

Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein: Projektvorstellung und erste Ergebnisse

Mario Böhm, Nicole Henn, Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Fragestellung

Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein und seinen Zuflüssen vor dem Hintergrund des Klimawandels

Auftraggeber: Kommission für die Hydrologie des Rheins (KHR)

Arbeitsgemeinschaft ASG-Rhein-Projekt:

- Institut für Hydrologie, Universität Freiburg
Dr. K. Stahl (Projektleitung), Prof. Dr. M. Weiler
- Geographisches Institut Gruppe Hydrologie und Klima,
Universität Zürich
Prof. Dr. J. Seibert
- HYDRON GmbH



Fragestellung

Dreiteiliger Titel: Abflussanteile

- **aus Schnee- und Gletscherschmelze**
- **im Rhein und seinen Zuflüssen**
- **vor dem Hintergrund des Klimawandels**



Fragestellung

Abflussanteile

- aus Schnee- und Gletscherschmelze

- Regen
- Schneeschmelze
- Eisschmelze
- Schnee/Regen auf Gletscher
- Speicherauslauf See
- Speicher Bodenwasser/
Hangwasser/Grundwasser

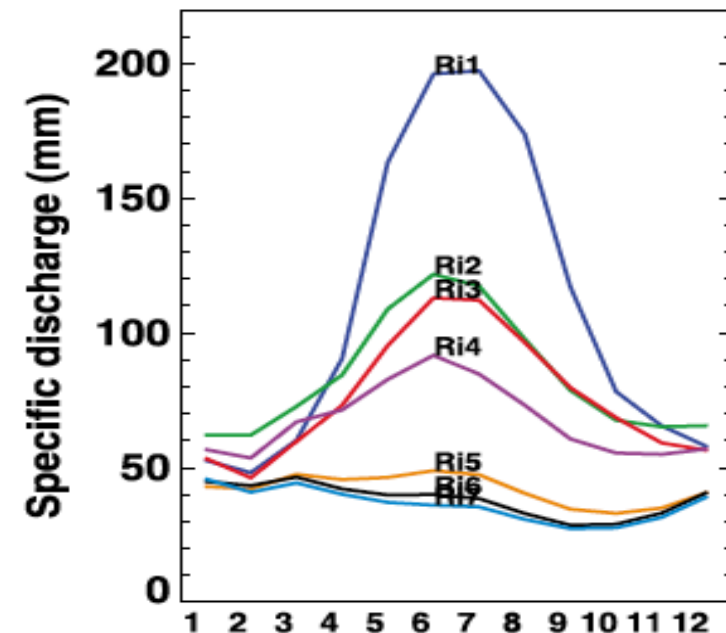
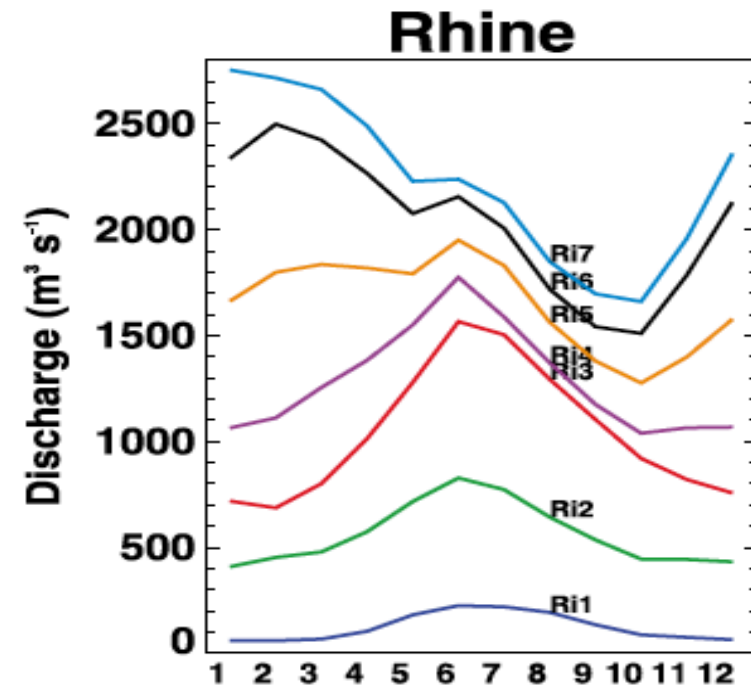


Fragestel

Abflussanteile

- im Rhein und seinen Zuflüssen: saisonal

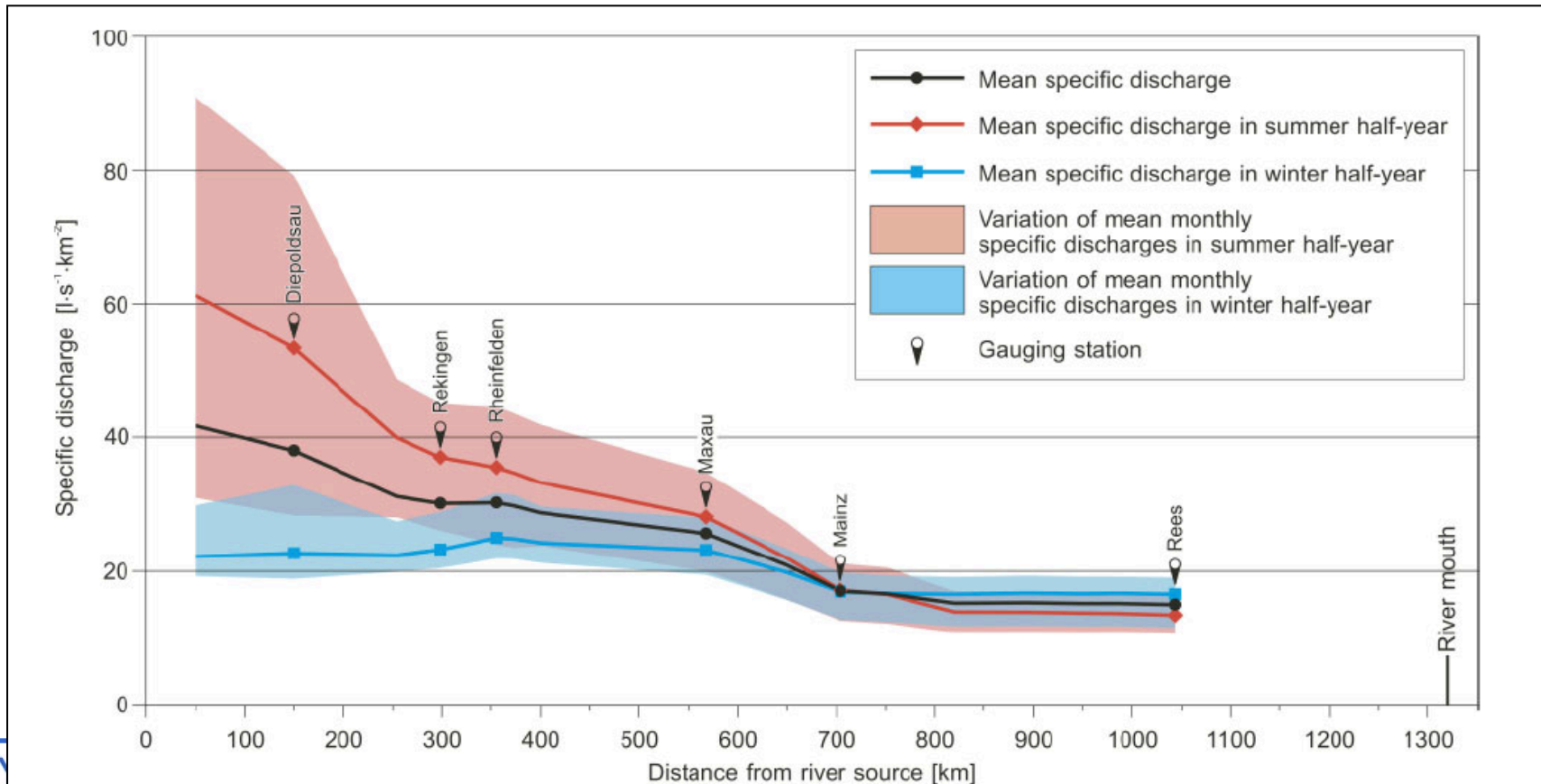
River	ID	Station	Nation	Catchment size (km ²)	Glacierized area (km ²)
Aare	Ri1	Bern	CH	2969	190.7
Aare	Ri2	Untersiggenthal	CH	17625	272.5
Rhine	Ri3	Basel	CH	35930	320.4
Rhine	Ri4	Maxau	D	50196	320.4
Rhine	Ri5	Kaub	D	103488	320.4
Rhine	Ri6	Andernach	D	139549	320.4
Rhine	Ri7	Lobith	NL	160800	320.4



