

ASG Rhein Workshop der KHR & Partner, 26.-27.10.2015, Viktorsberg

# Verbesserte Simulation von Änderungen des Abflussregimes vergletscherter EZG unter Berücksichtigung variabler Gletscherflächen

Kristian Förster<sup>1,2</sup>, Felix Oesterle<sup>1</sup>, Florian Hanzer<sup>1,2</sup>, Ulrich Strasser<sup>1,2</sup>

(1) alpS - Centre for Climate Change Adaptation, Innsbruck, Austria

(2) Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria

# ▲ Übersicht

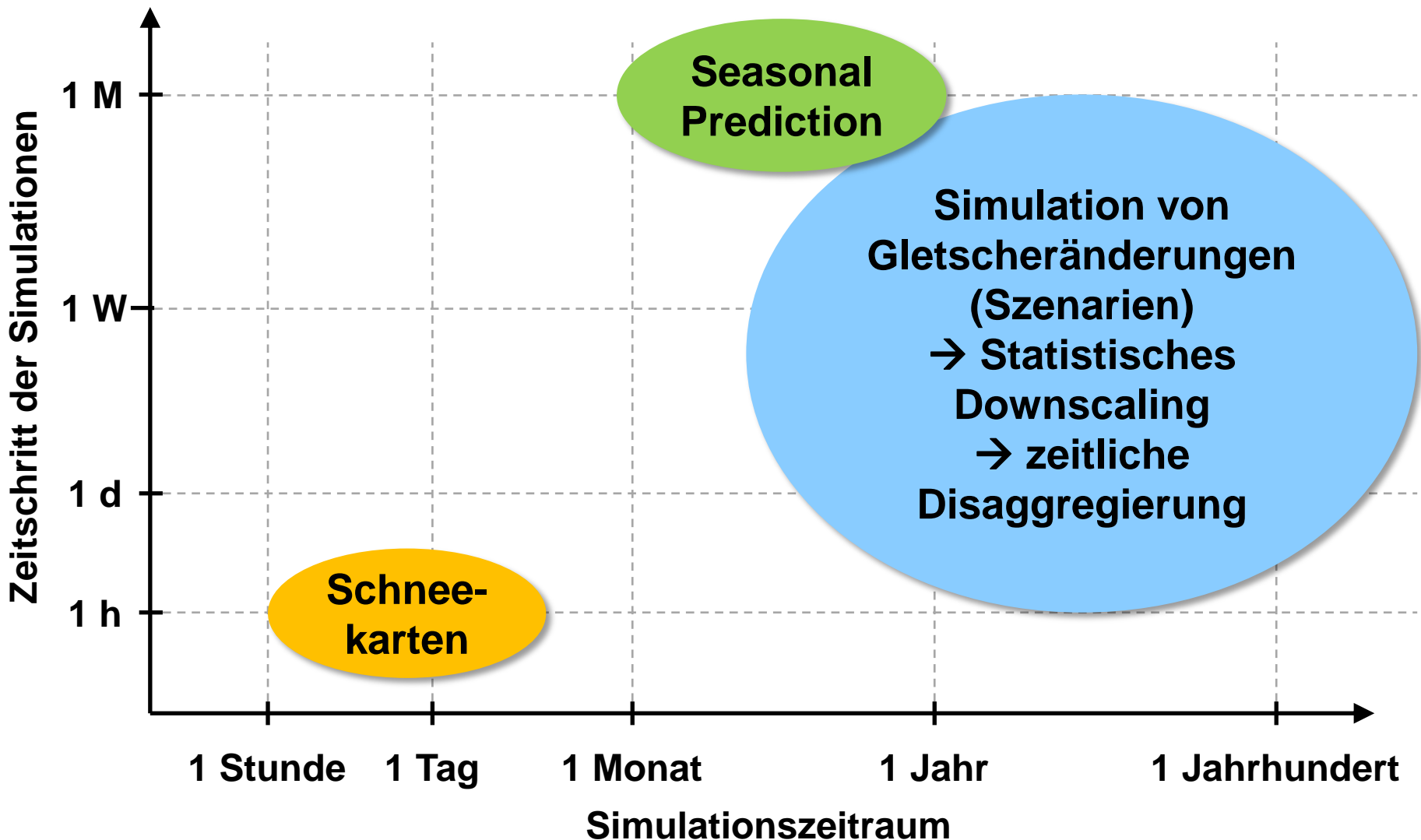
## ▲ Gliederung des Vortrags

1. Zielsetzung
2. Untersuchungsgebiet
3. Modelle
  - Hydrologisches Modell
  - Gletschermodell
  - Modellkopplung
4. Anwendung des Modellsystems für Klimaszenarien
5. Schlussfolgerung, Ausblick

