



**Vom Registrierstreifen zur
Satellitenübertragung –
hydrometeorologische
Messungen und
Modellierungen im
Einzugsgebiet Vernagtbach**

Heidi Escher-Vetter, KEG, BAdW



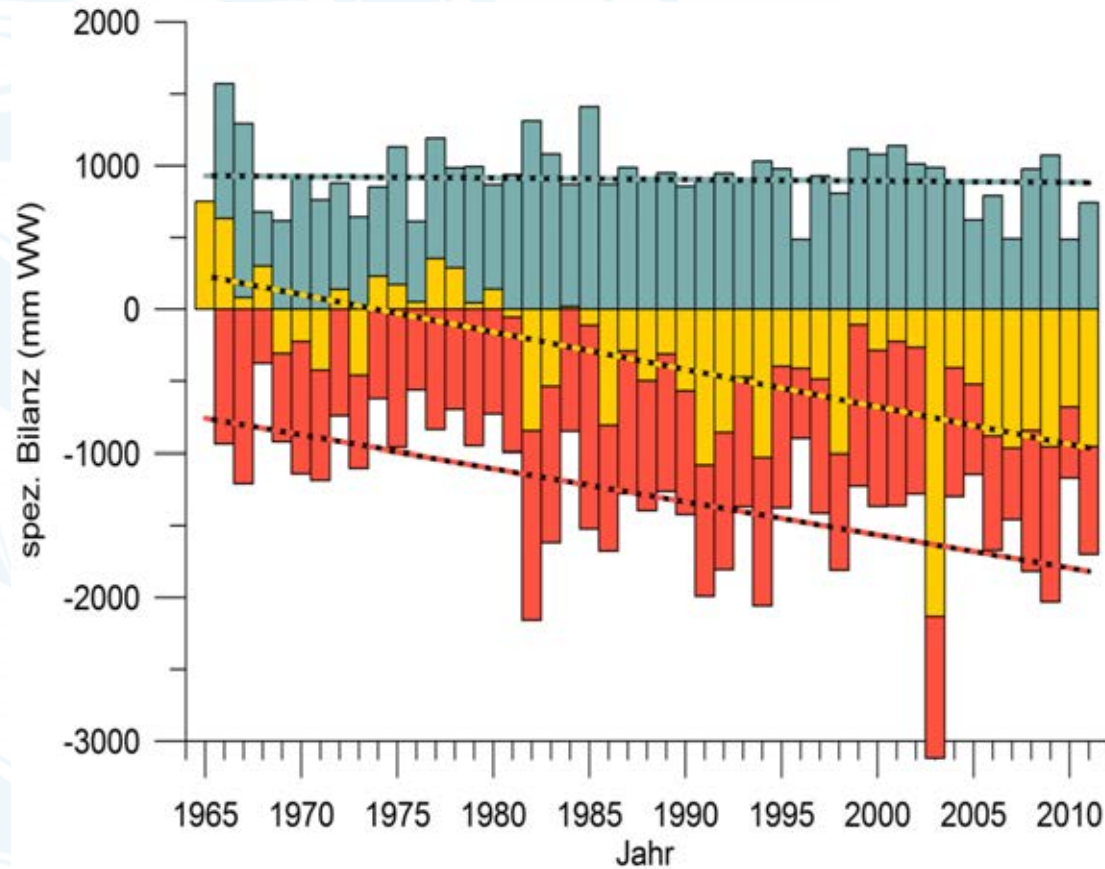
Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Gliederung

- ❖ Messen: Massenbilanz
- ❖ Registrieren: Hydrologische und meteorologische Größen
- ❖ Analysieren: Zeitreihen
- ❖ Modellieren: Abfluss und Massenbilanz



Winter- und Sommermassenbilanz – seit 1965



Registrieren – seit 1974

- ❖ Auf Papierstreifen
- ❖ Auf Festwertspeichern
- ❖ Auf Flashcards
- ❖ Direktübertragungen



Meteorologische Messgeräte (allmählicher Ausbau von 1970 bis 2001)



Abfluss-Messstelle Pegelstation Vernagtbach (seit 1974)



Ott: Bandschreiber

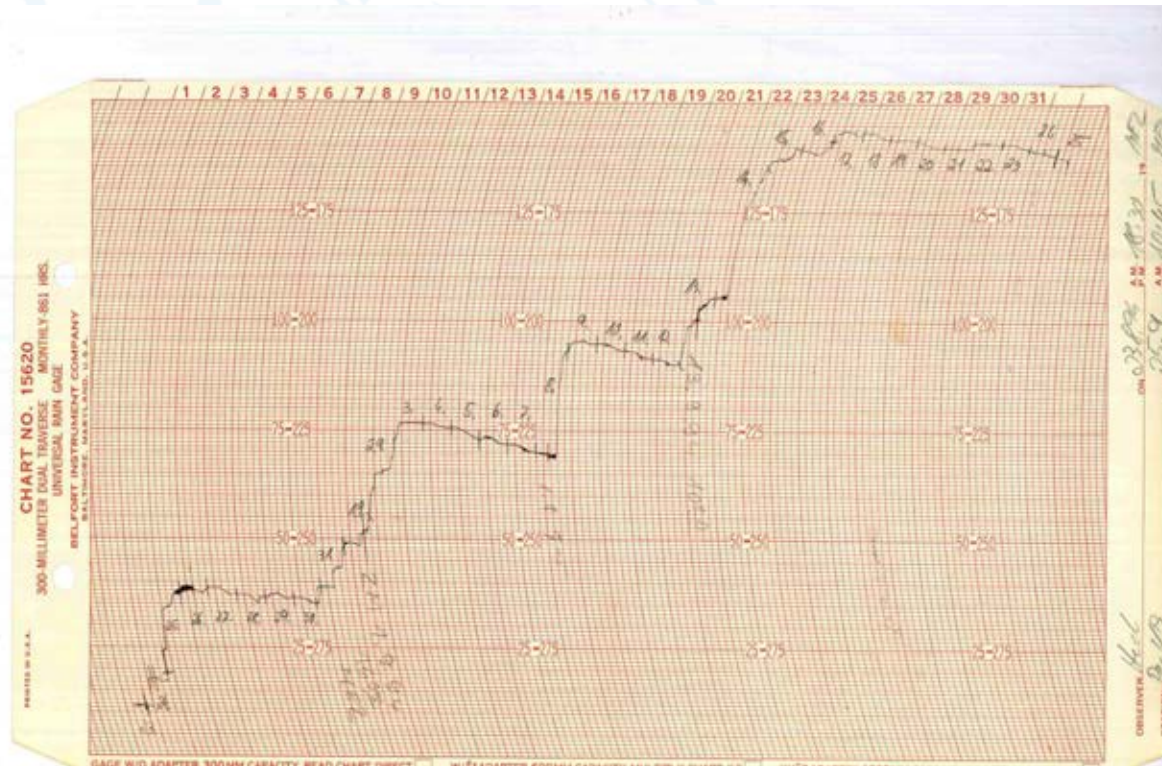


Fuess und Belfort - Niederschlagswaagen



Belfortregistrierung

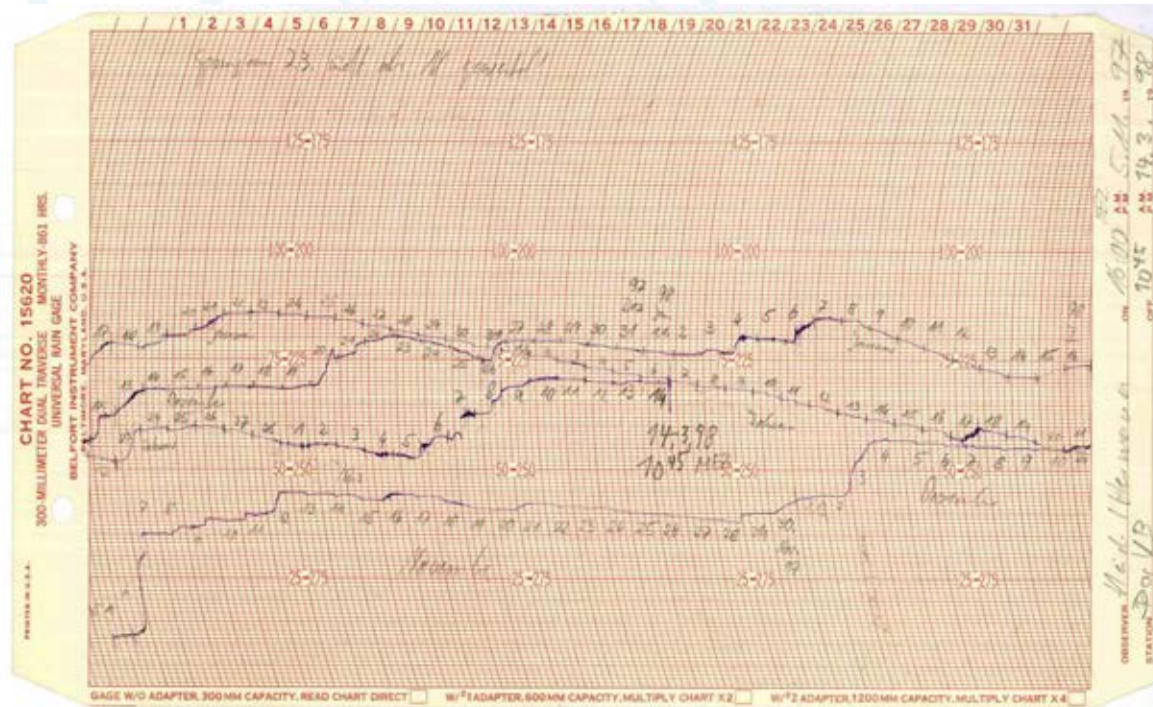
23.8. – 25.9.1994



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Belfortregistrierung

5.11.1997 – 14.3.1998



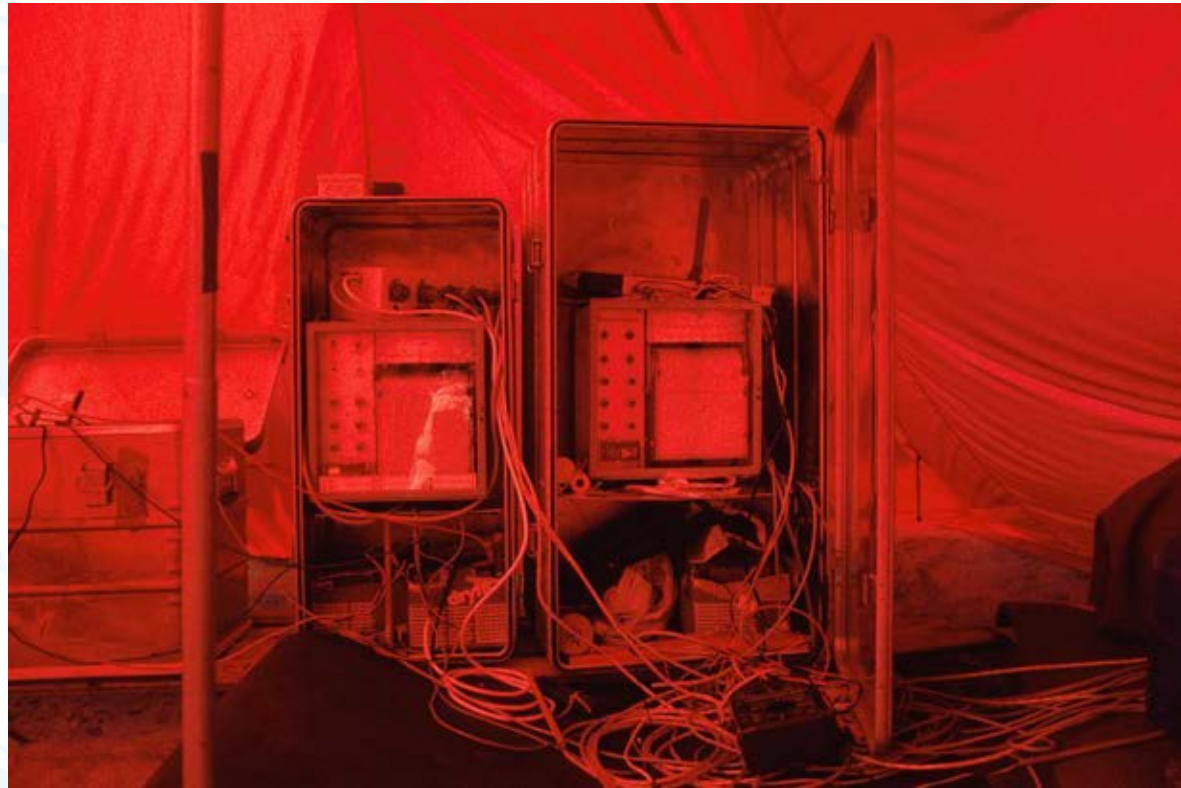
Schenk: Punktschreiber



**Registriergeräte
der 1970er und
1980er Jahre –
nicht nur in der
Pegelstation
Vernagtbach,
sondern z.B.
auch bei ...**



... Luziver 1983, im Zelt ...