Fragestellung

Abflussanteile

- im Rhein und seinen Zuflüssen: Jahr zu Jahr



Specific discharges along the course of the river Rhine

aus: Weingartner et al. 2007

Fragestellung

Abflussanteile

- vor dem Hintergrund des Klimawandels

1987
2006

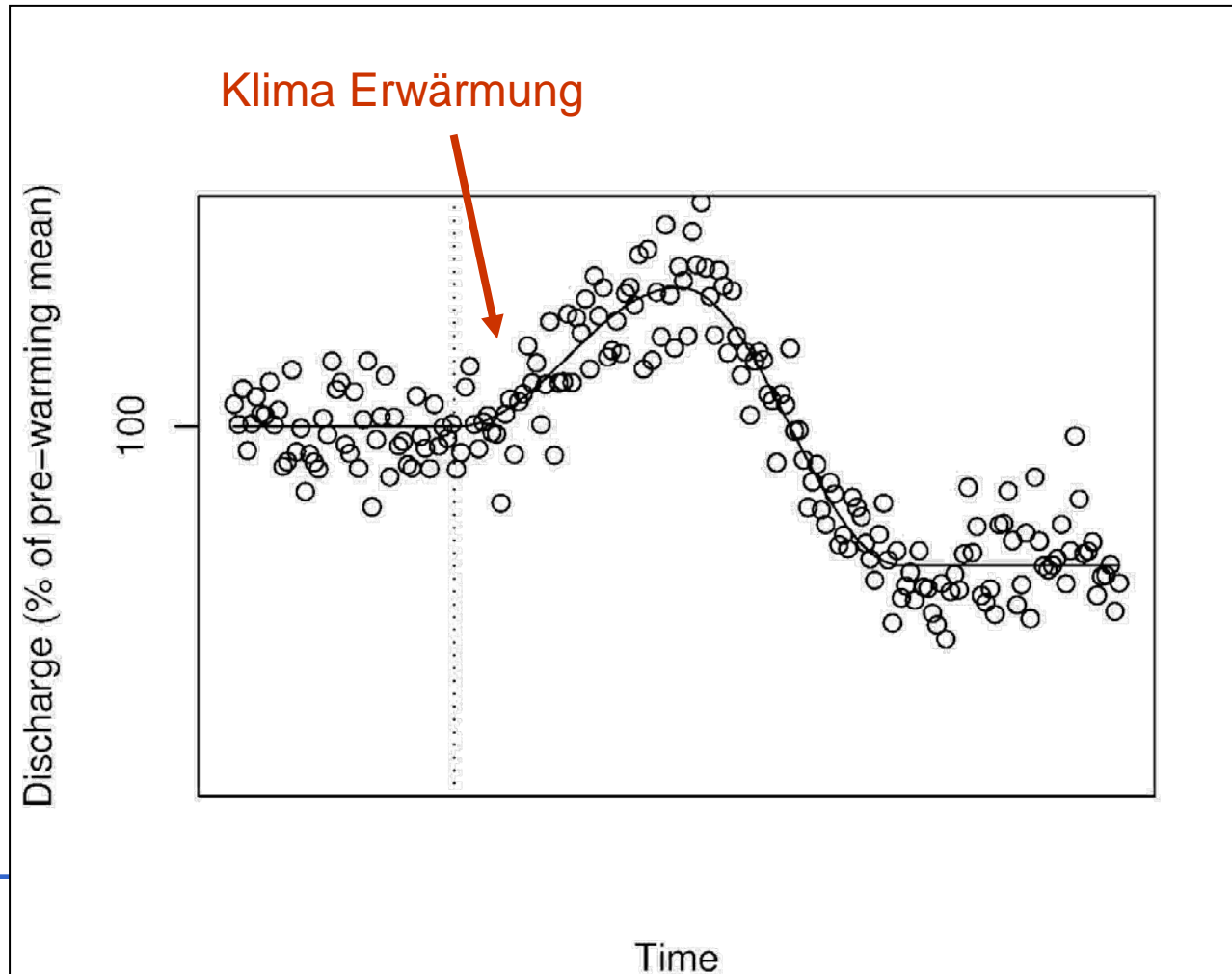


aus: <http://www.swisseduc.ch/glaciers/alps/steigletscher>

Fragestellung

Abflussanteile

- vor dem Hintergrund des Klimawandels



aus: Moore et al. 2011

Fragestellung

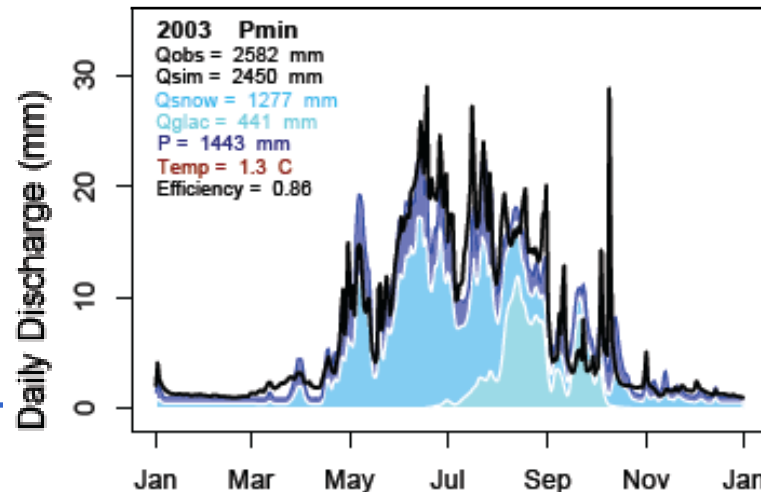
Herausforderungen:

- Unterscheidung zwischen Schnee- und Eisschmelze auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen
- Einbeziehung der Wirkung der Wasserspeicherung der Komponenten über verschiedene Zeitskalen entlang des Rheins
- Berücksichtigung der Gletscheränderungen und der Änderungen der Wasserspeicherung und ihrer Auswirkung auf die Komponenten
- Zeitraum: 1901 bis 2006 (Tageswerte) (bisherige Klimaänderung!)

Fragestellung

Herangehensweise:

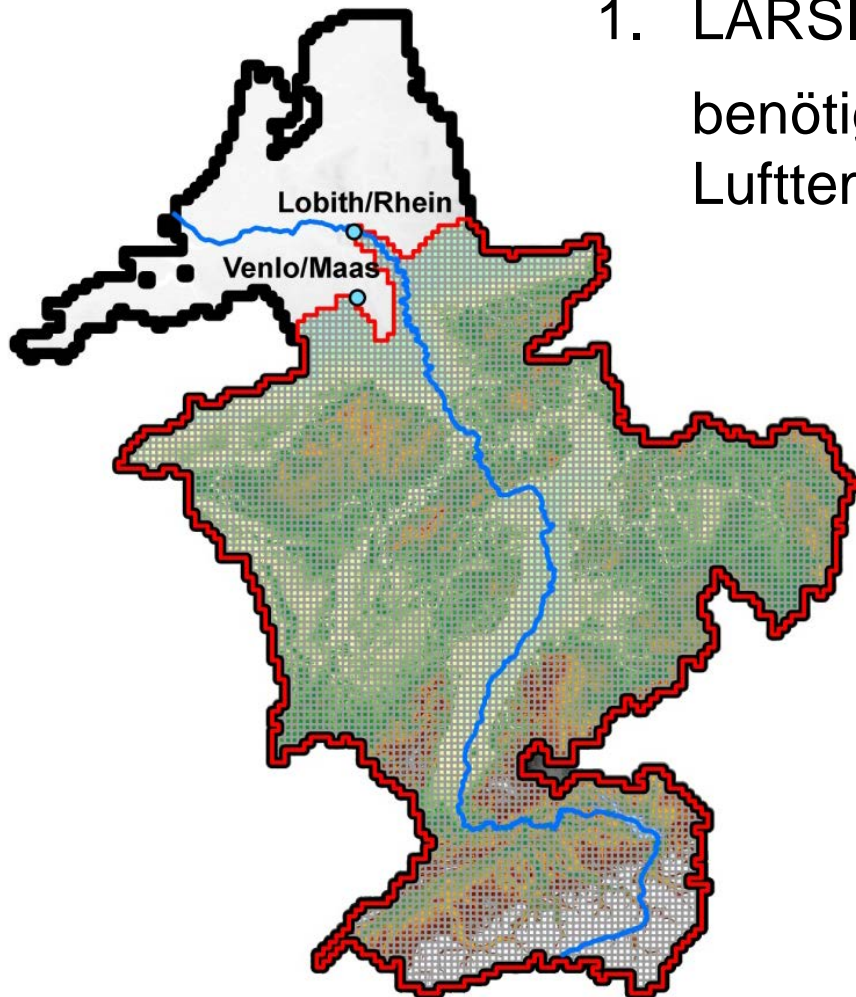
1. **Datenanalyse** zur Erforschung der schmelzwasserbürtigen Abflusskomponenten in den alpinen Teileinzugsgebieten
2. **Entwicklung von Modellen** zur Quantifizierung von schmelzwasserbürtigen Abflusskomponenten in den alpinen Teileinzugsgebieten
3. **Identifizierung und Quantifizierung der schmelzwasserbürtigen Abflussanteile** für die Pegel der definierten Teileinzugsgebiete



Modelle

Eingesetzte Modelle:

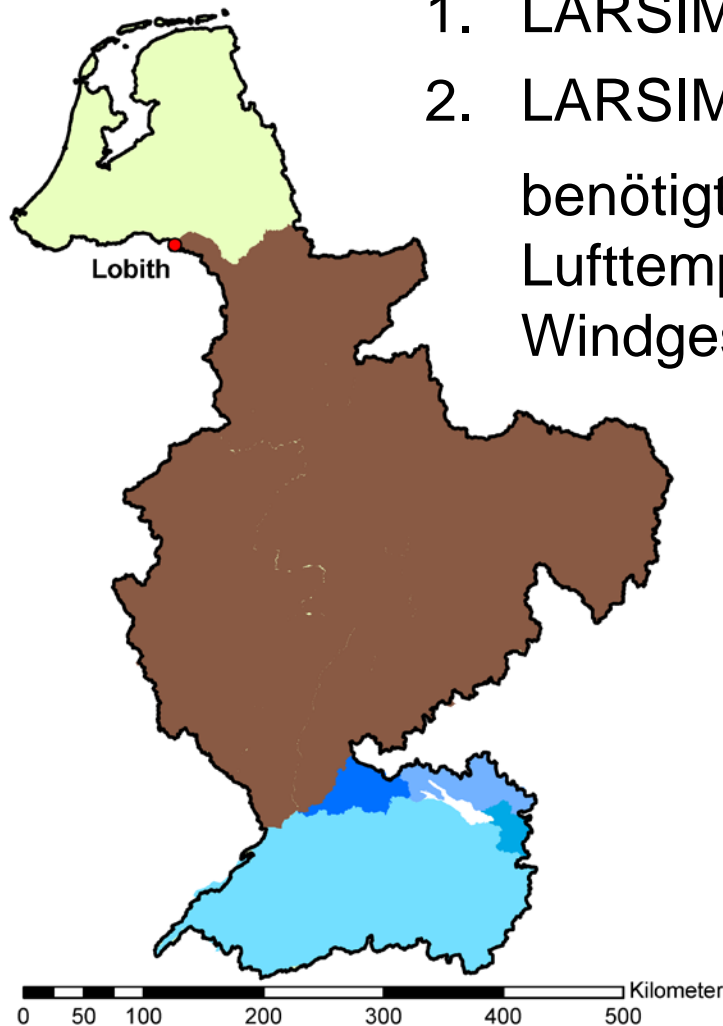
1. LARSIM-ME-Rhein 5x5 km, ab Pegel Basel
benötigte Eingangsdaten: Niederschlag,
Lufttemperatur, Globalstrahlung



Modelle

Eingesetzte Modelle:

1. LARSIM-ME-Rhein 5x5 km, ab Pegel Basel
 2. LARSIM-CH-Rhein 1x1 km, bis Pegel Basel
- benötigte Eingangsdaten: Niederschlag, Lufttemperatur, Globalstrahlung, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Luftdruck



Legende

- Rhein-Einzugsgebiet
- Deltarhein
- 5x5 km² LARSIM-Modell

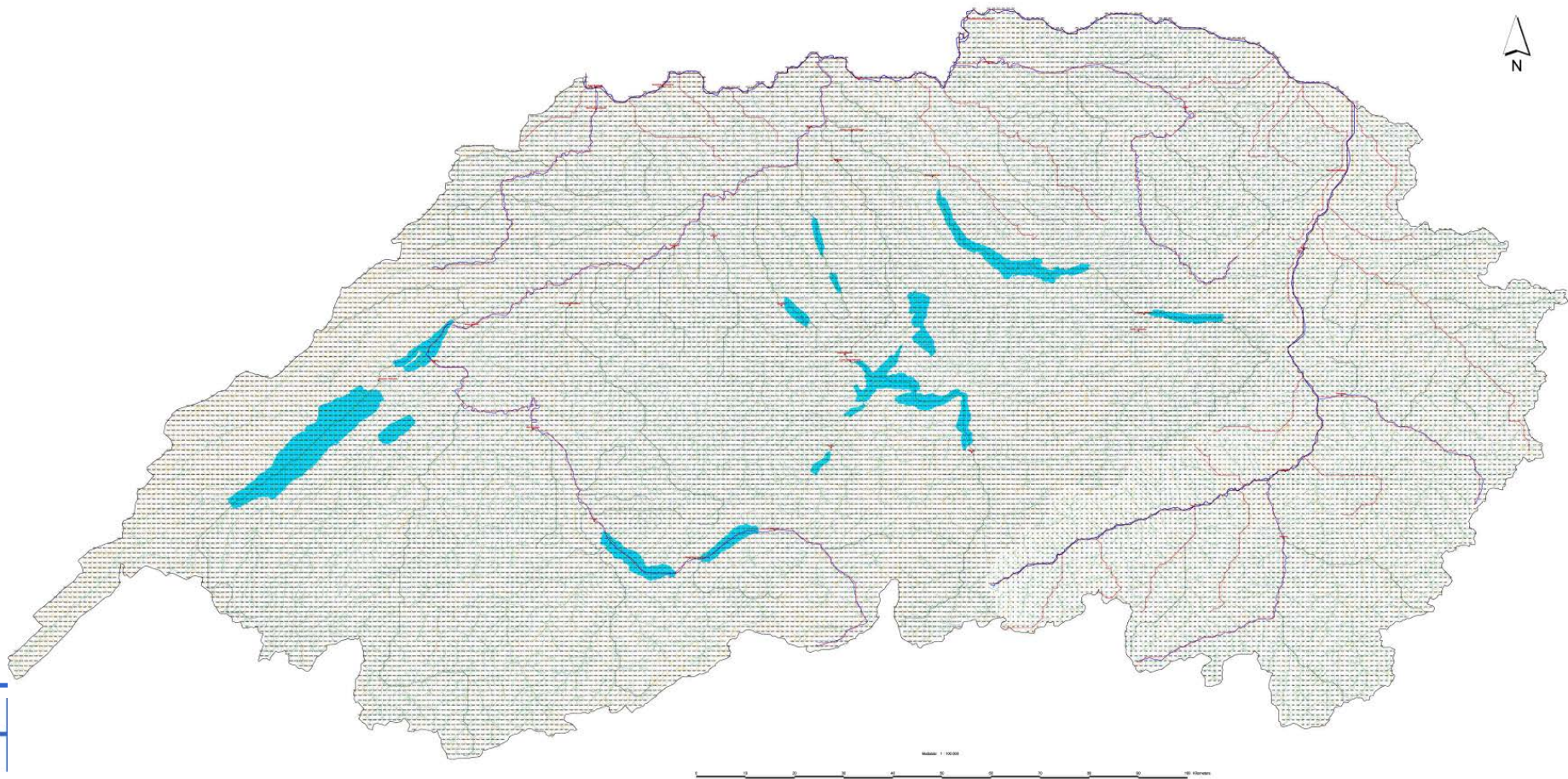
Hochaufgelöste LARSIM-Modelle:

