

Klimawandel in der Region CISBL

Klima-Werkstatt CISBL
Kick-Off Veranstaltung 12. Oktober 2007

A. Marx, M. Mast, R. Knoche, H. Kunstmann, W. Seiler
Forschungszentrum Karlsruhe, IMK-IFU, Garmisch-Partenkirchen

Bestandsaufnahme: Der beobachtete Klimawandel

Das Klima der Zukunft

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Physikalischer Hintergrund:

- Höhere Temperaturen \Rightarrow höhere Verdunstungen
- Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit transportieren \Rightarrow erhöhter atm. Wassergehalt
- Latente Wärmeenergie \Rightarrow höherer atmosphärischer Energieinhalt

\Rightarrow Intensivierung des Wasserkreislaufs

Folgen

- Veränderte Niederschlagsintensitäten
- Veränderte zeitliche & räumliche Verteilung

\Rightarrow Zunahme von Hochwassergefahr

Nachweis zum Klimawandel erbracht!



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 Eiszeit und heute. Die letzte Eiszeit hat gerade einmal 4°C betragen
- Steigender mittlerer Jahresniederschlag
- Starke regionale Differenzen

Regionale Auswirkungen

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

Klimawandel bedeutet Zunahme von Extremereignissen!

Extremereignisse: Hochwasser



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?

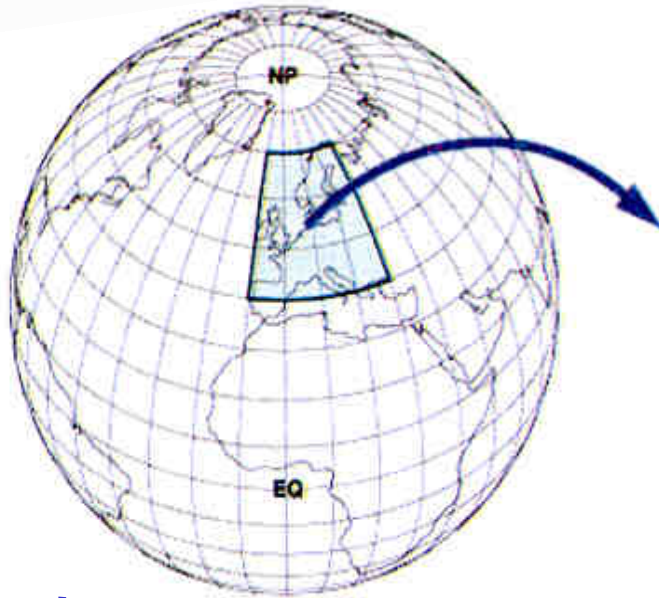
Regionale Klimamodellierung

Impulserhaltung

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -f \vec{k} \times \vec{v} - \nabla \Phi - \frac{1}{\rho_a} \nabla p_a + \frac{\eta_a}{\rho_a} \nabla^2 \vec{v} + \frac{1}{\rho_a} (\nabla \cdot \rho_a \mathbf{K}_m \nabla) \vec{v}$$

Gasgleichung

$$p = \frac{nR^*T}{V}$$



Energieerhaltung

$$\frac{\partial \theta_v}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \theta_v = \frac{1}{\rho_a} (\nabla \cdot \rho_a \mathbf{K}_h \nabla) \theta_v + \frac{\theta_v}{c_{p,d} T_v} \sum_{n=1}^N \frac{dQ_n}{dt}$$

Luftmassenerhaltung

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v} \rho_a) = 0$$

Bodenwärmediffusion

$$C_v(\Theta) \frac{\partial T_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K_t(\Theta) \frac{\partial T_s}{\partial z} \right]$$

Energieerhaltung Landoberfläche

$$\begin{aligned} L_v E + H + G &= SW_{net} + LW_{net} \\ &= (1 - \alpha) SW \downarrow + LW \downarrow - \epsilon \sigma_B T_{surf}^4 \end{aligned}$$

Wassermassenerhaltung

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_v}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) q_v &= \frac{1}{\rho_a} (\nabla \rho_a \mathbf{K}_h \nabla) q_v + R_{evap} - R_{cond} - R_{iini} - R_{idep/sub} \\ \frac{\partial q_c}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) q_c &= \frac{1}{\rho_a} (\nabla \rho_a \mathbf{K}_h \nabla) q_c + R_{cond} + R_{iini} + R_{idep/sub} - R_{aconv} - R_{accr} \\ \frac{\partial q_r}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) q_r &= \frac{1}{\rho_a} (\nabla \rho_a \mathbf{K}_h \nabla) q_r - R_{evap} + R_{aconv} + R_{accr} - \frac{\partial V_f \rho_a g q_r}{\partial z} \end{aligned} \quad (2.32)$$

