

# Klimawandel und Konsequenzen für den Wasserbau

**14. Deutsches Talsperrensymposium  
7. ICOLD European Club Dam Symposium  
17. September 2007**

**A. Marx, G. Smiatek, R. Knoche, H. Kunstmann, W. Seiler  
Forschungszentrum Karlsruhe, IMK-IFU, Garmisch-Partenkirchen**

# Bestandsaufnahme: Der beobachtete Klimawandel

## Das Klima der Zukunft

## Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

## Globales Änderungssignal

- Ca. 0.9 °C seit Beginn der Temperaturmessungen in 1860; ca. 0.2 °C in den letzten 30 Jahren mit Maximum in 2005
- Temperaturschwankungen zwischen der letzten Periode und der vorletzten Periode hat gerade einmal 4°C betragen
- Steigender mittlerer Jahresniederschlag
- Starke regionale Differenzen

## Regionale Auswirkungen

- Anstieg der Temperatur um bis zu 2.0°C
- Steigender Niederschlag mit Anstieg im Frühjahr/ Spätwinter und Abnahme im Sommer (mehr als 20%),  
An große regionale Unterschiede!
- Steigende Anzahl und Intensitäten von meteorologischen Extremereignissen (u.a. Starkniederschlag, Trockenheit, Hitzewellen)

**Klimawandel bedeutet Zunahme von Extremereignissen!**



# Extremereignisse: Hochwasser



Hochwasserereignis	Total (Mio. €)	Versichert (Mio. €)
Bayern 1999	393	30
Bayern 2005	205	46
D/A/CH 1999	409	40
D/A/CH 2005	3000	1700



# Extremereignisse: Trockenheit und Dürren

- global ca. 50% der Todesfälle durch Naturkatastrophen seit 1950





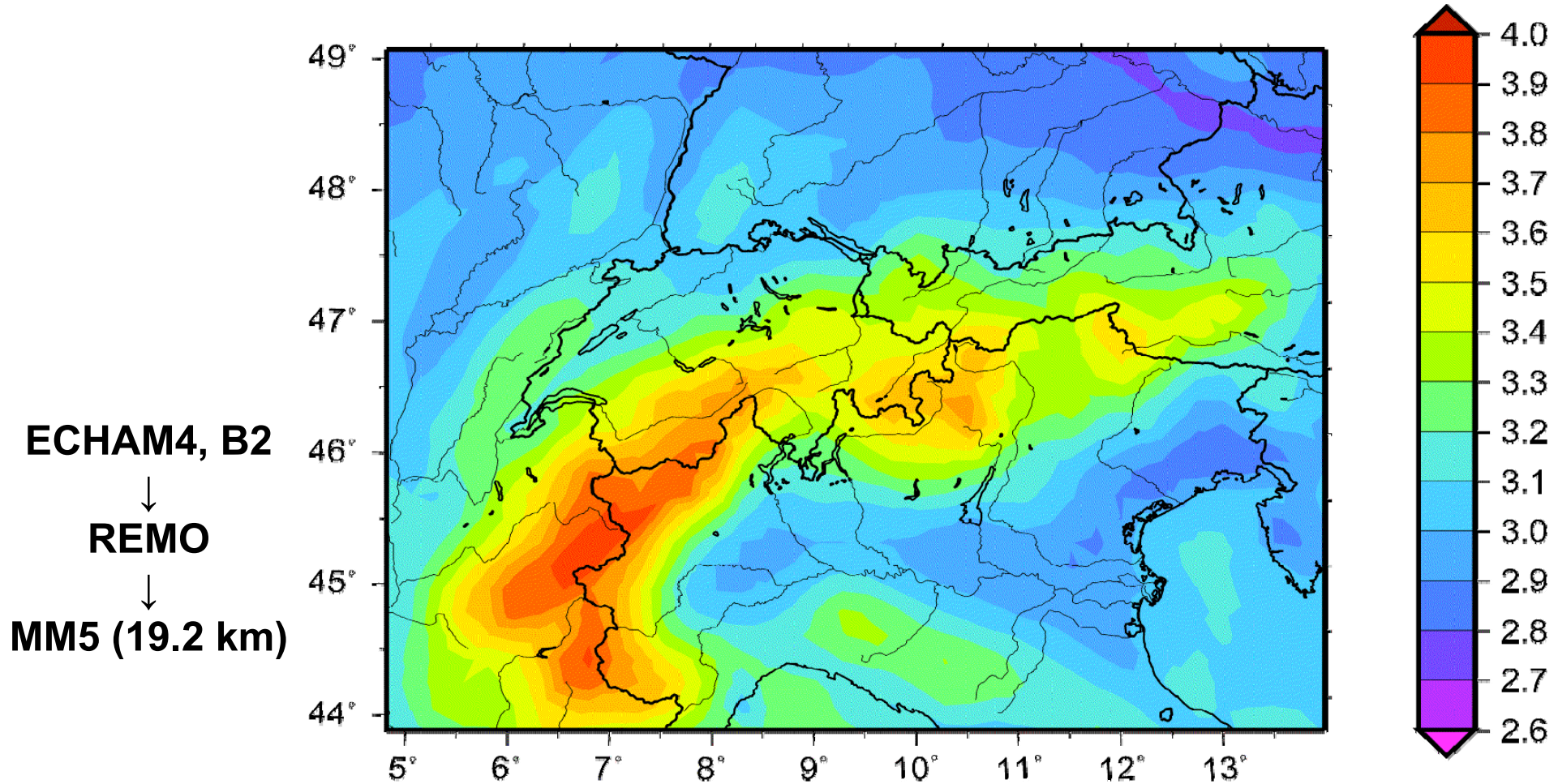
Bestandsaufnahme: Der beobachtete Klimawandel

## Das Klima der Zukunft

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt?