... auf dem Eis



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Microdata: Kassettenrecorder



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Modas: Festwertspeicher



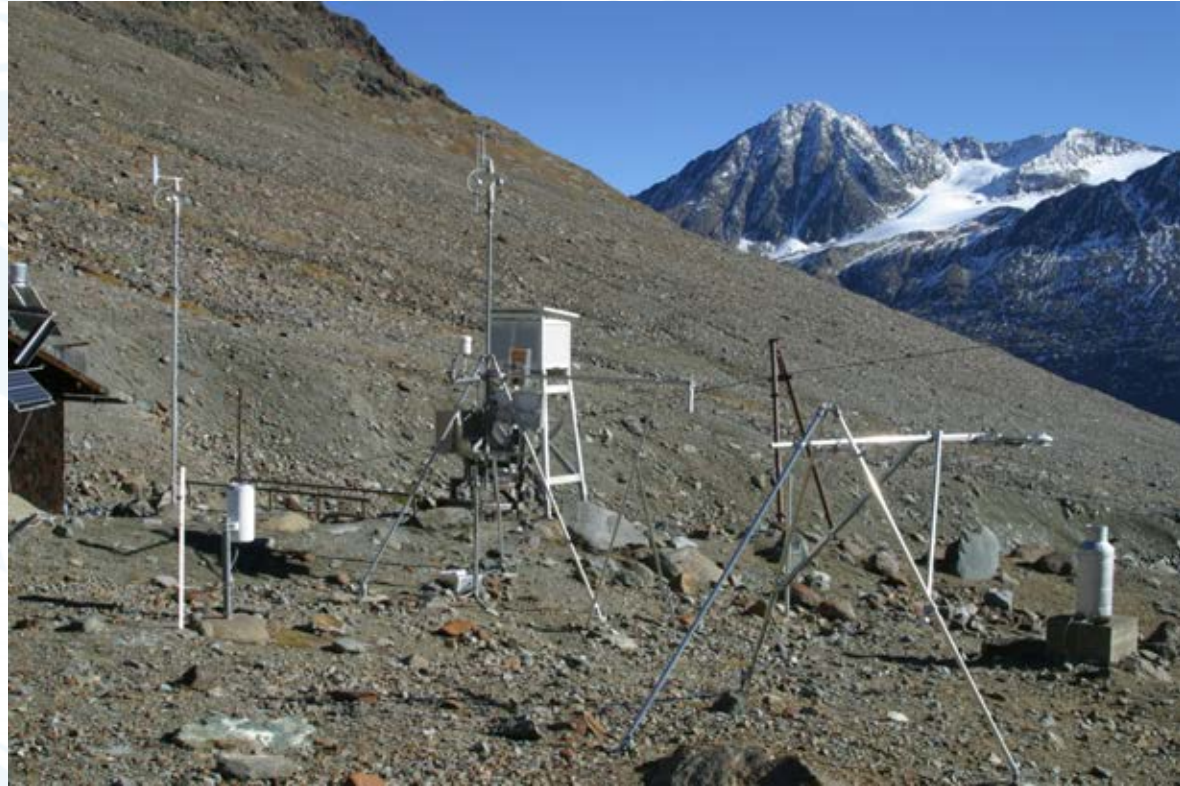
Campbell-Logger: Flashcard



Messgeräte (seit Ende 2001)

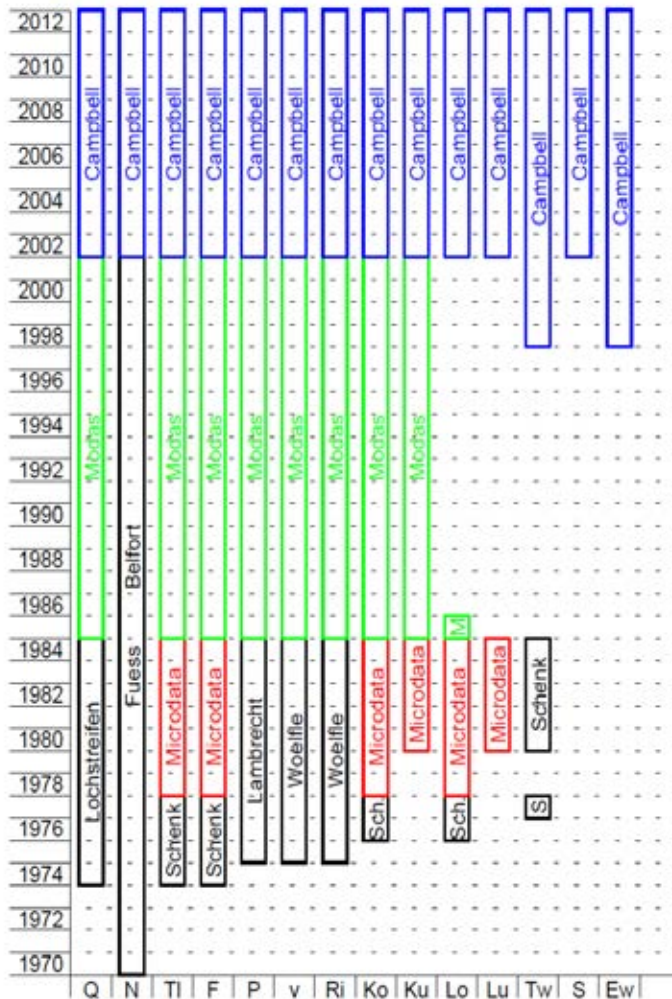


... und im Sommer



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Zusammenstellung aller registrierten Parameter (Pegelstation Vernagtbach)



Q Abfluss

N Niederschlag

TI Lufttemperatur

F relative Luftfeuchte

P Luftdruck

v Windgeschwindigkeit

Ri Windrichtung

Ko Globalstrahlung

Ku Reflexstrahlung

Lo langwellige Gegenstrahlung

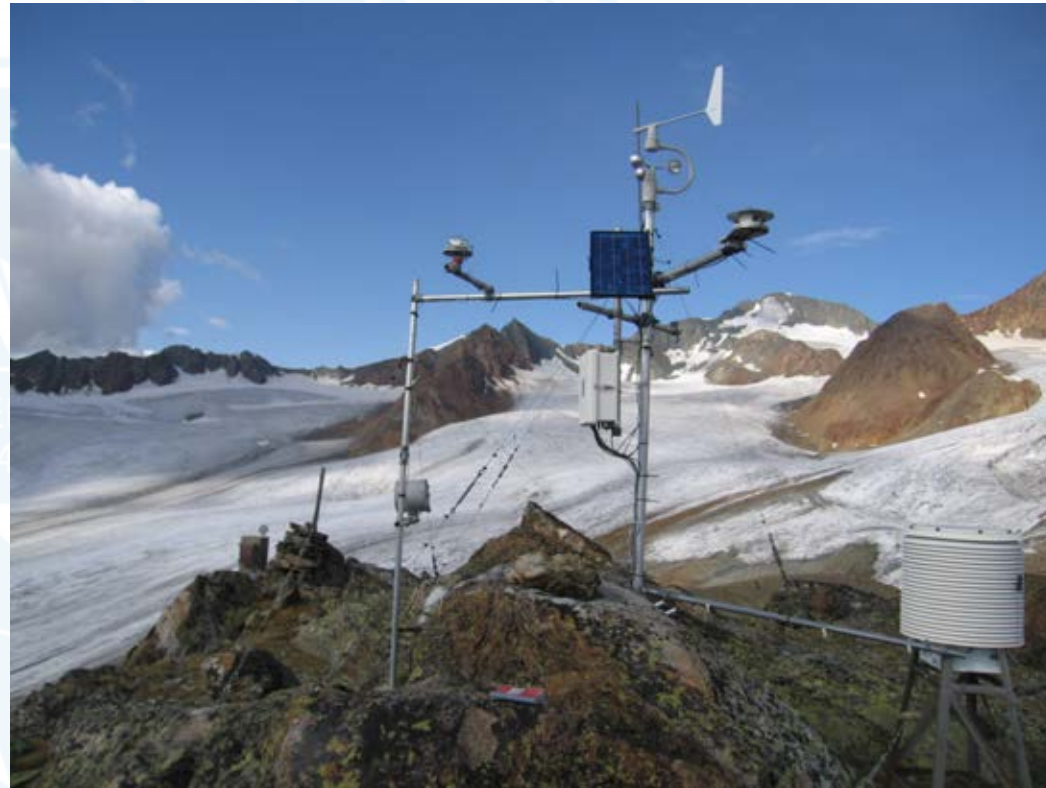
Lu langwellige Ausstrahlung

Tw Temperatur des Bachwassers

S Schneehöhe

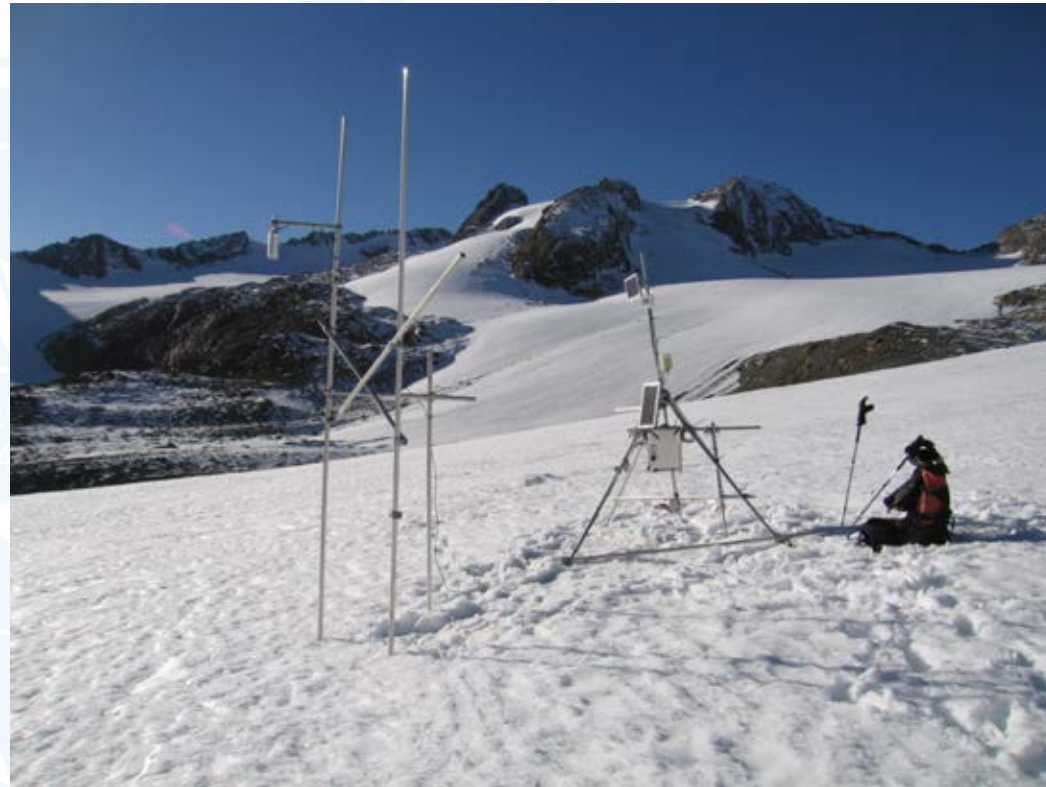
Ew elektrolytische Leitfähigkeit des Bachwassers

