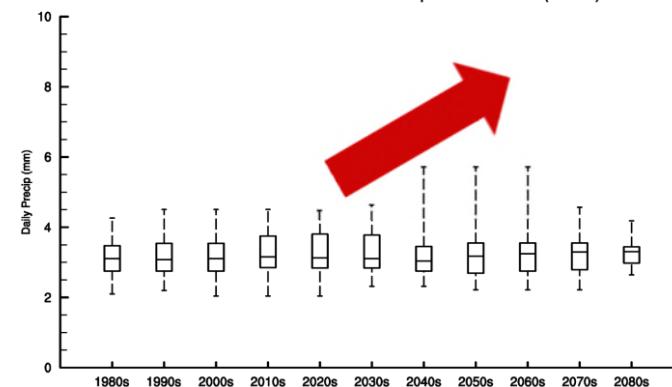
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from Aladin (Winter)



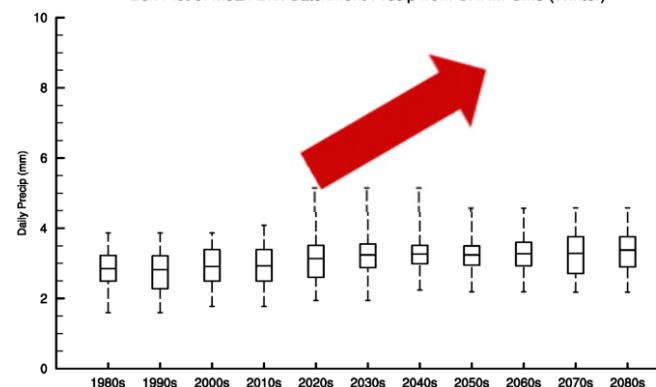
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from Remo (Winter)



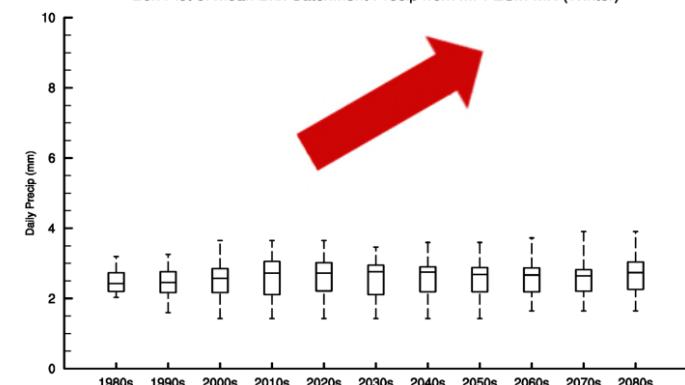
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from IPSLCM5 (Winter)



Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from CNRM-CM5 (Winter)



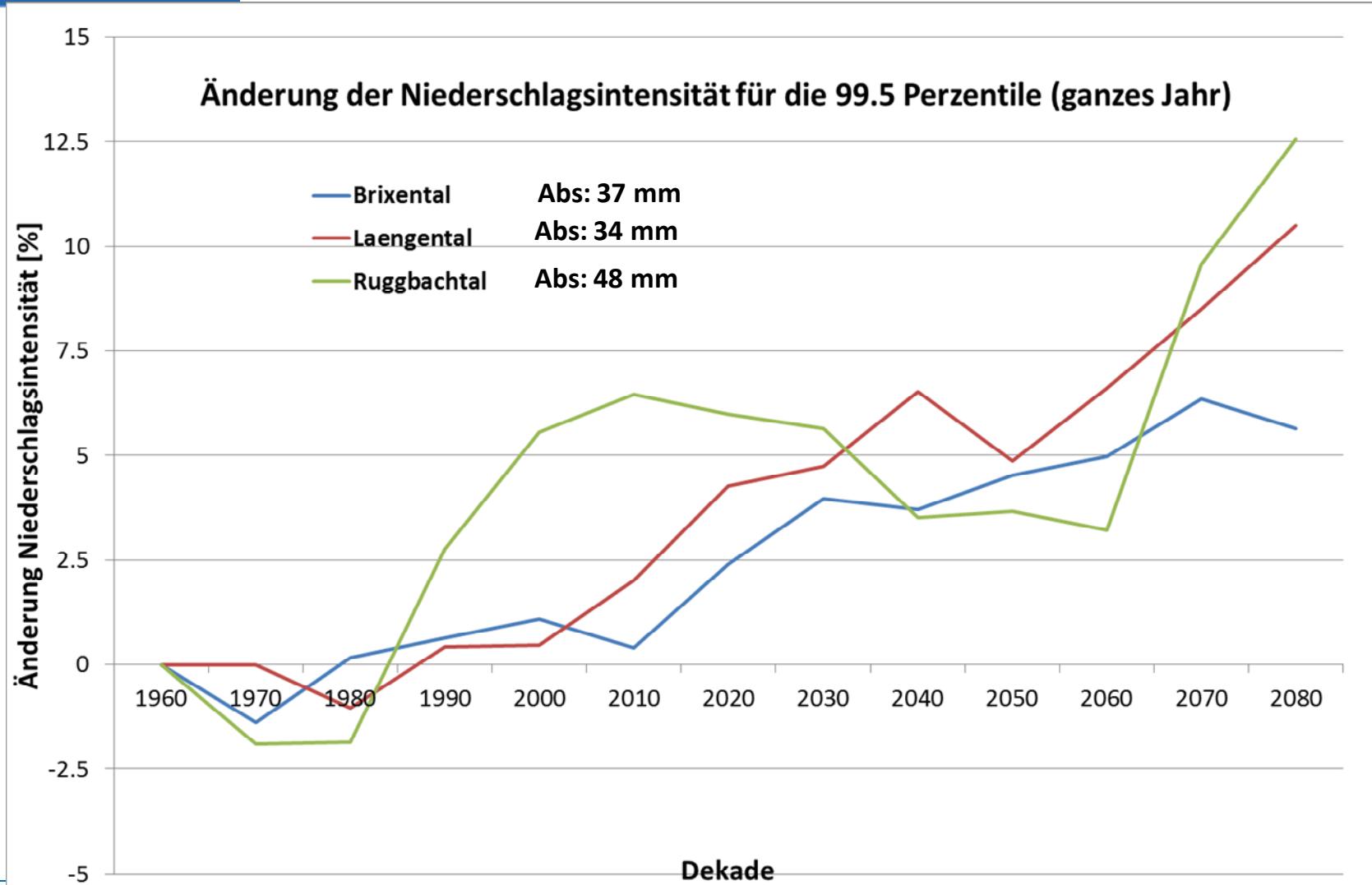
Box Plot of Mean Brix Catchment Precip from MPI-ESM-MR (Winter)