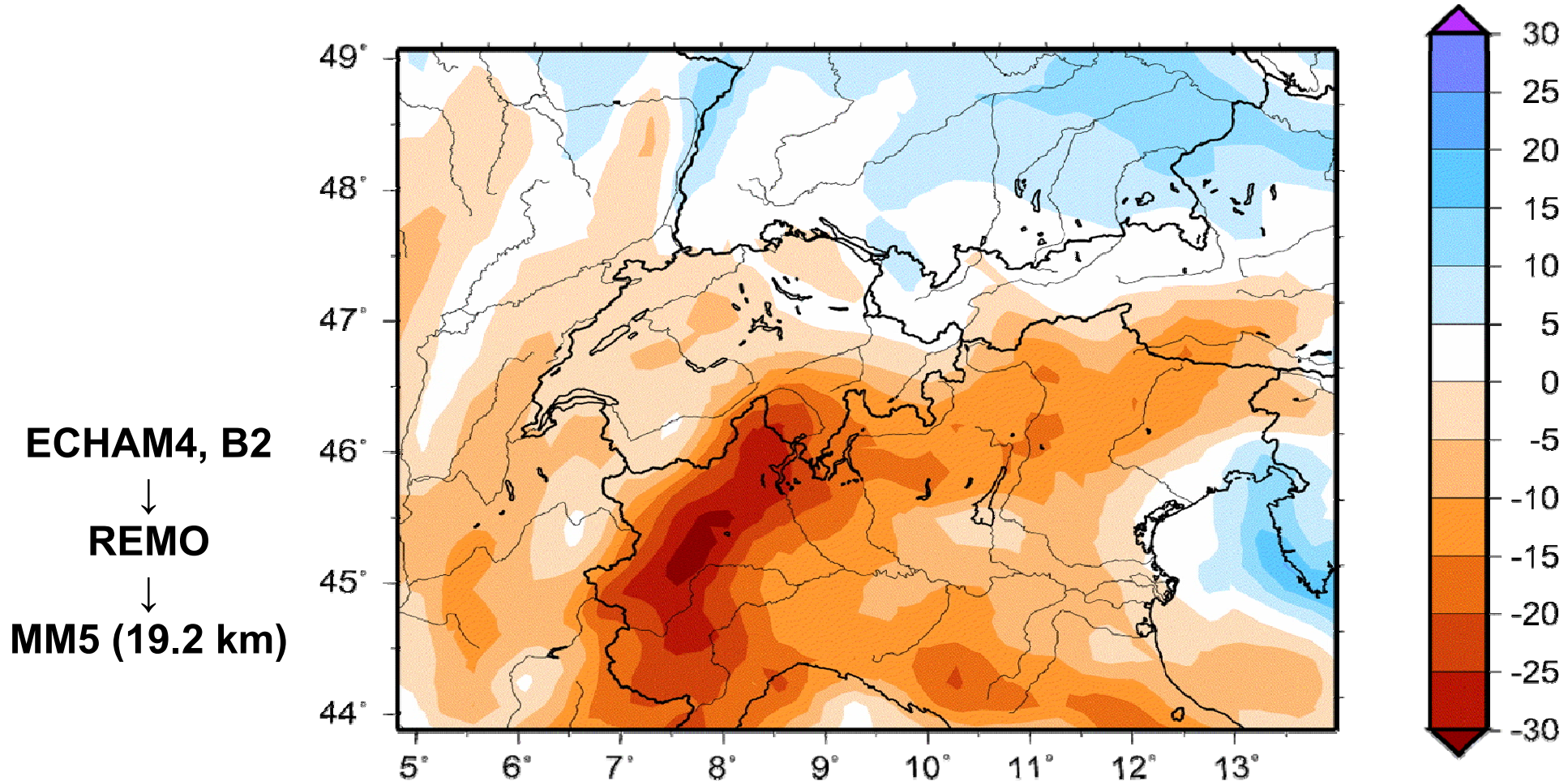
# Regionale Klimaänderung Alpenraum

## Änderung mittlere Jahrestemperatur 2070-99 vs. 1960-89 [°C]



**⇒ Regional bis zu 4°C Temperaturzunahme!**

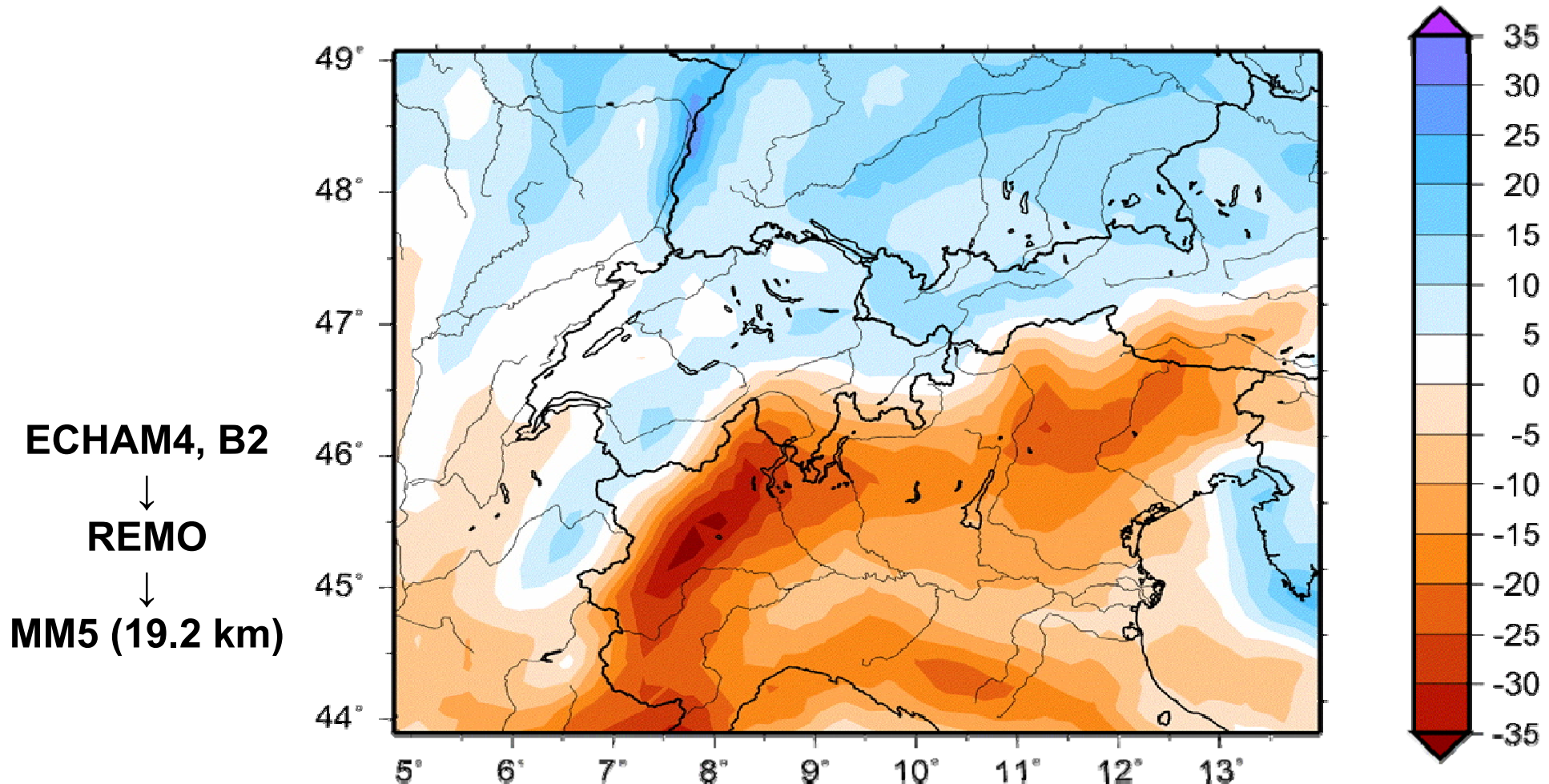
## Änderung mittlerer Jahresniederschlag 2070-99 vs. 1960-89 [%]