- Schweiz
- Voralberg
- Bodensee-Zuflüsse
- Hochrhein

Modelle

Eingesetzte Modelle:

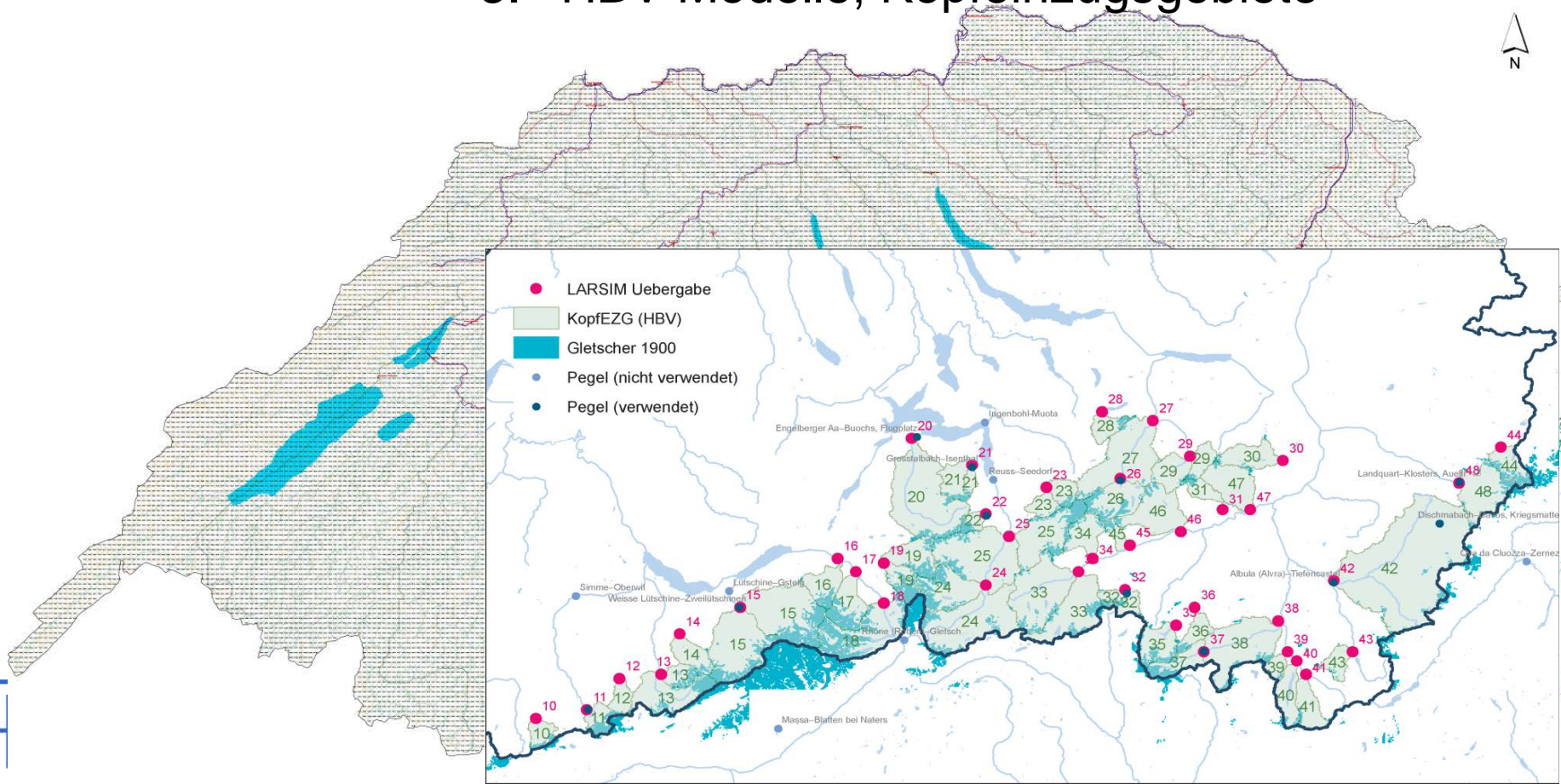
1. LARSIM-ME-Rhein 5x5 km, ab Pegel Basel
2. LARSIM-CH-Rhein 1x1 km, bis Pegel Basel



Modelle

Eingesetzte Modelle:

1. LARSIM-ME-Rhein 5x5 km, ab Pegel Basel
2. LARSIM-CH-Rhein 1x1 km, bis Pegel Basel
3. HBV-Modelle, Kopfeinzugsgebiete



Daten

Daten ab 1950:

- HYRAS-Daten (verfügbar 1951 bis 2006, 1x1 km²: Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchte. 5x5 km²: Globalstrahlung)
- Stationsdaten von DWD und MeteoSchweiz

Daten 1901 bis 1950:

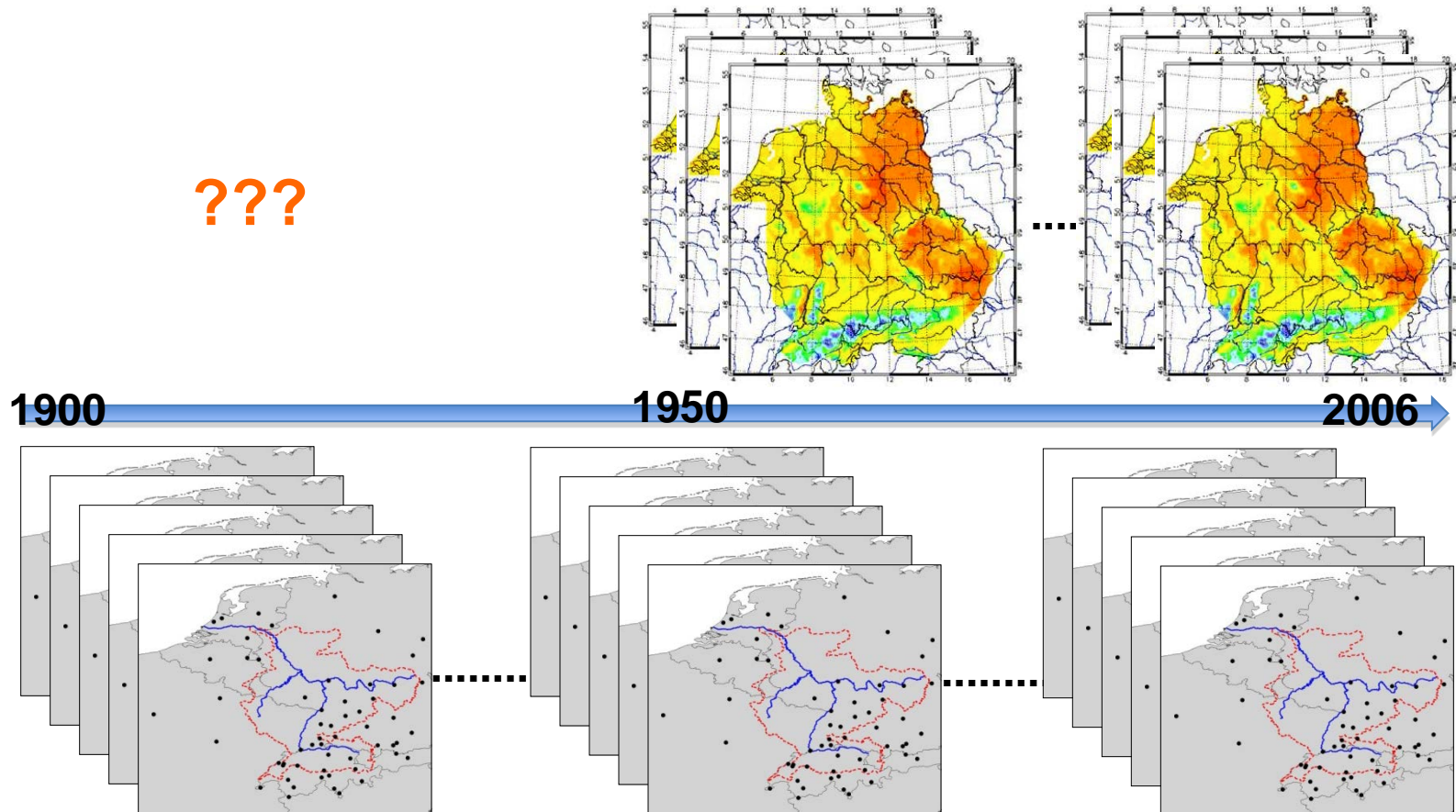
- Zu geringe Anzahl von Stationsdaten zur Interpolation vor 1951
 - ➔ Rekonstruktion des Klimadaten-Inputs 1901 bis 1950 durch Analog-Resampling (Univ. Freiburg):

Eingangsdaten: HYRAS-Daten bzw. interpolierte Stationsdaten ab 1951

Maximierung der Übereinstimmung von Temperatur, Niederschlag, Bewölkungsgrad und der potentiellen Globalstrahlung

Daten

Rekonstruktion des Klimadaten-Inputs 1901 bis 1950
durch Analog-Resampling (Univ. Freiburg)

