



# ***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**



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

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

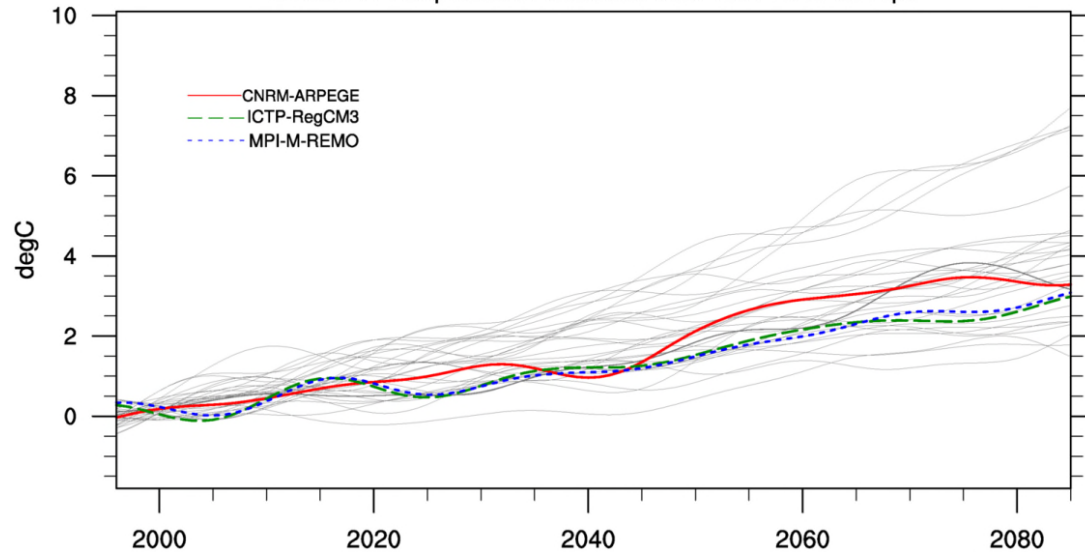
**3 CMIP 5 GCMs statistisch lokalisiert auf Stationen im Gebiet und dem RCP 8.5 Szenario für den Zeitraum 1961 bis 2100**

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

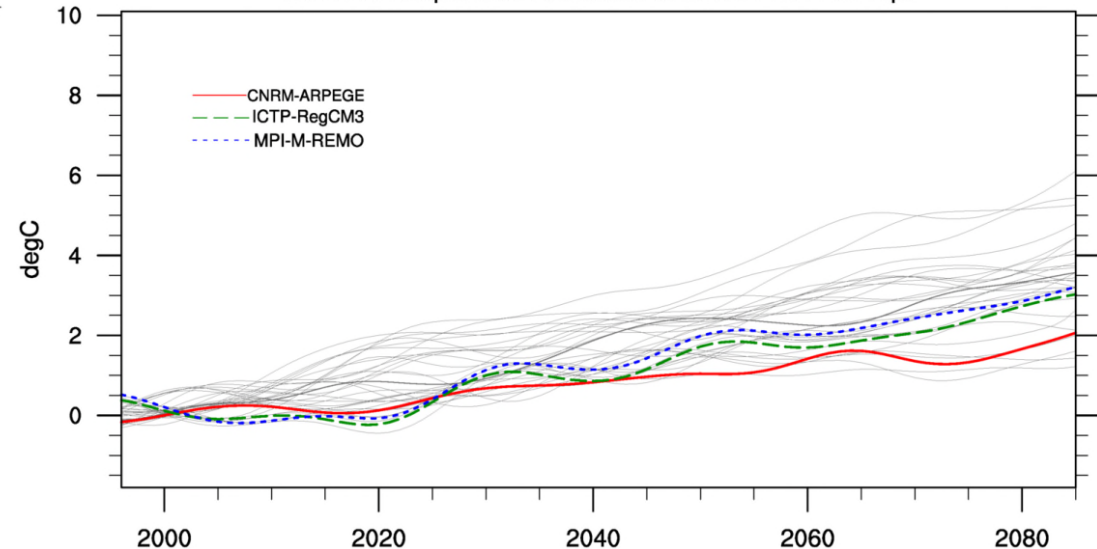
# Klimaänderungssignal der Temperatur Sommer- und Winterhalbjahr Ostalpen



SUMMER Temperature Anomalies from 1981-2010 for Alps



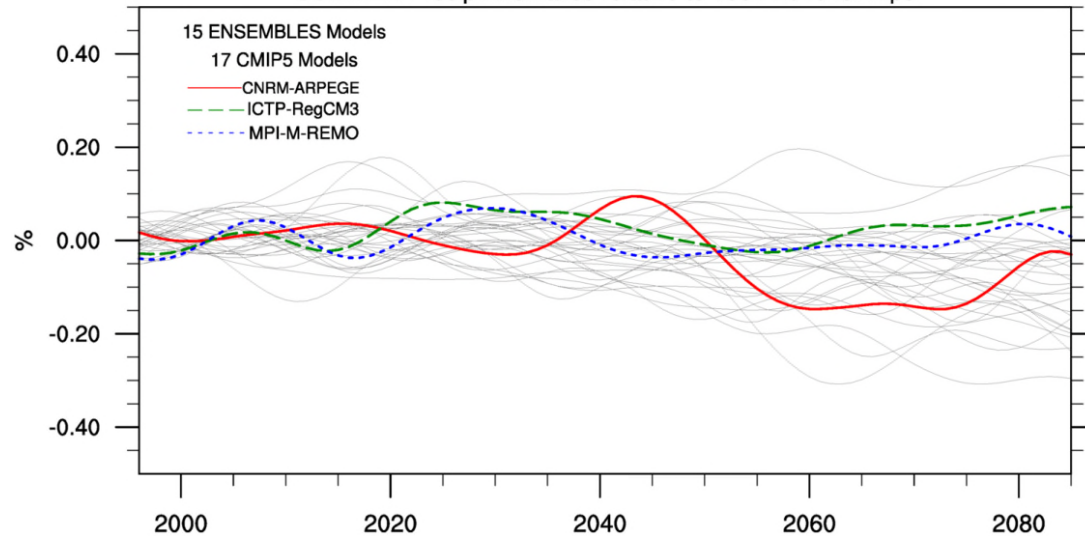
WINTER Temperature Anomalies from 1981-2010 for Alps