GCM statistisch lokalisiert

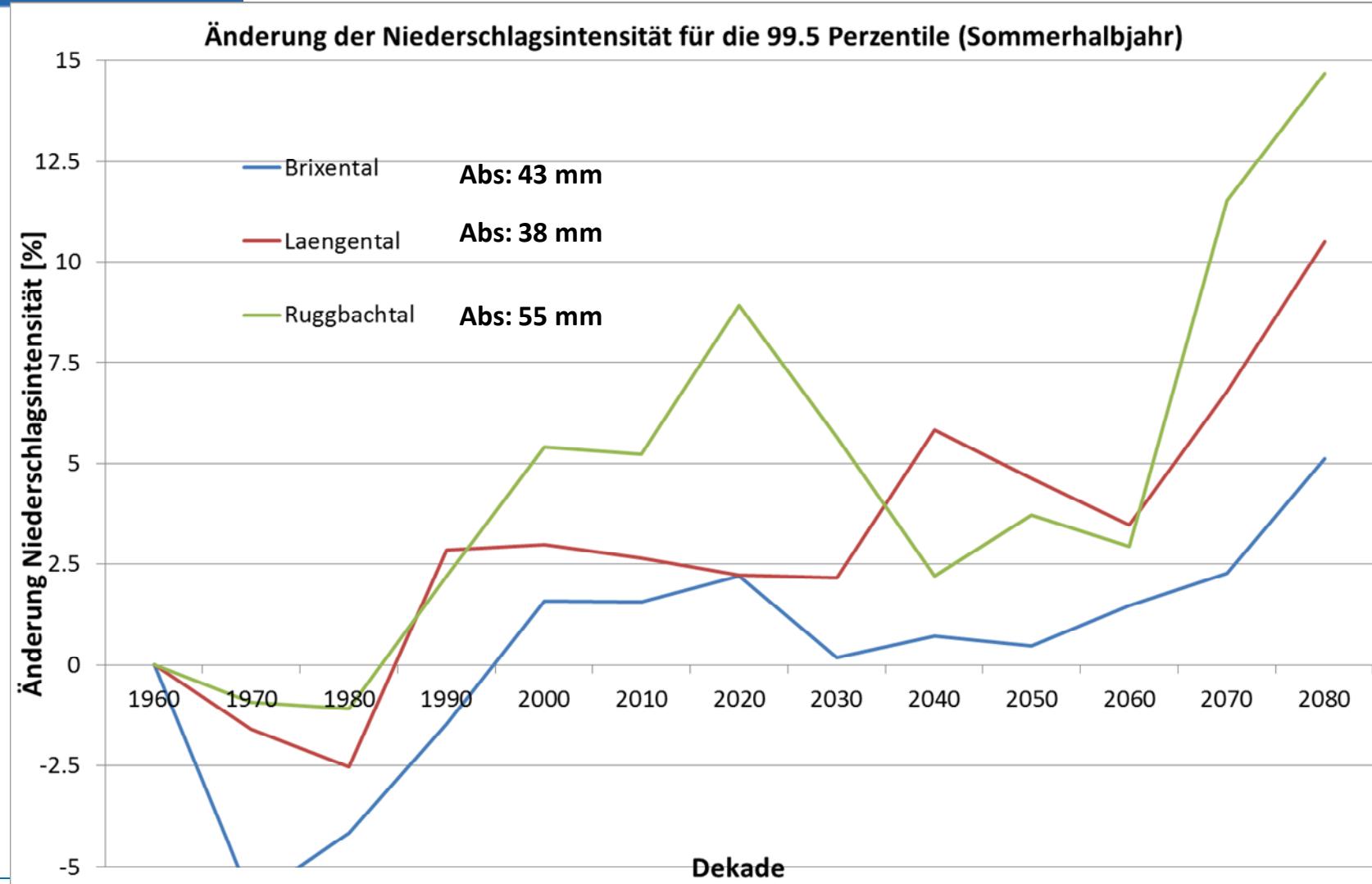


Trend der Starkniederschlagsintensitäten bei den RCM Szenarien





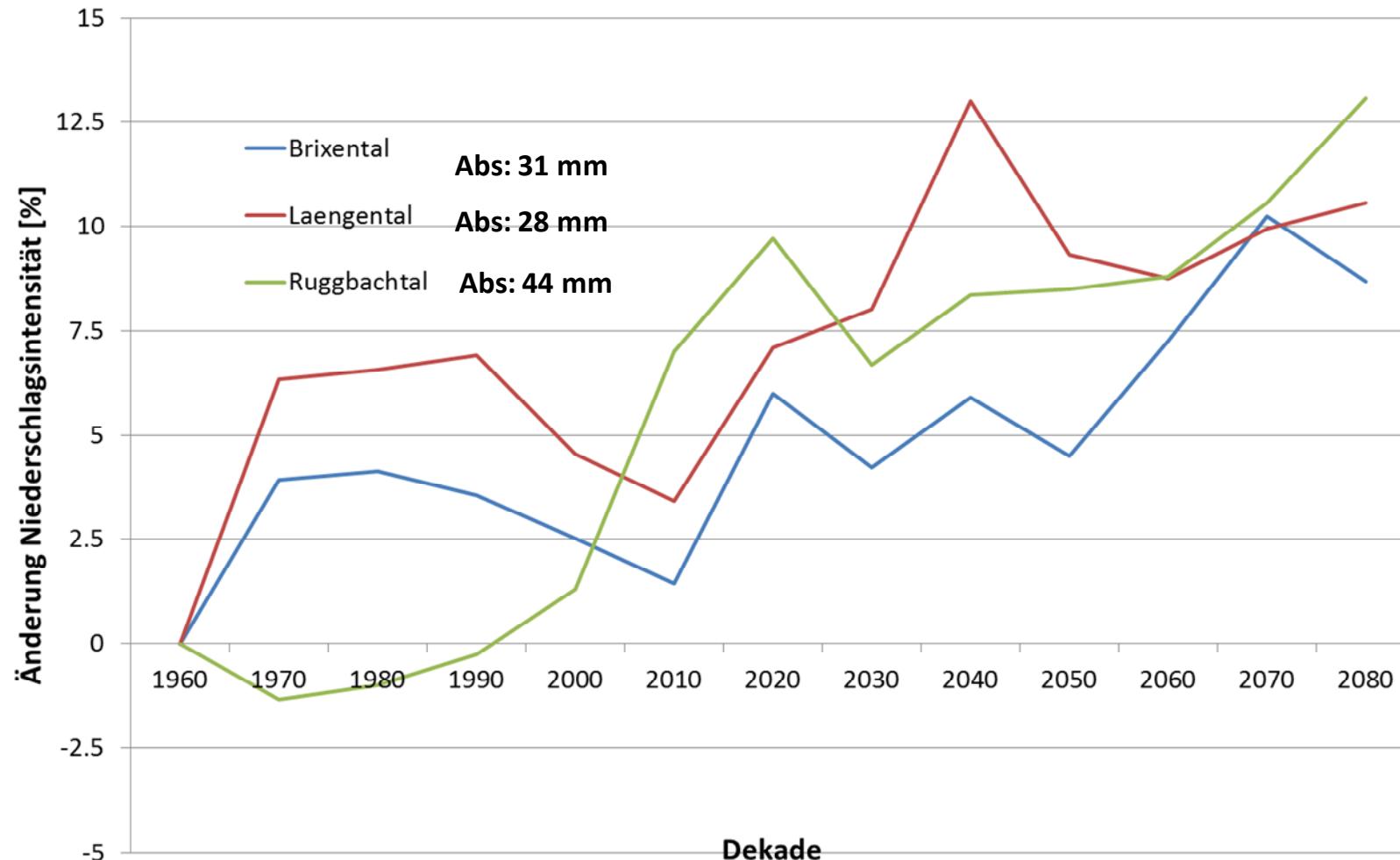
Trend der Starkniederschlagsintensitäten bei den RCM Szenarien