Station Schwarzkögele



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Gletscherstation Ablatometer



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Satellitenübertragung seit 2010



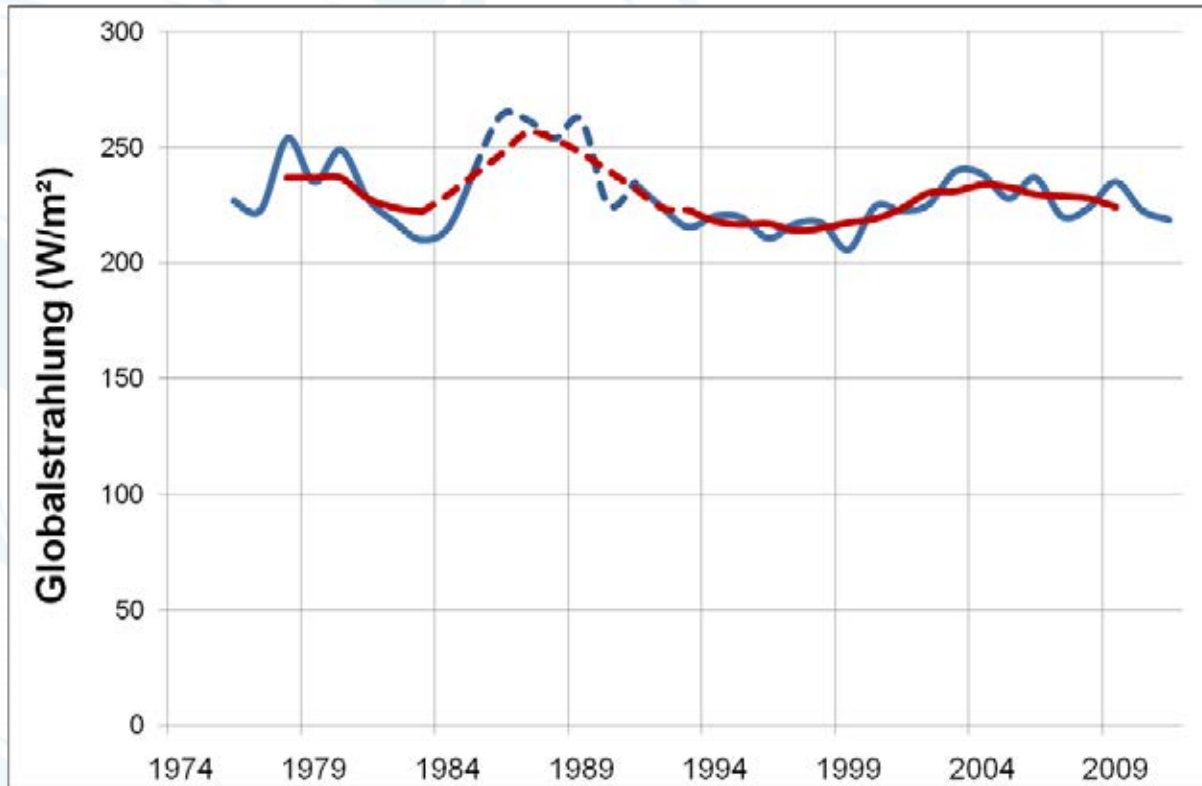
Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Analyse von Zeitreihen

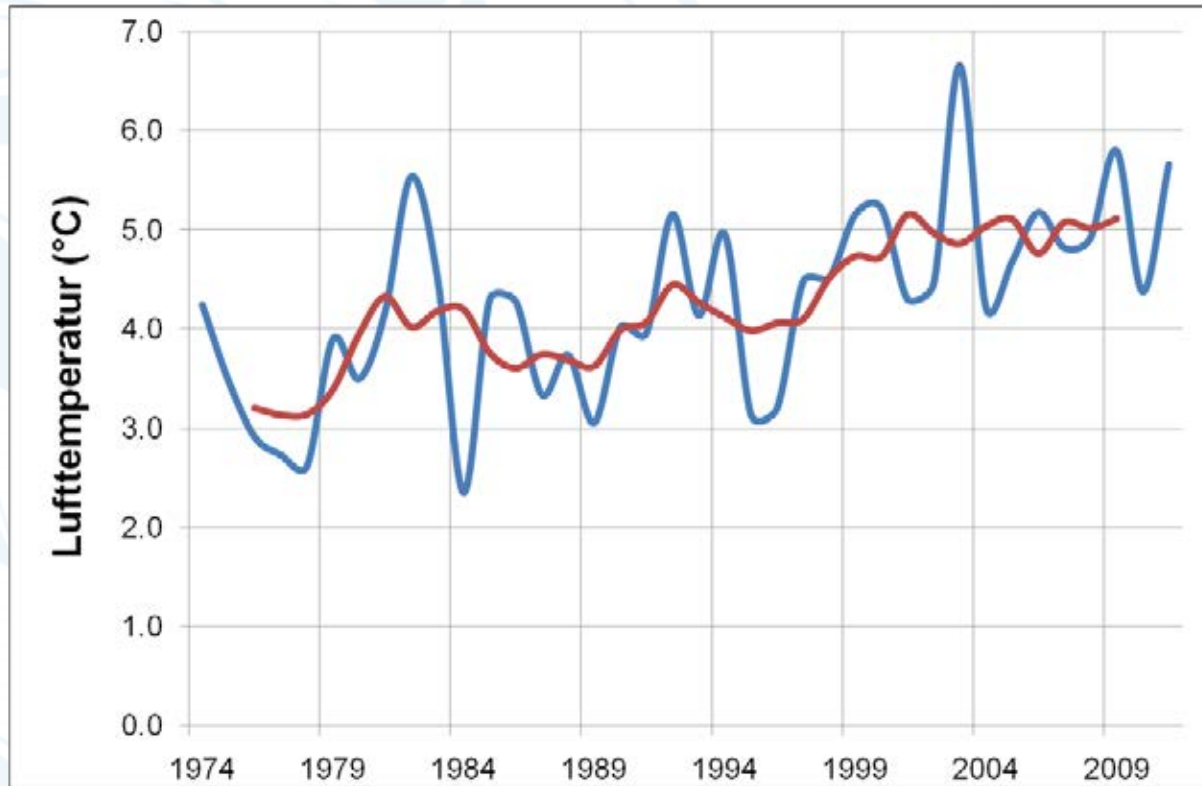
- ❖ Globalstrahlung
 - ❖ Lufttemperatur
 - ❖ Luftfeuchte
 - ❖ Niederschlag
 - ❖ Abfluss
- Anhand der Mittelwerte der Monate
Mai bis September
-