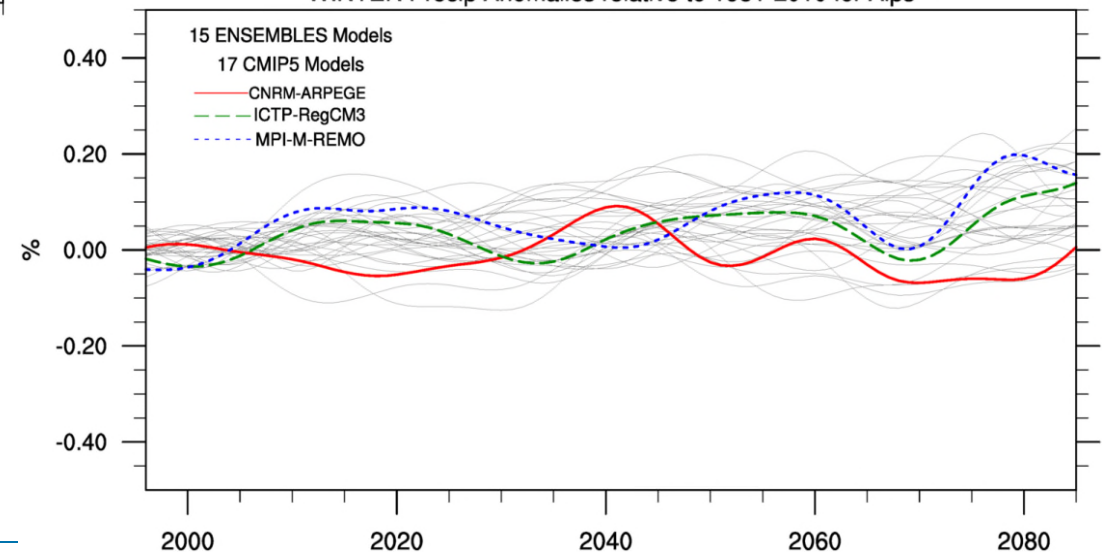


# Klimaänderungssignal des Niederschlags Sommer- und Winterhalbjahr Ostalpen

SUMMER Precip Anomalies relative to 1981-2010 for Alps



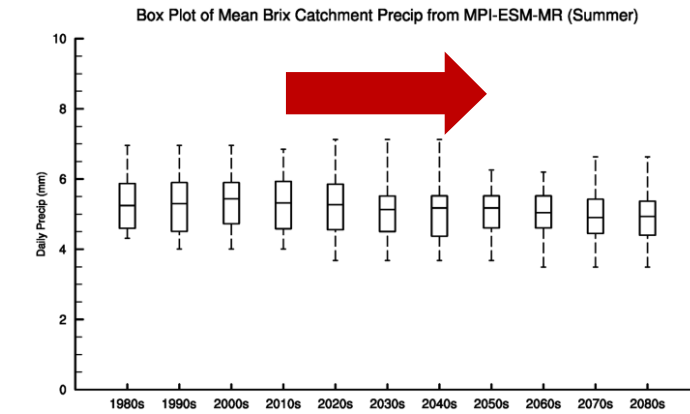
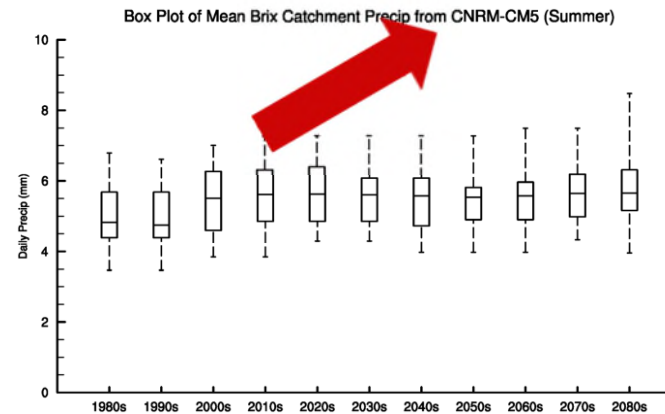
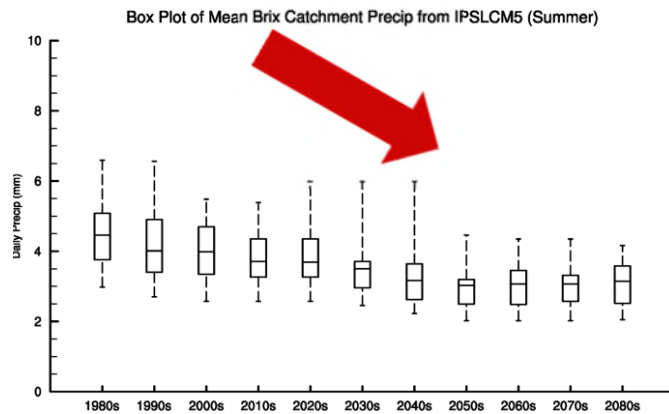
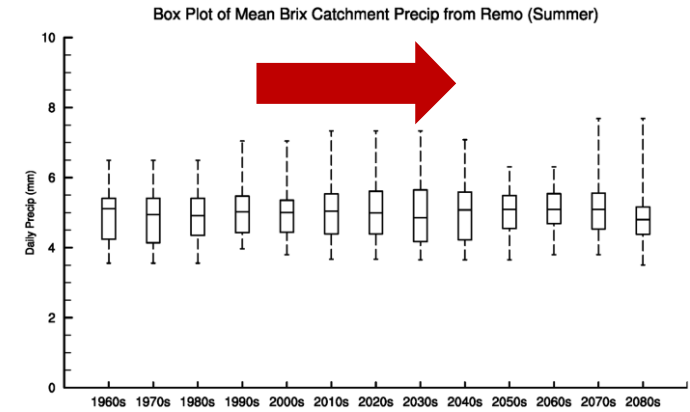
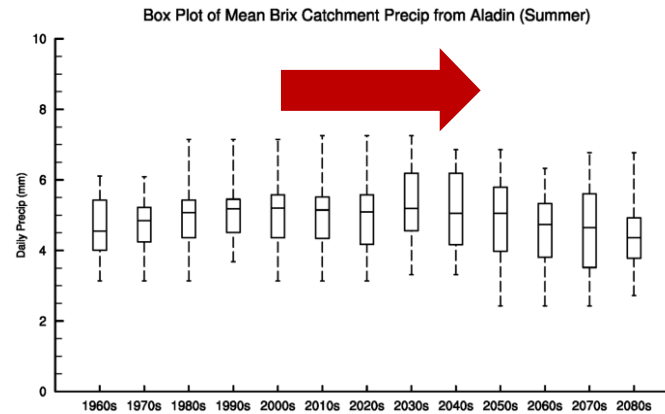
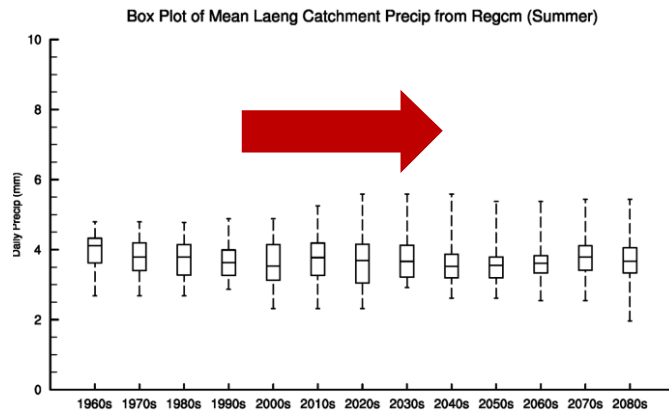
WINTER Precip Anomalies relative to 1981-2010 for Alps





# Verteilung der Tagesniederschlagsintensitäten Brixenbachtal - Sommer

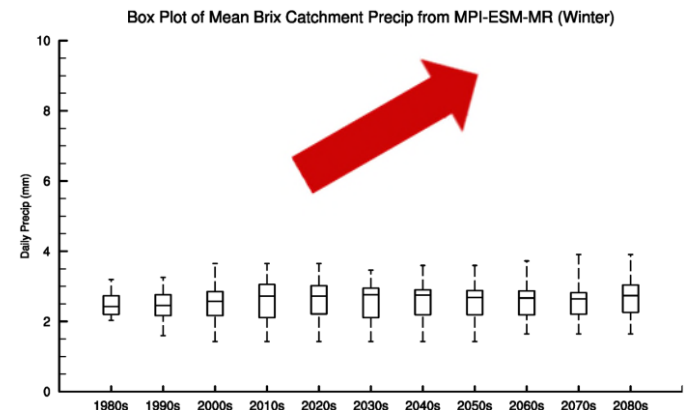
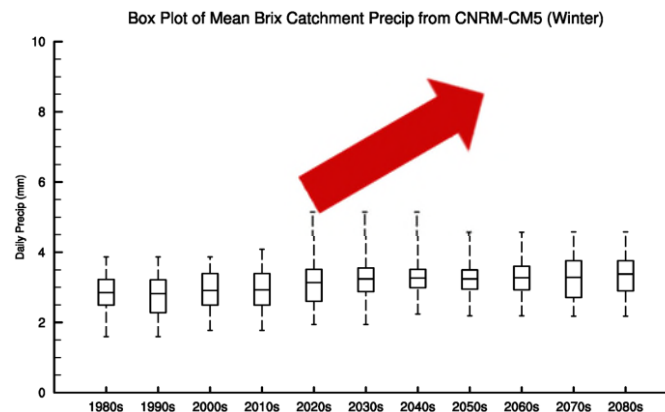
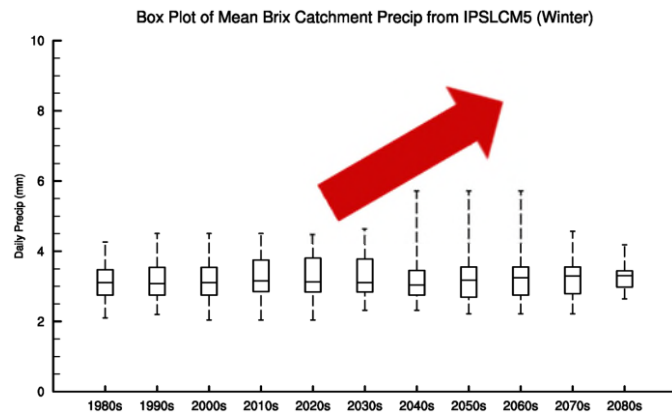
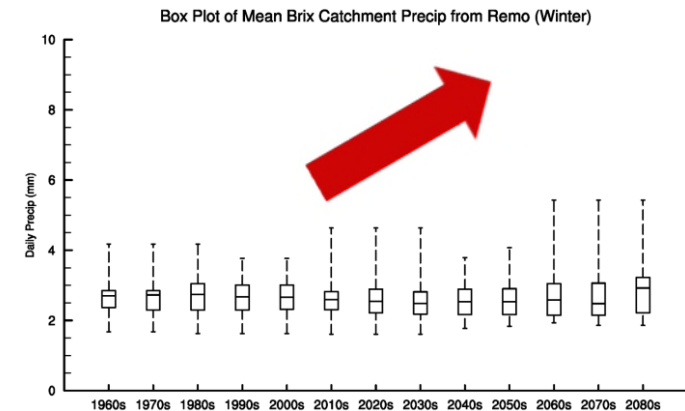
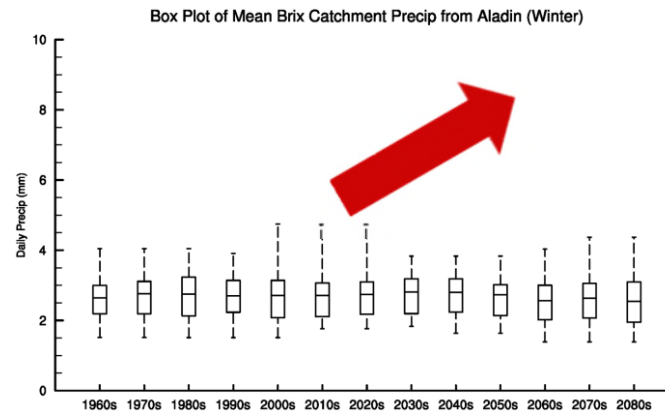
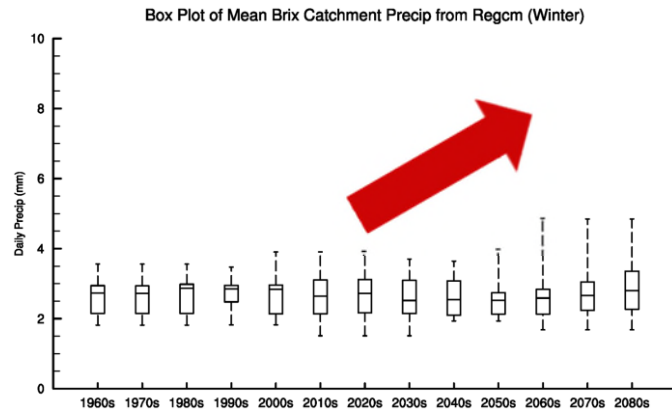
## RCM lokalisiert