Trend der Starkniederschlagsintensitäten bei den RCM Szenarien

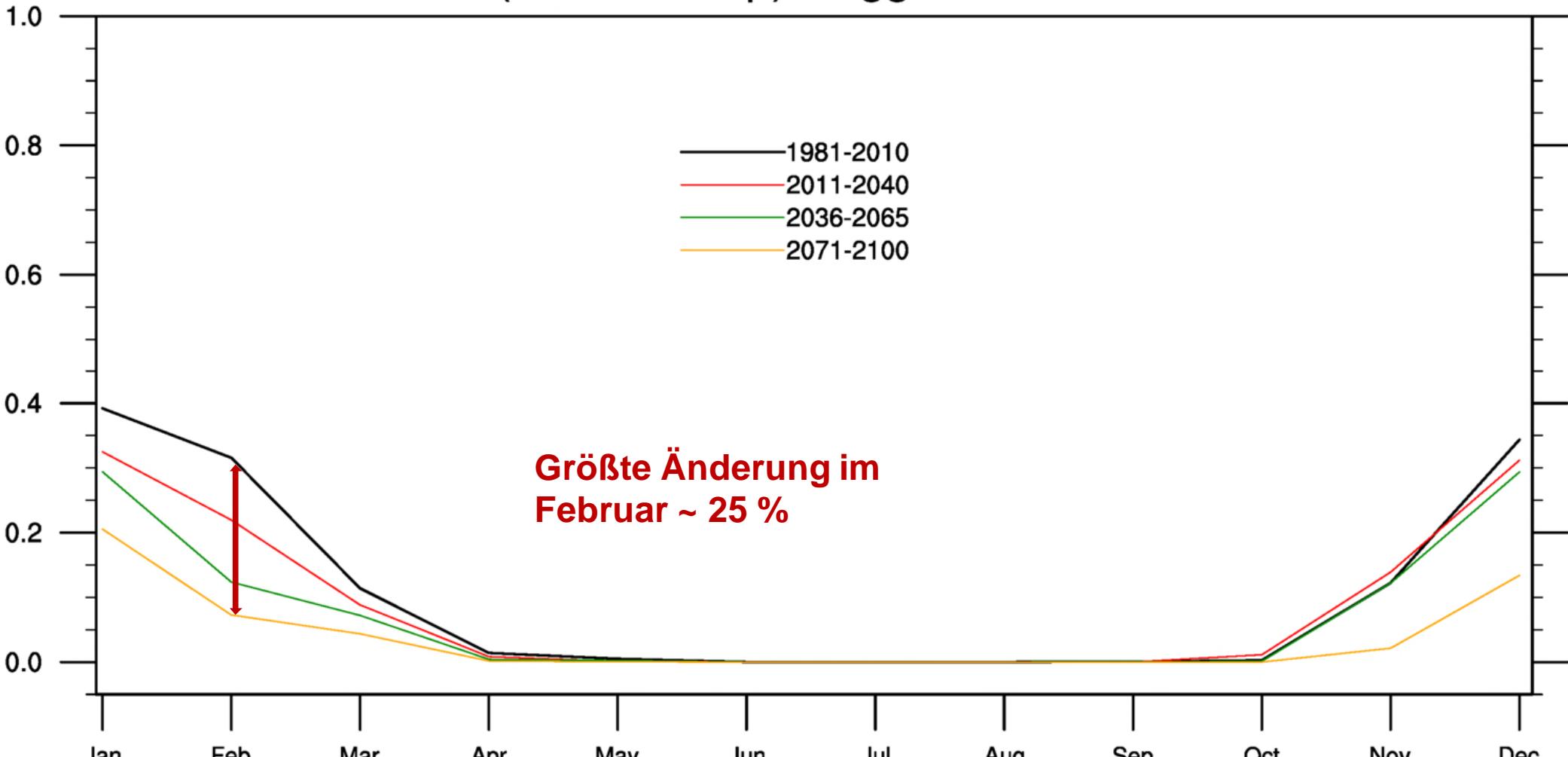
Änderung der Niederschlagsintensität für die 99.5 Perzentile (Winterrhalbjahr)





Veränderung der Schneesituation Ruggbachtal (~500 - 1000 m)

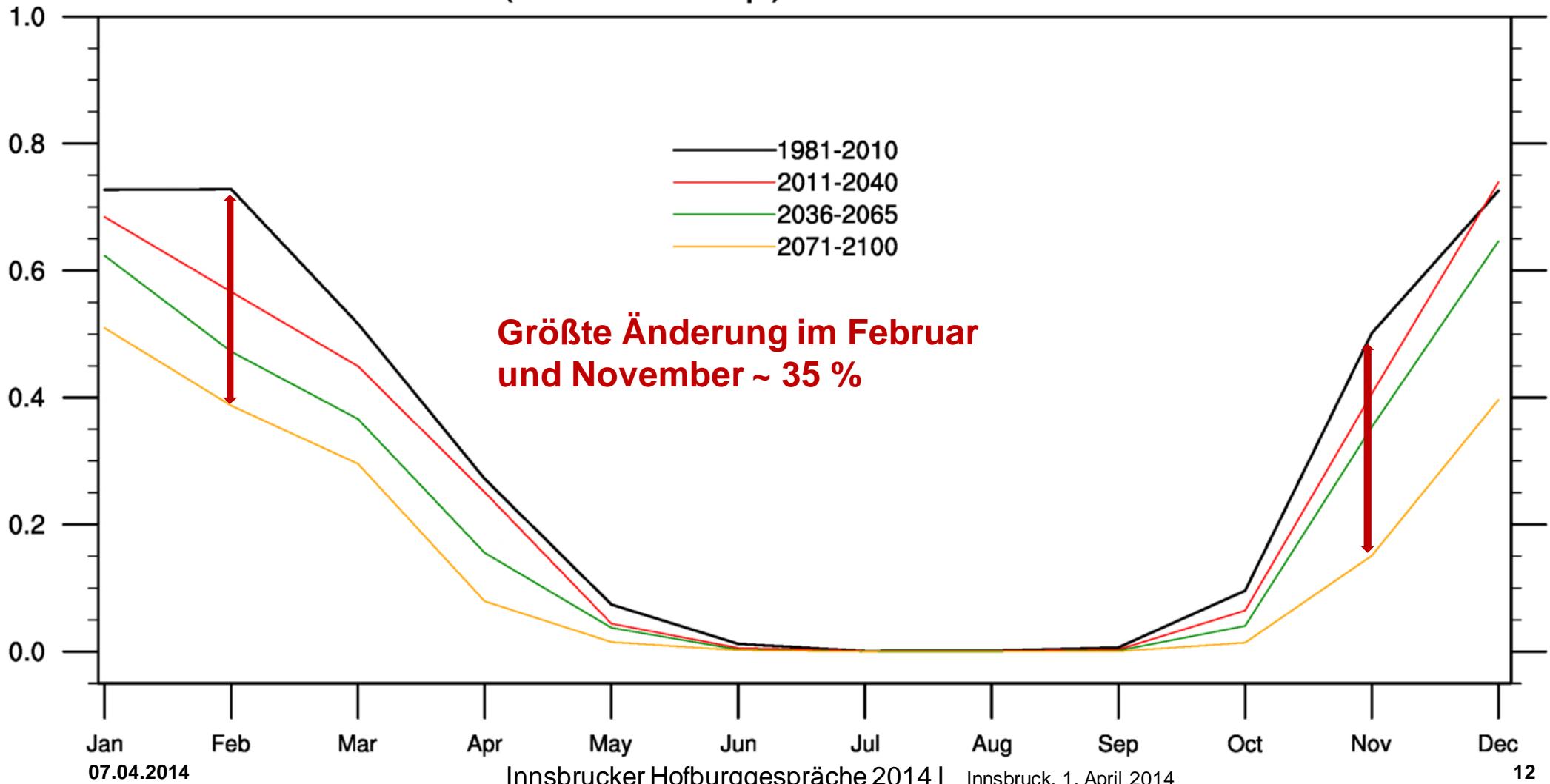
Fraction (Snow/Precip) Ruggbachtal MPI-REMO