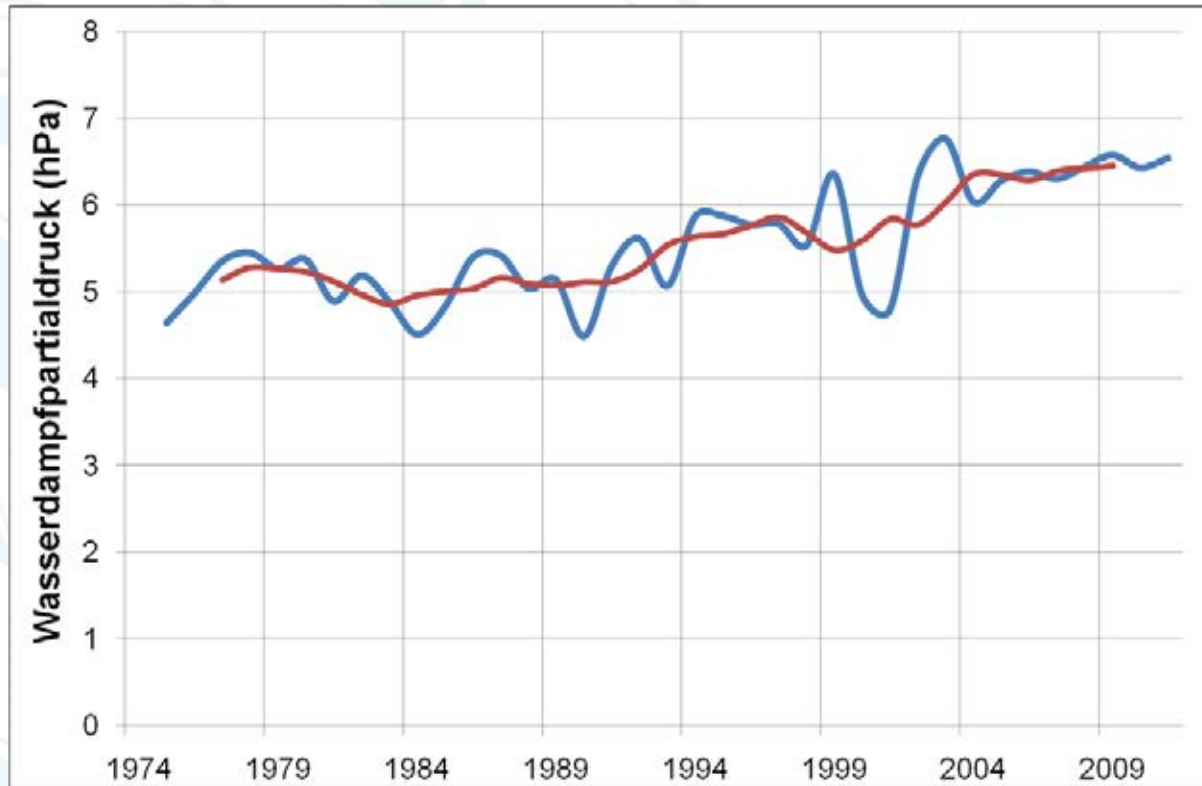
Globalstrahlung



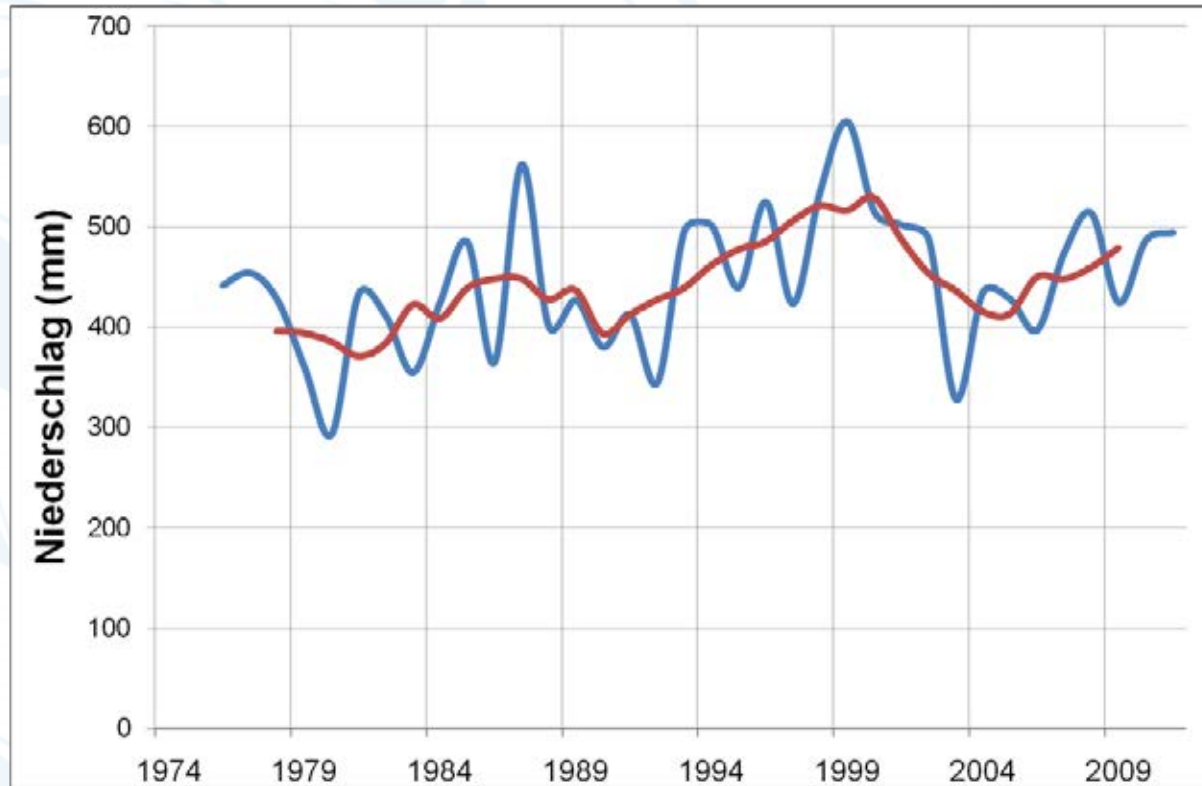
Lufttemperatur



Wasserdampfpartialdruck



Niederschlag



Niederschlagswaage im Sommer



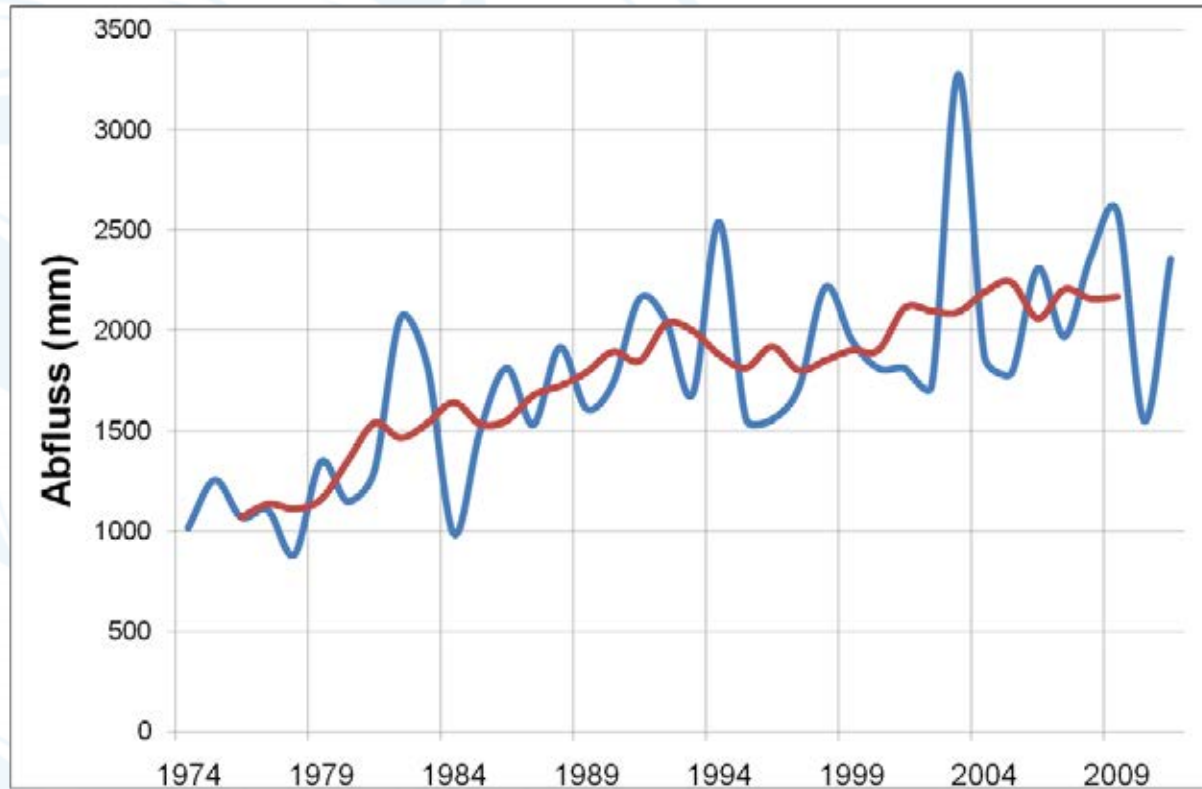
Bayerische
Akademie der Wissenschaften

und im Winter?



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Abfluss



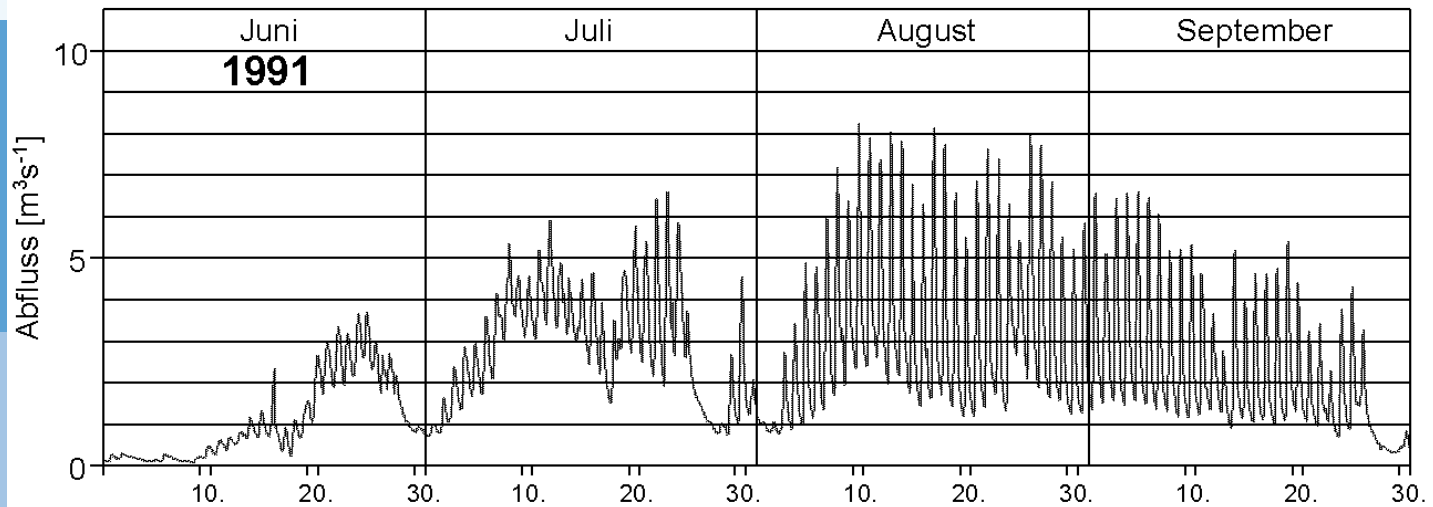
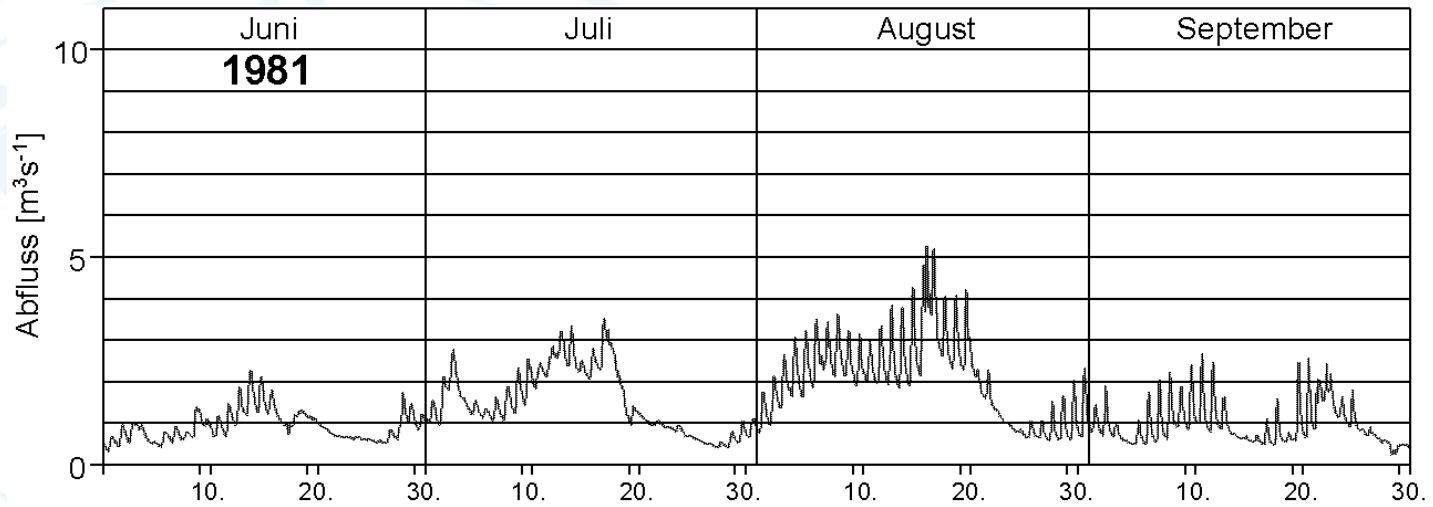
Pegelstation Vernagtbach



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Normaler Abfluss an der Pegelstation