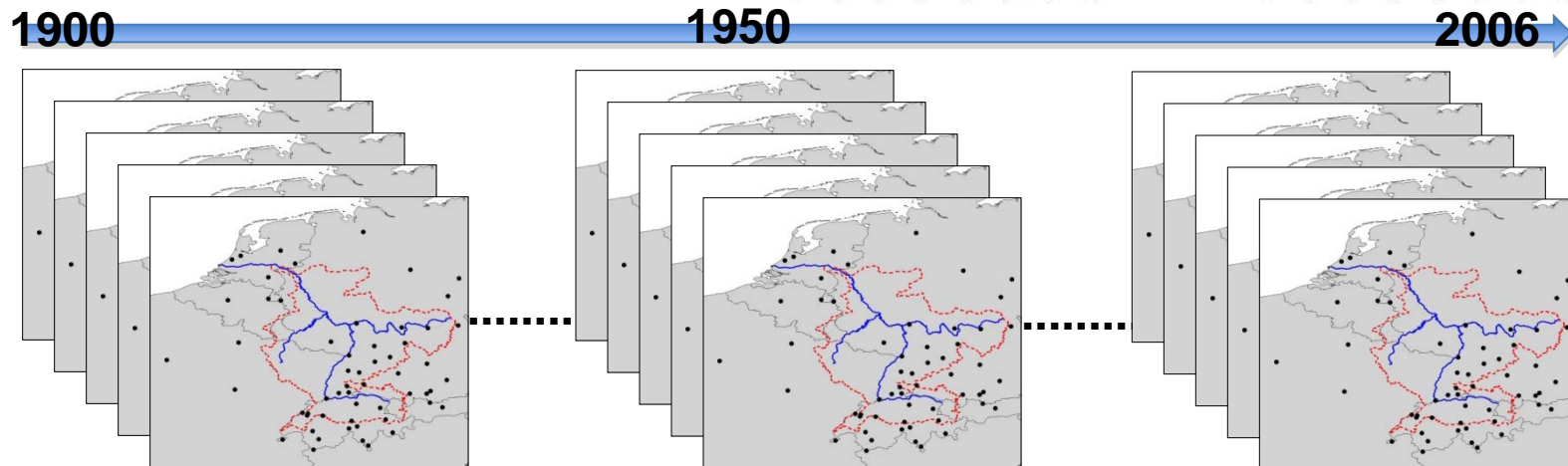
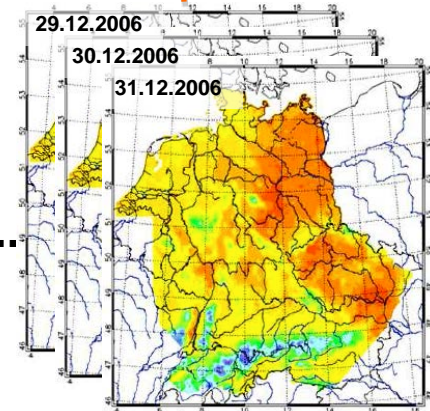
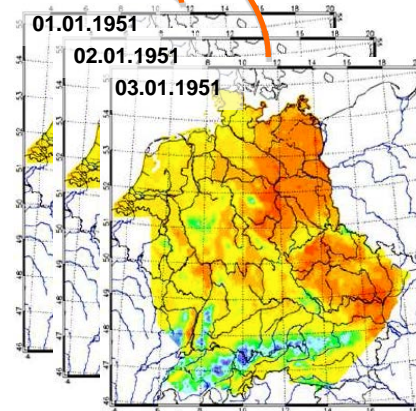


Daten

Rekonstruktion des Klimadaten-Inputs 1901 bis 1950
durch Analog-Resampling (Univ. Freiburg)

15.01.1908
16.01.1908
17.01.1938

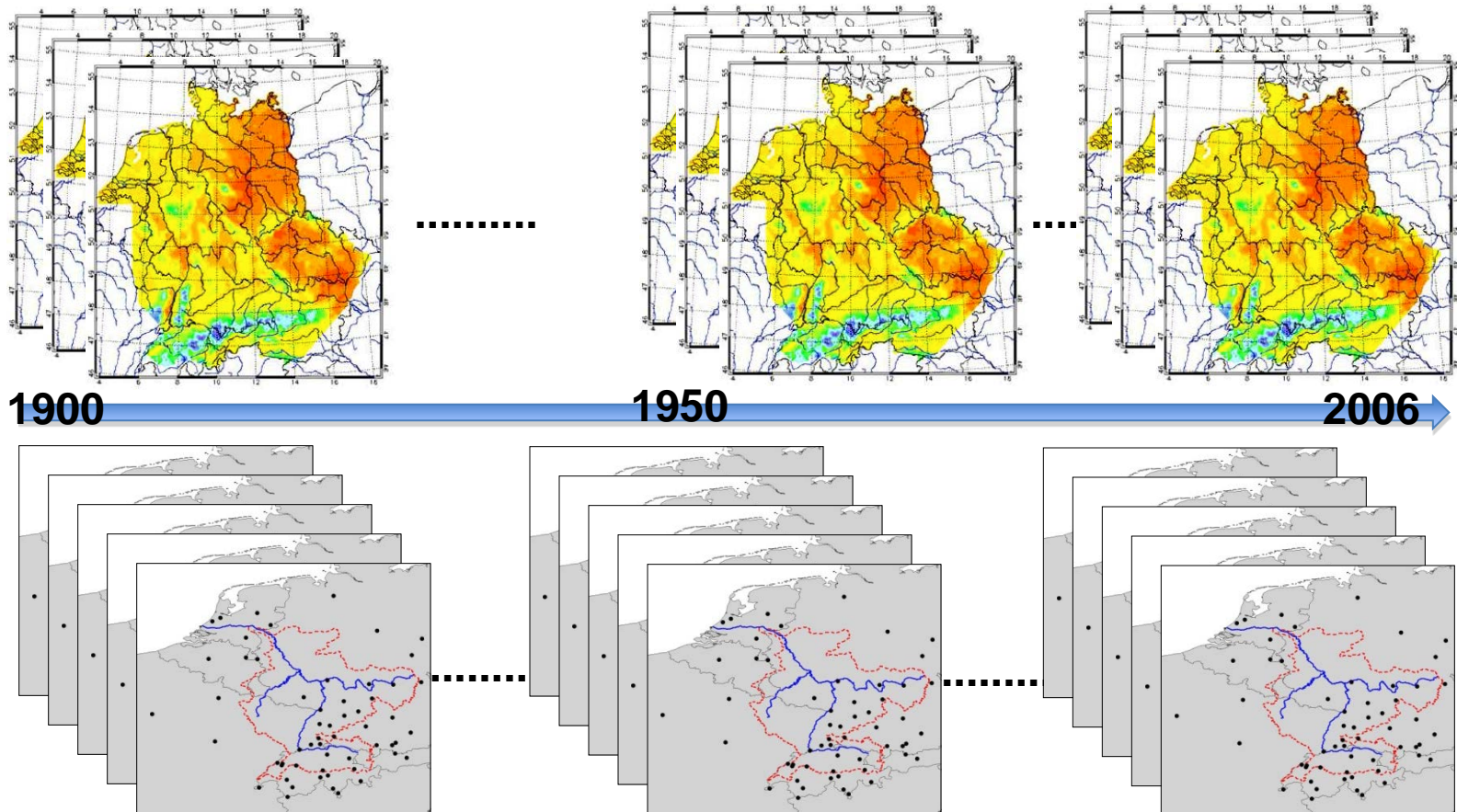
Jeden Ziel-Tag 1900-1950:
Ersetze mit einem
'Analog-Tag' aus 1950-2006!



Daten

Rekonstruktion des Klimadaten-Inputs 1901 bis 1950
durch Analog-Resampling (Univ. Freiburg)

Ergebnis: “HYRAS” von 1900-2006: konsistente Felder aller Variablen



Lauffähigkeitstest

- Verwendung der aktuellen LARSIM-Version
- Verwendung des LILA-KALA-Formats (LILA = „Listenformat LARSIM“; KALA = „Kartenformat LARSIM“)
- Tageswerte

Lauffähigkeitstest

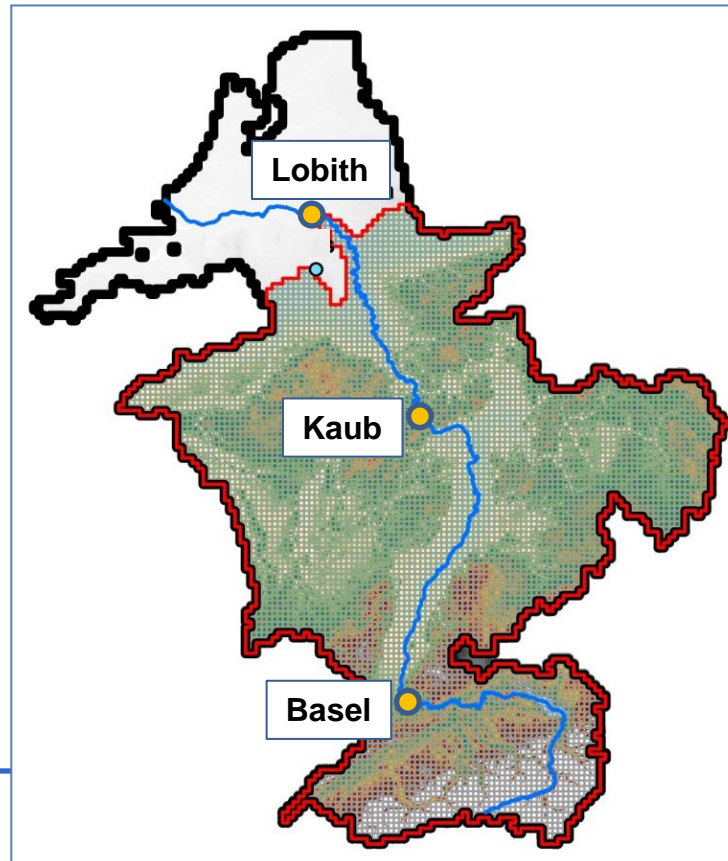
- Für 1x1km²-LARSIM-CH-Rhein: Abfluss und sechs meteorologische Größen (Niederschlag, Lufttemperatur, Globalstrahlung, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Luftdruck)
 - LARSIM-Anwendertreffen 2014, Vortrag C. Hohmann: „Validierung der Schneedeckenmodellierung des LARSIM-Modells für das Einzugsgebiet des Hochrheins“: Vergleich Schneewasseräquivalente aus LARSIM und vom schweizerischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung (Zeitraum 1999 bis 2006)
 - Lauffähigkeitstest für 106 Jahre: 5100 Dateien mit ca. 37 GB; Berechnungsdauer 9 Tage