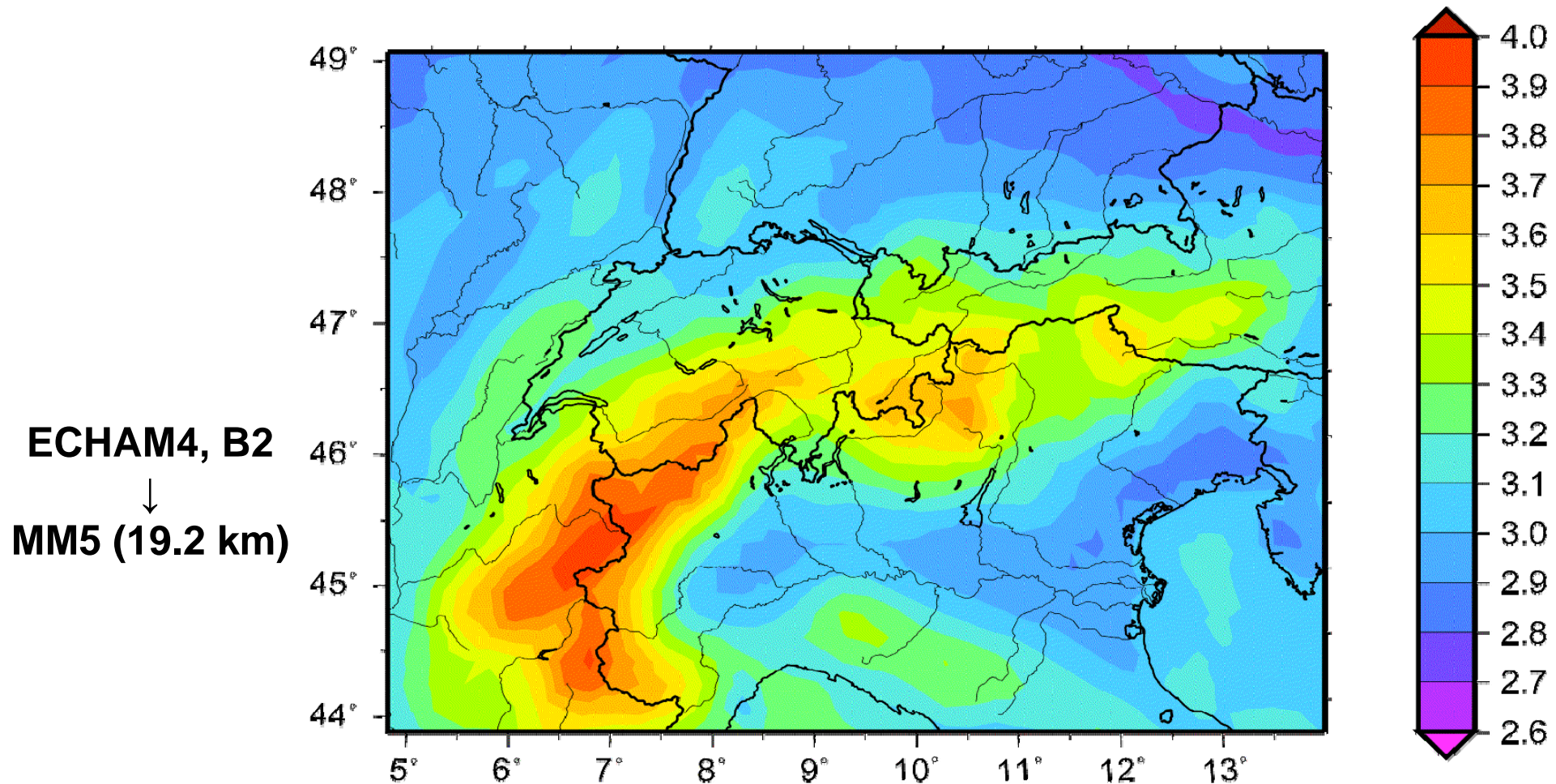
Niederschlagsphysik

$$R_{evap} (rain) = \frac{2\pi N_{0r} (S_w - 1)}{A_r + B_r} \left[\frac{0.78}{\Lambda_r^2} + 0.32 \left(\frac{a_r \rho}{\eta_a} \right)^{1/2} S_c^{1/3} \frac{\Gamma(5/2 + b_r/2)}{\Lambda_r^{5/2 + b_r/2}} \right]$$