Veränderung der Schneesituation Brixenbachtal (~500 – 2000 m)

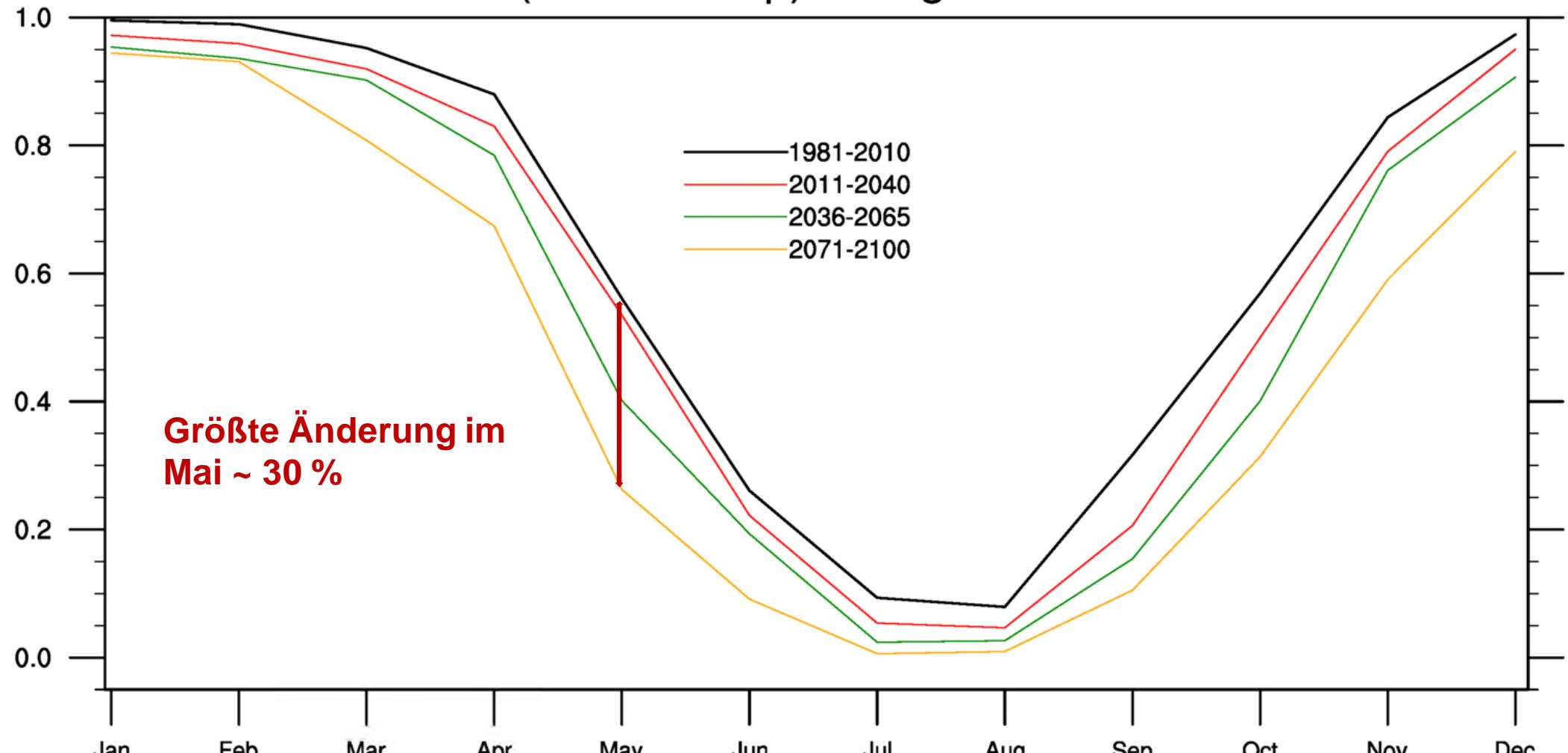
Fraction (Snow/Precip) Brixenbacht MPI-REMO





Veränderung der Schneesituation Längental (~2500 – 3000 m)