Lauffähigkeitstest

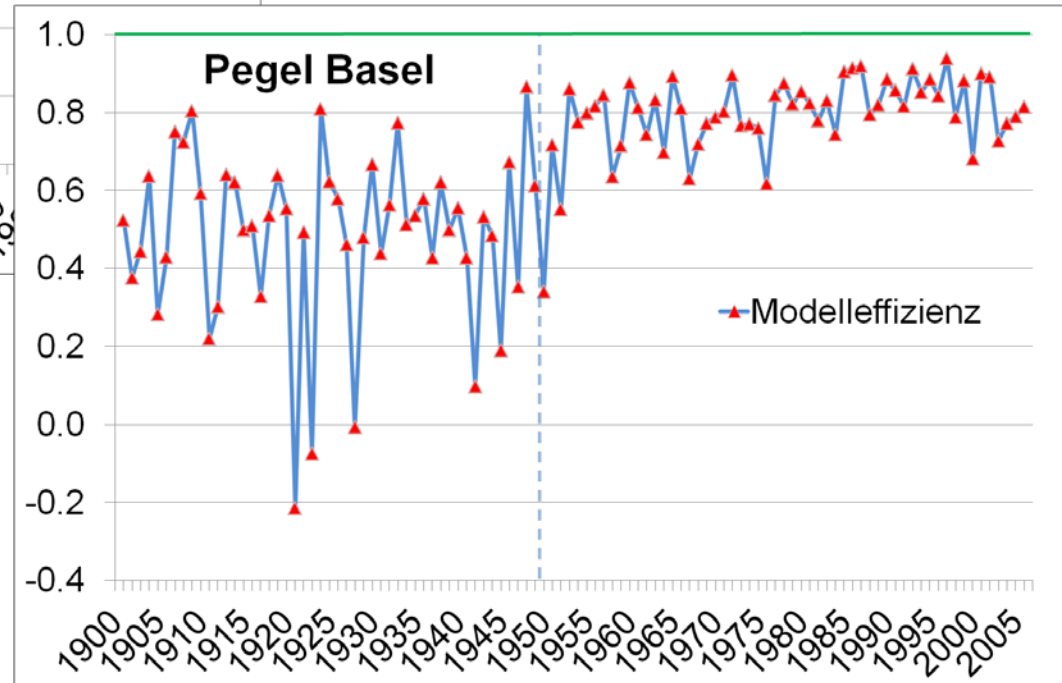
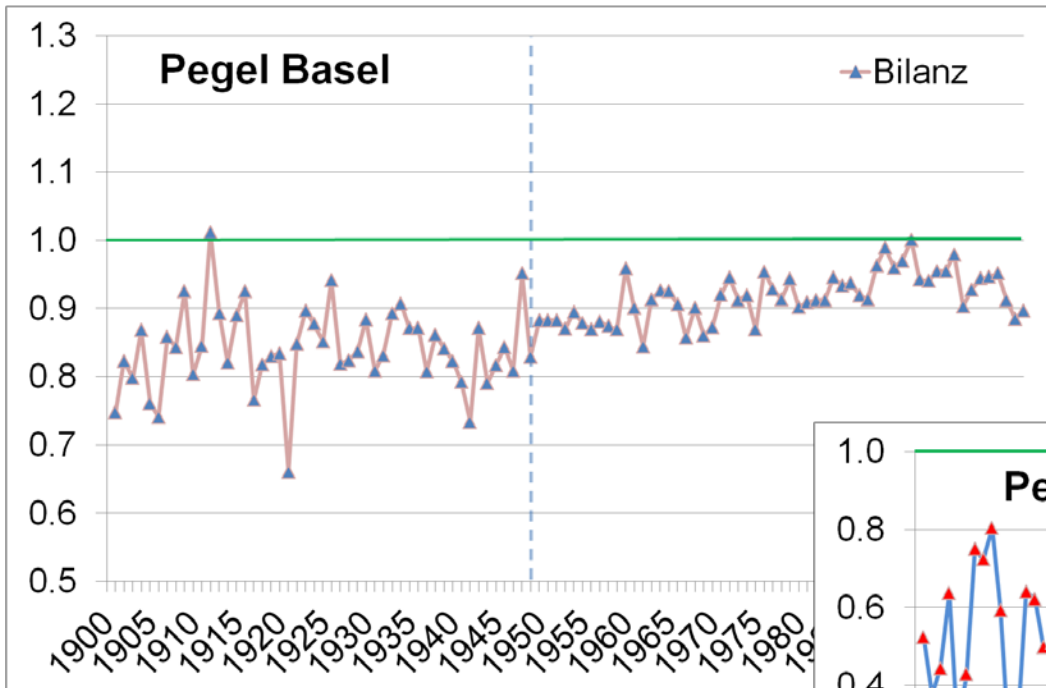
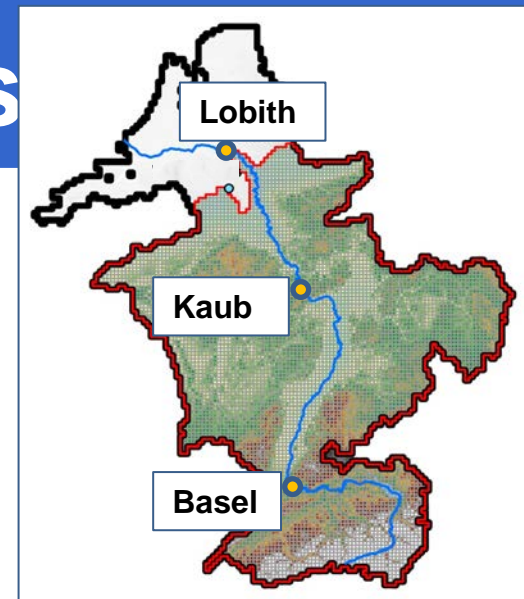
- Für 5x5km²-LARSIM-ME-Rhein: Abfluss und drei meteorologische Größen (Niederschlag, Lufttemperatur und Globalstrahlung)
 - Lauffähigkeitstest für 106 Jahre: 3800 Dateien mit ca. 104 GB; Berechnungsdauer 21 Tage
 - LARSIM-ME-Rhein mit Höhenzonierung und Optionen „Massentransport Schnee“ und „Alterung Schneeealbedo“

Lauffähigkeitstest

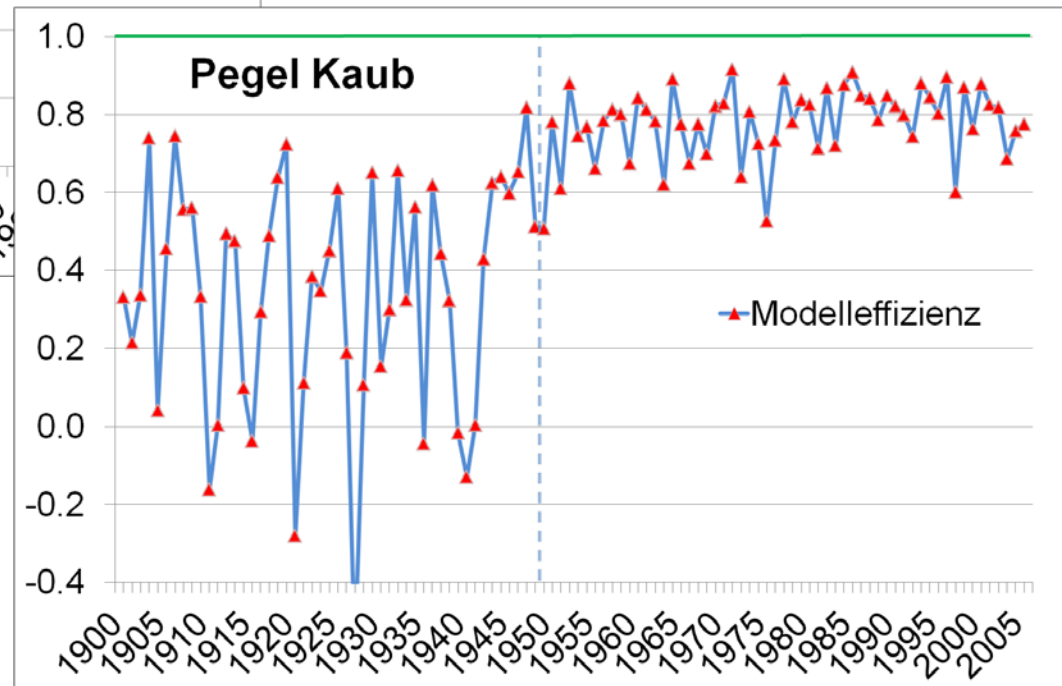
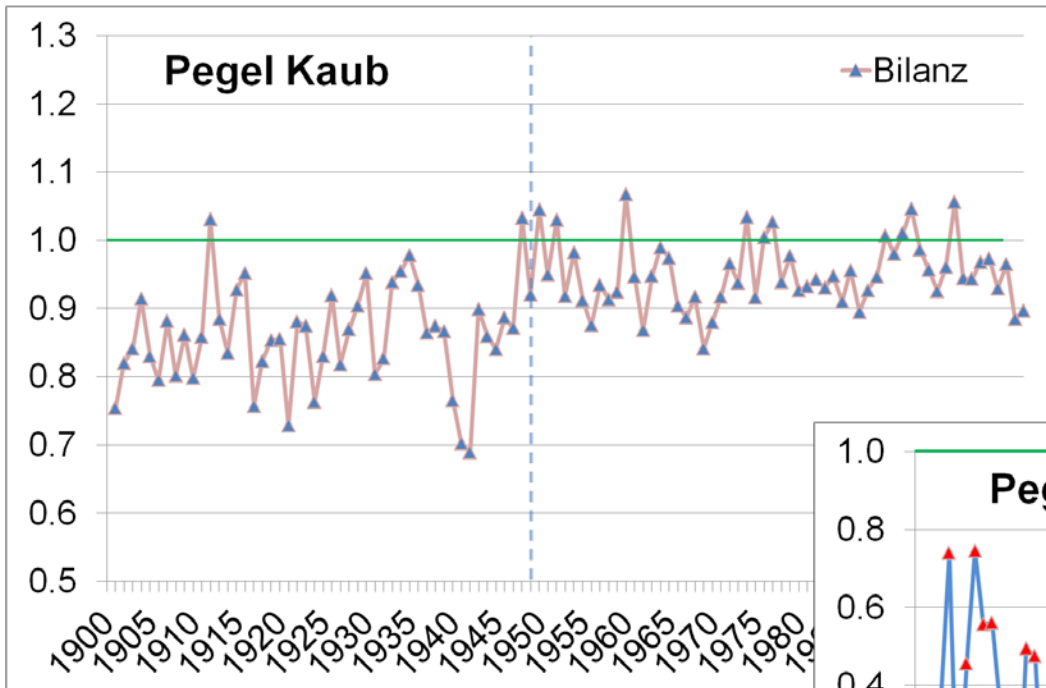
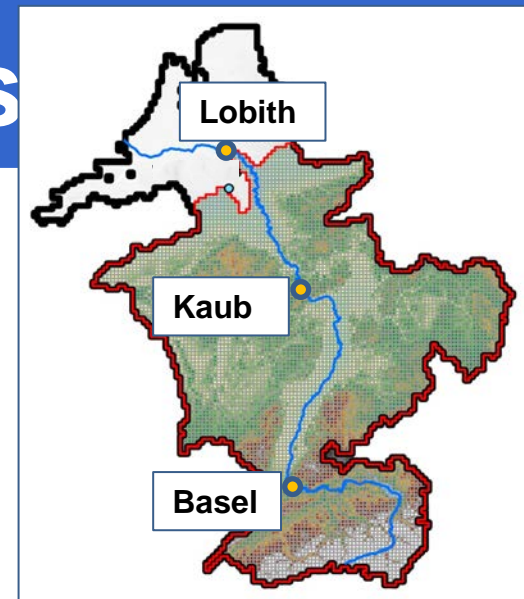
- Daten 1901 bis 1950: rekonstruierte Zeitreihen
- Daten 1951 bis 2006: HYRAS-Daten (unkorrigierter Niederschlag, Temperatur, Globalstrahlung)