- ⇒ **Regional bis zu 30% weniger Gesamtniederschläge**
- ⇒ **Zunahme bis zu 20% in Süddeutschland!**



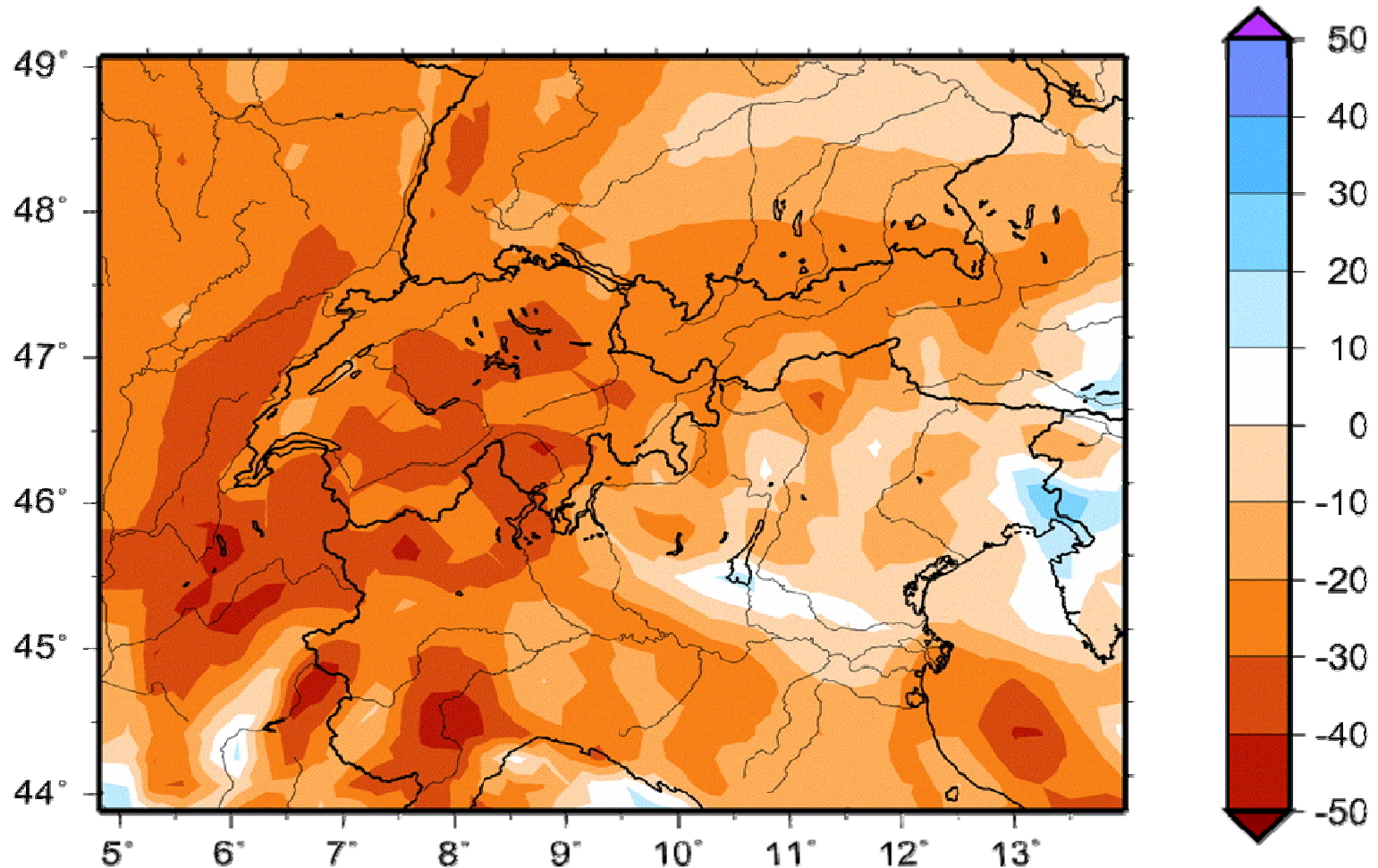
## Änderung der Winterniederschläge DJF 2070-99 vs. 1960-89 [%]



- **Winterniederschlag: gegenläufige Trends Nordalpen vs. Südalpen  
+10% Nordalpen vs. -30% Südalpen**