## GCM statistisch lokalisiert



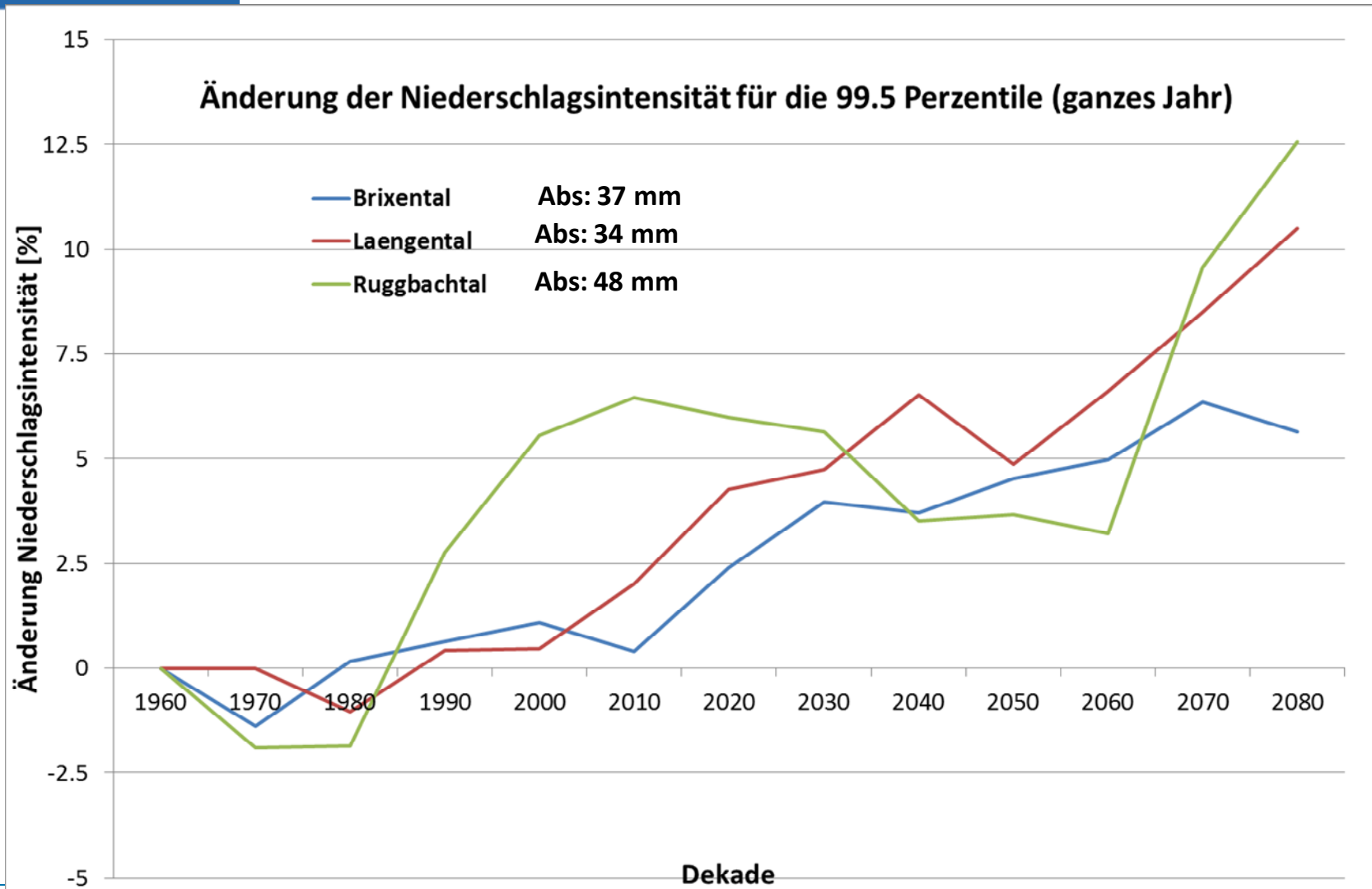
# Verteilung der Tagesniederschlagsintensitäten Brixenbachtal - Winter RCM lokalisiert



## GCM statistisch lokalisiert



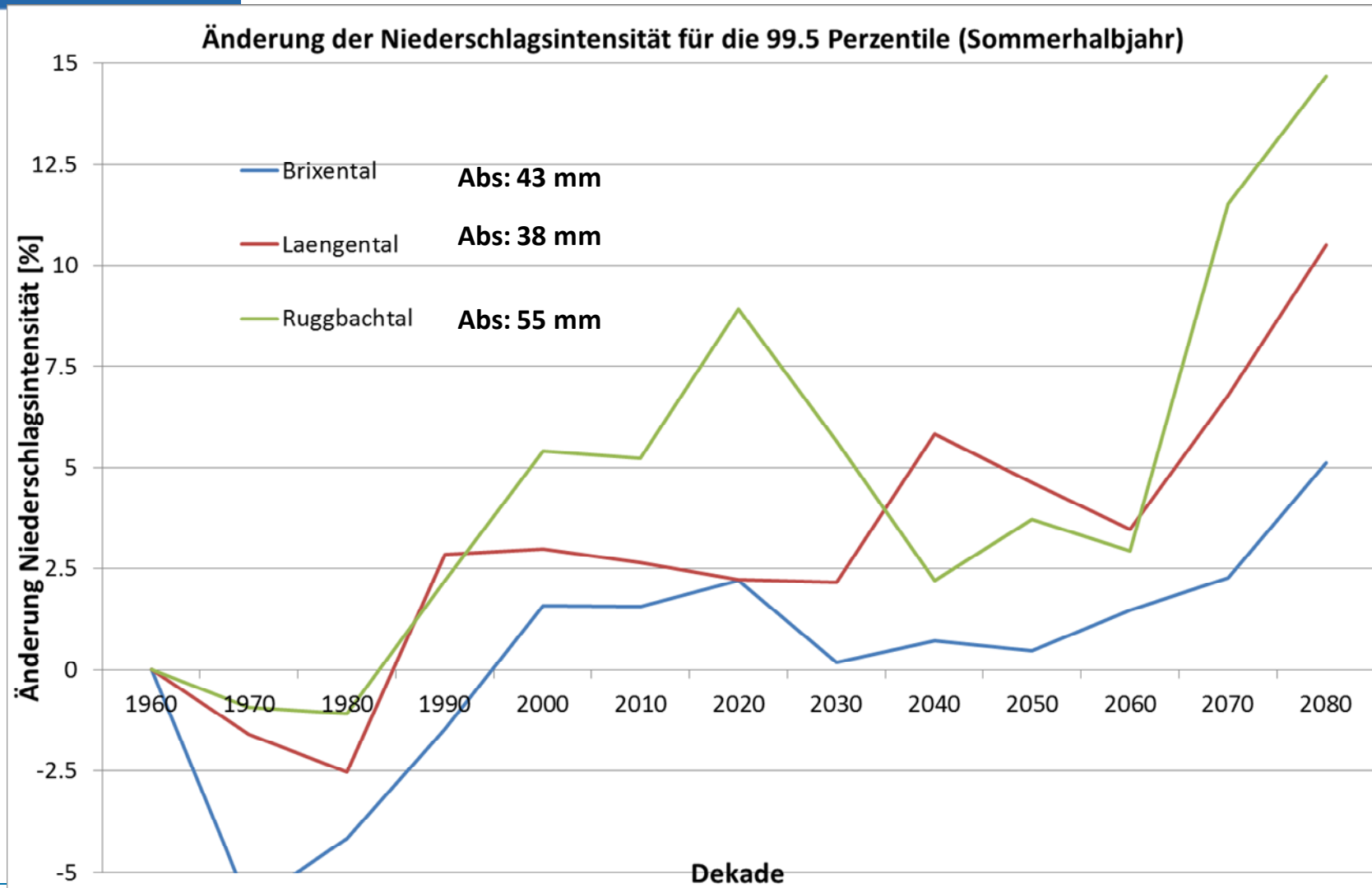
# Trend der Starkniederschlagsintensitäten bei den RCM Szenarien