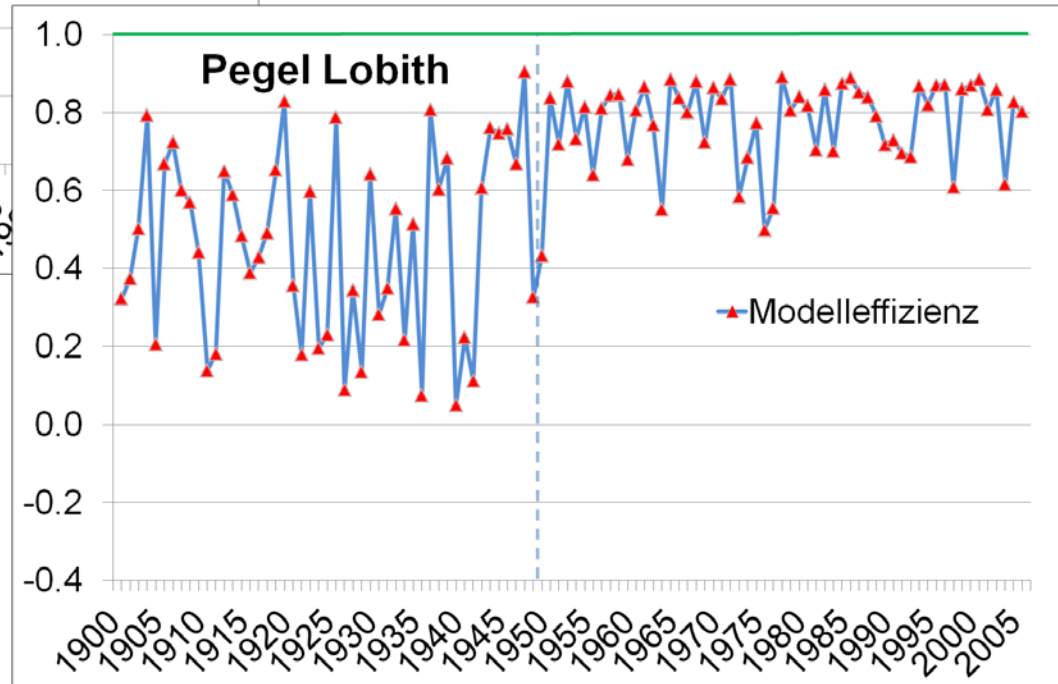
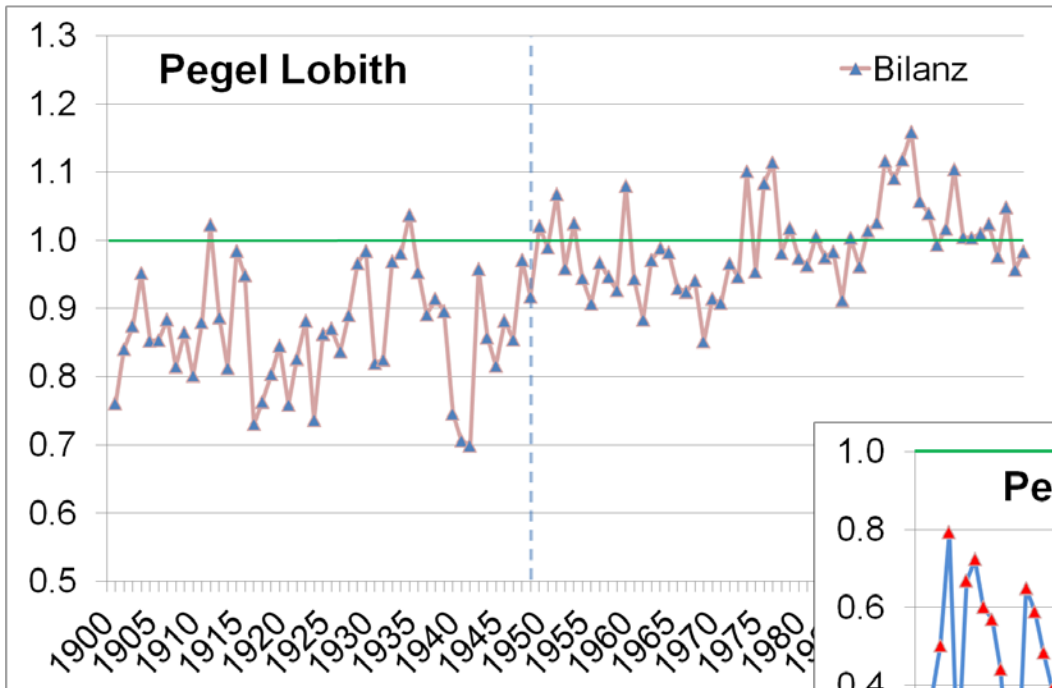
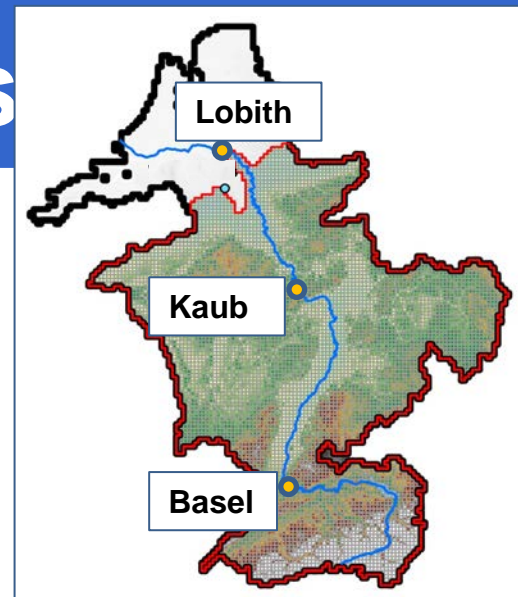
Lauffähigkeitstes



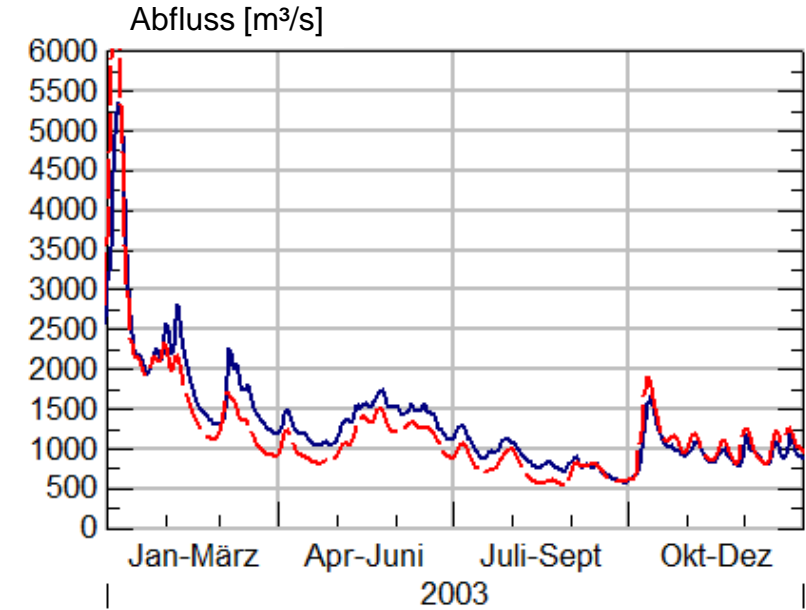
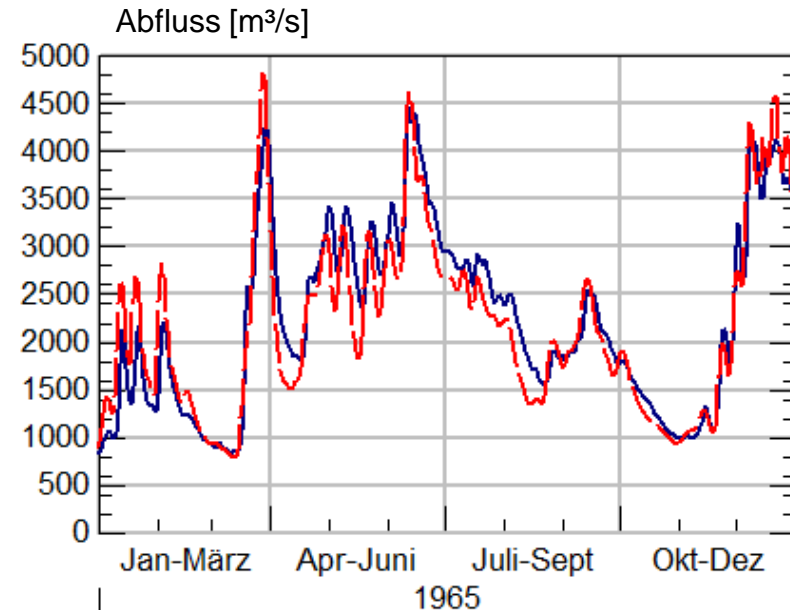
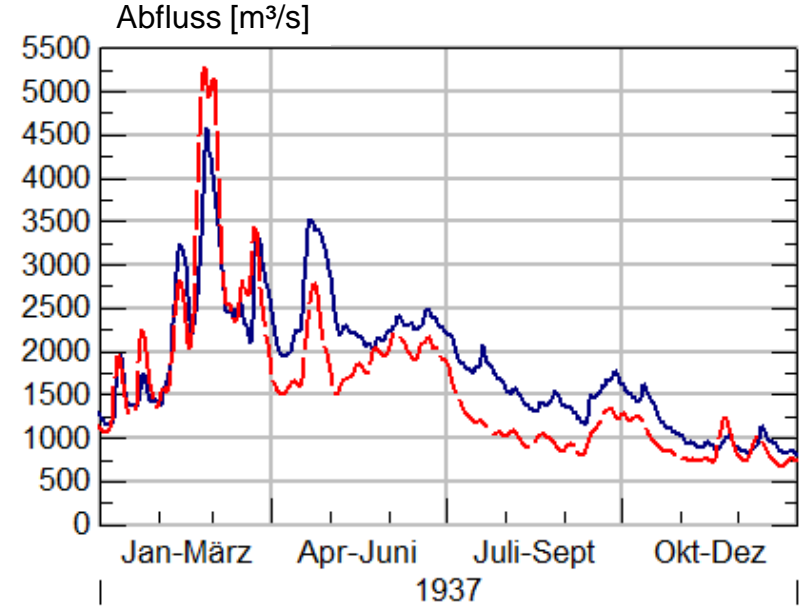
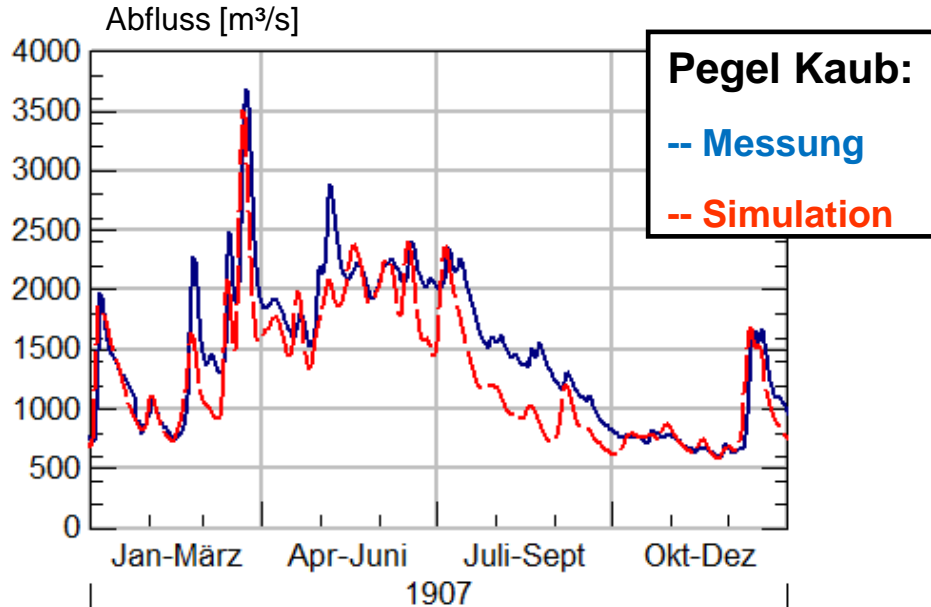
Lauffähigkeittest