Fraction (Snow/Precip) Laengental MPI-REMO





Showalter Index als Maß für Labilität

**Eine Voraussetzung für die Entwicklung von Gewittern
ist eine labile Luftsichtung .**

Definition: SWI = T500 -TP

T500= Temperatur in 500 hPa

TP =Temperatur eines Luftpaketes aus 850 hPa

Kritische Werte

< 0

Gewitter möglich

< -2

Gewitter sehr wahrscheinlich

< -4

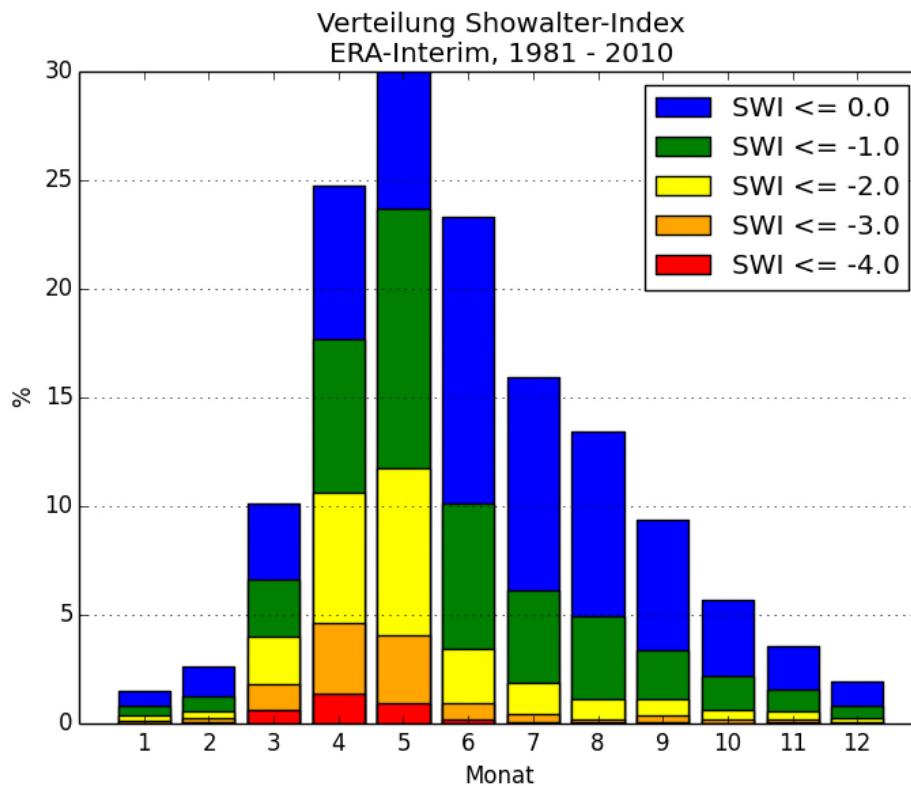
Auch starke Gewitter möglich



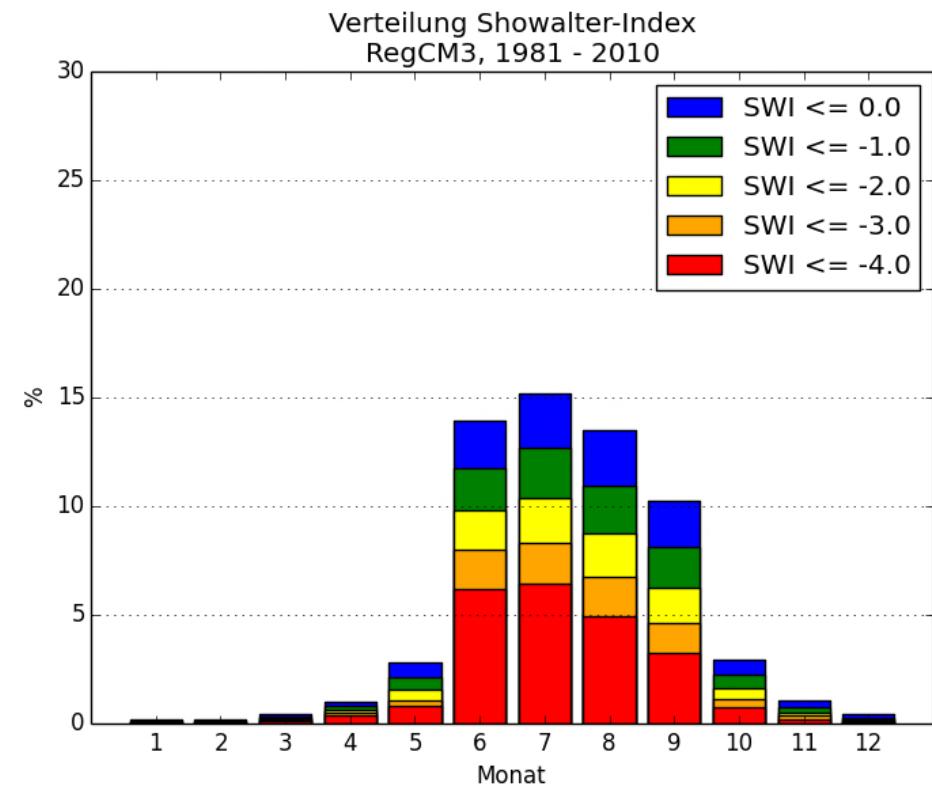
Showalter Index als Maß für Labilität

Häufigkeitsverteilung der SWI Werte in der Versuchsregion Reanalyse versus regionales Klimamodell