Bodenwasserinfiltration

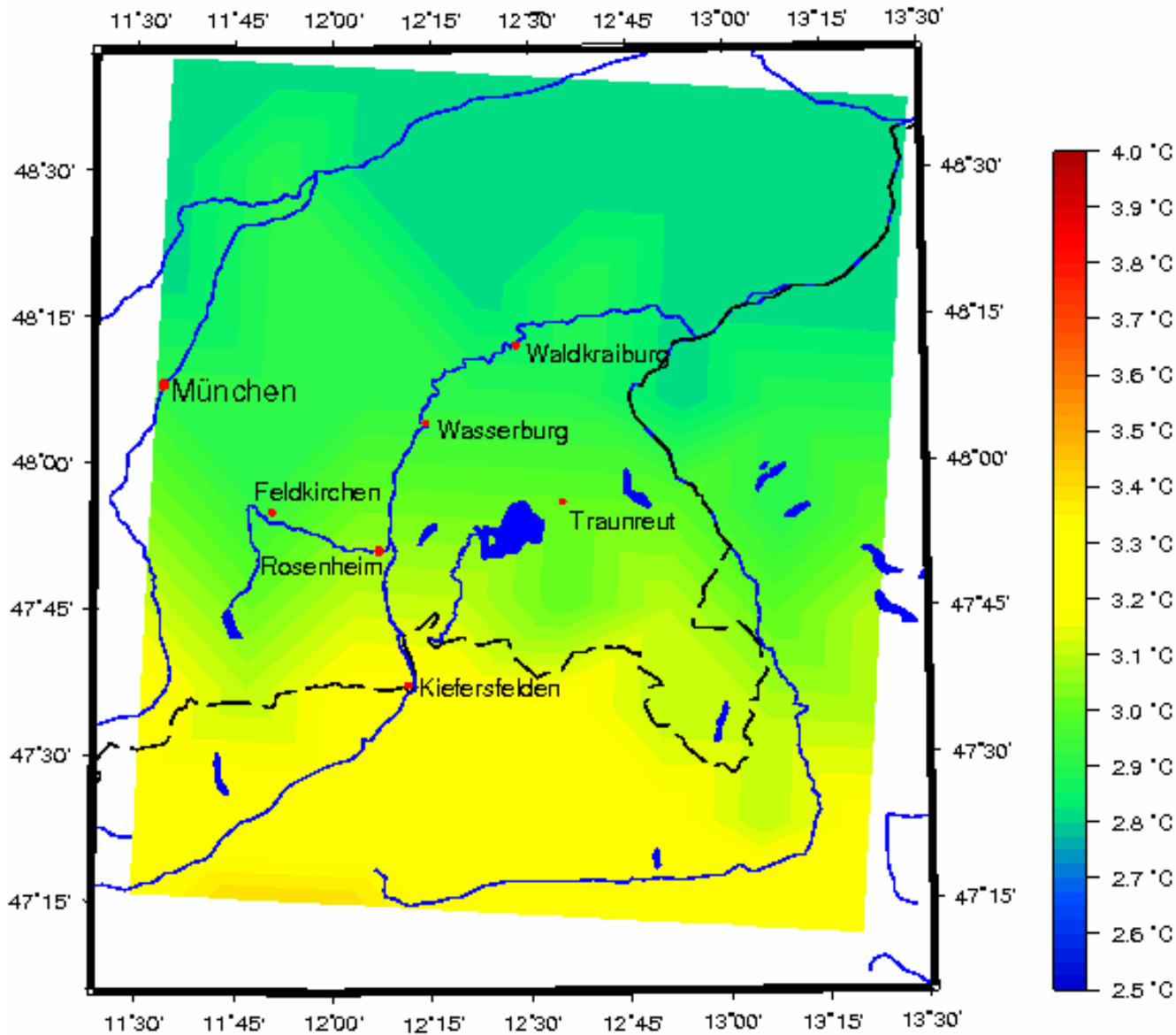
$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(\Theta) \frac{\partial \Theta}{\partial z} \right] + \frac{\partial k(\Theta)}{\partial z}$$