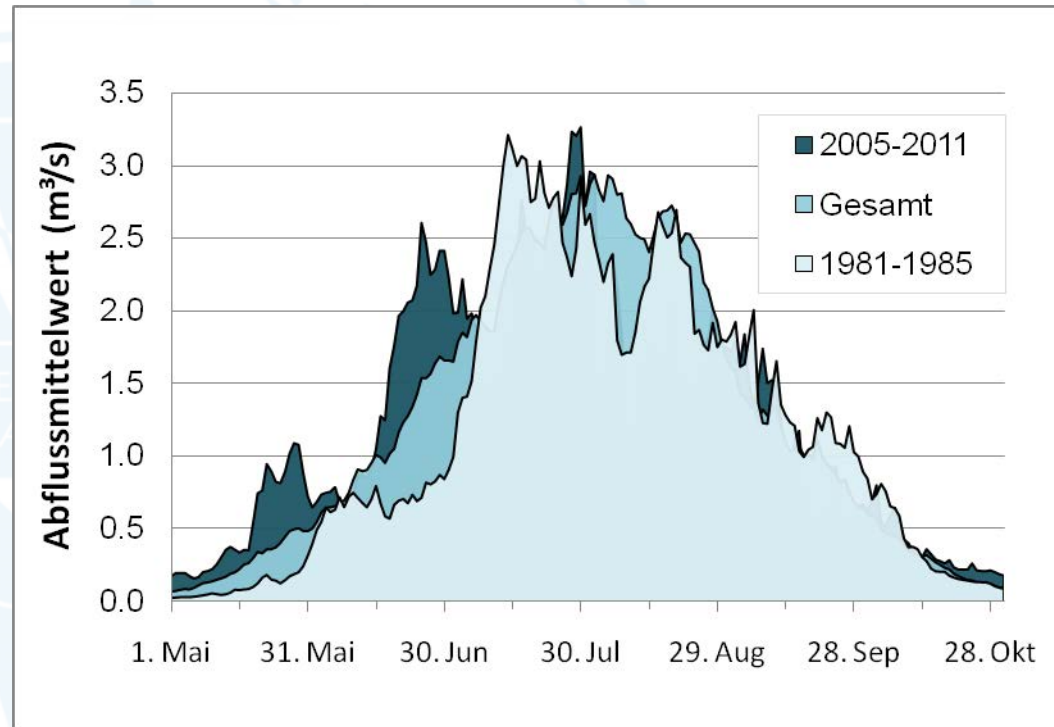
Extremer Abfluss an der Pegelstation



4. August 1998, Aufnahme: Thomas Schuler, Oslo



Mittlere Abflusswerte



Modellieren des Gletscherverhaltens

- ❖ Konzeptionelles Modell (HBV3-ETH9)
 - ❖ Energie-Massenbilanzmodell
 - ❖ Physikalisch-basiertes Modell (PEV)
- Glowa-Danube Ansatz (Surges)



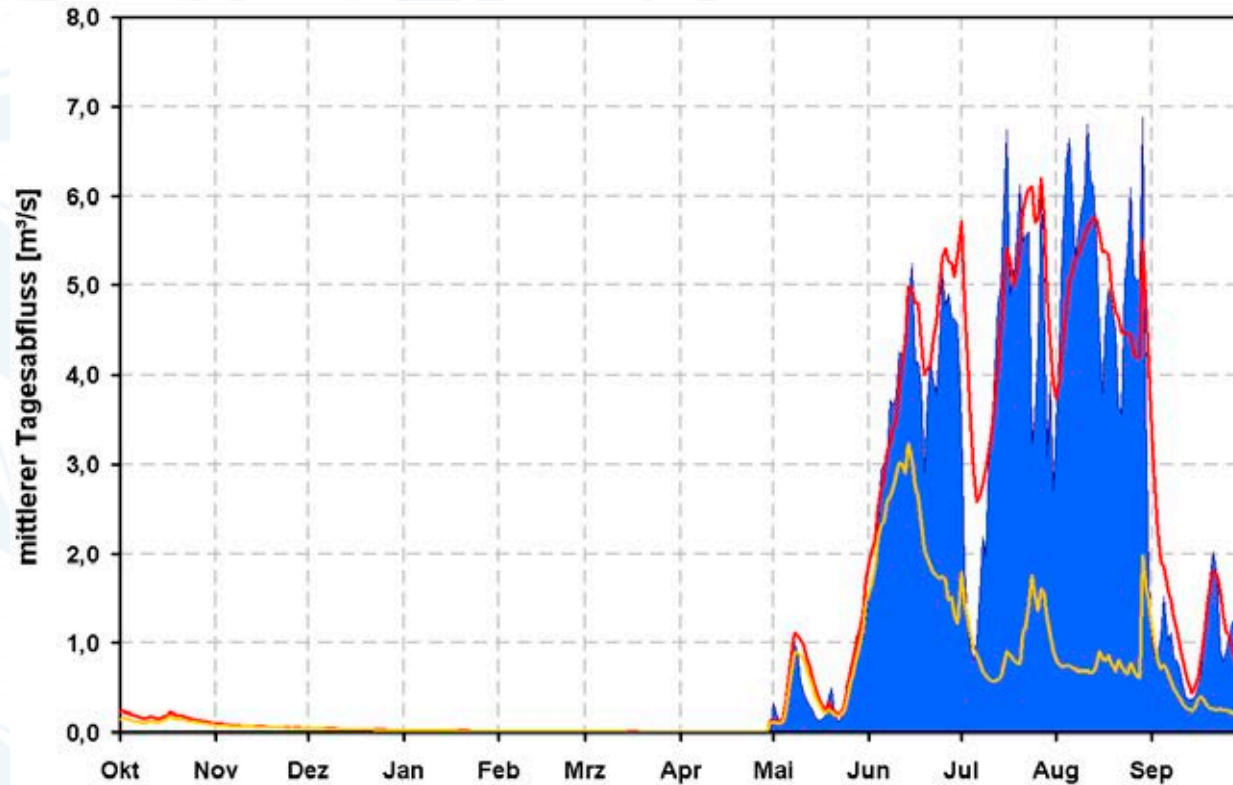
HBV3 – ETH9 Modell

- ❖ Konzeptionelles Modell – liefert Tagesmittelwerte
- ❖ Eingabedaten: einfache Orographie; Lufttemperatur, Niederschlag
- ❖ Ausgabedaten: Abfluss, Massenbilanz
- ❖ Kalibrierung über Abfluss oder Massenbilanz



Abfluss Vernagtbach 2002/03

Messung: blau; mit Gletscher: rot; ohne: gelb.



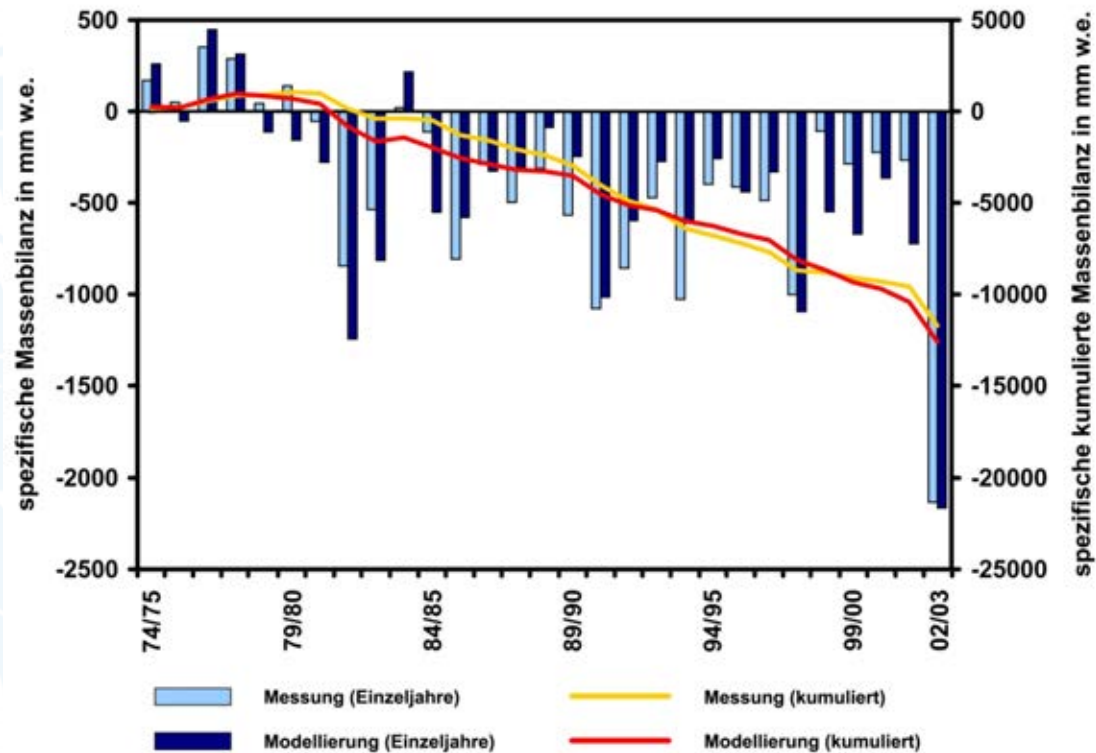
Komponenten der Wasserbilanz 1974/75-2002/03

Einzugsgebiet Vernagtbach (11,44 km²)

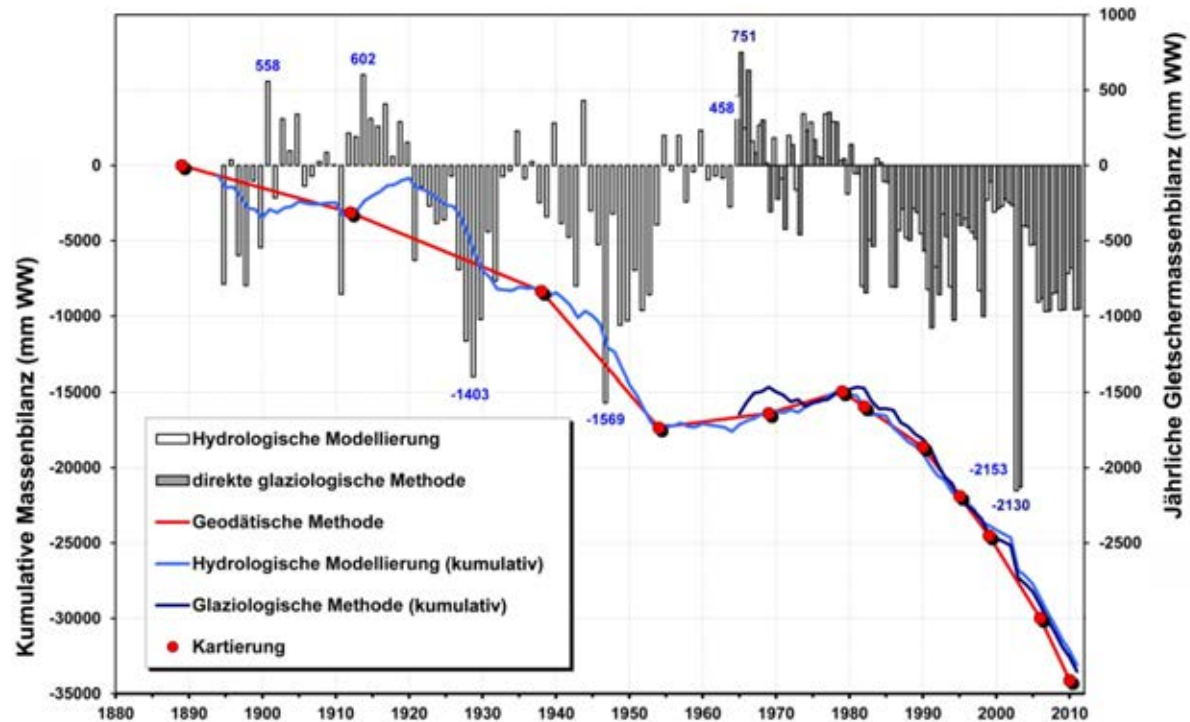
Methode	Nieder- schlag mm/a	Verdun- stung mm/a	Speiche- rung mm/a	Abfluss mm/a	Rest mm/a
Direkte Messung	1558	170	-400	1800	-12
Modell HBV/ETH	1520	179	-434	1712	+63



Massenbilanz Vernagtferner 1975 - 2003



Massenbilanz Vernagtferner 1889 - 2010



Modellierung mit HBV-Ansatz (Braun, Ellenrieder und Weber)



Massenbilanzmodell (Paul et al.)