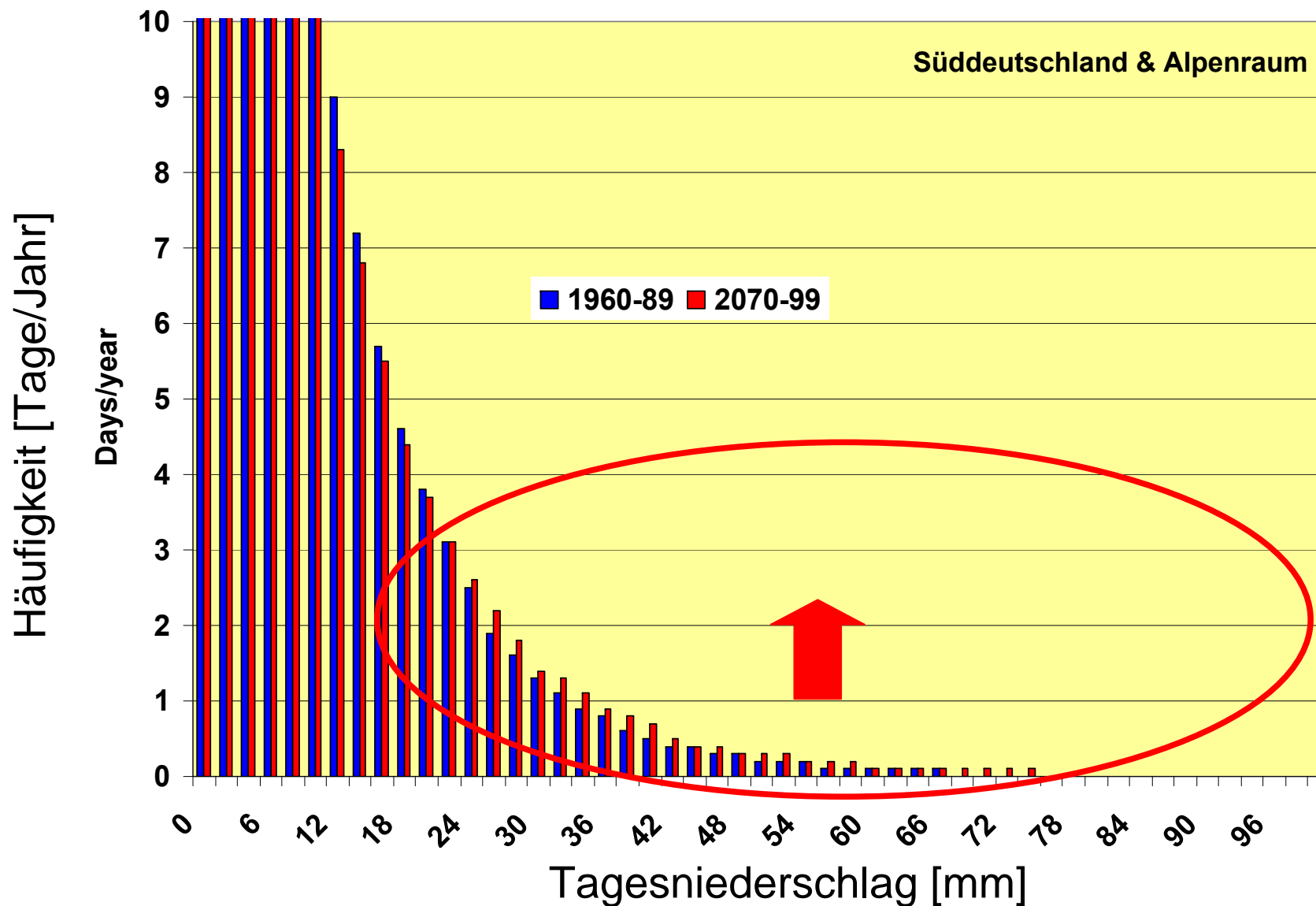
## Änderung der Sommerniederschläge JJA 2070-99 vs. 1960-89 [%]

ECHAM4, B2  
↓  
REMO  
↓  
MM5 (19.2 km)



- **Sommerniederschlag: bis zu 40% weniger (Westalpen)**
- **Süddeutschland: ~ 20 % weniger**