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



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

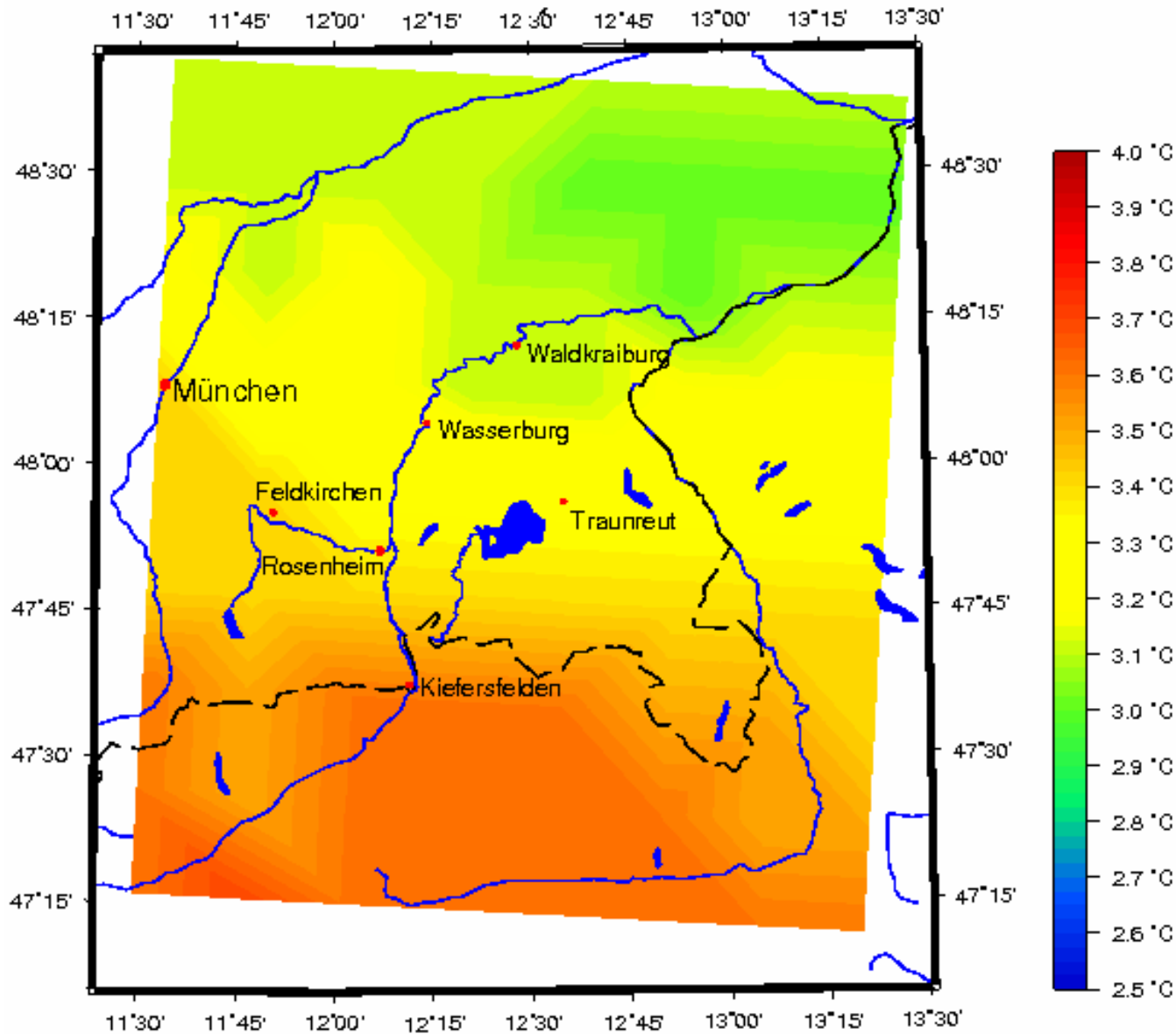
Regionale Klimaänderung CISBL



Änderung der mittleren
Jahrestemperatur
2070-99 vs. 1960-89 [°C]

⇒ **~3°C**
Temperaturzunahme!