Auswertung Reanalyse



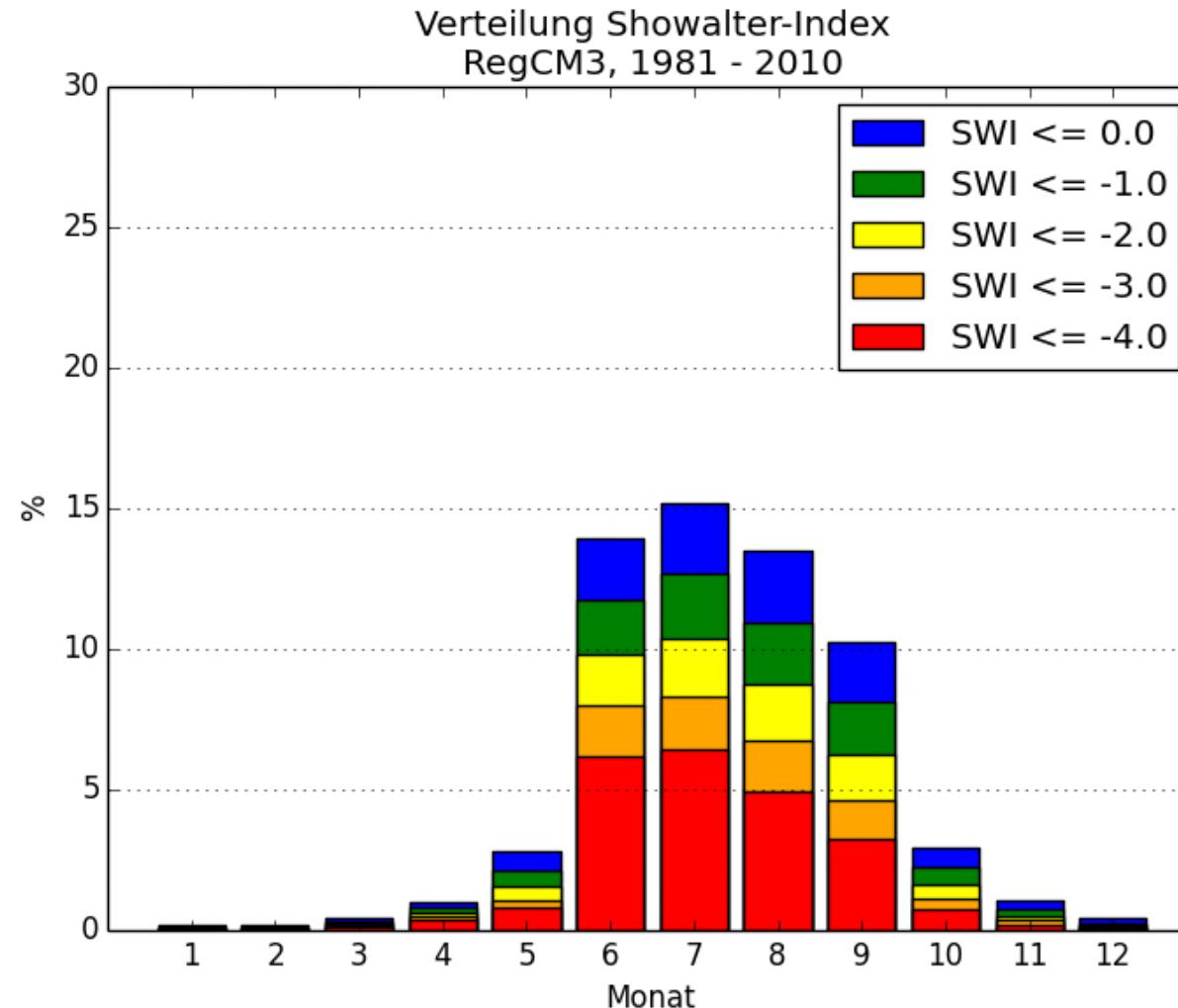
Auswertung RCM





Showalter Index als Maß für Labilität

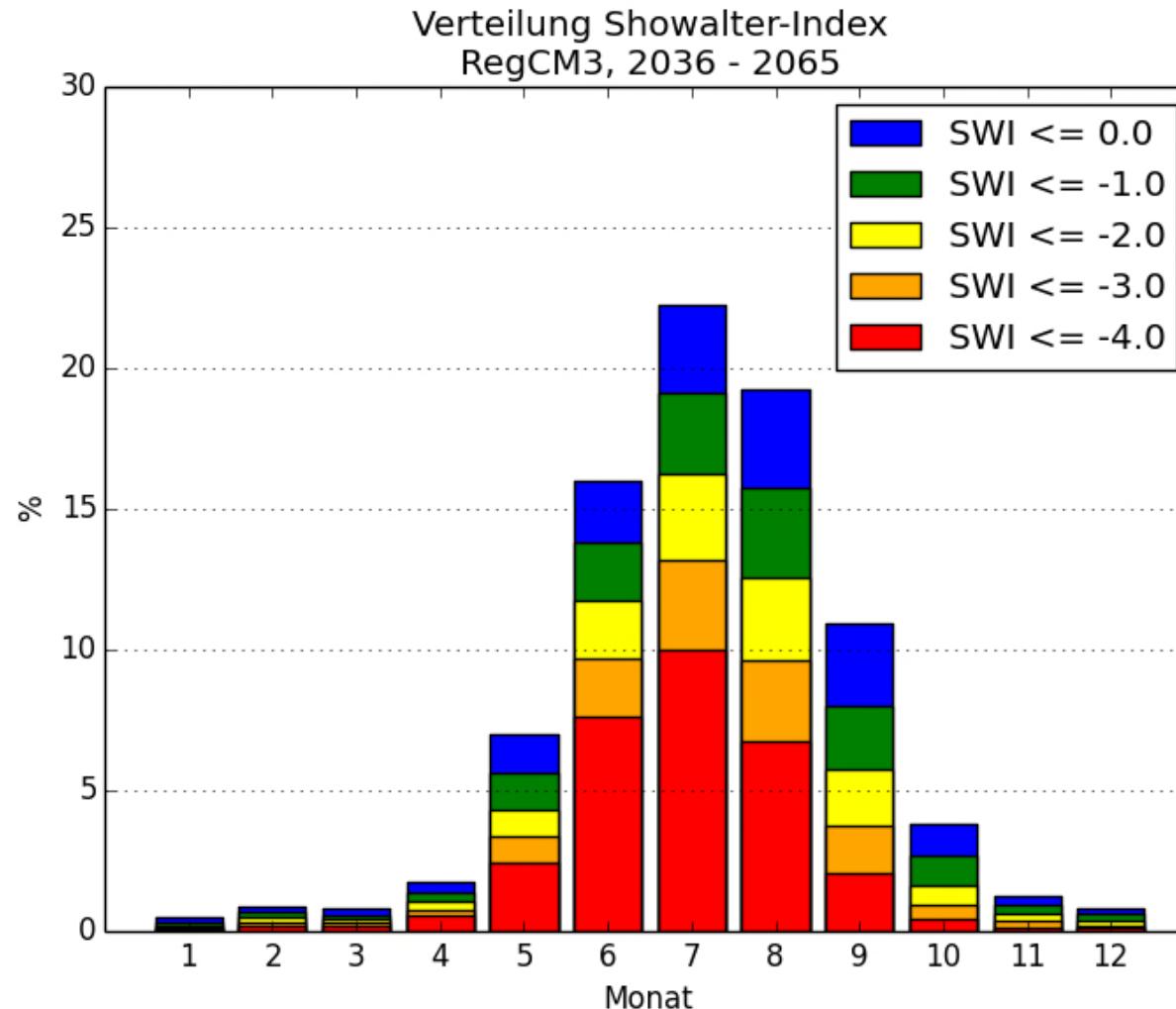
Trend





Showalter Index als Maß für Labilität

Trend

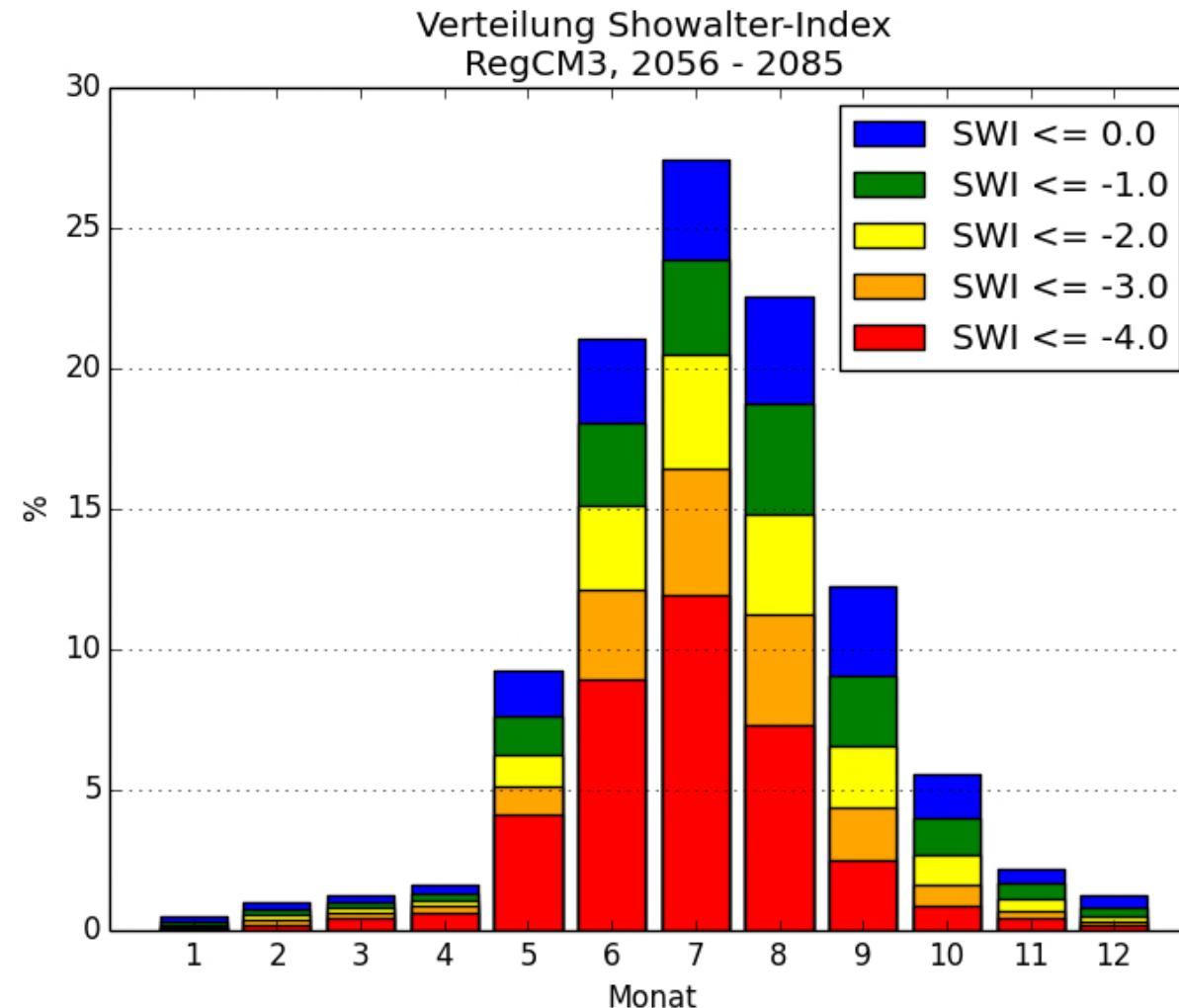




Showalter Index als Maß für Labilität

Trend

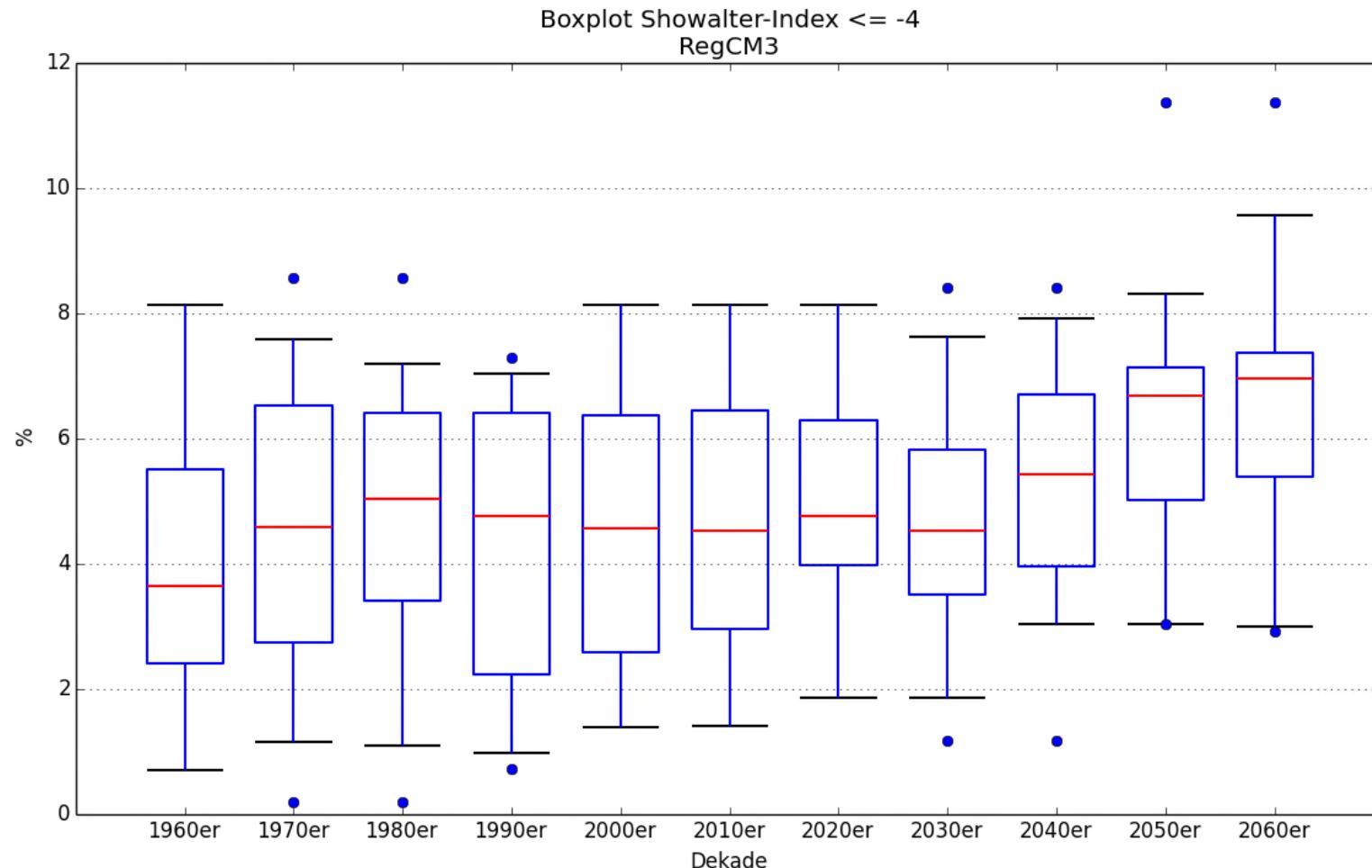
Beinahe
Verdoppelung
sowohl von labilen
Lagen [SWI<0]
als auch von hoher
Labilität [SWI<-4]
innerhalb der
nächsten
75 Jahre





Showalter Index als Maß für Labilität

Trend



Niederschlagsintensität und Temperatur