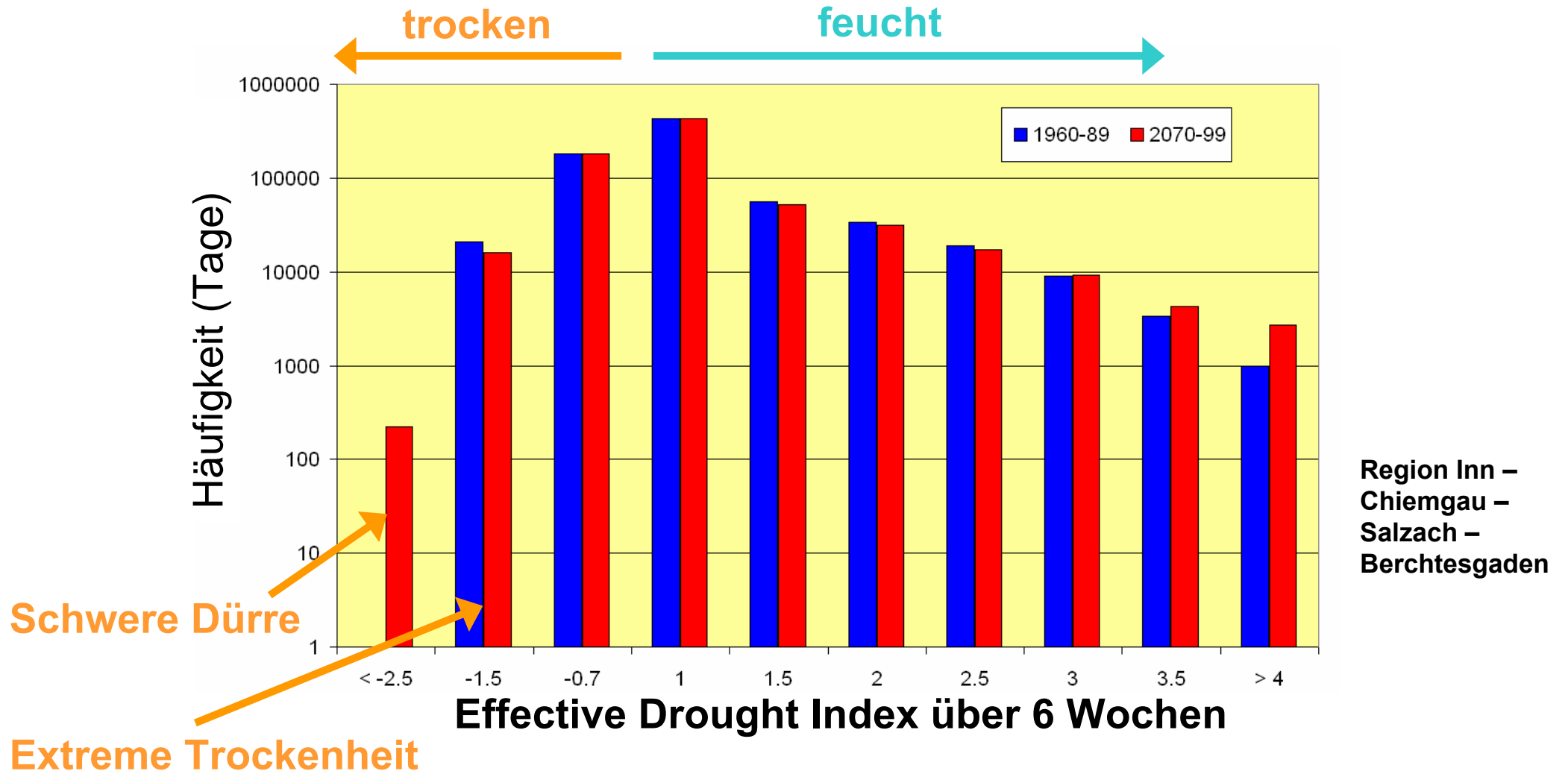
# Änderung der Tagesniederschläge



**Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlägen !**



# Änderung von Trockenperioden



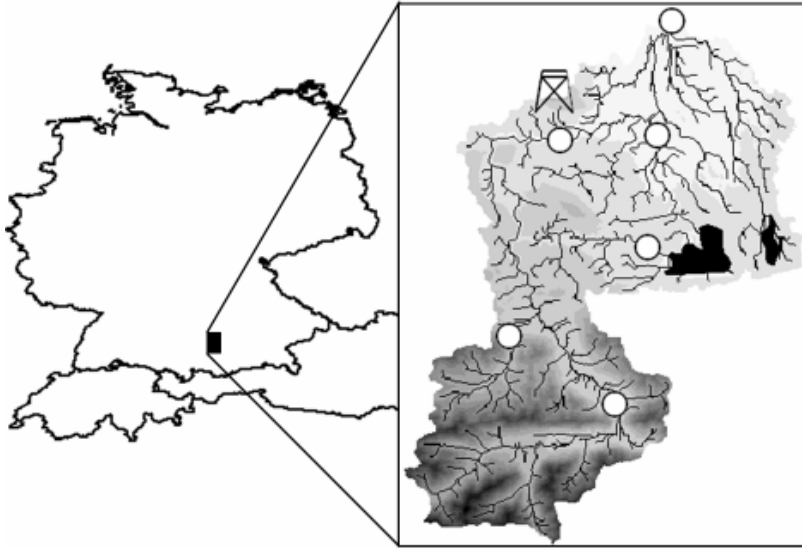
**Zunahme der Intensität und Länge von Trockenzeiten!**