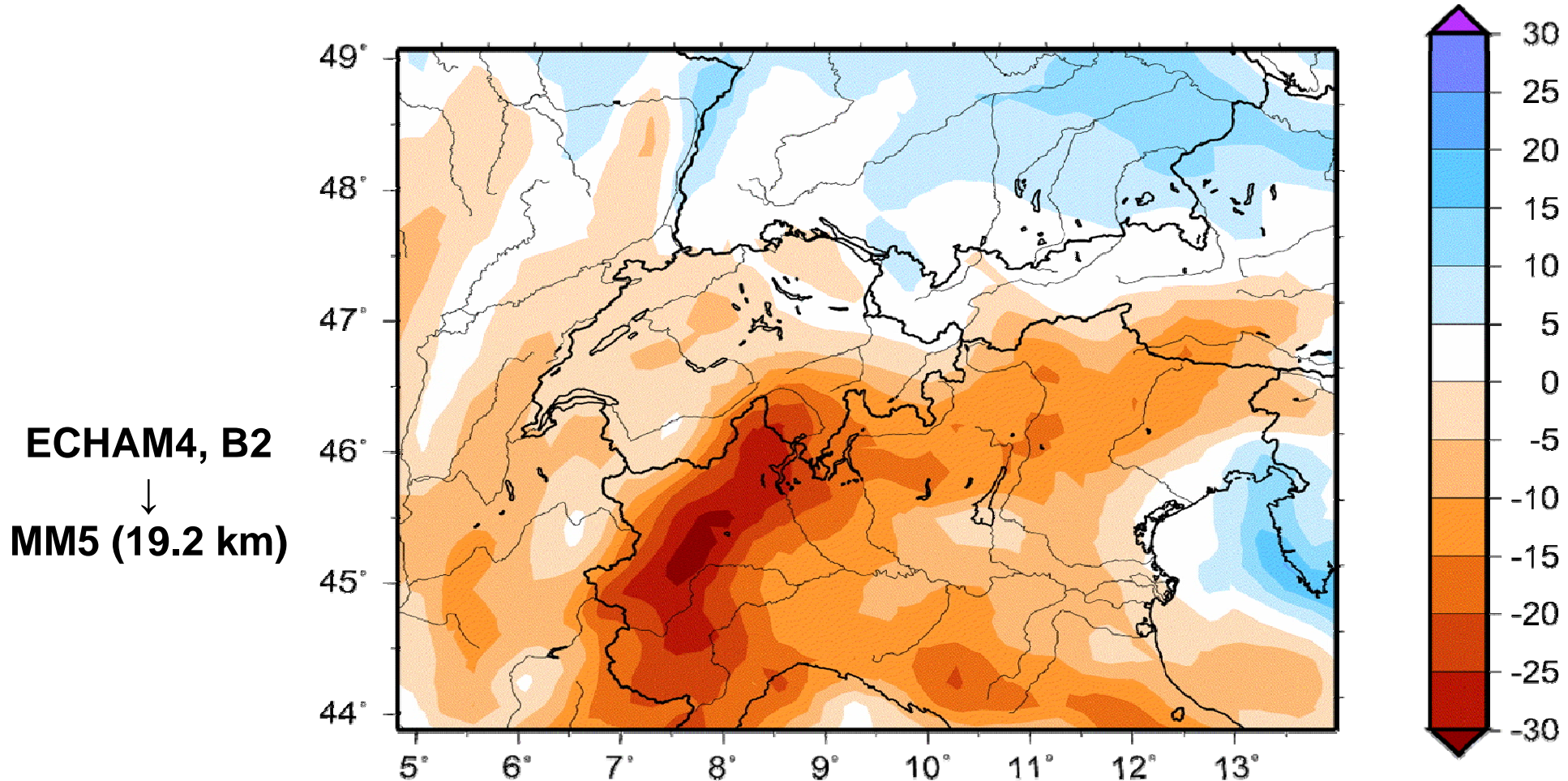
Regionale Klimaänderung CISBL



Änderung der mittleren
Sommertemperatur
2070-99 vs. 1960-89 [°C]

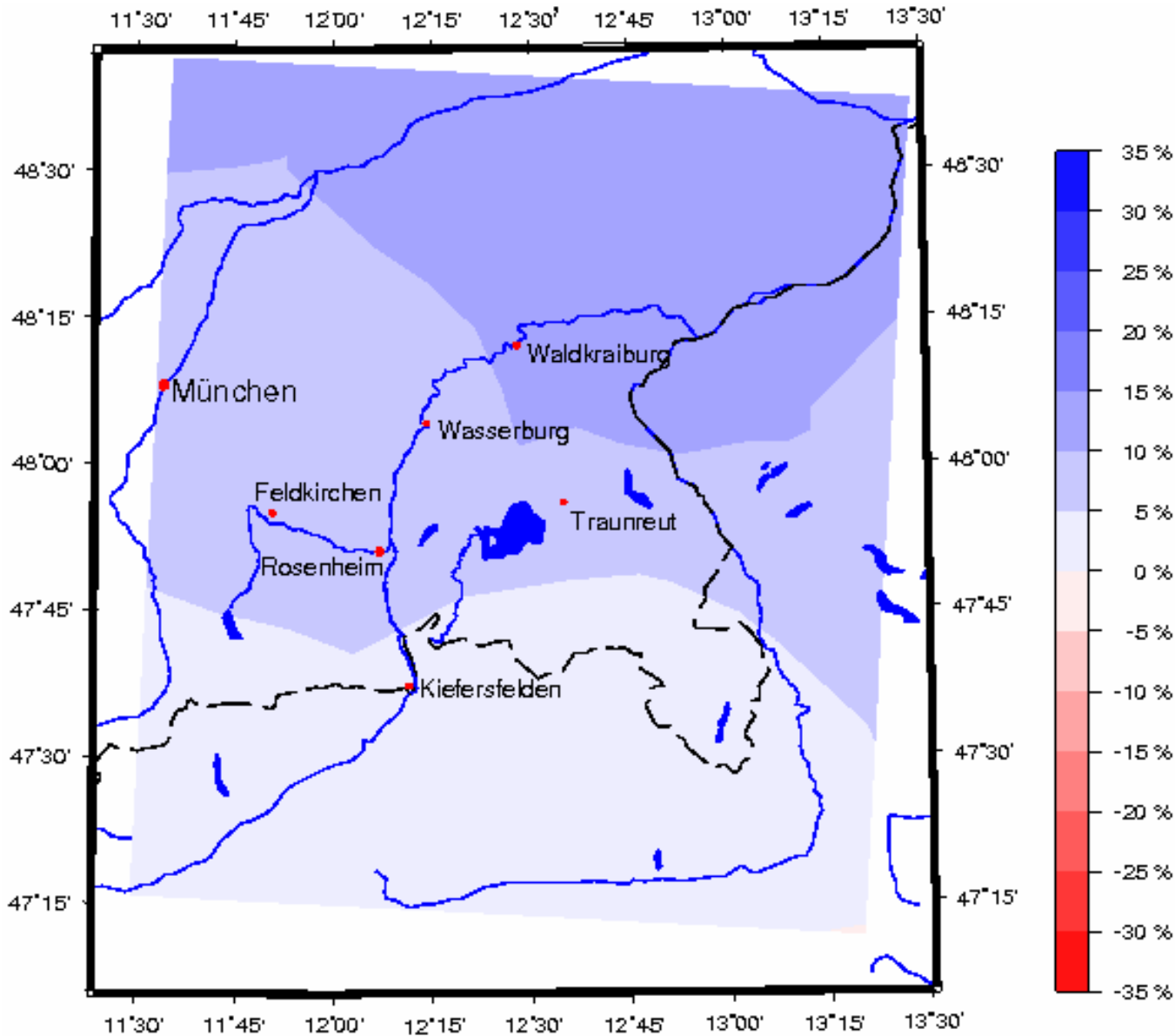
⇒ **~3 - 4°C**
Temperaturzunahme!