Lauffähigkeitstes

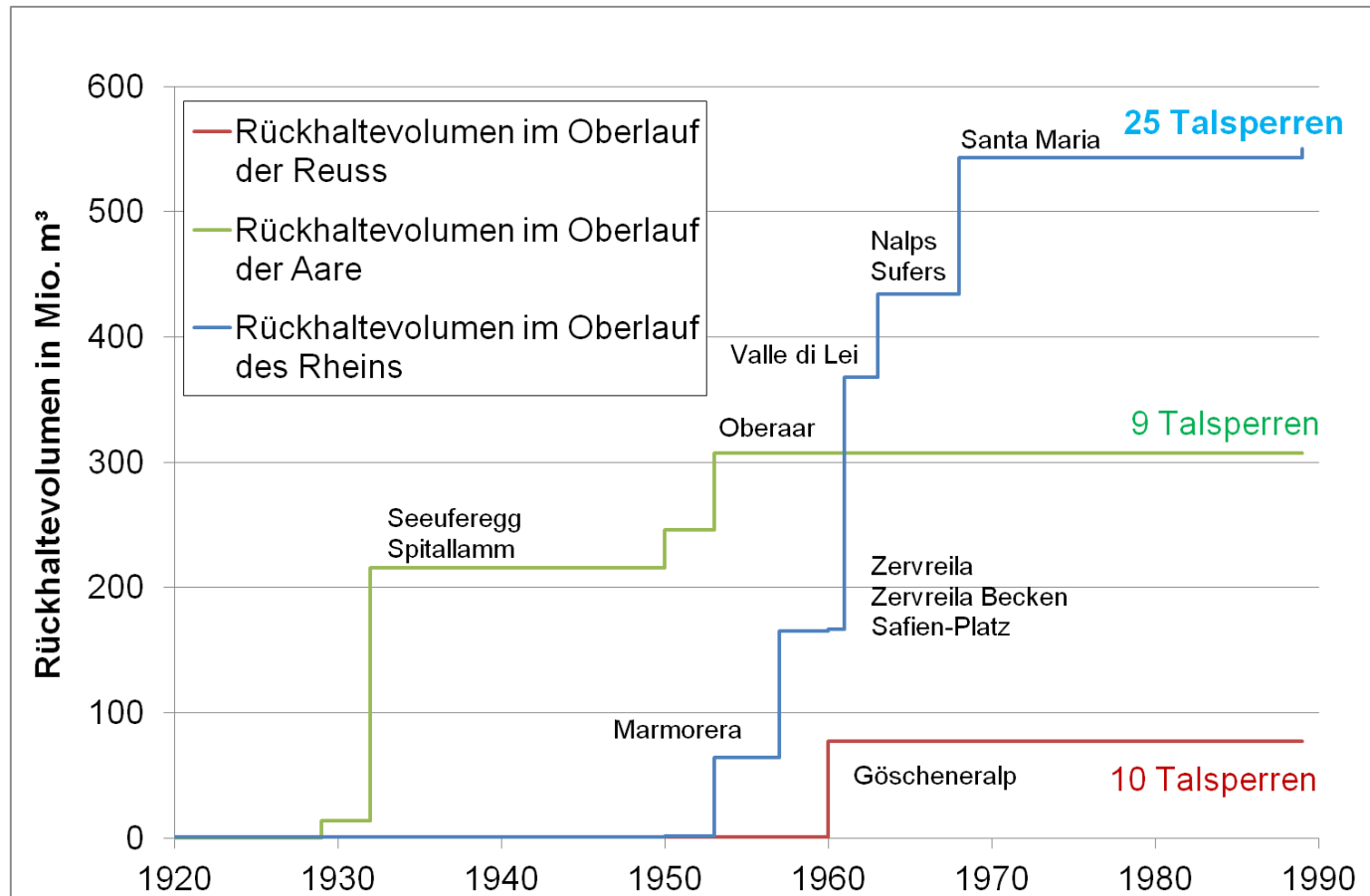


Lauffähigkeitstest



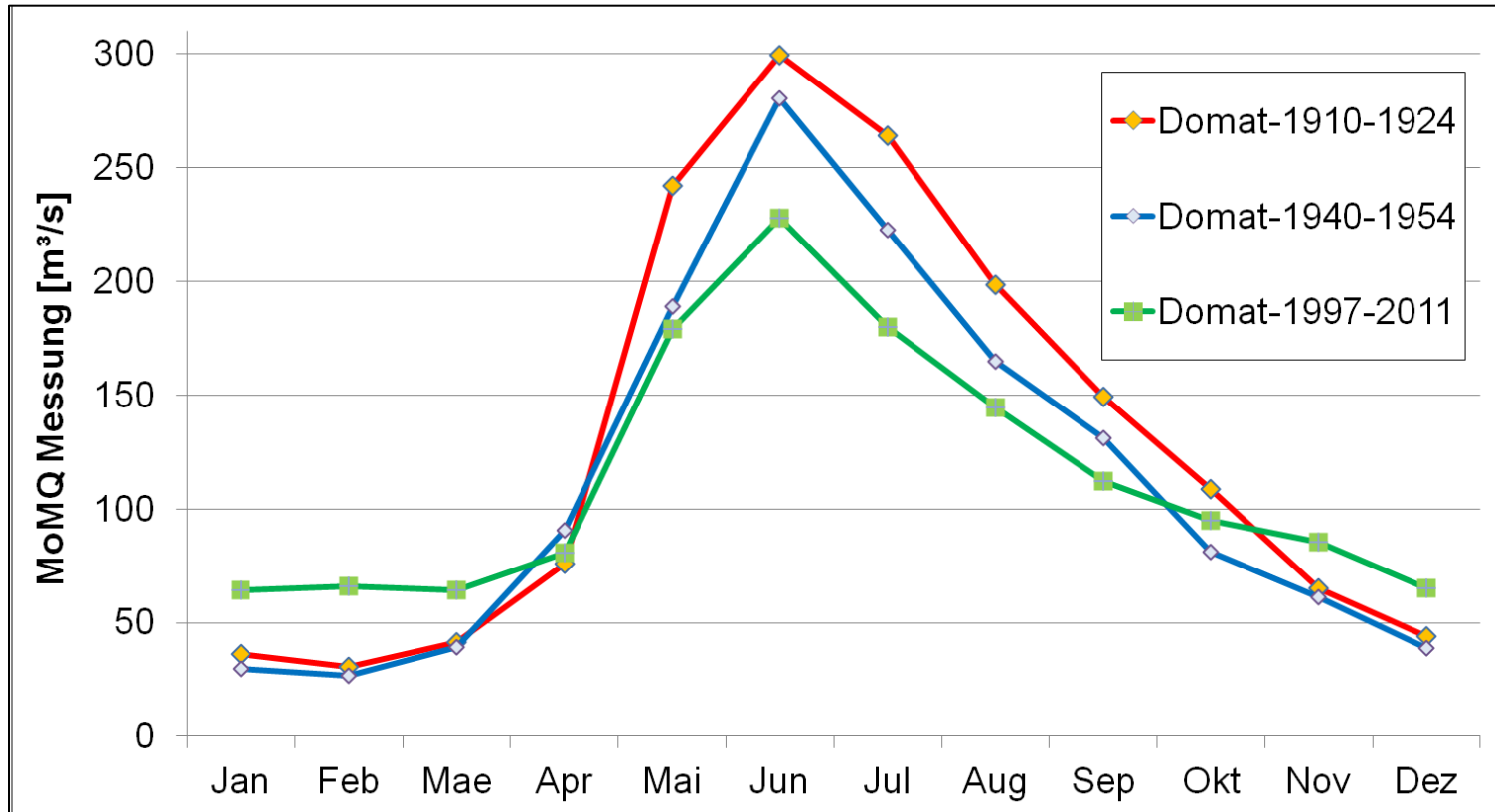
Weiteres Vorgehen

- Integration der Talsperren und Seen (LARSIM-CH-Rhein und LARSIM-ME-Rhein)



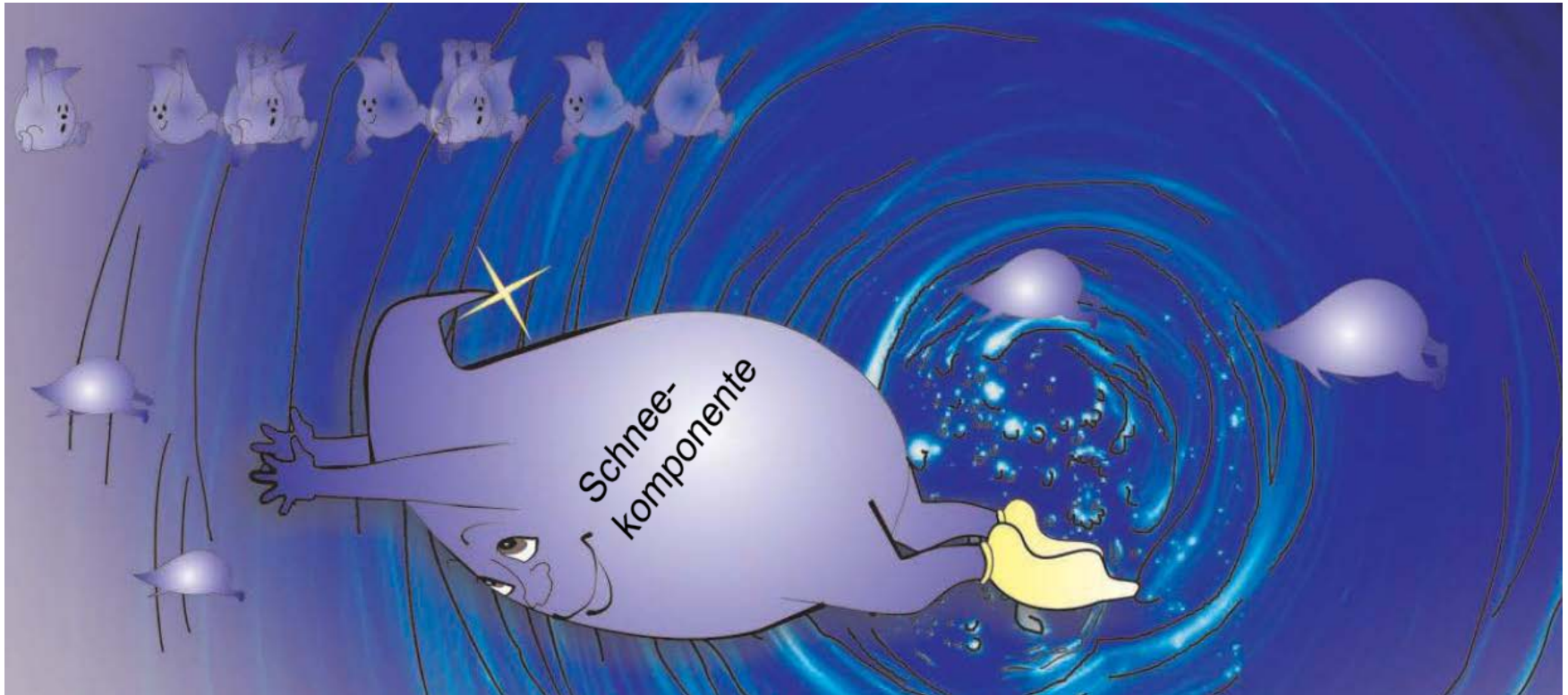
Weiteres Vorgehen

- Integration der Talsperren und Seen (LARSIM-CH-Rhein und LARSIM-ME-Rhein)