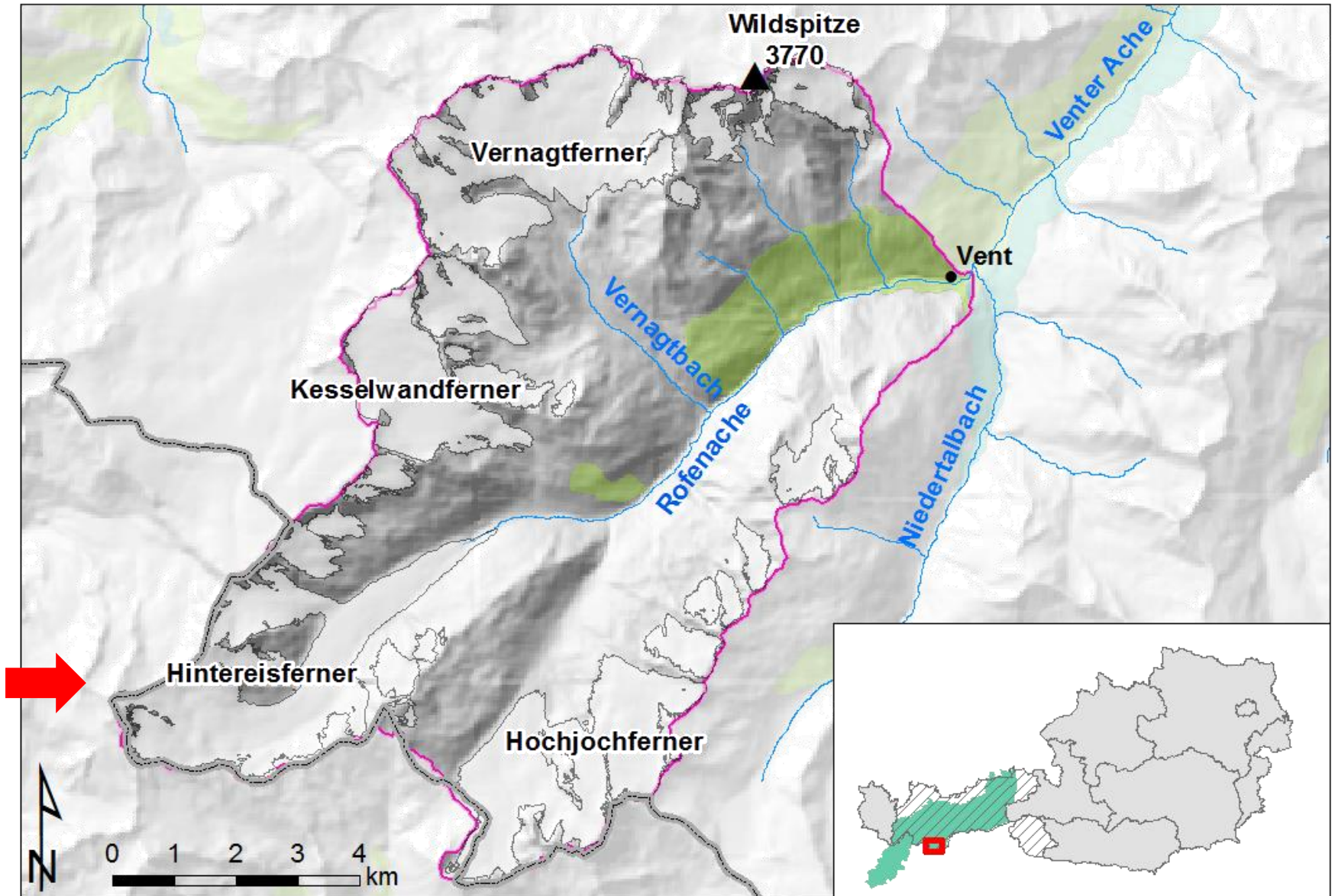
## ▲ Zielsetzung

- ▲ Projekt MUSICALS II – Multiscale Snow/Icemelt Discharge Simulations into Alpine Reservoirs
- ▲ Detaillierte Untersuchung des Wasserhaushalts im Hochgebirge mit speziellem Fokus auf das Wasserkraftpotenzial.
- ▲ Modelltechnische Erfassung wesentlicher hydrologischer Prozesse im Hochgebirge unter Berücksichtigung von Gletschern.
- ▲ Plausible Simulation von Gletscheränderungen.
- ▲ Szenarienfähiges Modellsystem → Einfluss des Klimawandels