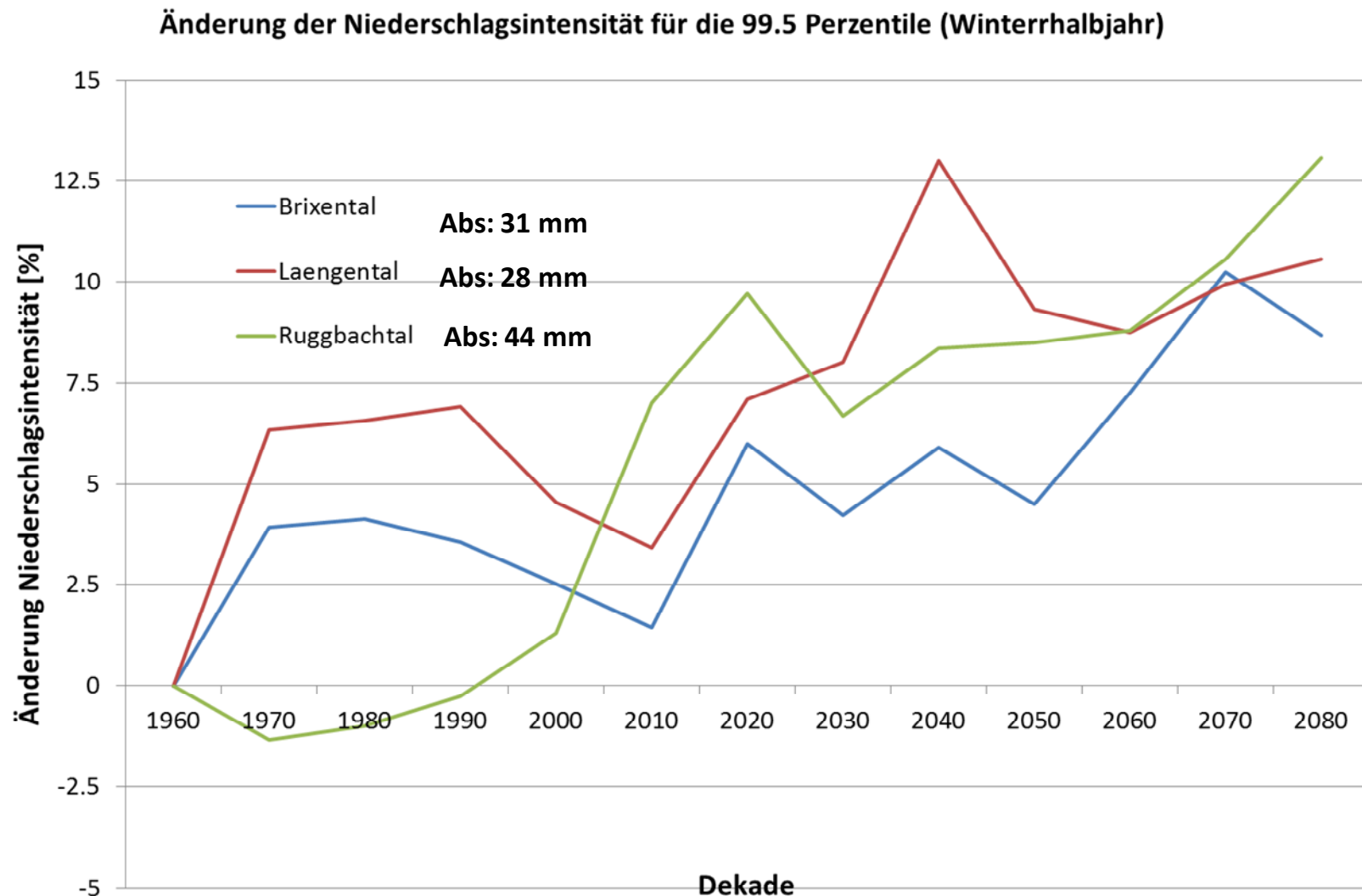


# Trend der Starkniederschlagsintensitäten bei den RCM Szenarien



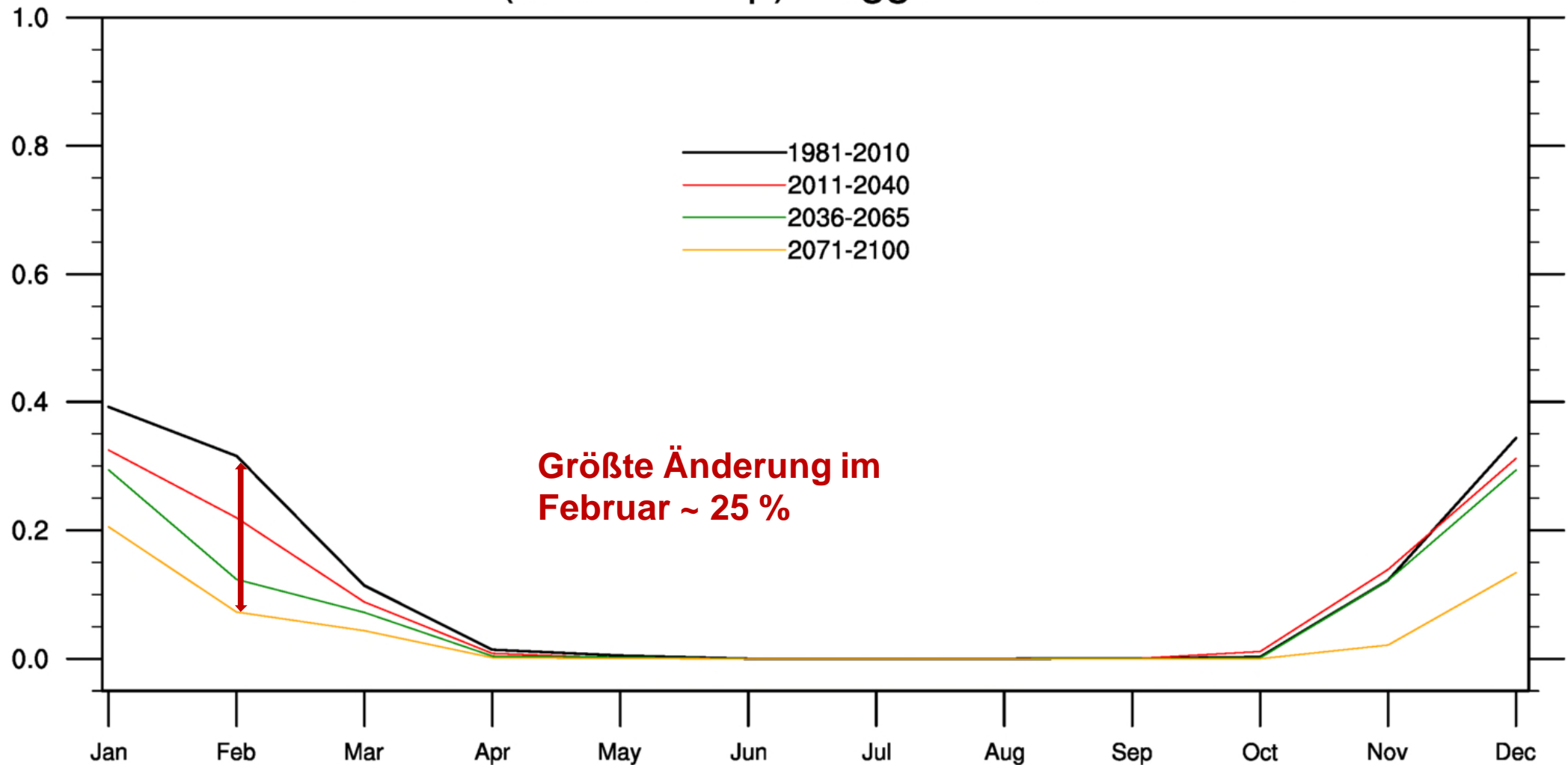


# Trend der Starkniederschlagsintensitäten bei den RCM Szenarien



# Veränderung der Schneesituation Ruggbachtal (~500 – 1000 m)

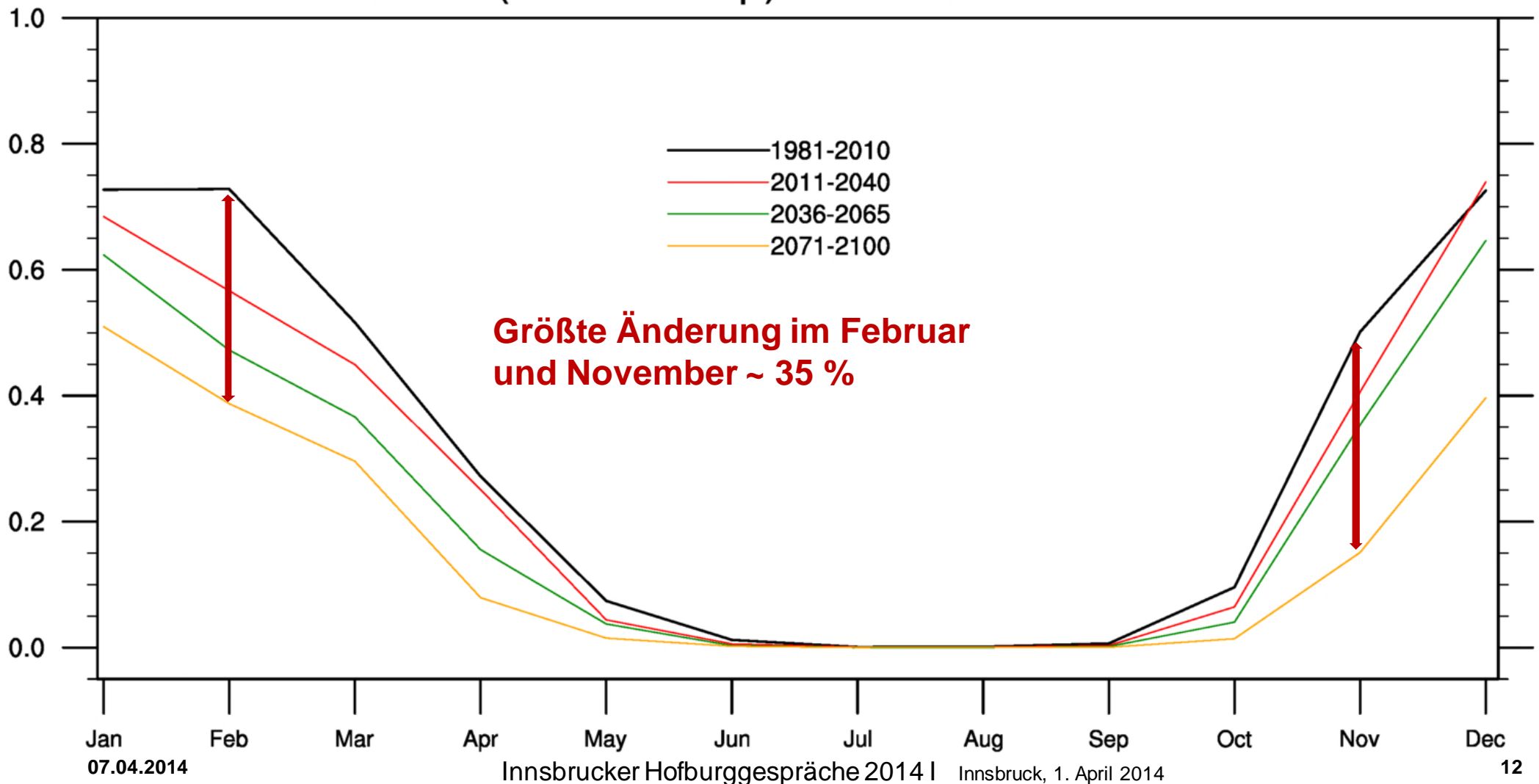
Fraction (Snow/Precip) Ruggbachtal MPI-REMO



**Größte Änderung im  
Februar ~ 25 %**

# Veränderung der Schneesituation Brixenbachtal (~500 – 2000 m)

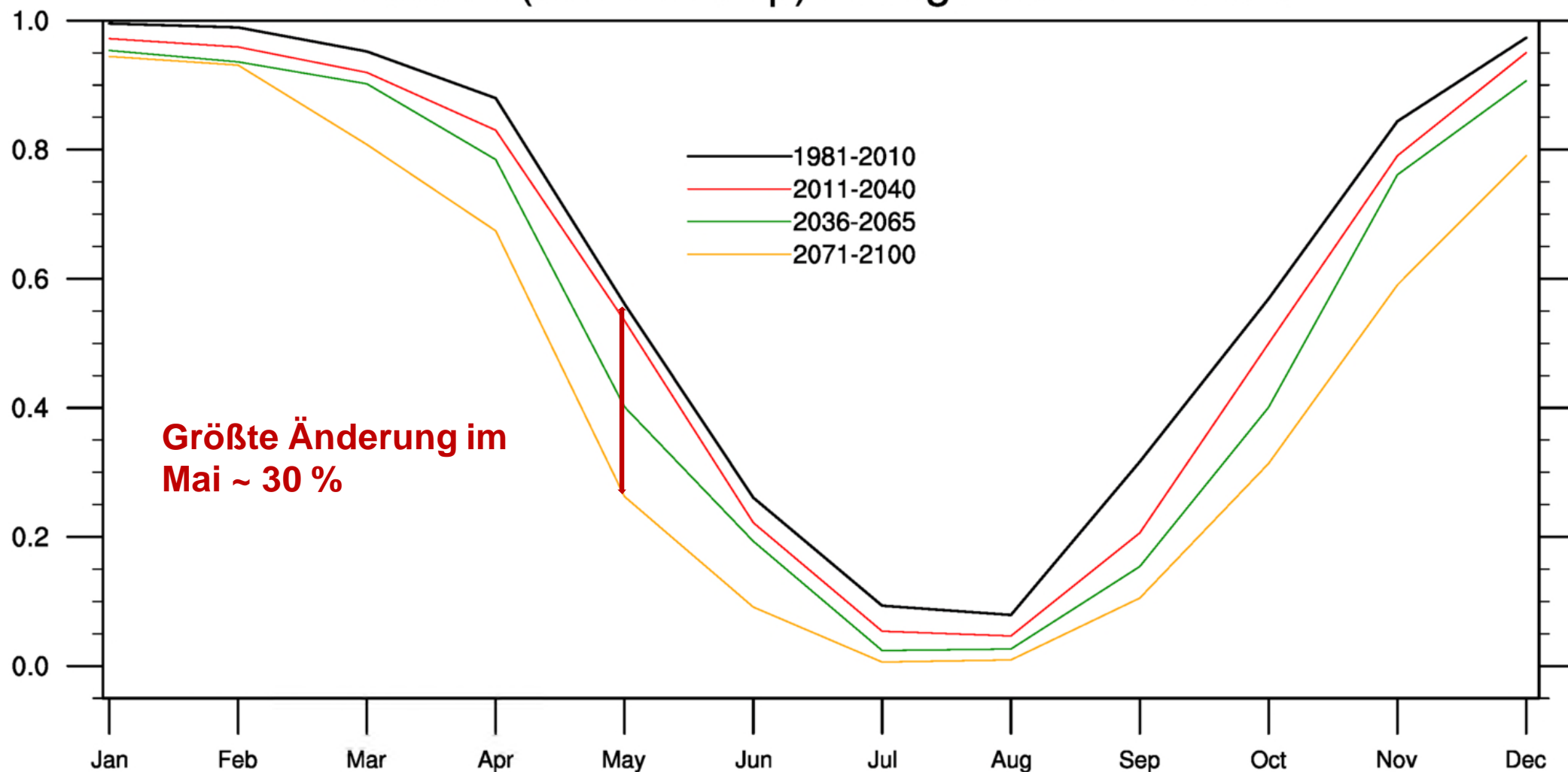
Fraction (Snow/Precip) Brixenbacht MPI-REMO





# Veränderung der Schneesituation Längental (~2500 – 3000 m)

Fraction (Snow/Precip) Laengental MPI-REMO



**Größte Änderung im  
Mai ~ 30 %**



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

**Definition:  $SWI = T_{500} - TP$**

T500= Temperatur in 500 hPa

TP =Temperatur eines Luftpaketes aus 850 hPa

## **Kritische Werte**

<b>&lt; 0</b>	<b>Gewitter möglich</b>
<b>&lt; -2</b>	<b>Gewitter sehr wahrscheinlich</b>
<b>&lt; -4</b>	<b>Auch starke Gewitter möglich</b>