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



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

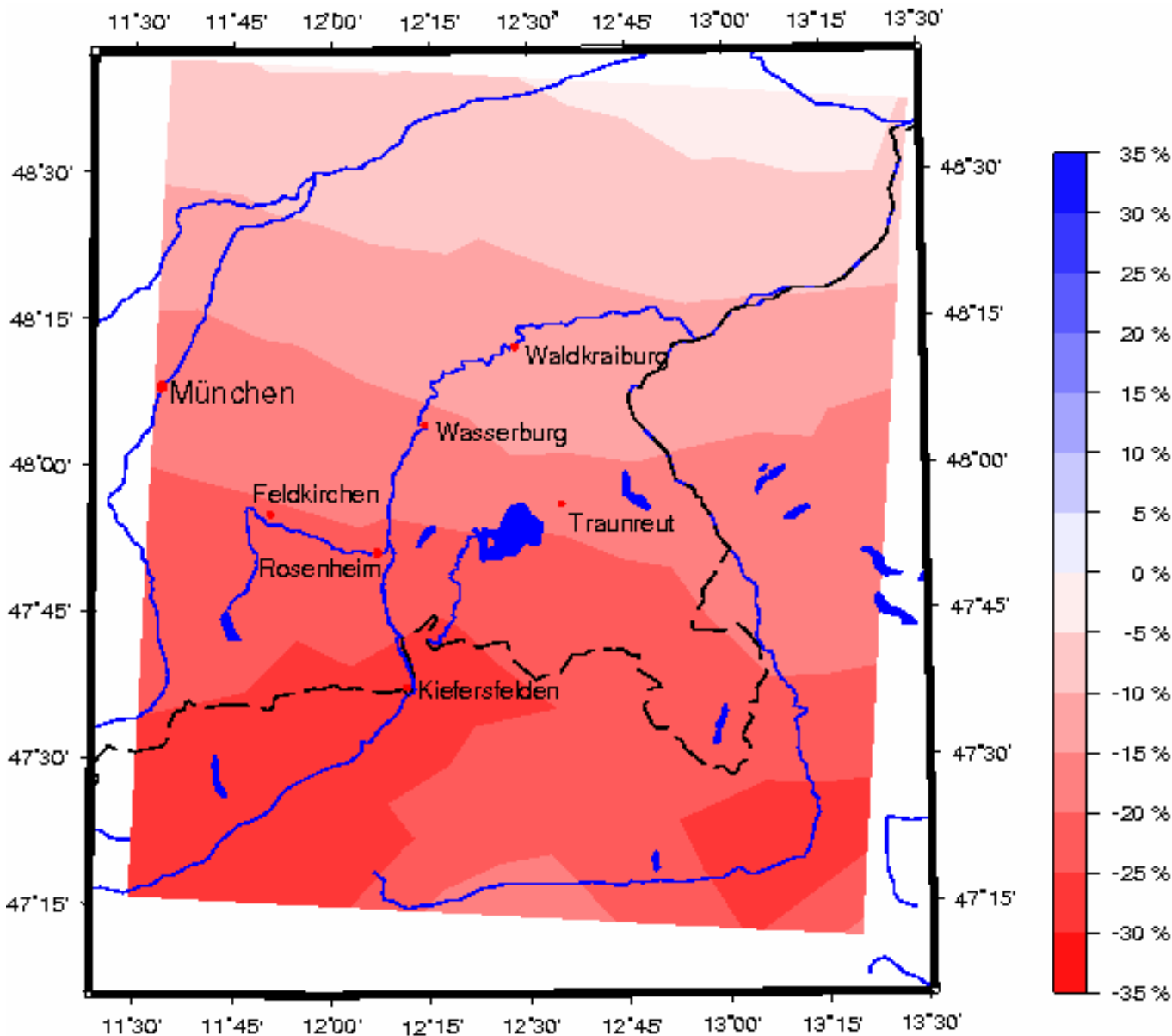
Regionale Klimaänderung CISBL



Änderung des mittleren
Jahresniederschlages