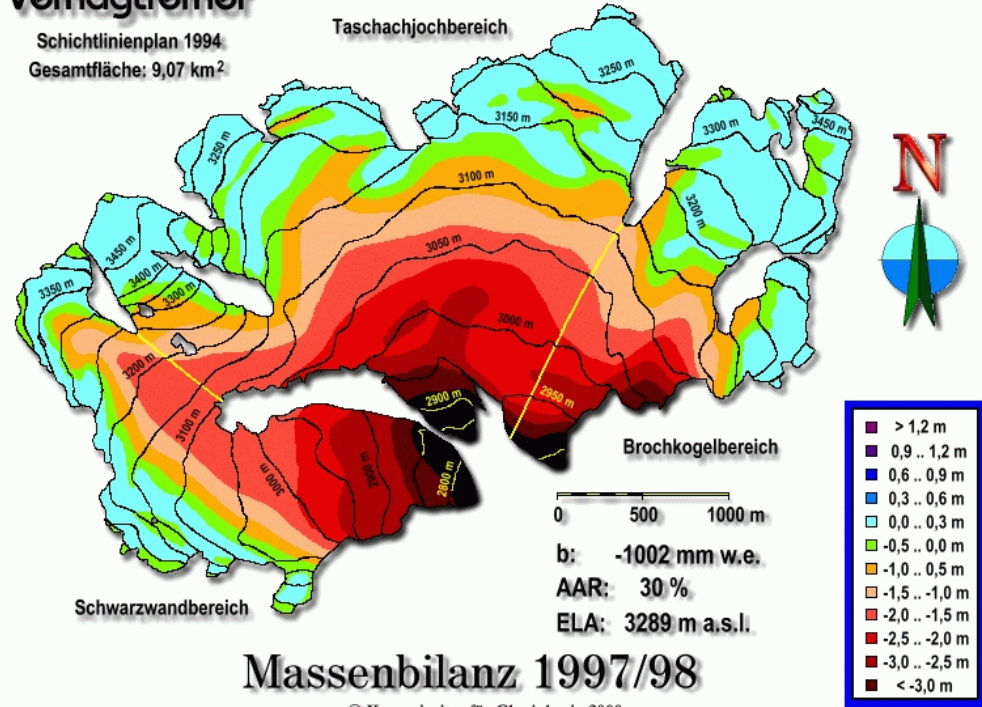
- ❖ Physikalisch basiertes Modell; Zeitauflösung: Tagesschritt
- ❖ Eingabedaten: Geländemodell; registrierte Lufttemperatur, Niederschlag und Globalstrahlung; potentielle Globalstrahlung, klimatologische Niederschlagssummen
- ❖ Ausgabedaten: Flächen- und Höhenverteilung der Massenbilanz



Massenbilanz 97/98 gemessen

Vernagtferner

Schichtlinienplan 1994
Gesamtfläche: 9,07 km²

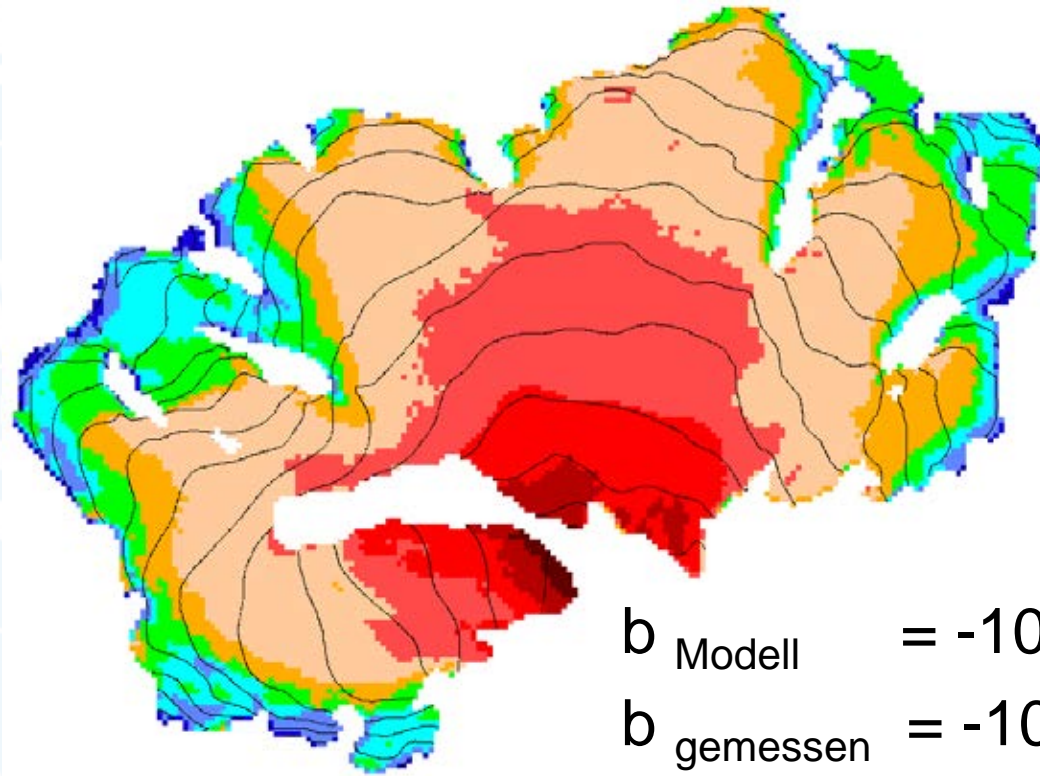


Massenbilanz 1997/98

© Kommission für Glaziologie 2000



Massenbilanz 97/98 modelliert

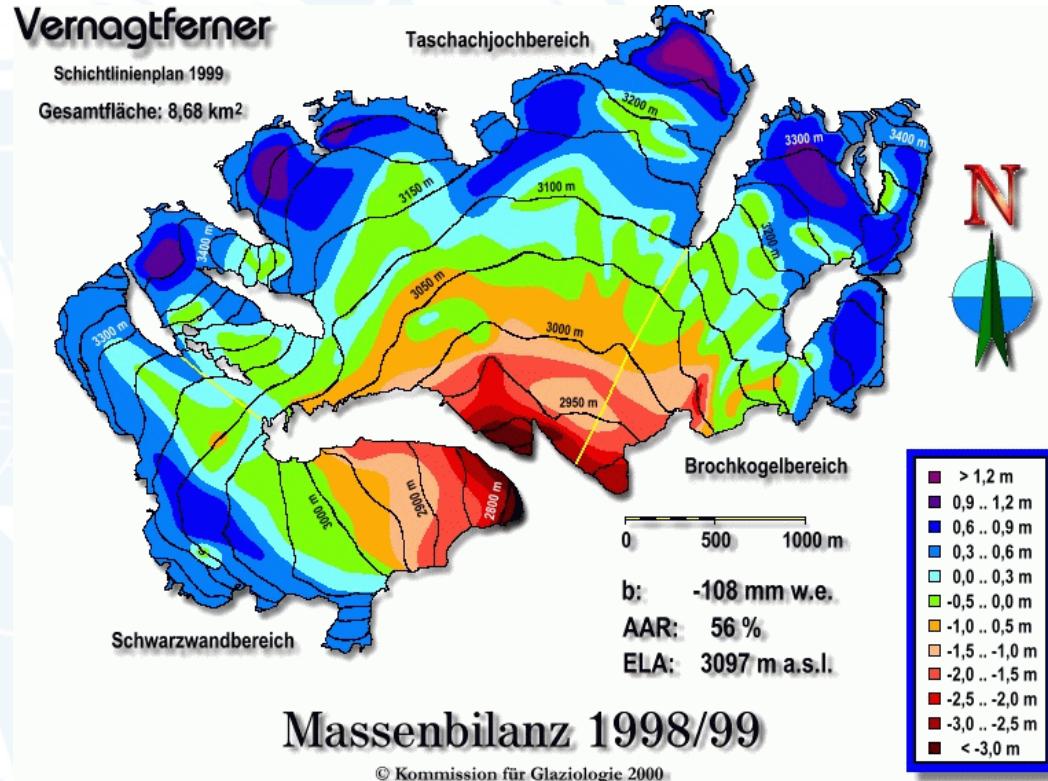


$b_{\text{Modell}} = -1060 \text{ mm w.e.}$

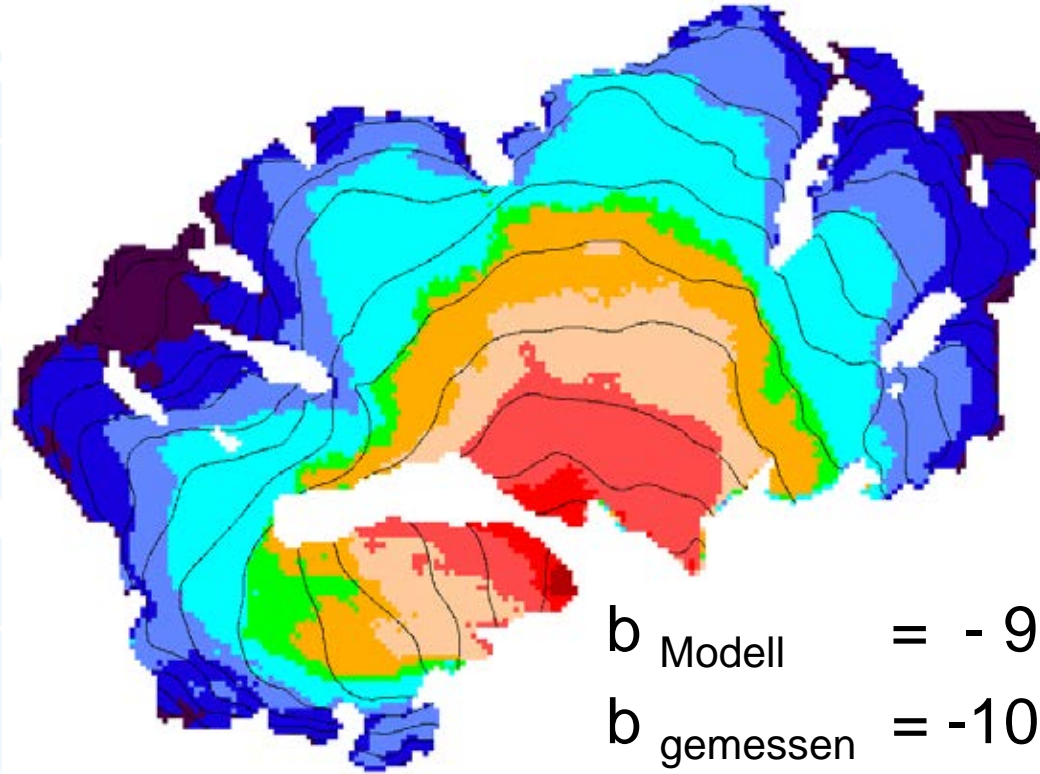
$b_{\text{gemessen}} = -1002 \text{ mm w.e.}$