# Showalter Index als Maß für Labilität

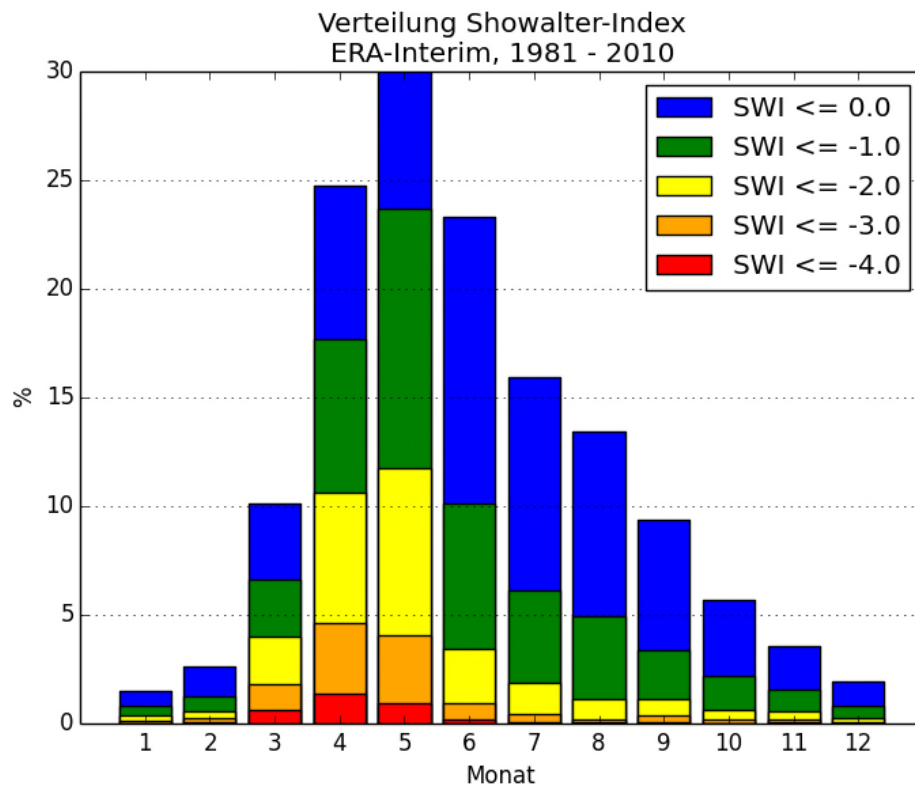


Herbert Formayer

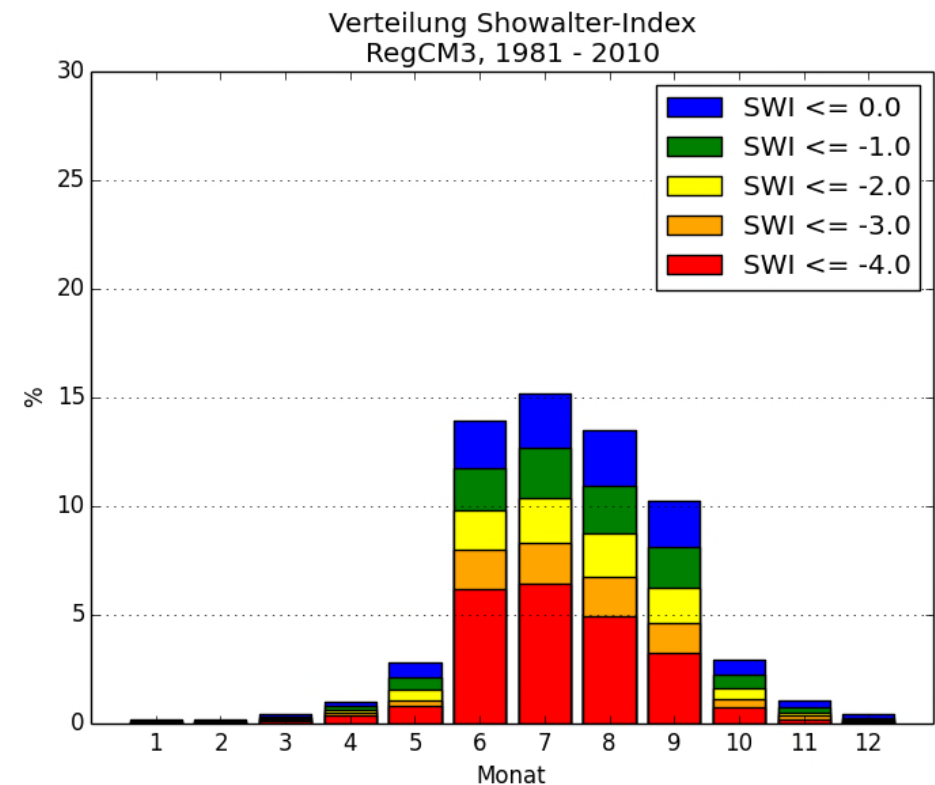


## Häufigkeitsverteilung der SWI Werte in der Versuchsregion Reanalyse versus regionales Klimamodell

### Auswertung Reanalyse



### Auswertung RCM

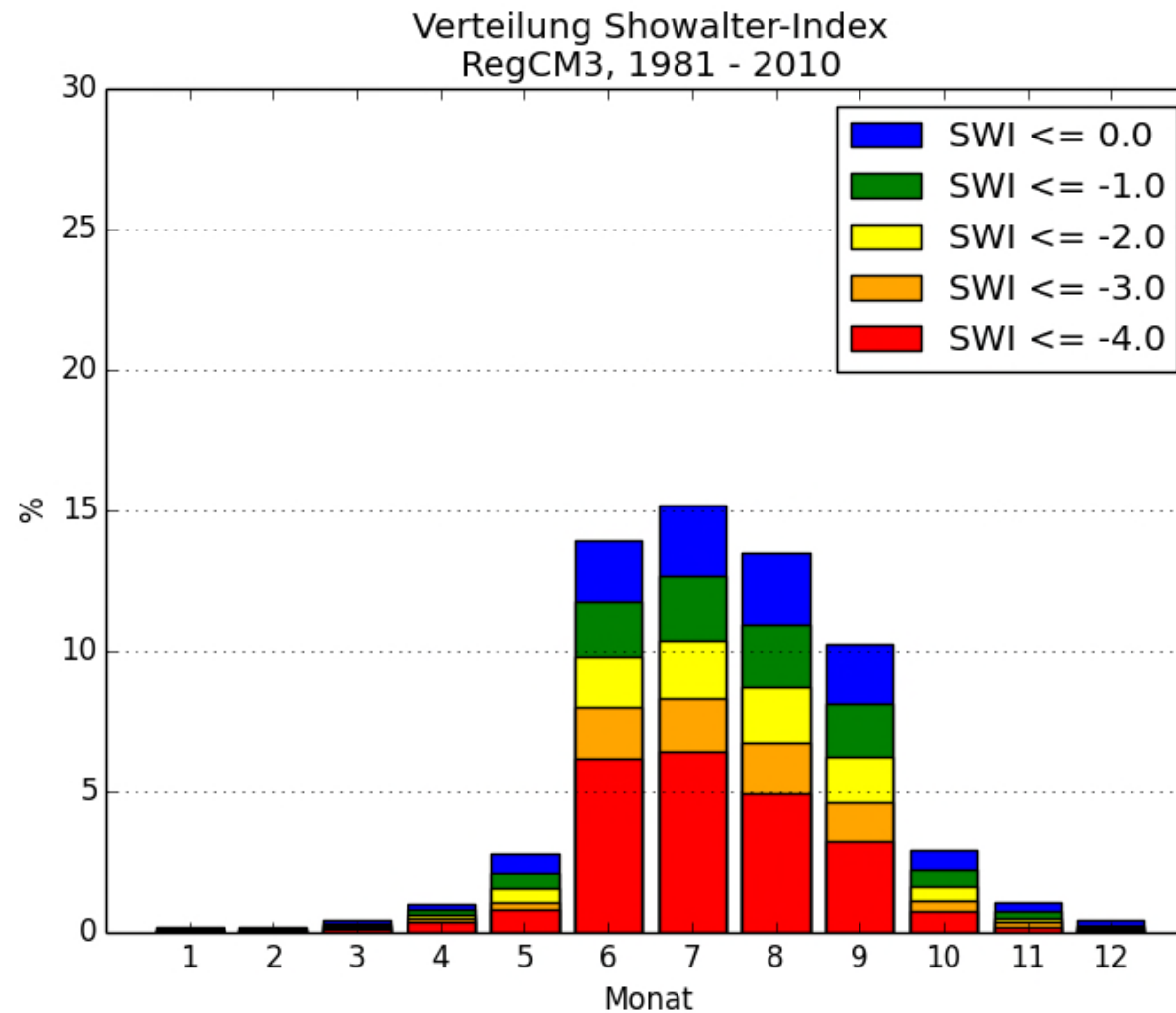






# Showalter Index als Maß für Labilität

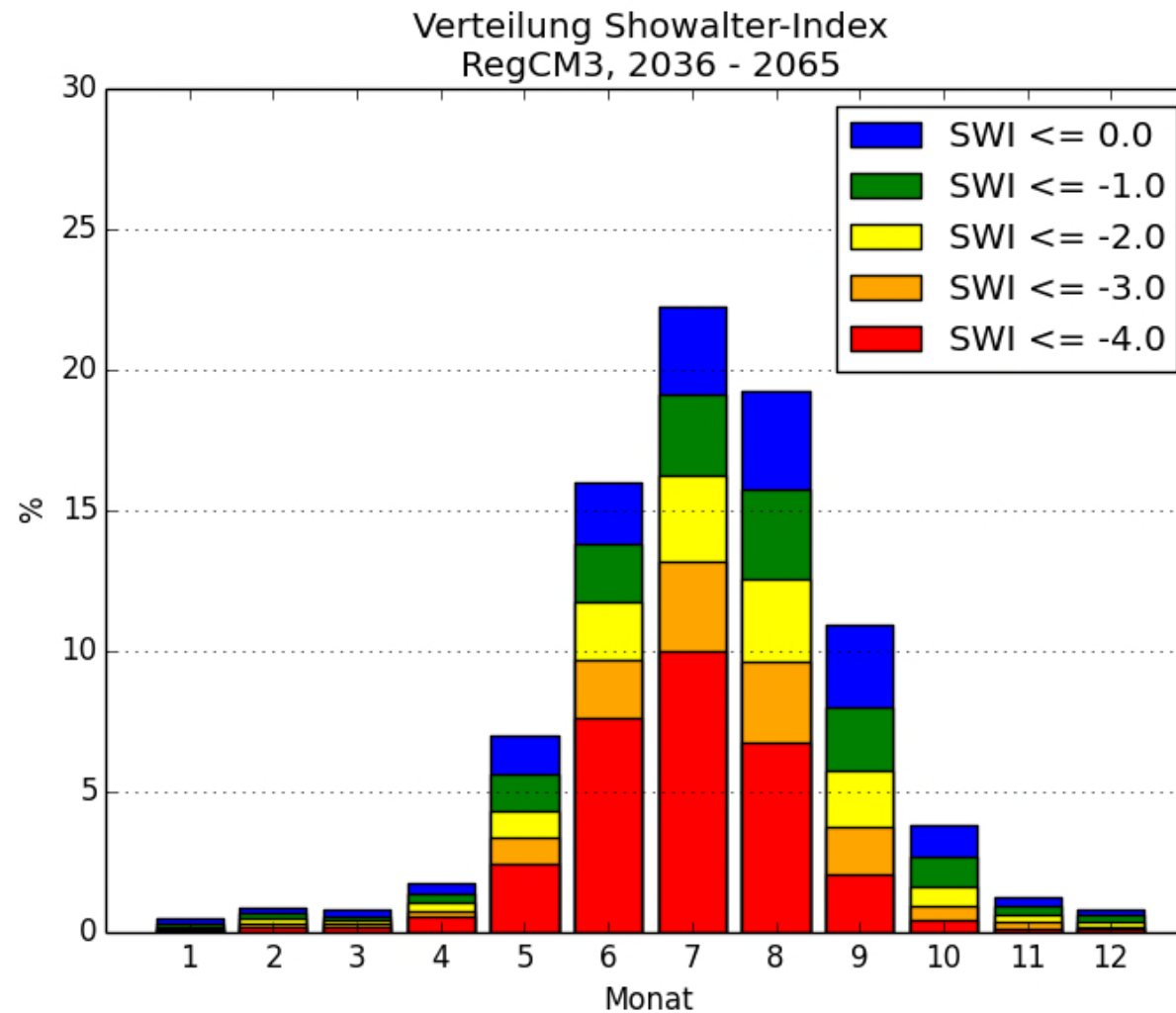