# Bestandsaufnahme: Der beobachtete Klimawandel

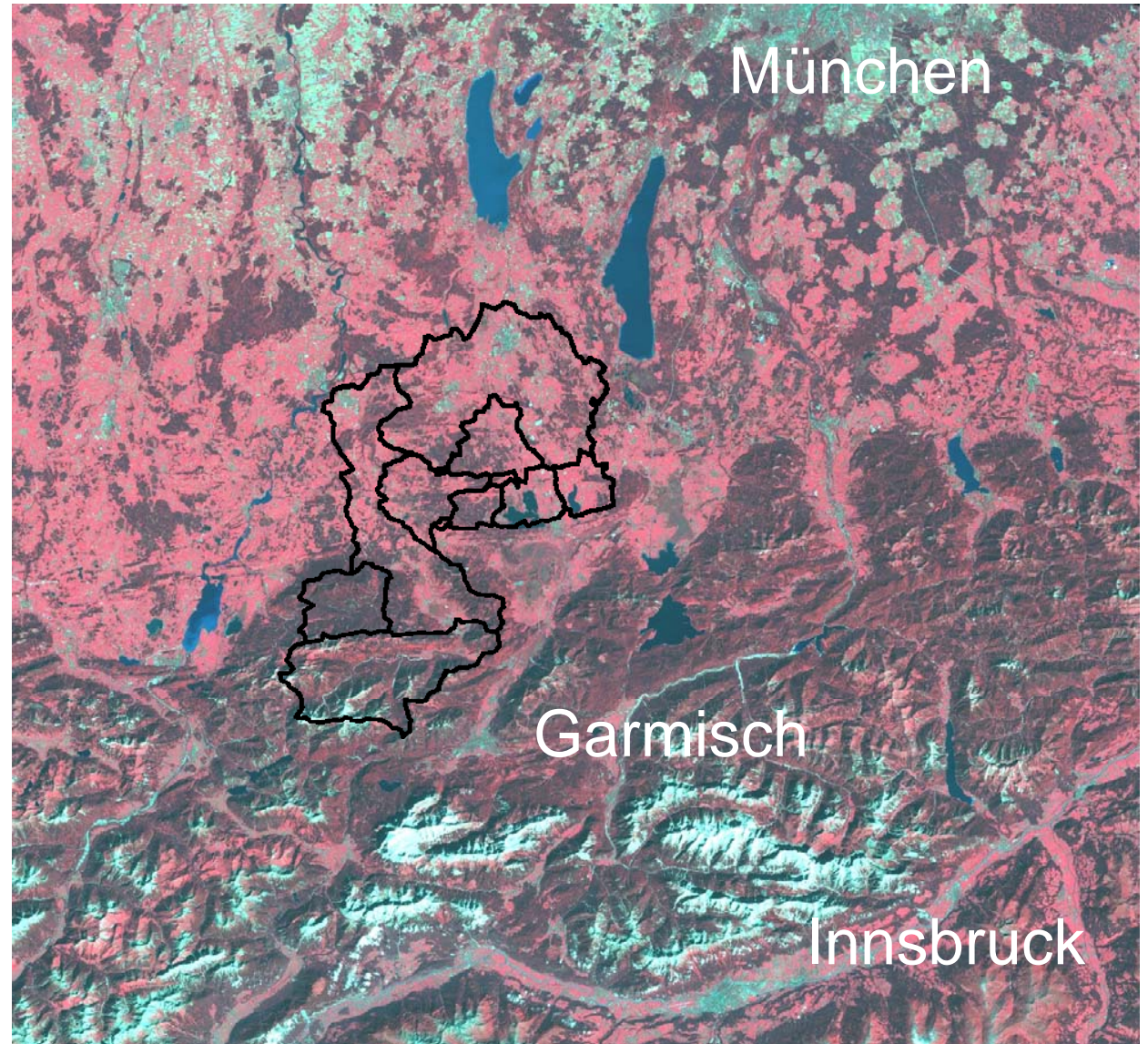
## Das Klima der Zukunft

### **Auswirkungen auf den Wasserhaushalt?**

# Ammer-Einzugsgebiet



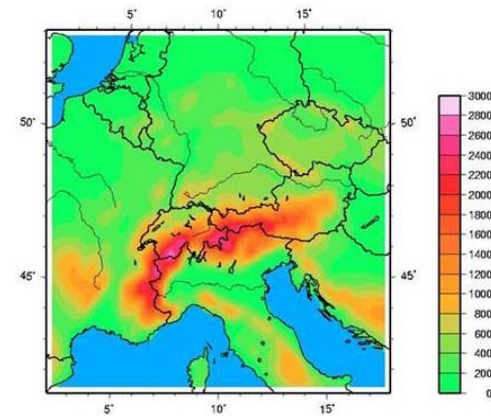
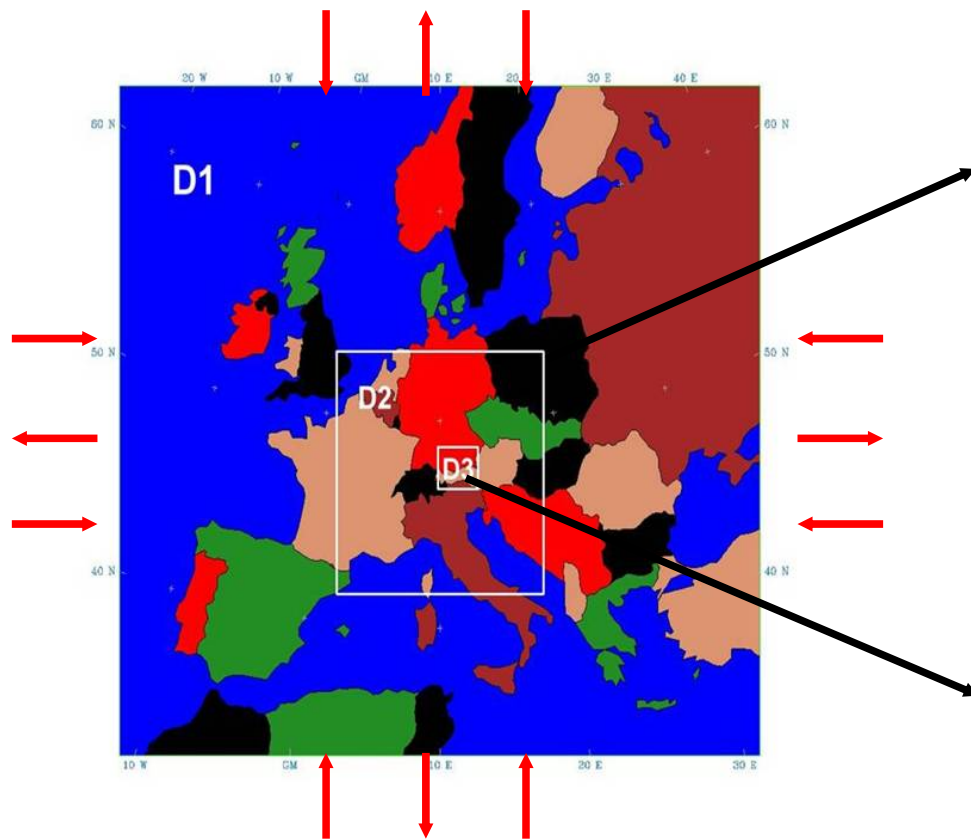
**Landsat TM (30m)**  
**[ch 7-5-3]**  
**30.08.1991**