# ▲ Skalen im Projekt MUSICALS



# ▲ Untersuchungsgebiet: Das Einzugsgebiet der Rofenache



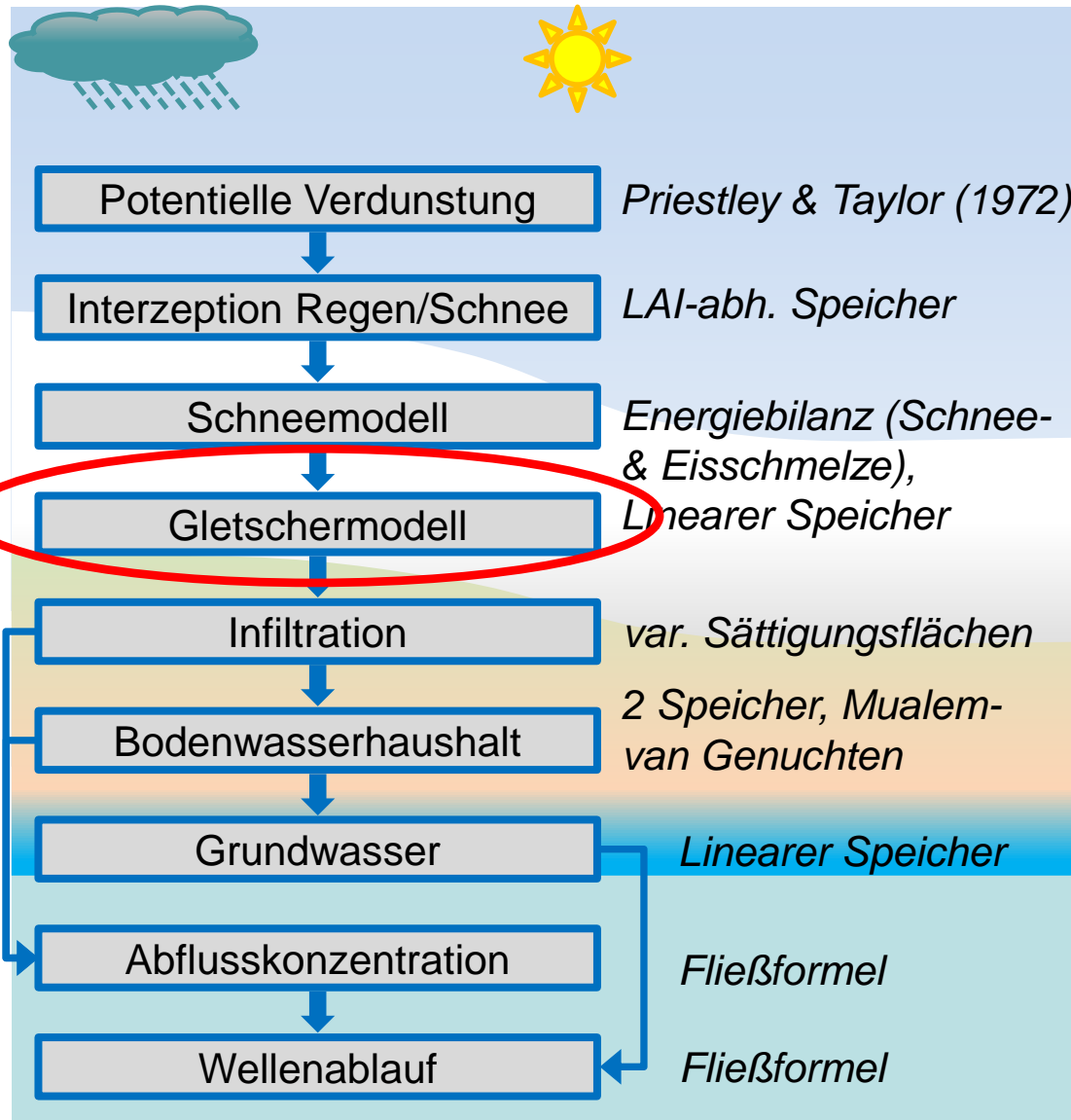
# ▲ Projektgebiet: Das Einzugsgebiet der Rofenache

- ▲ Hochalpines Einzugsgebiet in den Ötztaler Alpen
- ▲ 98 km<sup>2</sup> bis zum Pegel Vent (1890 m ü. A.)
- ▲ Glaziales Abflussregime



23.04.07

# ▲ Modelle (1) – Das hydrologische Modell HQsim



▲ Deterministisches, halb-verteilttes hydrologisches Modell

▲ Vereinfachte Ansätze für die Energiebilanz (z.B. Verdunstung, Schmelze)

▲ Eingabedaten:

- Minimum-,
- Maximum- und
- Mittlere Temperatur sowie
- Niederschlag

▲ aber... Flächen sind grundsätzlich konstant

## ▲ Modelle (2) – Gletschermodell (Marzeion et al., 2012)

$$MB = \sum_{i=1}^{12} [p_i^{solid} - \mu^* \cdot \max(T_i^{term} - T_{melt}, 0)] - \beta^*$$

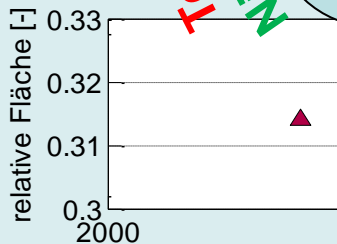
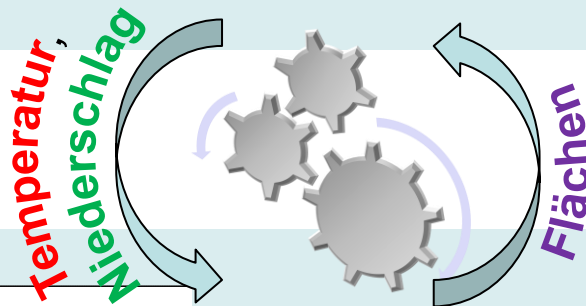
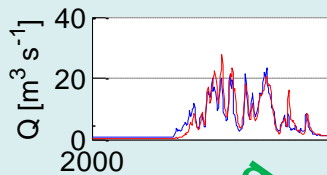
- ▲ Monatswerte von Temperatur  $T_i^{term}$  und Niederschlag  $p_i^{solid}$  als meteorologischer Input,
- ▲ Allgemeine, globale Parameter ( $T_{melt}$ ), die für alle Gletscher gelten,
- ▲ gletscherspezifische Parameter ( $\mu^*$ ,  $\beta^*$ ), die durch Optimierung ermittelt und durch Kreuzvalidierung überprüft werden.
- ▲ Massenbilanz  $MB$  des Gletschers. Damit werden die folgenden Variablen für jedes Jahr neu berechnet (Volume-Area-Time Scaling):
  - Fläche des Gletschers
  - Volumen
  - Länge
  - Geländehöhe der Gletscherzunge
- ▲ → Erfordert wenig Daten und ist auf andere Gletscher übertragbar