## Trend





# Showalter Index als Maß für Labilität

## Trend

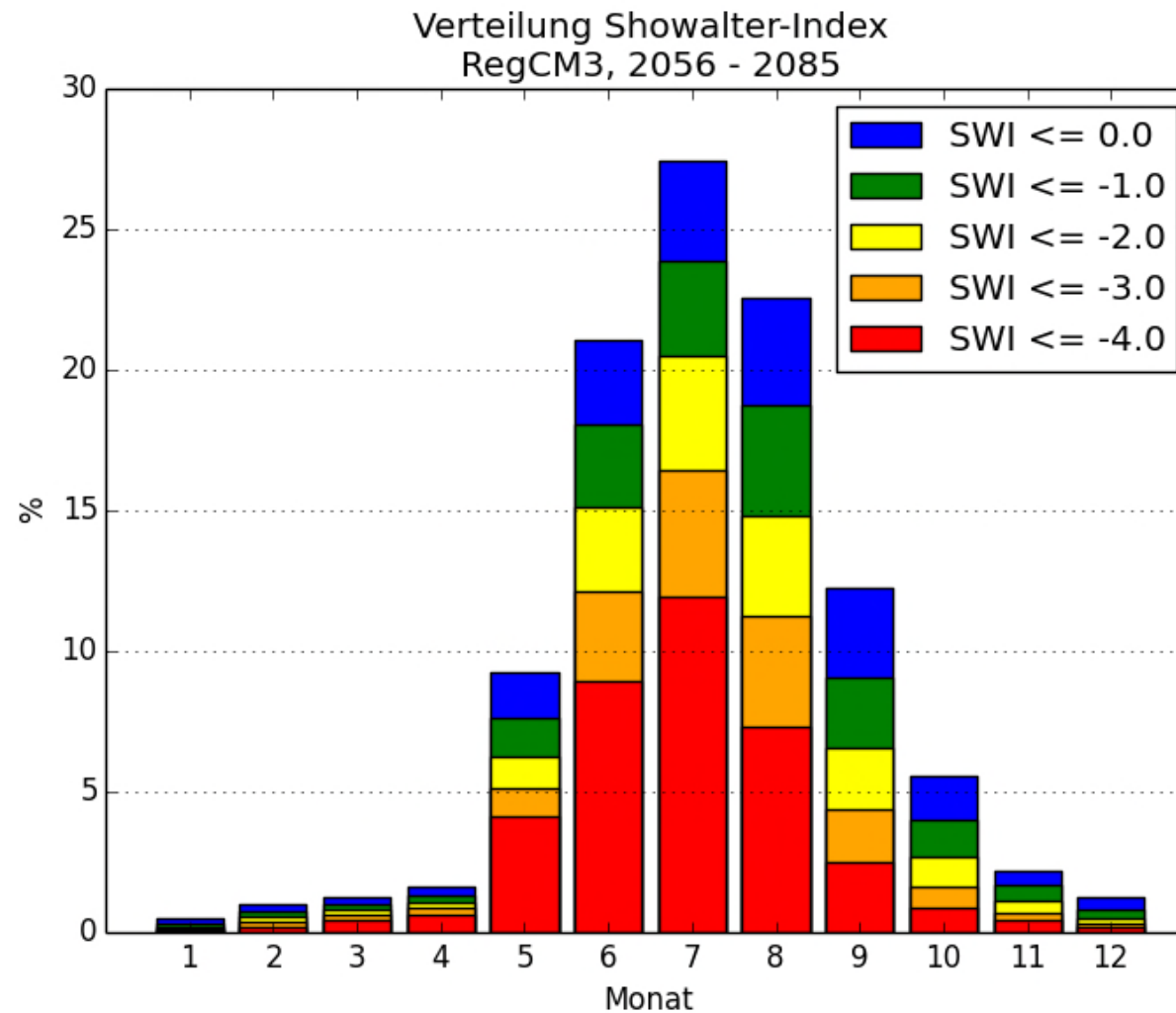




# Showalter Index als Maß für Labilität

## Trend

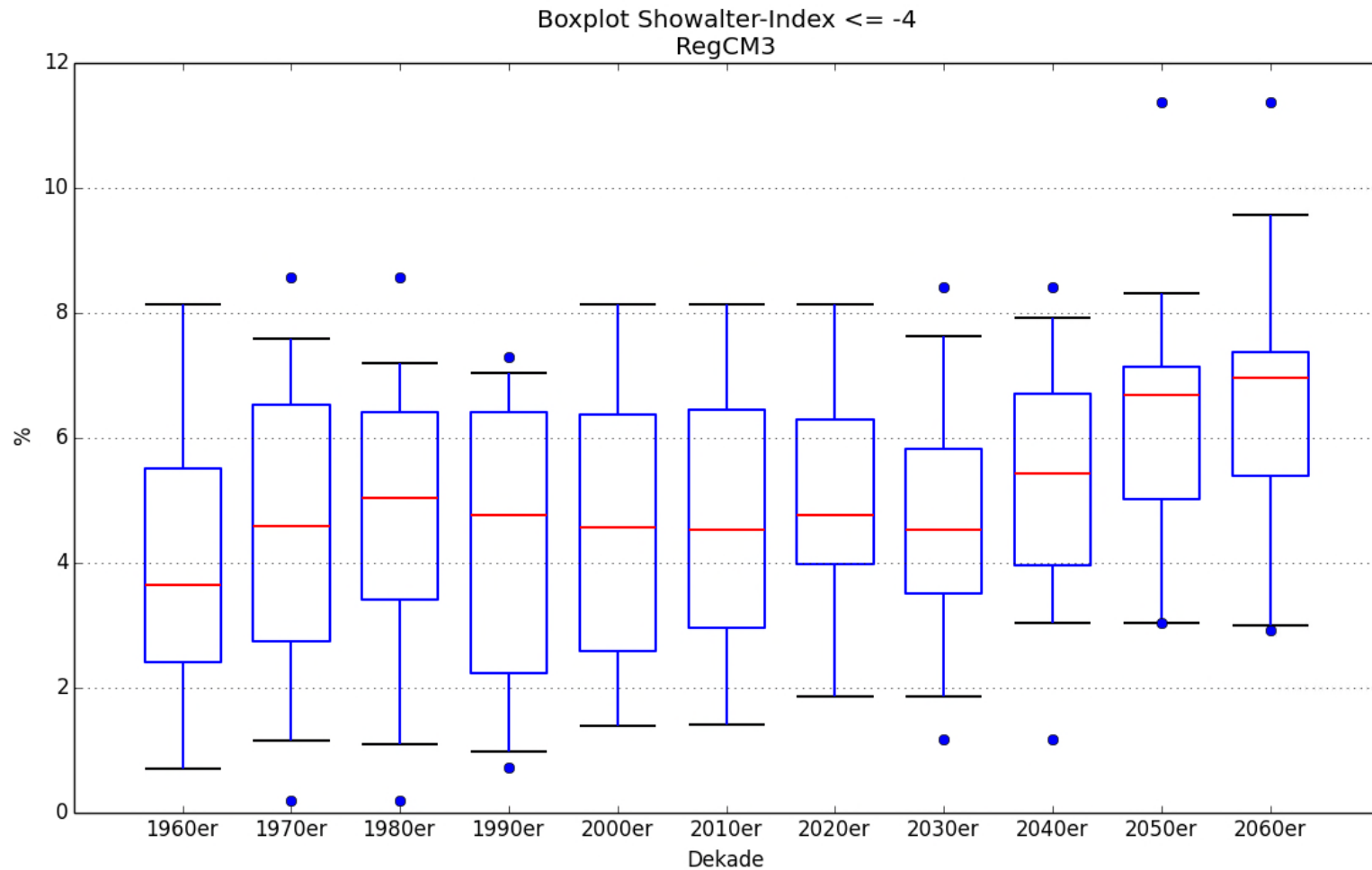
**Beinahe  
Verdoppelung  
sowohl von labilen  
Lagen [SWI<0]  
als auch von hoher  
Labilität [SWI<-4]  
innerhalb der  
nächsten  
75 Jahre**