2070-99 vs. 1960-89 [°C]

⇒ **Zunahme des
mittleren
Jahresniederschlages!**

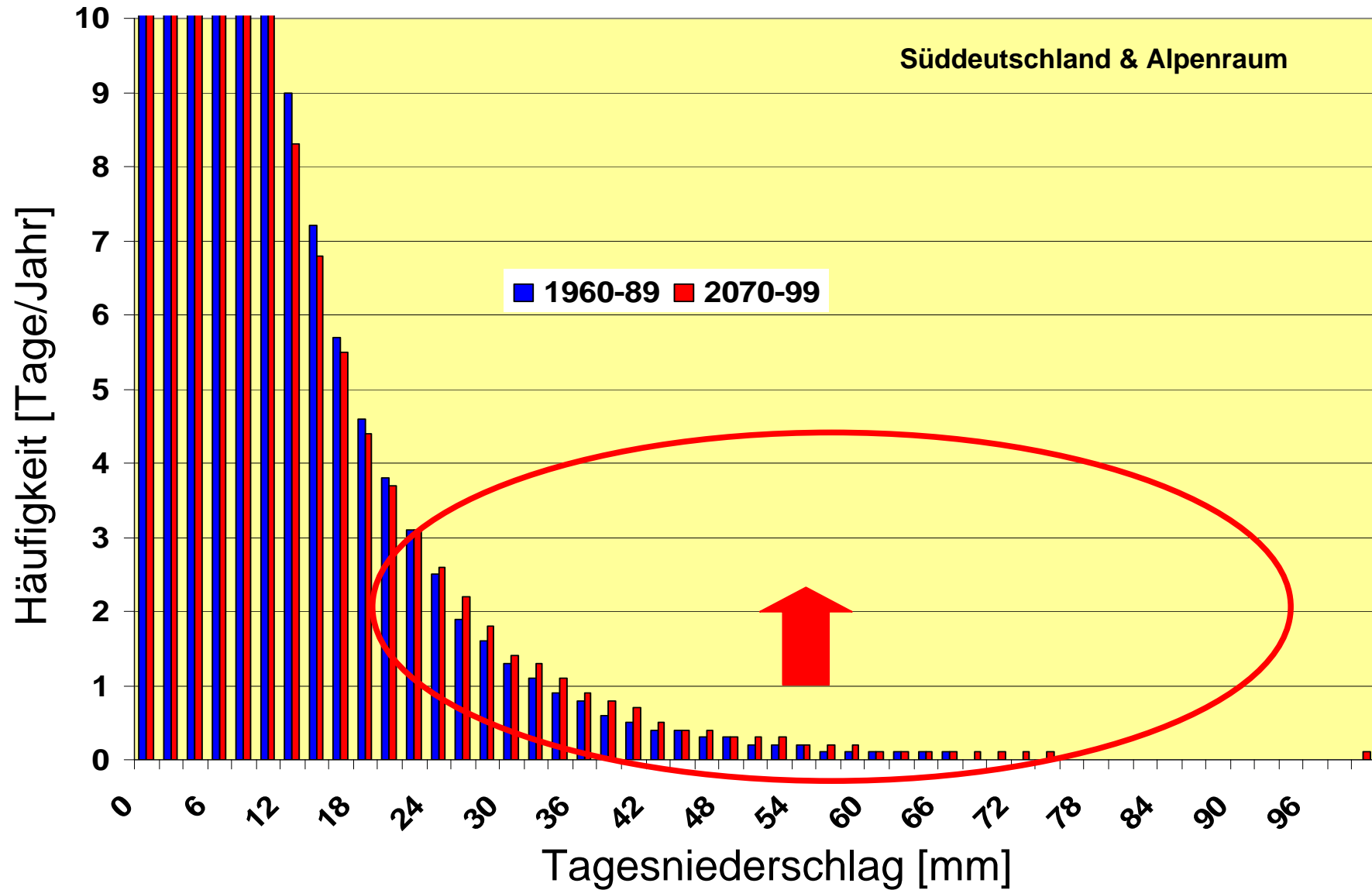
Regionale Klimaänderung CISBL



Änderung des mittleren
Sommerniederschlages
2070-99 vs. 1960-89 [°C]