## ▲ Modelle (3) – Kopplung von (1) und (2)

- ▲ Herausforderung: Kopplung von zwei verschiedenen Modellkonzepten → Übergabe der Daten einmal pro Jahr

### HQsim (Tagesschrittweite)

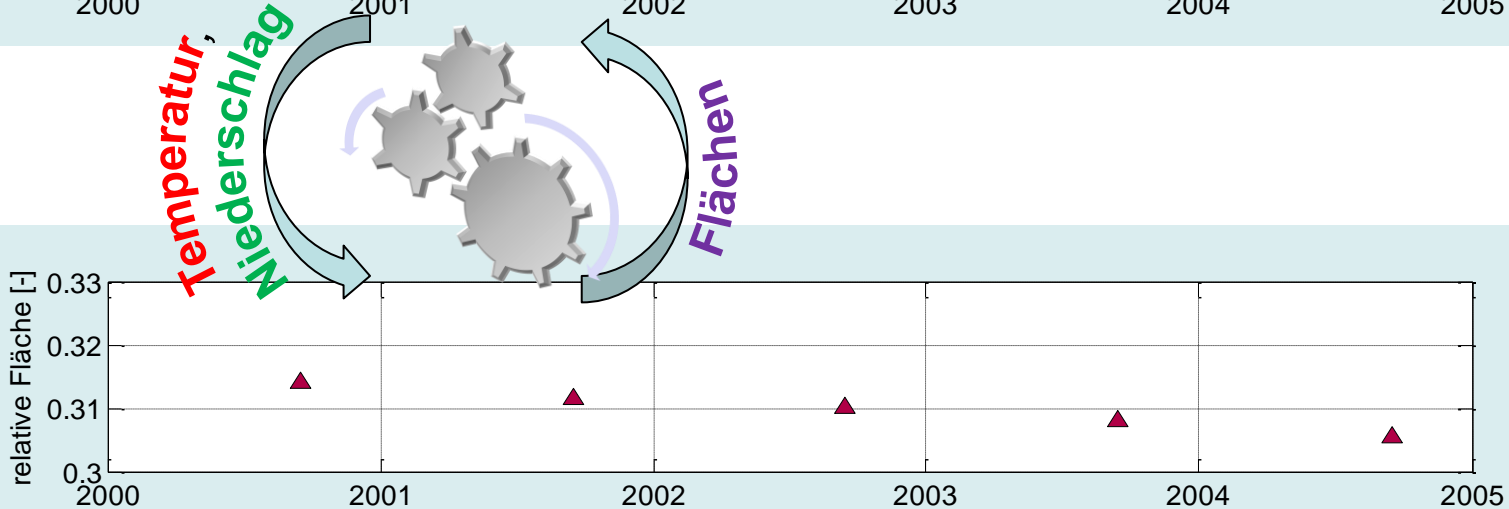
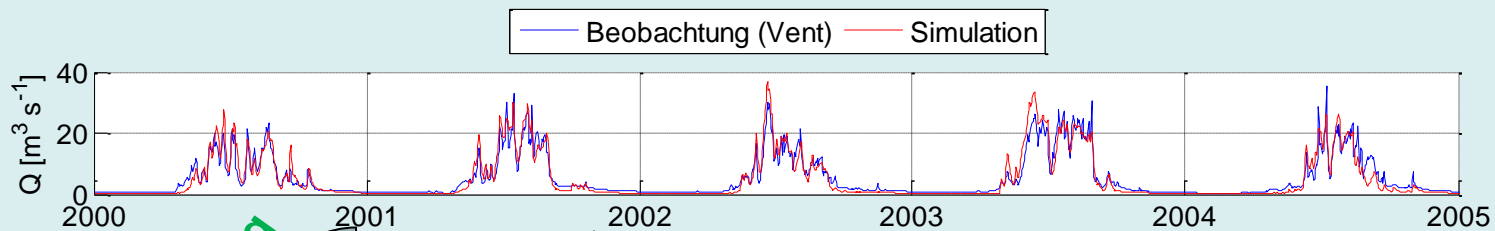