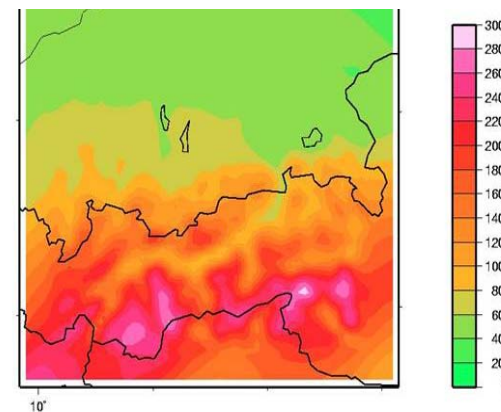


# Klimasimulation 1990-99 und 2030-39

ECHAM4 (T42, ca. 2.5°), IS92a



Orographie in  
20x20 km<sup>2</sup>  
Auflösung

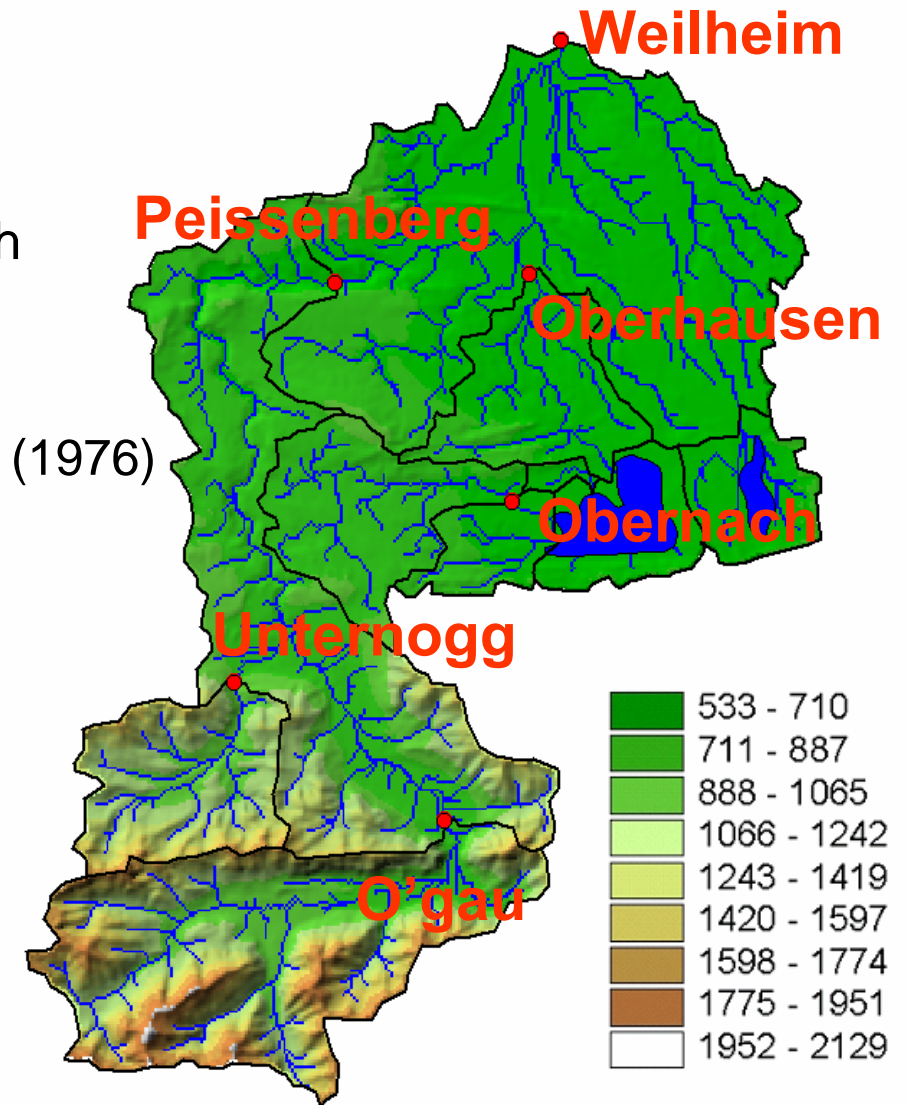


Orographie in  
4x4 km<sup>2</sup>  
Auflösung

**Antrieb Globales Klimaszenario ⇒ Langfristige Entwicklung Wasserhaushalt**

## Wasserhaushalts-Simulations-Modell WaSiM-ETH

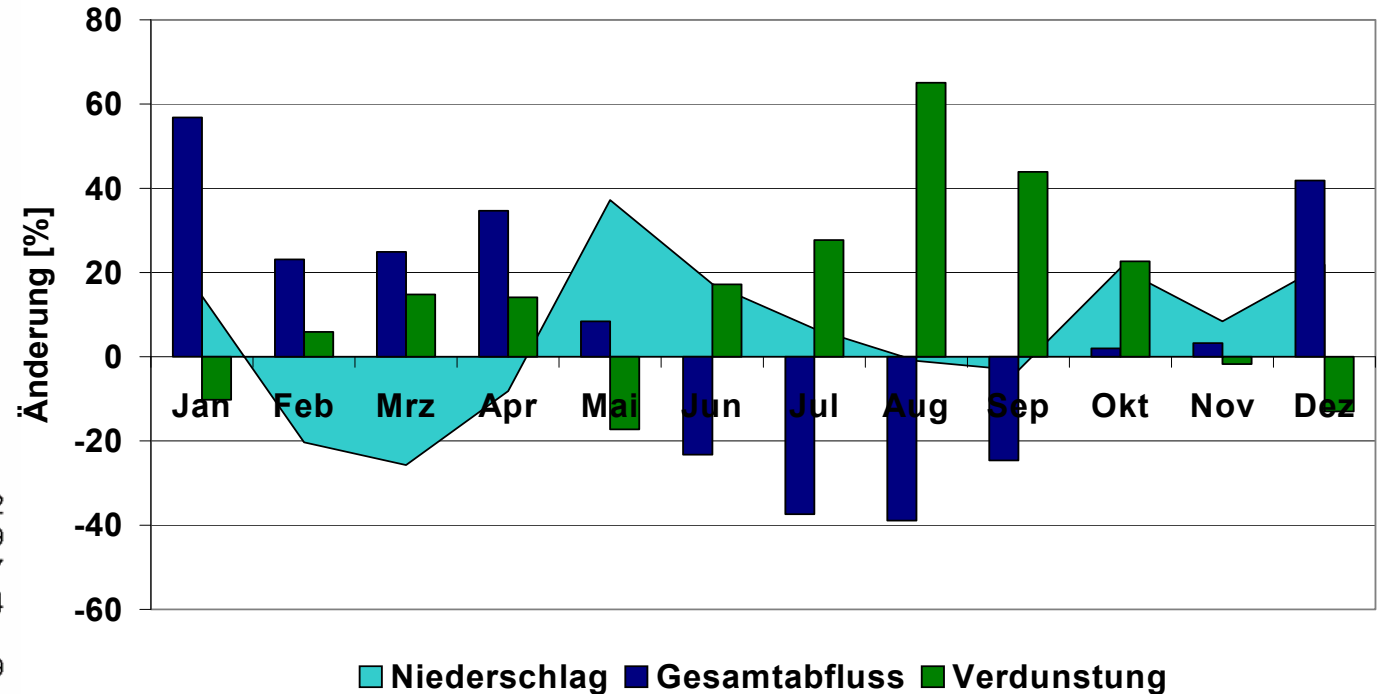
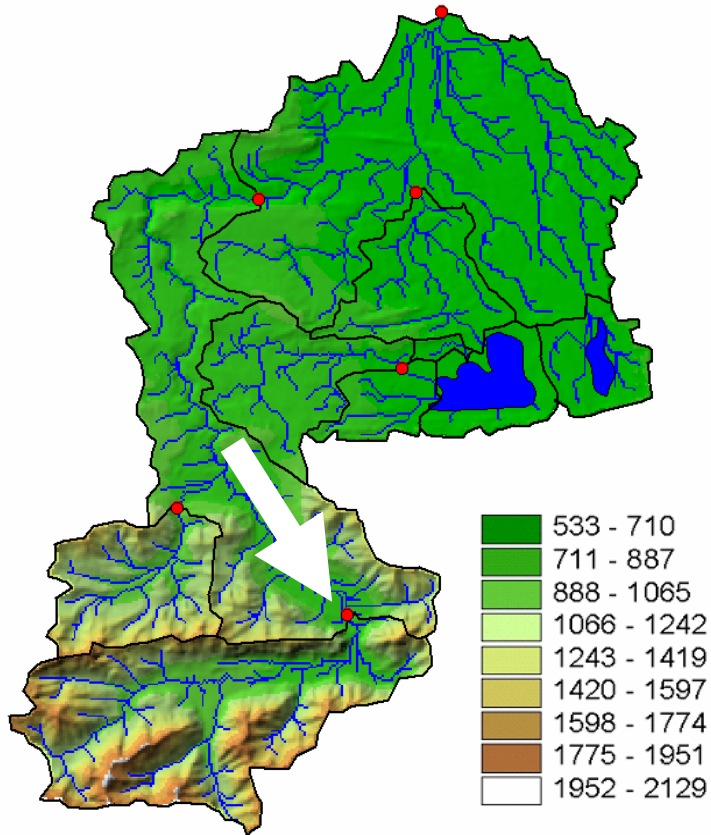
- flächendifferenziertes Modell, Auflösung 100m, 1h
- physikalisch basierte Prozessbeschreibungen
  - Richardsgleichung (Richards, 1931)
  - hydraulische Leitfähigkeit nach van Genuchten (1976)
  - Evapotranspiration nach Penman-Monteith (Monteith, 1975; Brutsaert, 1982)
  - Schneespeichermodell (Anderson, 1993)
- Initialisierung von Speicherzuständen möglich
- Kalibrierung 5 emp. Parameter pro Teil-EZG auf Basis von Stationsdaten: Speicherzu- und auslaufkonstanten und Leitfähigkeitsparameter