# Showalter Index als Maß für Labilität

## Trend





## Clausius–Clapeyron

allgemein

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

Standard  
meteorologische  
Bedingungen

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

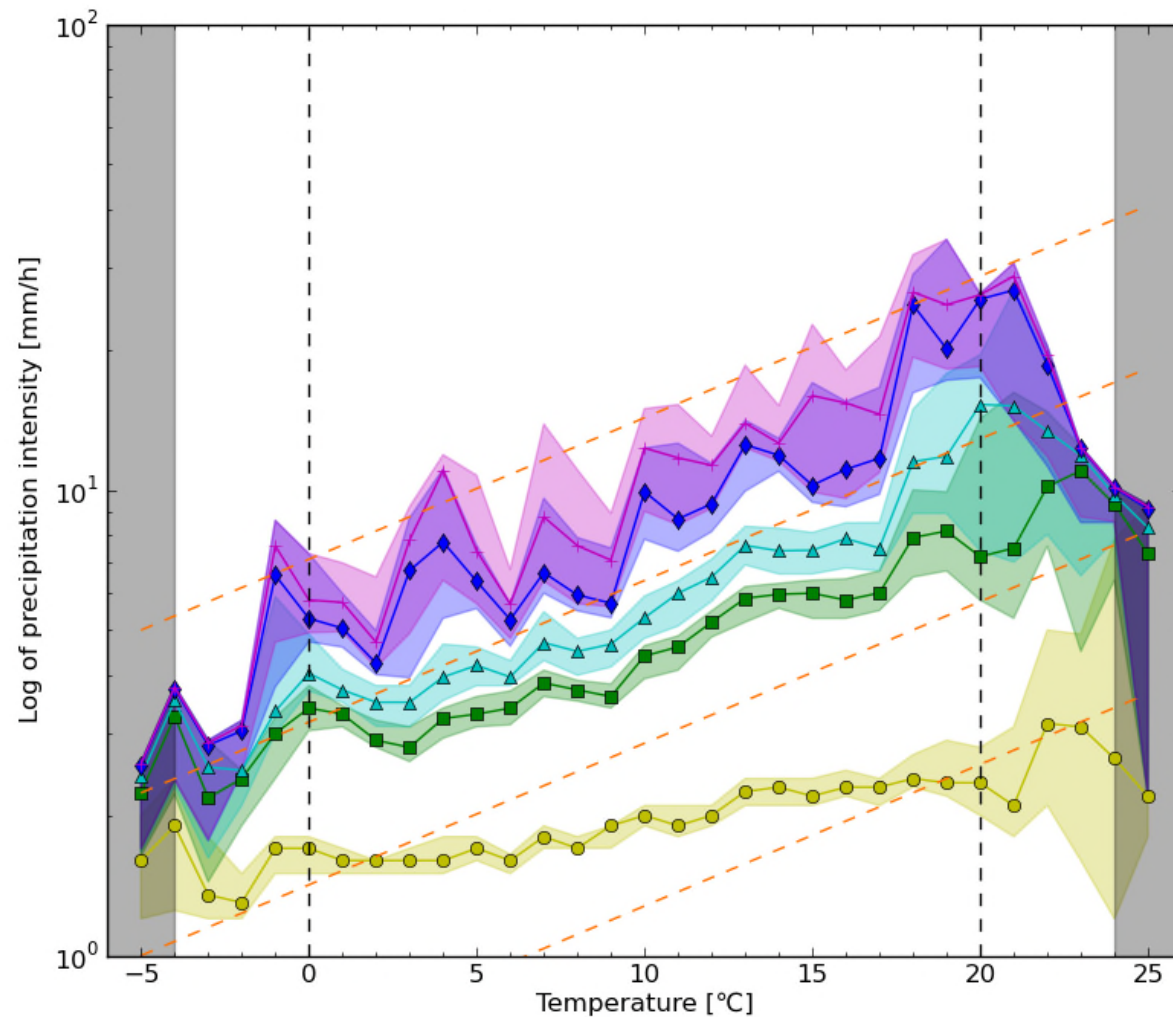


$$\frac{\Delta e_s}{e_{s,0}} = \frac{L}{R_v T_0^2} = \frac{2.5 \cdot 10^6}{462 \cdot 273.15^2} \approx 0.07 = 7\% \text{ K}^{-1}.$$



# Niederschlagsintensität und Temperatur

## Beobachteter Zusammenhang zwischen Niederschlagsintensität und Temperatur für Bregenz

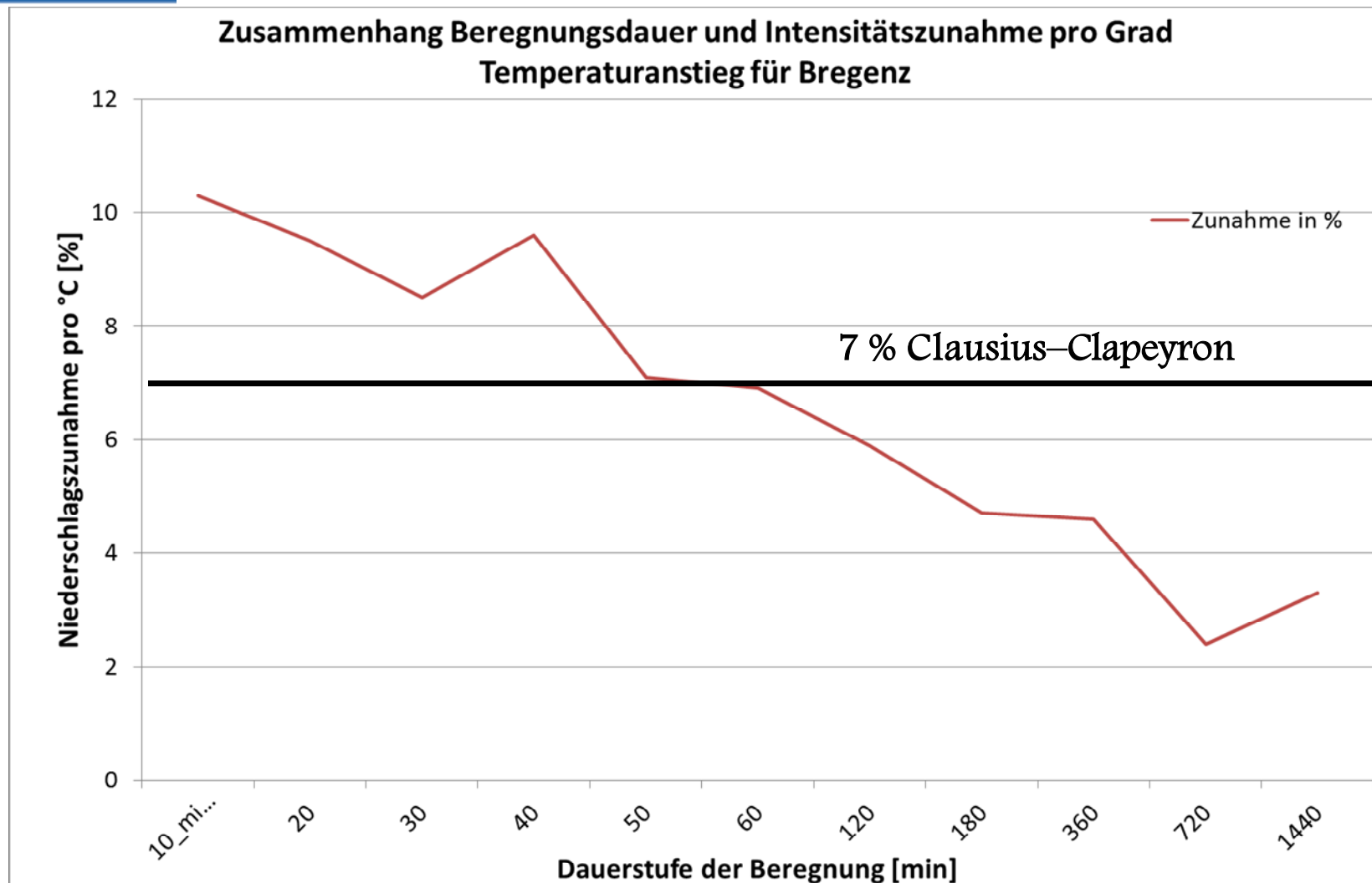


Fritz, 2014



# 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 ganzjähriger Betrachtung robuster als bei Saisonaler**



# Einige Schlussfolgerungen

## Labilitätsindex

- **Auswertungen des Labilitätsindexes Showalter im Untersuchungsgebiet zeigen deutlich unterschiedliche Verhältnisse in einem regionalen Klimamodell und einem Reanalysemodell**
- **Direkte Analysen von Starkniederschlägen auf täglicher oder gar subtäglicher Zeitskala sind daher mit Vorsicht zu betrachten**
- **Die zeitliche Entwicklung des Showalterindex 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!**