Massenbilanz 98/99 gemessen



Massenbilanz 98/99 modelliert



Energiebilanz- und Abflussmodell PEV

- ❖ Physikalisch basiert – liefert Stundenmittelwerte aller Terme der Energiebilanz
- ❖ Eingabedaten: Geländemodell; Strahlungskomponenten, Lufttemperatur, -feuchte, -druck, Wind
- ❖ Ausgabedaten: Abfluss, Massenbilanz



Photographie Vernagtferner vom 28.9.1982



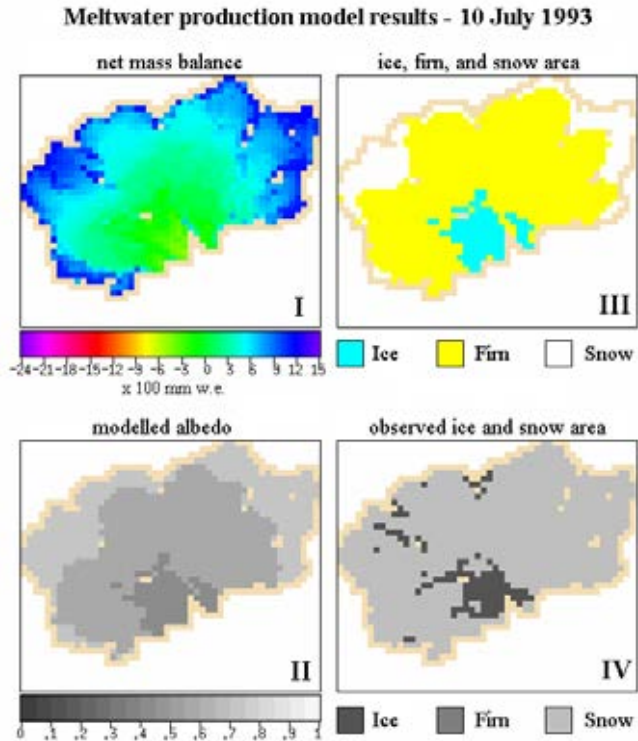
Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Photographie Vernagtferner vom 28.9.2012



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

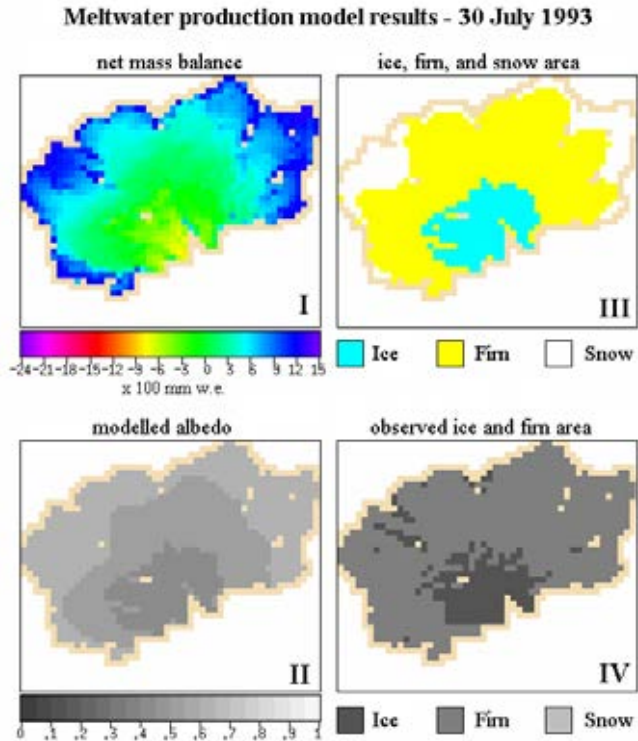
‘PEV‘ – Modell Schmelzwasserproduktion



10. Juli 1993



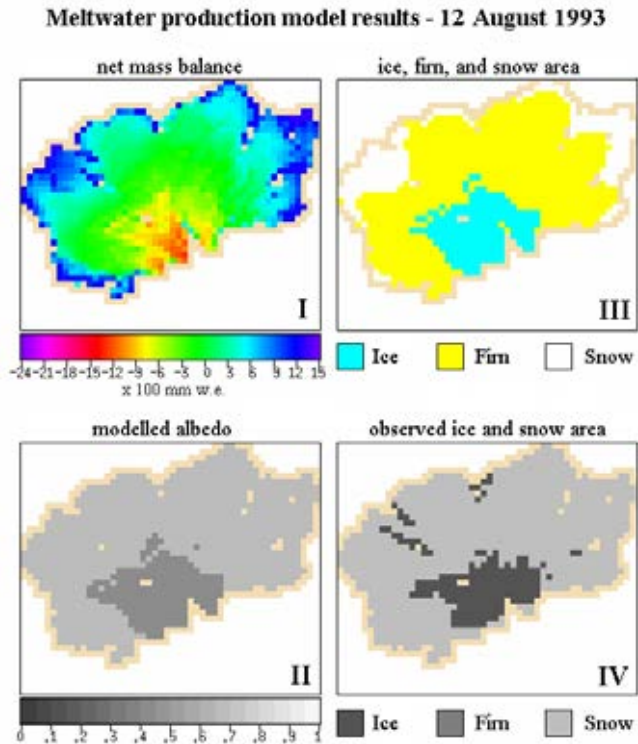
‘PEV‘ – Modell Schmelzwasserproduktion



30. Juli 1993



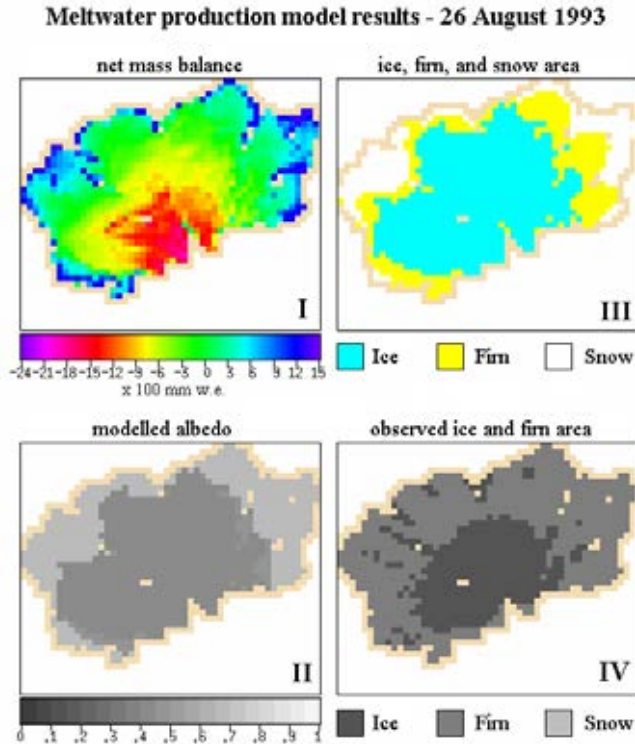
‘PEV‘ – Modell Schmelzwasserproduktion



12. August 1993



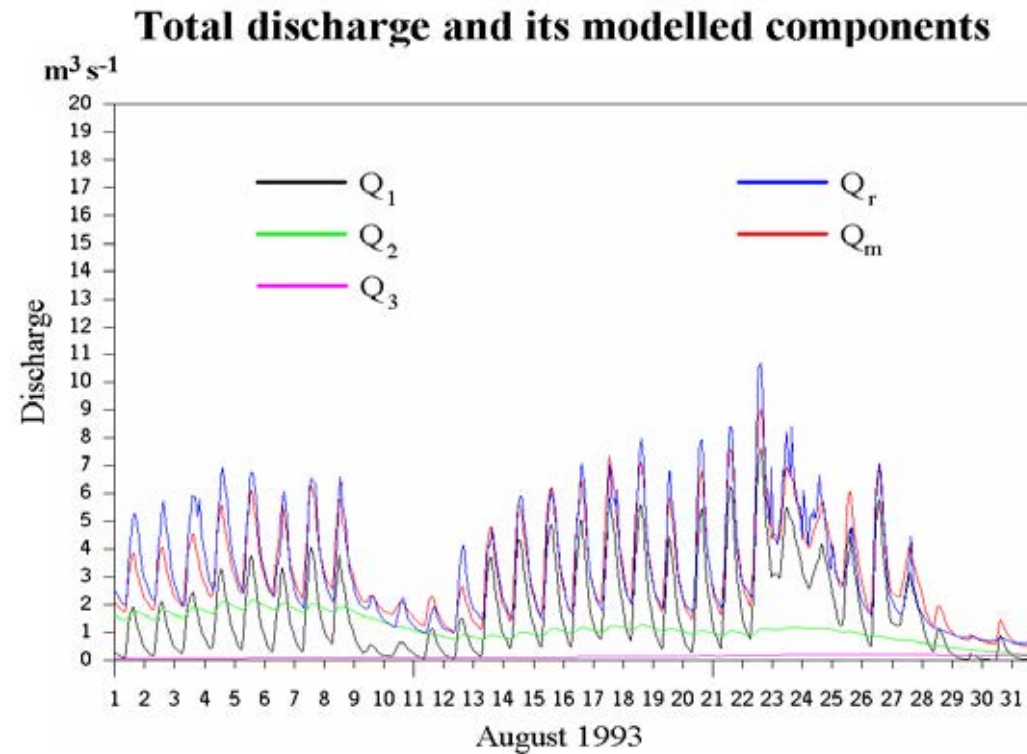
‘PEV‘ – Modell Schmelzwasserproduktion



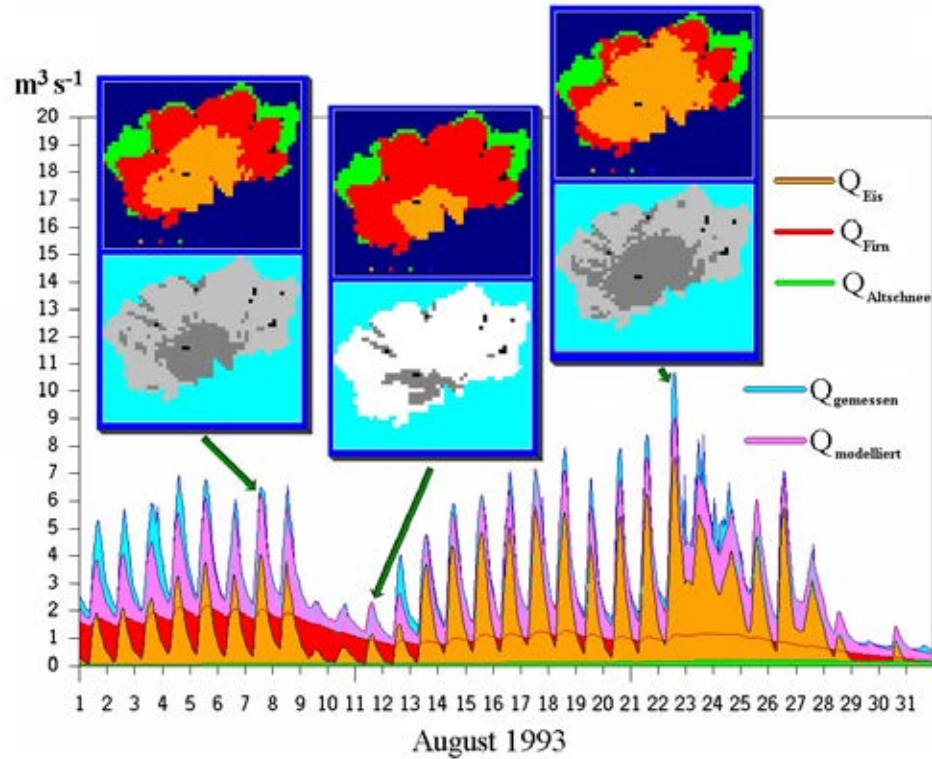
26. August 1993



‘PEV‘ – Modell Abflusskomponenten



Ausaperung und Abfluss (August 1993)