### Gletscher-Evolutionsmodell (Jahresschrittweite)

# ▲ Modelle (3) – Kopplung von (1) und (2)

- ▲ Herausforderung: Kopplung von zwei verschiedenen Modellkonzepten

## HQsim (Tagesschrittweite)

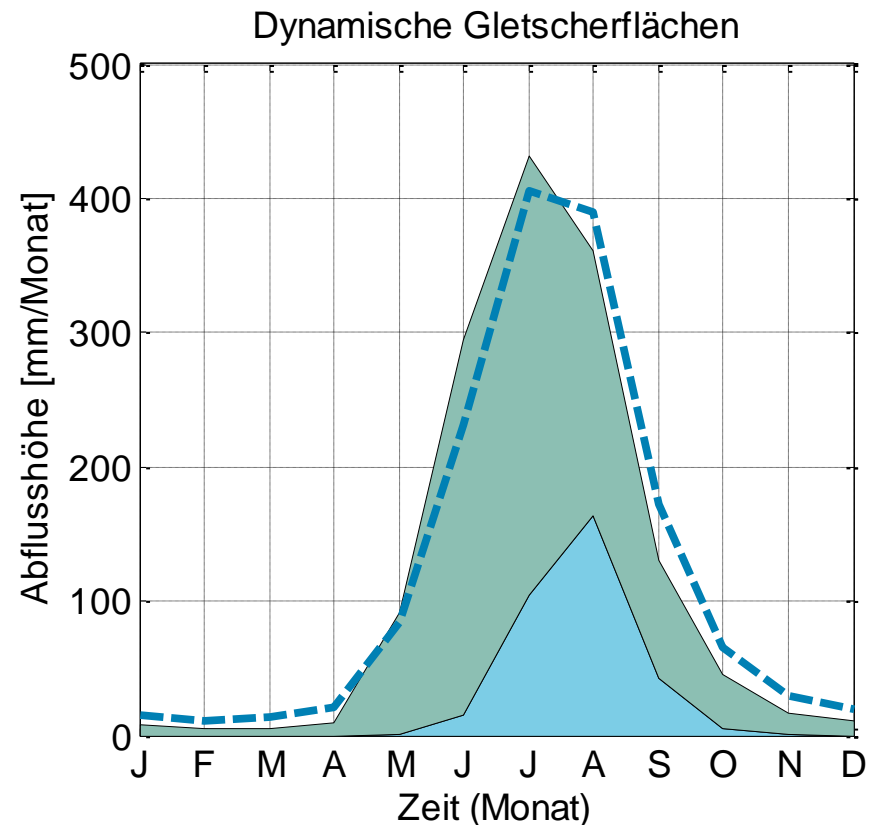
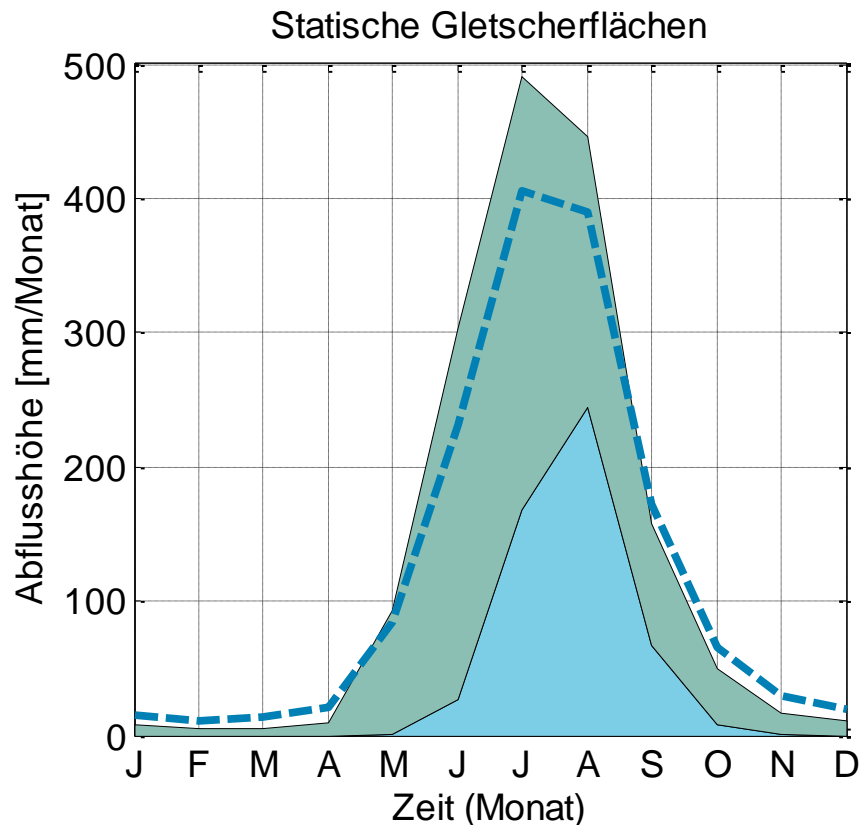


## Gletscher-Evolutionsmodell (Jahresschrittweite)

# ▲ Vorläufige Ergebnisse - Plausibilisierung

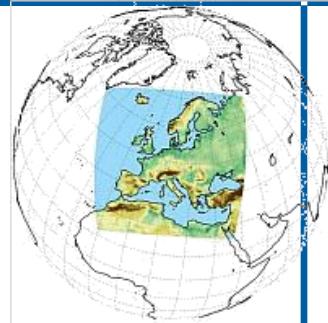
▲ Mehrjähriges Mittel der monatlichen Abflusshöhe an der Station Vent, 1967 - 2011