Weiteres Vorgehen

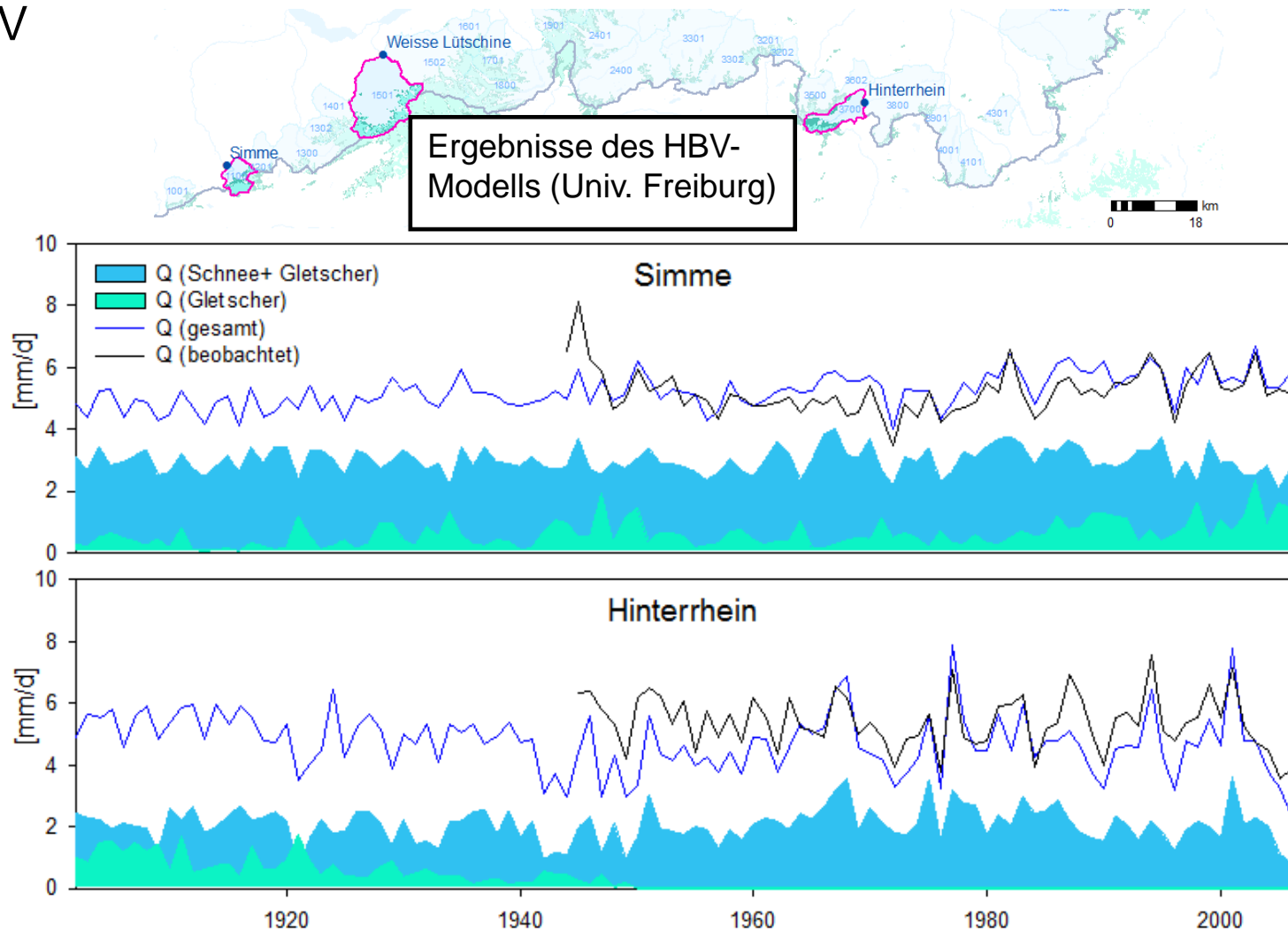
- Modellierung der Abflusskomponenten aus Schnee- und Gletscherschmelze



aus: <http://www.lanu.de/...>

Weiteres Vorgehen

- Modellierung der Abflusskomponenten aus Schnee- und Gletscherschmelze in HBV



Weiteres Vorgehen

- Modellierung der Abflusskomponenten aus Schnee- und Gletscherschmelze in LARSIM



Zusammenfassung

- Projekt: „Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein und seinen Zuflüssen vor dem Hintergrund des Klimawandels“
- Kombinierte Modellkette: HBV-Modell ➡ LARSIM-CH-Rhein (1x1km²) ➡ LARSIM-ME-Rhein (5x5 km²)
- Betrachteter Zeitraum: 1901 bis 2006
- Hoher Datenaufwand: Daten für meteorologische Variablen bis 1950: Analog-Resampling. Danach: HYRAS- und Stationsdaten. Gletscherdaten notwendig.
- Lauffähigkeitstests belegen Eignung der Daten.
- Verbesserte Integration der Talsperren und Seen in Bearbeitung.
- Umsetzung der Berechnung der Abflusskomponenten in LARSIM in Bearbeitung.

MERCI pour votre attention!
DANKE für ihre Aufmerksamkeit!



Escher-Vetter H., Weber, M. & Braun, L. (1998): Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt alpiner, teilweise vergletschter Gebiete. Bayerische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Glaziologie. <http://www.glaziologie.de/download/bayforber.pdf>

Weingartner, R., Viviroli D. & Schädler, B. (2007): Water resources in mountain regions: a methodological approach to assess the water balance in a highland-lowland-system. *Hydrol. Process.* 21, 578–585 (2007)

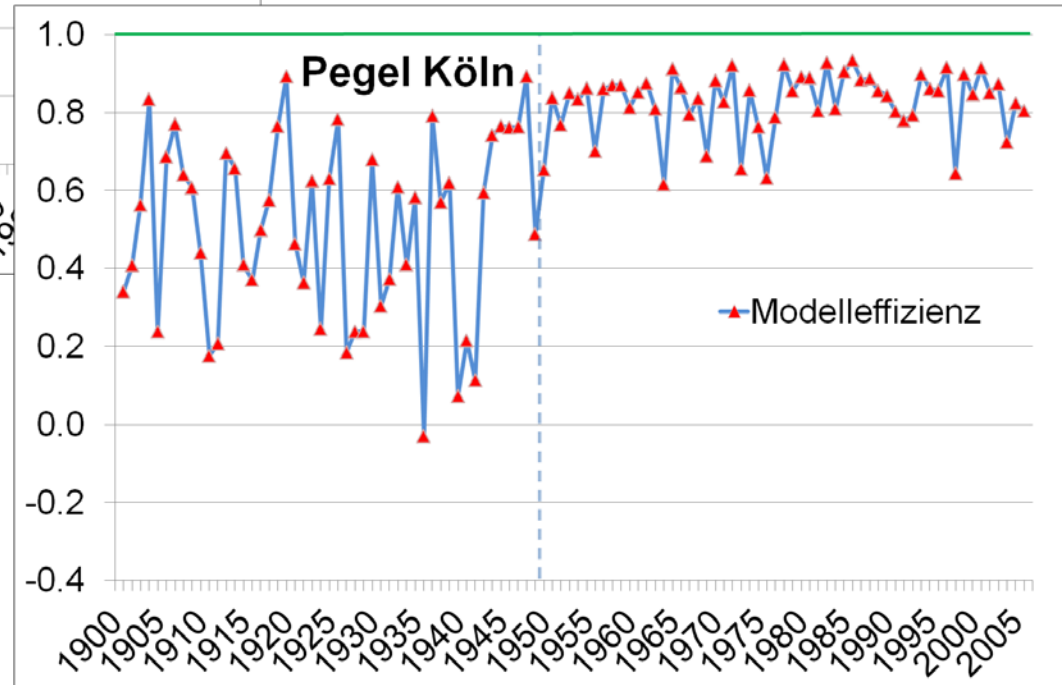
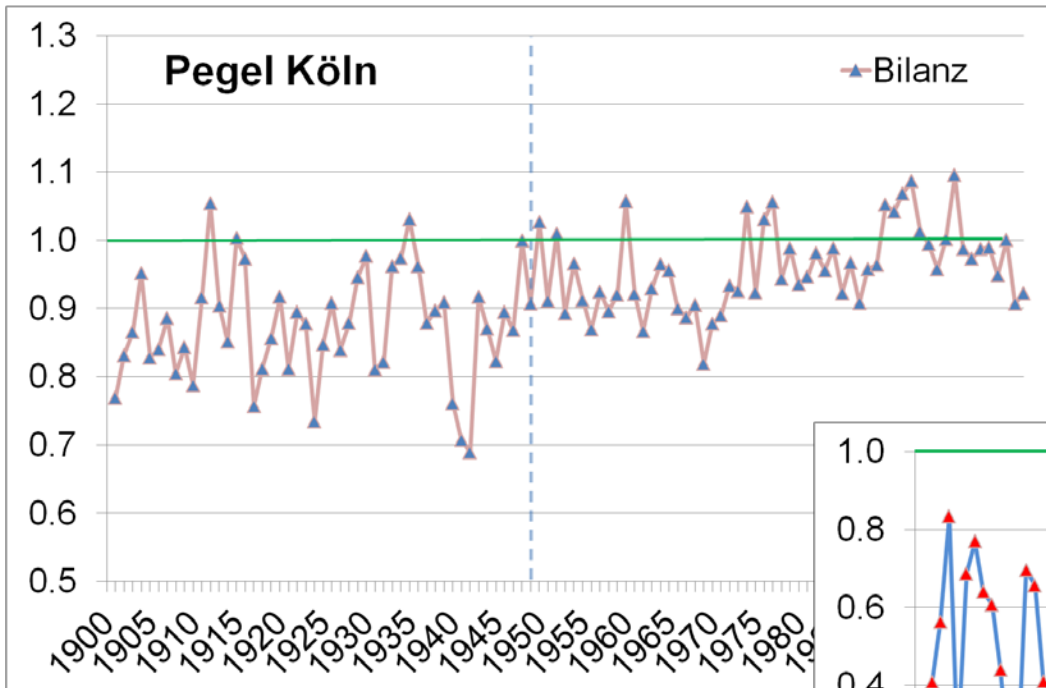
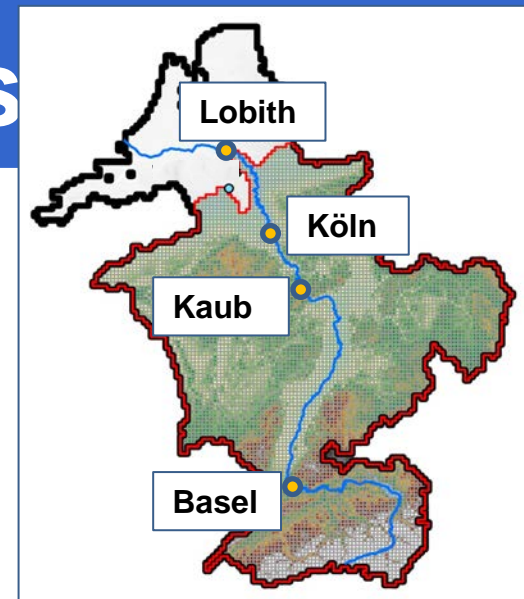
Huss, M. (2011): Present and future contribution of glacier storage change to runoff from macroscale drainage basins in Europe, *Water Resour. Res.*, 47, W07511, doi:[10.1029/2010WR010299](https://doi.org/10.1029/2010WR010299).

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2010WR010299/epdf>

<http://www.swisseduc.ch/glaciers/>

http://www.lanu.de/de/Service/Publikationen/Publikationen_Detail/id/Bruno-der-Wassertropfen-32

Lauffähigkeitstes



Fragestellung

Abflussanteile

• aus Schnee- und Gletscher

- Regen
- Schneeschmelze
- Eisschmelze
- Schnee/Regen auf
- Speicherauslauf S
- Speicherauslauf B
- Hangwasser/GW