Herbert Formayer



Clausius–Clapeyron

allgemein

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T\Delta v}.$$

Standard
meteorologische
Bedingungen

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_v(T)e_s}{R_v T^2}$$

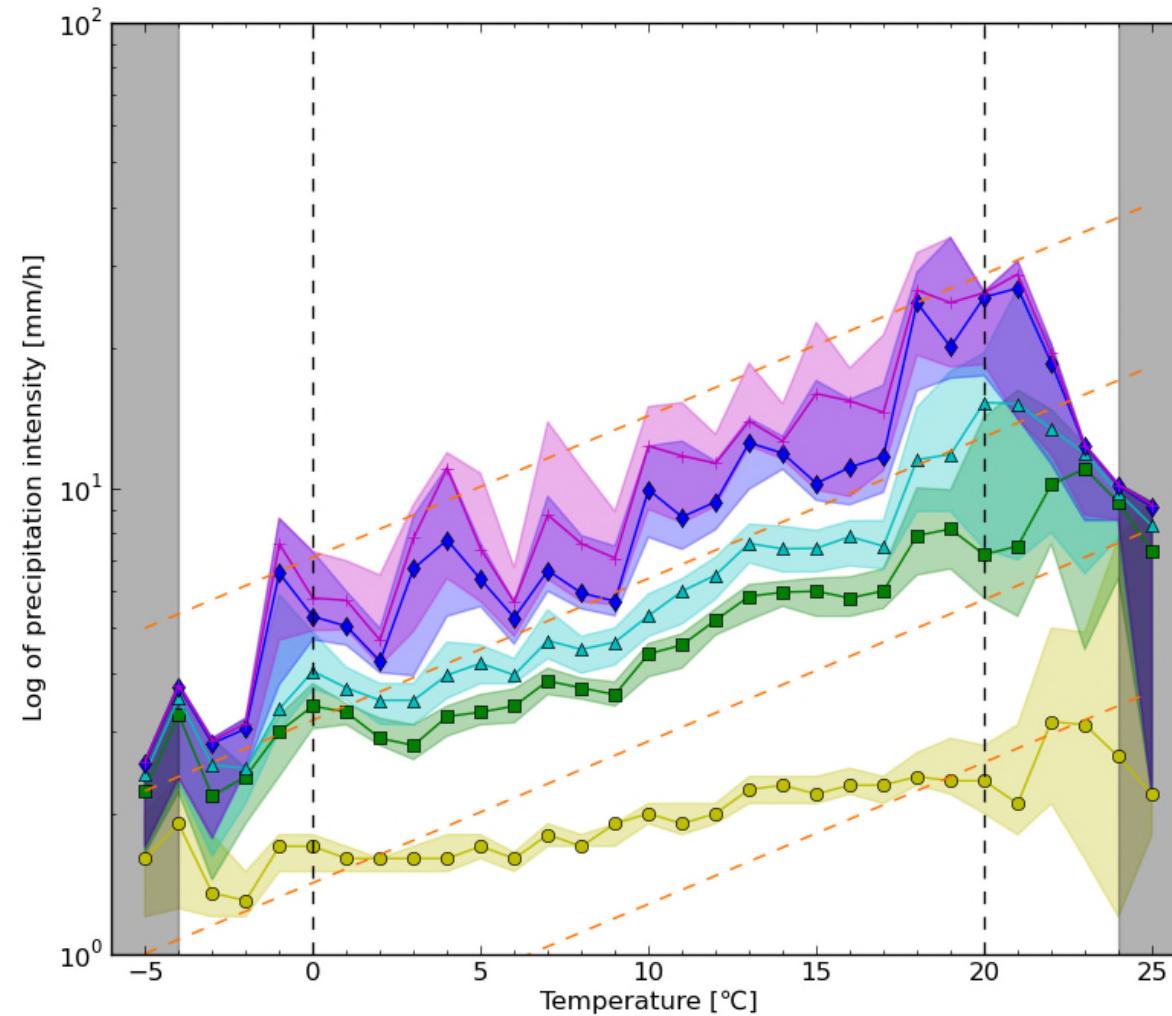


$$\frac{\Delta e_s}{e_{s,0}} = \frac{L}{R_v T_0^2} = \frac{2.5 \cdot 10^6}{462 \cdot 273.15^2} \approx 0.07 = 7\% \text{ K}^{-1}.$$



Niederschlagsintensität und Temperatur

Beobachteter Zusammenhang zwischen Niederschlagsintensität und Temperatur für Bregenz