■ Gletscherschmelze ■ Gesamtabfluss - - - Beobachtung

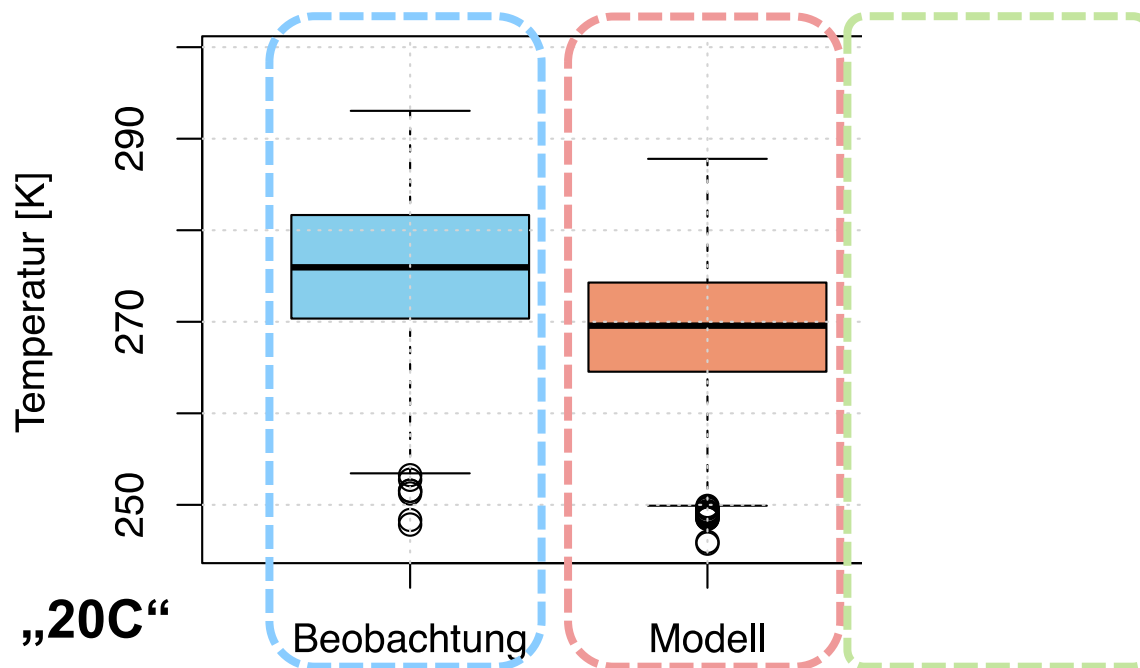


# ▲ Vorläufige Ergebnisse - Klimaszenarien

- ▲ Statistisches Downscaling verfügbarer EURO-CORDEX-Simulationen (EUR-11 domain)
- ▲ Beispiel: CCLM4-8-17, angetrieben durch MPI-ESM-LR für Temperatur „Historisch“ („20C“), RCP4.5 und RCP8.5

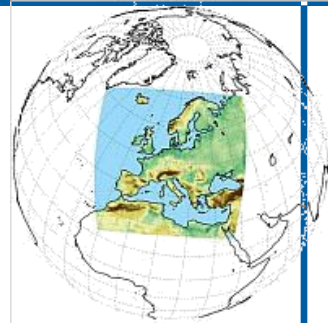


Tagesmittel der Temperatur für die Station Vent (46,9°N; 10,9°E; 1890 m ü. NN)

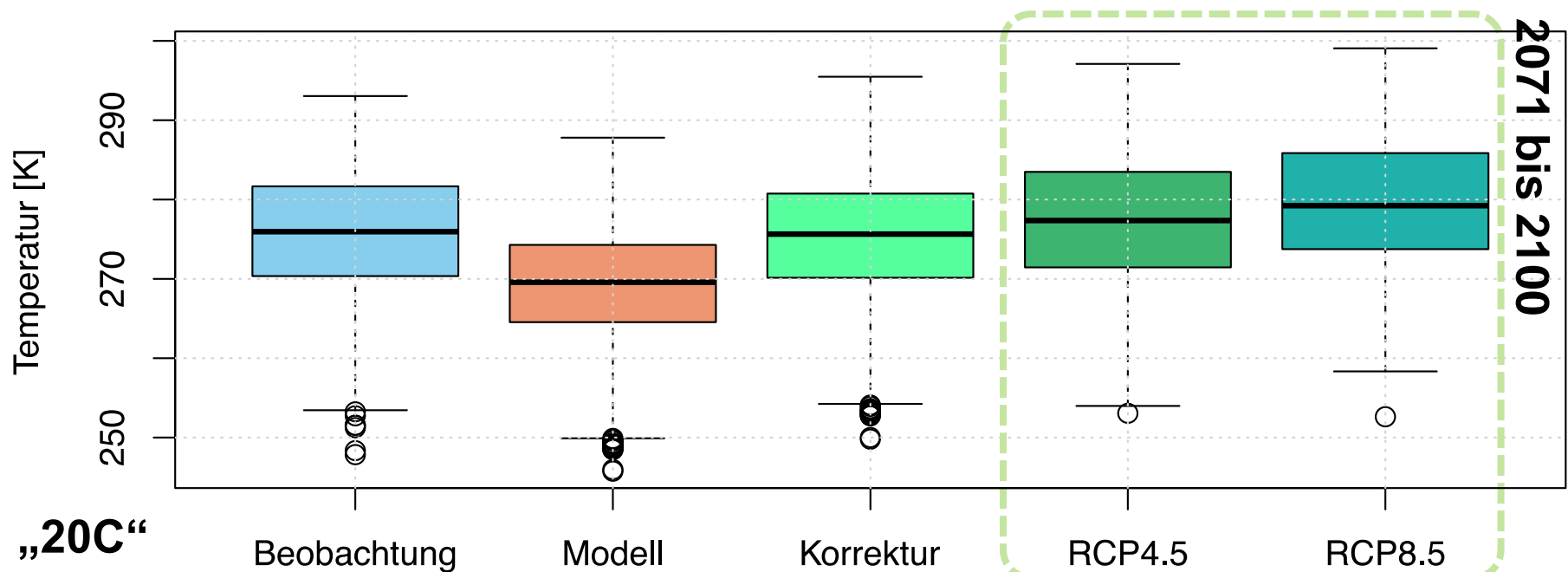


# ▲ Vorläufige Ergebnisse - Klimaszenarien

- ▲ Statistisches Downscaling verfügbarer EURO-CORDEX-Simulationen (EUR-11 domain)
- ▲ Beispiel: CCLM4-8-17, angetrieben durch MPI-ESM-LR für Temperatur „Historisch“, RCP4.5 und RCP8.5