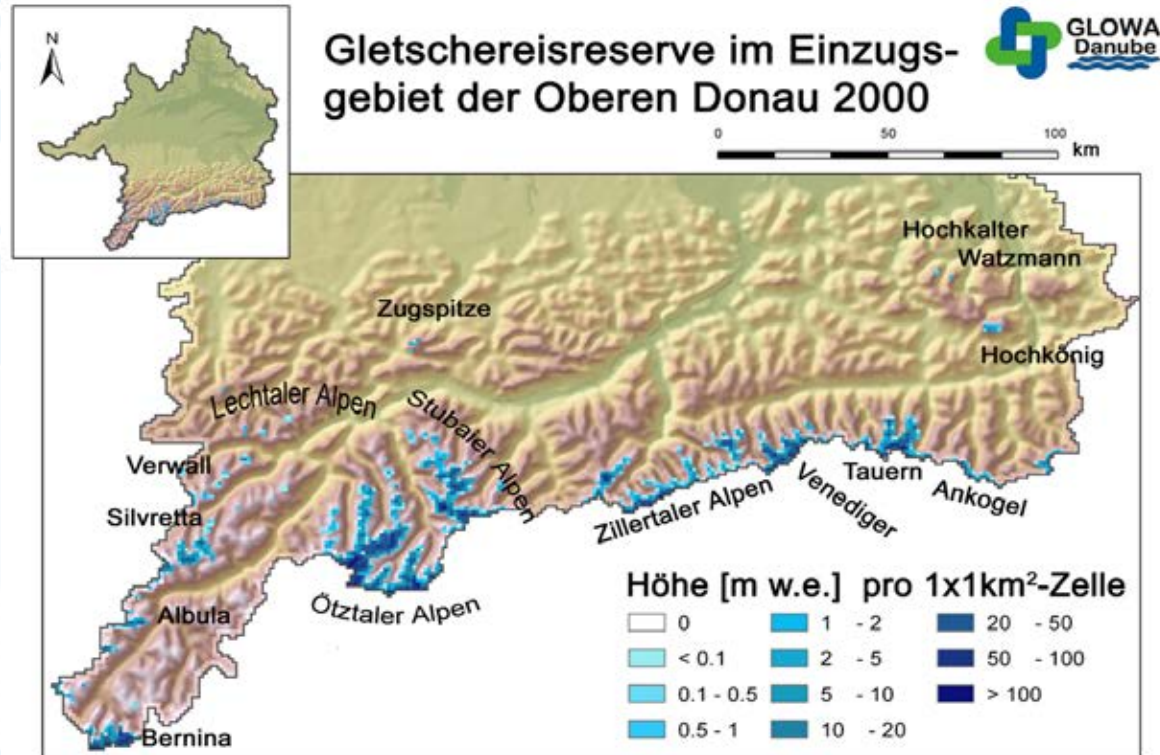


Forschungsprojekt GLOWA

- ❖ Modelliert (neben vielen anderen Größen) den Wasserhaushalt für das Einzugsgebiet des Pegels Passau (Stundenwerte für jedes 1km²-Proxel des 77000 km² großen Gebiets)
- ❖ Benötigt dazu den Schmelzwasseranteil aus Schnee und Eis, modelliert mit einem physikalisch basierten Modell („Surges“, entwickelt von M. Weber, KEG)
- ❖ Liefert Prognosen auf der Basis von Klimaszenarien

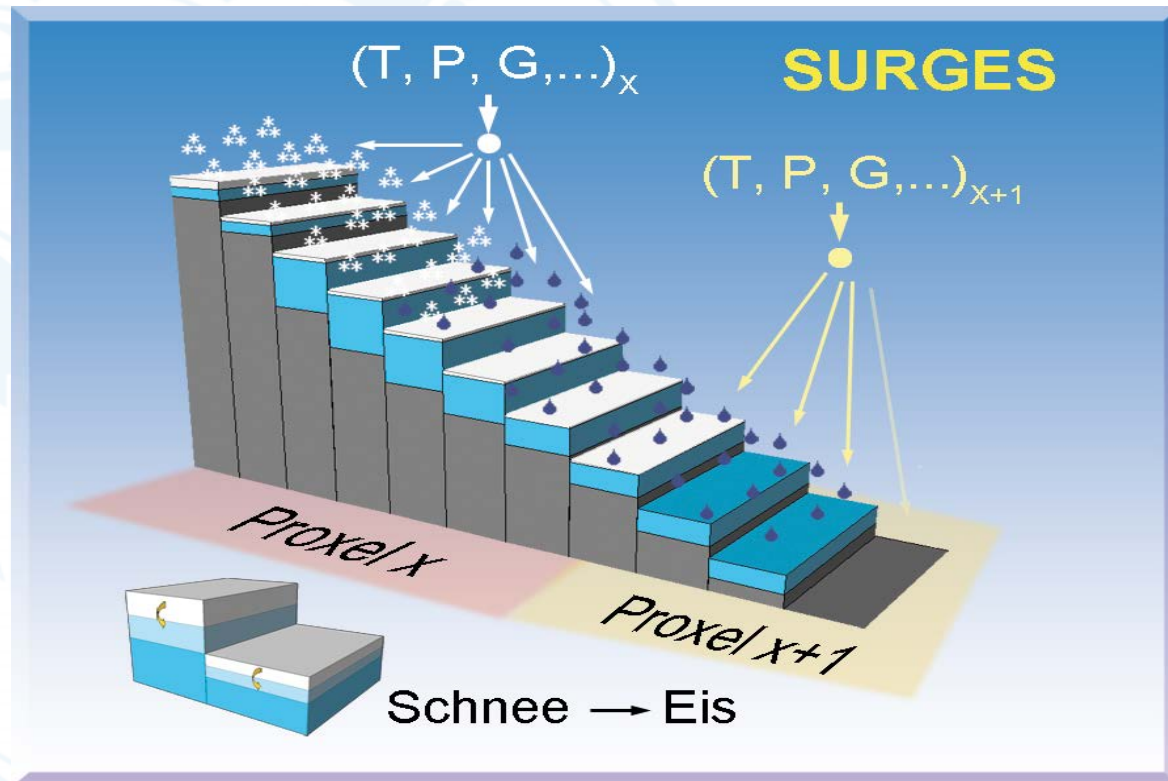


Alpiner Teil des Einzugsgebietes



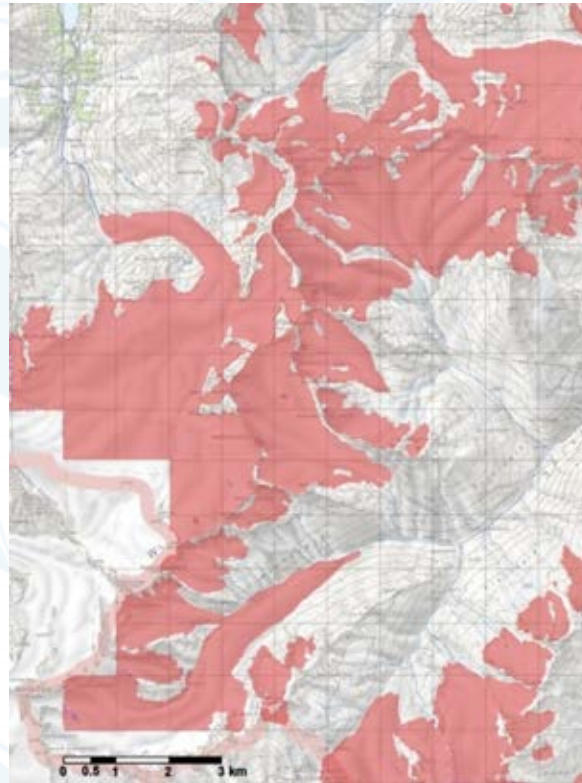
Gletschermodell ‚SURGES‘

Subscale **R**egional **G**lacier **E**xtension **S**imulation



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Modellierte Veränderungen der Gletscher im Ötztal



2000



2045 ?



Zusammenfassung (1)

Erster Teil: Entwicklung der **Mess- und Registriertechnik** im Einzugsgebiet der Pegelstation Vernagtbach von den 1970er Jahren bis heute

- Zunahme der registrierten Parameter, der Dauer der Aufzeichnung und der zeitlichen Auflösung durch die Abnahme des Stromverbrauch und durch Innovationen der Registriertechnik, insbesondere durch die Zunahme der Speicherkapazität



Zusammenfassung (2)

Zweiter Teil: Analyse der Sommermittelwerte von Globalstrahlung, Luftfeuchte und –temperatur, Niederschlag und Abfluss

- Zunahme von Luftfeuchte, -temperatur und Abfluss, kein klarer Trend bei Globalstrahlung (u.U. wegen Datenlücken) und bei Niederschlag
 - Jahreszeitliche Verschiebung und Amplitudenerhöhung des Abflusses als Folge der Veränderungen im Gletschersystem
-



Zusammenfassung (3)

Dritter Teil: Modellierung von Abfluss und Massenbilanz des Vernagtferners mit verschiedenen Ansätzen:

- Konzeptionelles Modell HBV3-ETH9: besonders geeignet für Gebiete bzw. Zeiträume mit kleiner Datenbasis; geringerer Daten- und Rechenaufwand als in physikalisch basierten Modellen
Nachteil: es muss kalibriert werden



Zusammenfassung (4)

- Physikalisch-basiert, räumlich gut aufgelöst: Schmelzwasserproduktion und Abfluss im Stundenschritt (PEV) und Massenbilanz im Tagesschritt (Paul et al.), benötigt viele Eingangsparameter und detailliertes Geländemodell; wurde nur in kleinen Einzugsgebieten eingesetzt



Zusammenfassung (5)

- Glowa-Danube Ansatz ‚Surges‘:
physikalisch-basiert, räumlich und zeitlich hoch aufgelöst in großem Einzugsgebiet, benötigt meteorologische Eingabedaten von vielen Stationen und detailliertes Geländemodell; ermöglicht Prognosen der Gletscherveränderungen (Massenbilanz, Abfluss) auf der Basis von Klimaszenarien.

... aber bevor ich schließe:



Dampfbohrer

Entwicklung: E. Heucke, KfG



Mit diesem Gerät werden die Pegelstangen zur Bestimmung der Massenbilanz in den Gletscher eingebracht.

Typische Bohrgeschwindigkeit:
6m in 15 Minuten
max. Tiefe 20m

Vor 25 Jahren:
6m in 30 Minuten
max. Tiefe 10m



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

31.8.2007
Vernagtferner



Bayerische
Akademie der Wissenschaften