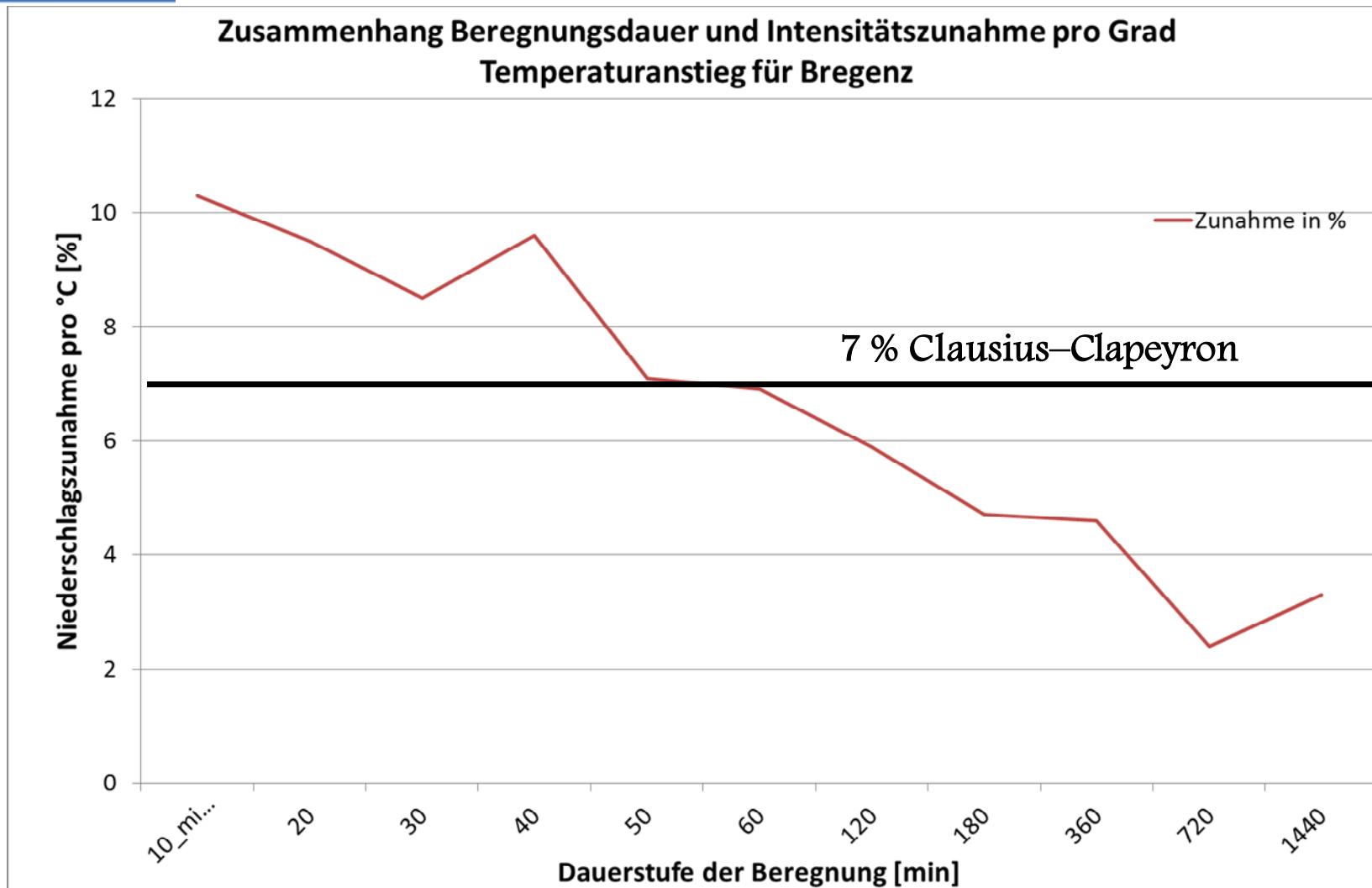


Fritz, 2014



Niederschlagsintensität und Temperatur

Beregnungsdauer am Beispiel Bregenz





Einige Schlussfolgerungen

Mehrere Faktoren weisen darauf hin, dass die kurzfristigen kleinräumigen Starkniederschlagsereignisse durch den Klimawandel zunehmen und zu einer höheren Abflussbildung führen können

Fest/flüssiger Niederschlagsanteil

- **Anstieg des Flüssigniederschlags in allen Monaten und Seehöhen**
- **In den niederen Lagen ist die Auswirkung am geringsten Ausgeprägt mit einem Maximum im Februar (~ -20 %)**
- **In Mittelgebirgslagen ist die Auswirkung am Stärksten mit Maxima im Februar und November (~ -35 %)**
- **In Hochgebirgslagen zeigt sich die stärkste Wirkung im Mai mit ~ -30%**



Einige Schlussfolgerungen

Lokalisierte Tagesniederschläge

- **Die lokalisierten Niederschlagsszenarien zeigen im Mittel eine leichte Niederschlagszunahme im Winterhalbjahr und im Sommerhalbjahr sind sie eher indifferent**
- **Starkniederschläge auf Tagesbasis zeigen sowohl im Sommerhalbjahr als auch im Winterhalbjahr eine klare Zunahme**
- **Der Anstieg beträgt je nach Jahreszeit und Einzugsgebiet zwischen 5 und 15 % bis zum Ende des Jahrhunderts.**
- **Die Unterschiede zwischen den Modellen und Gebieten sind bei ganzjährlicher Betrachtung robuster als bei Saisonaler**



Herbert Formayer



Einige Schlussfolgerungen

Labilitätsindex

- **Auswertungen des Labilitätsindexes Showalter im Untersuchungsgebiet zeigen deutlich unterschiedliche Verhältnisse in einem regionalen Klimamodell und einem Reanalysemödell**
- **Direkte Analysen von Starkniederschlägen auf täglicher oder gar subtäglicher Zeitskala sind daher mit Vorsicht zu betrachten**
- **Die zeitliche Entwicklung des Showalterindexes im 21. Jahrhundert zeigt jedoch einen ausgeprägten Trend.**
- **Nach dem untersuchten Klimamodell würde es beinahe zu einer Verdoppelung der Labilitätsindexwerte kommen, bei denen starke Gewitter zu erwarten sind.**



Einige Schlussfolgerungen

Clausius Clapeyron

- **Aus physikalischen Gründen ist mit einem Anstieg der Intensität der kleinräumigen, kurzfristigen Starkniederschläge zu rechnen.**
- **Derzeit beobachtet man eine Zunahme der Niederschlagsintensität je Grad Temperaturanstieg gemäß Clausius Clapeyron mit 7 % bei Stundenniederschlägen bei Intensitäten über der 99.5 Perzentile**
- **Bei kürzeren Beregnungsdauern werden sogar höhere Anstiegsraten (~ 10 % bei 10 min Niederschlägen) beobachtet**
- **Bei längeren Beregnungsdauern spielt die Advektion eine immer größere Rolle, sodass ab 12 stündigen Niederschlägen nur noch ein Anstieg von etwa 2 bis 3 % beobachtet werden kann**



Herbert Formayer



Universität für Bodenkultur Wien

Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Institut für Meteorologie

Herbert Formayer

Peter Jordan Straße 82, A-1190 Wien
Tel.: +43 1 476 54 - 5615, Fax: +43 1 476 54 - 5610
herbert.formayer@boku.ac.at
<http://www.boku.ac.at/imp/klima/index.html>

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!