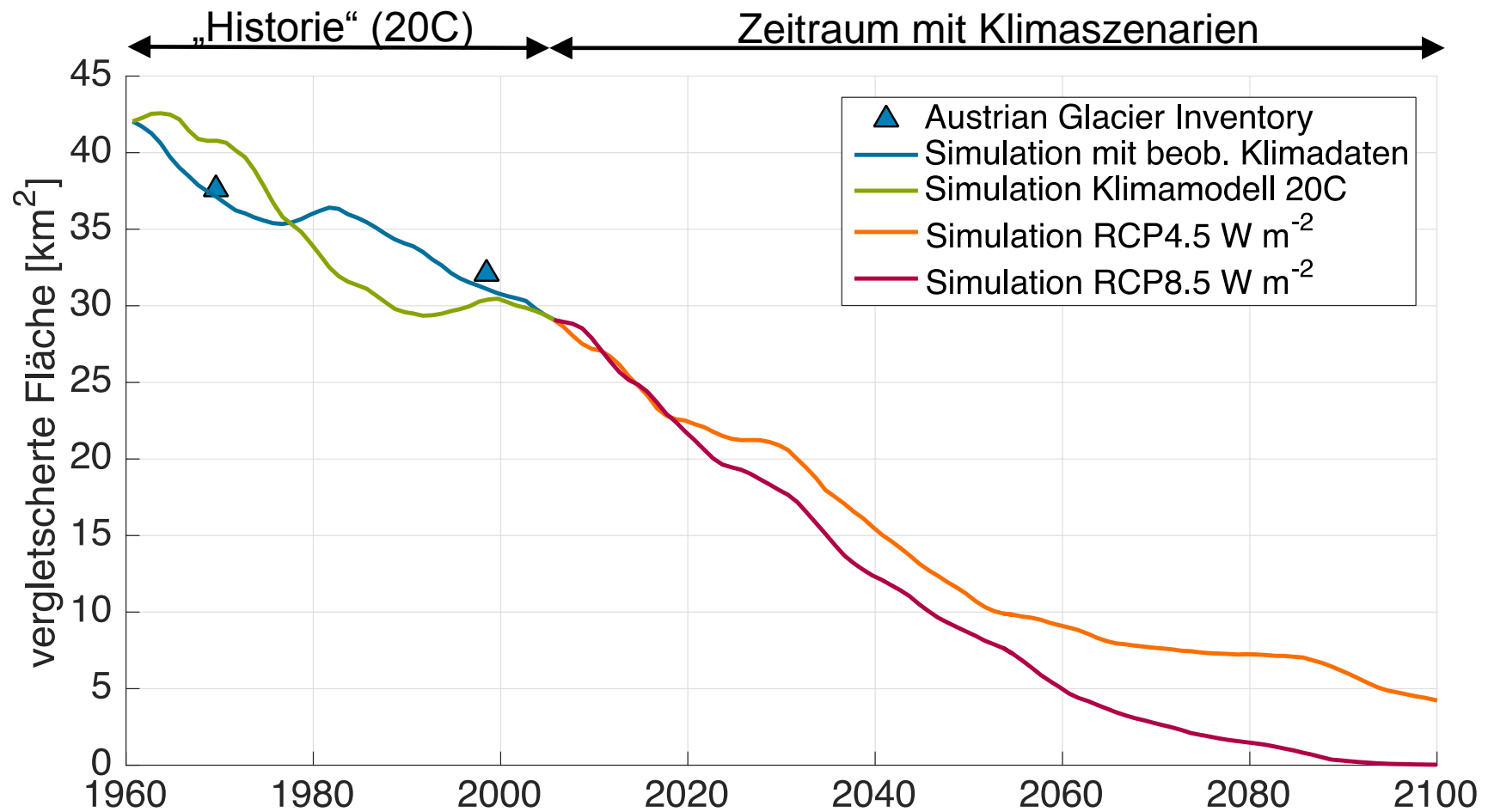


Tagesmittel der Temperatur für die Station Vent (46,9°N; 10,9°E; 1890 m ü. NN)



# ▲ Vorläufige Ergebnisse - Klimaszenarien

- ▲ Entwicklung der Gletscherflächen im Beobachtungszeitraum und Simulationen unter Berücksichtigung von Klimamodelldaten