# Langfristige Entwicklung des Wasserhaushaltes

## Modellkette ECHAM4 – MM5 – WaSiM

### Oberammergau



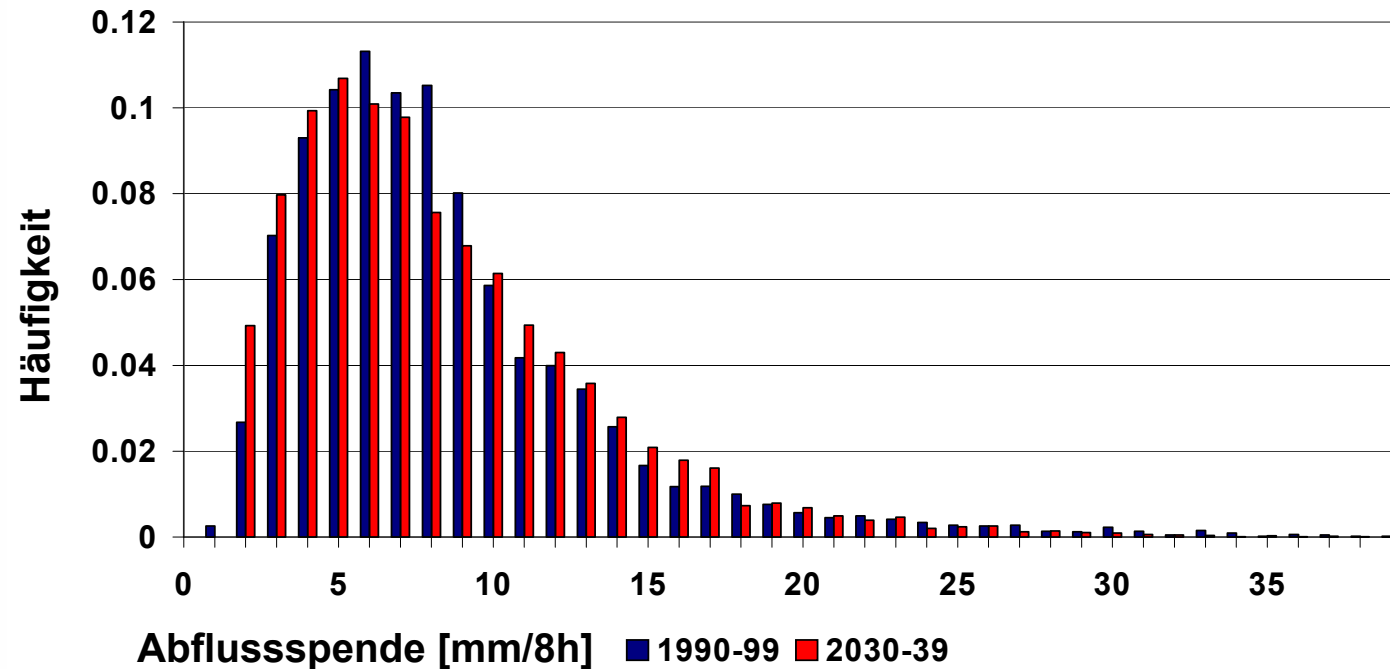
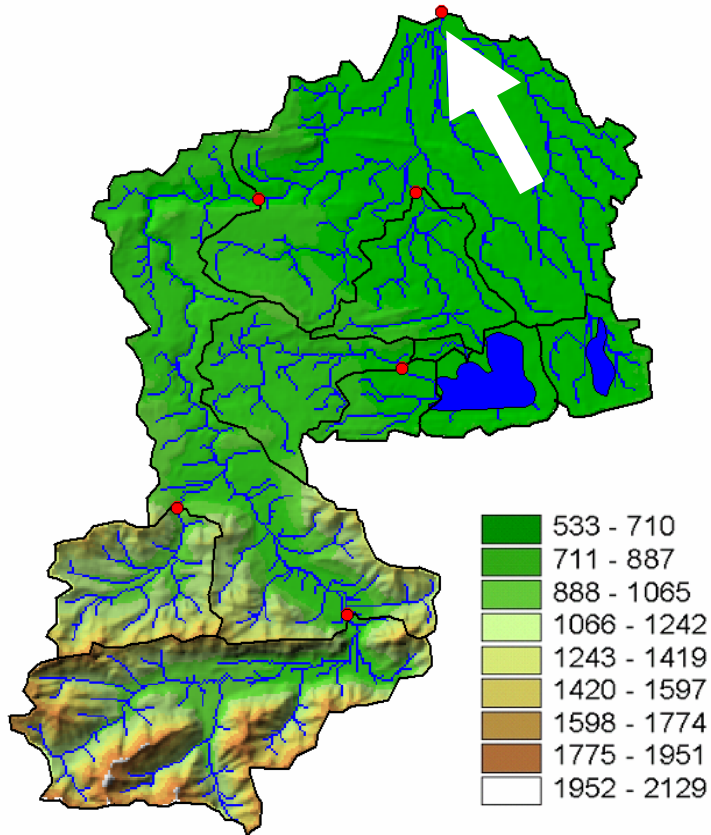
Änderung 1990-99 vs. 2030-39

**Zunahme der Winter- und Verminderung der Sommerabflüsse**



## Modellkette ECHAM4 – MM5 – WaSiM

### Weilheim



**Veränderung der Häufigkeiten: Zunahme von Niedrigwasserperioden**

- Auch hier große regionale Unterschiede!
- Entwicklung und Umsetzung von regionalen Anpassungsstrategien nötig!

## Hochwasserschutz und Sicherstellung von Mindestabflüssen

- Erhöhung der Speicherkapazität durch Naturverjüngung von Bäumen, der, ...
- Ausweitung der Retentionsflächen,
- Renaturierung der Flussläufe,
- Hochwasserneutrale Abflüsse
- Anpassung von Dämmen
- Bau von ...

in ... (und Abflussvorhersagen) und Katastrophenmanagement

- Klimawandel regional große Unterschiede

→ ... die Auswirkungen der Klimaänderung angepasste  
... messung von wasserbaulichen Maßnahmen notwendig

**Umsetzung von Anpassungsstrategien erfordert  
Zeiträume von bis zu 30 Jahren;  
Vorausschauende Klimapolitik ist unabdingbare  
Notwendigkeit**

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit.