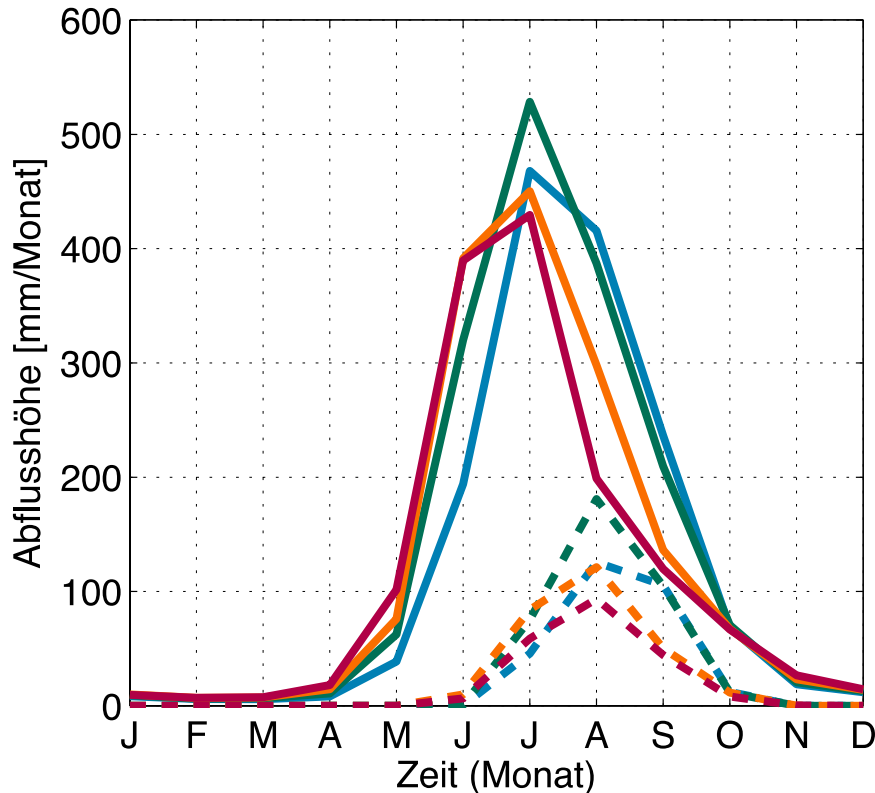


# ▲ Vorläufige Ergebnisse - Klimaszenarien

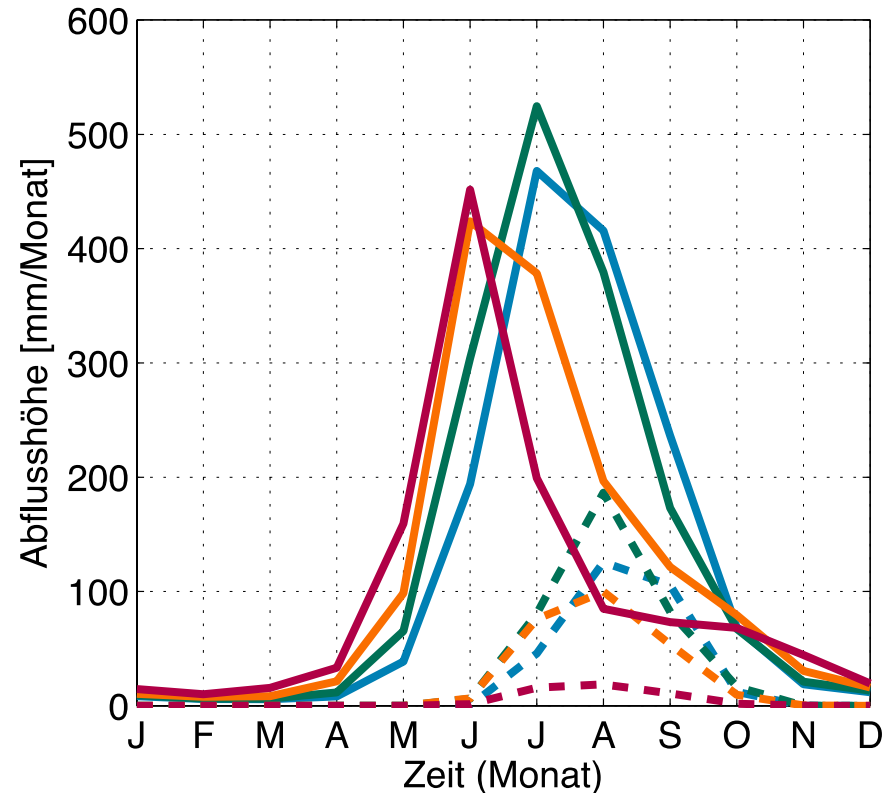
## ▲ Veränderung des Abflussregimes für verschiedene klimatologische Zeiträume

— 1971–2000 — 2011–2040 — 2041–2070 — 2071–2100

RCP 4.5  $W m^{-2}$



RCP 8.5  $W m^{-2}$



## ▲ Zusammenfassung und Ausblick

- ▲ Vorstellung eines gekoppelten Modellsystems, das nur wenige Eingangsdaten für die Anwendung benötigt.
- ▲ Gute Abbildung des glazialen Abflussregimes im Beobachtungszeitraum, wie am Beispiel der Rofenache gezeigt.
- ▲ Ausblick:
  - Verbesserung der Modellkopplung
  - Auswertung weiterer Wasserhaushaltskomponenten
  - Verwendung mehrerer AOGCM / RCM-Kombinationen
    - ➔ „Ensemble“ Klimamodelle
  - Aufbau eines flächendifferenzierten Gletschermodells mit dem hydro-klimatologischen Modell AMUNDSEN (Strasser et al., 2008)
    - ➔ „Ensemble“ hydrologische Modelle



▲ Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