⇒ **Deutliche Abnahme des
Sommerniederschlages
bis -30%**

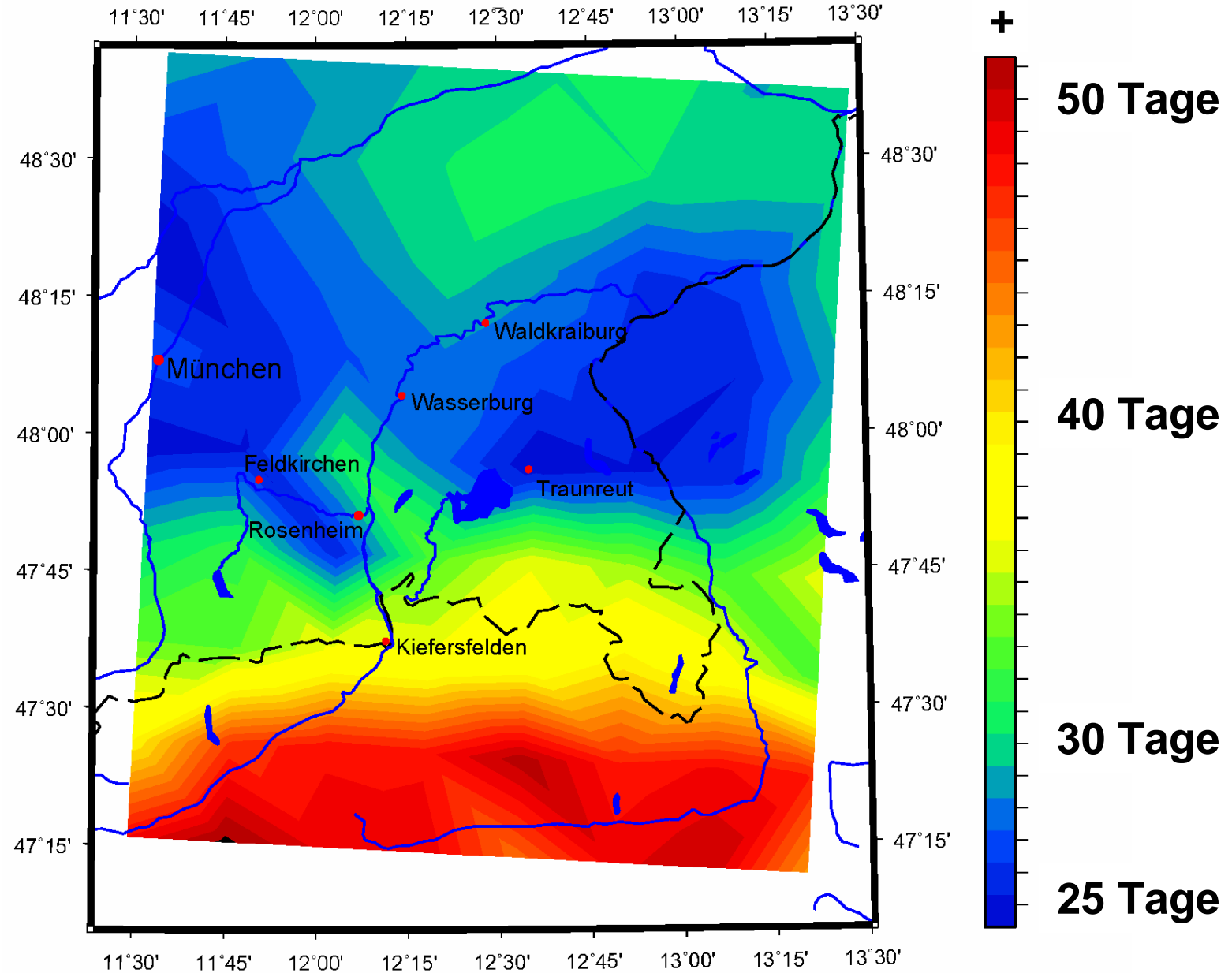
Änderung der Tagesniederschläge



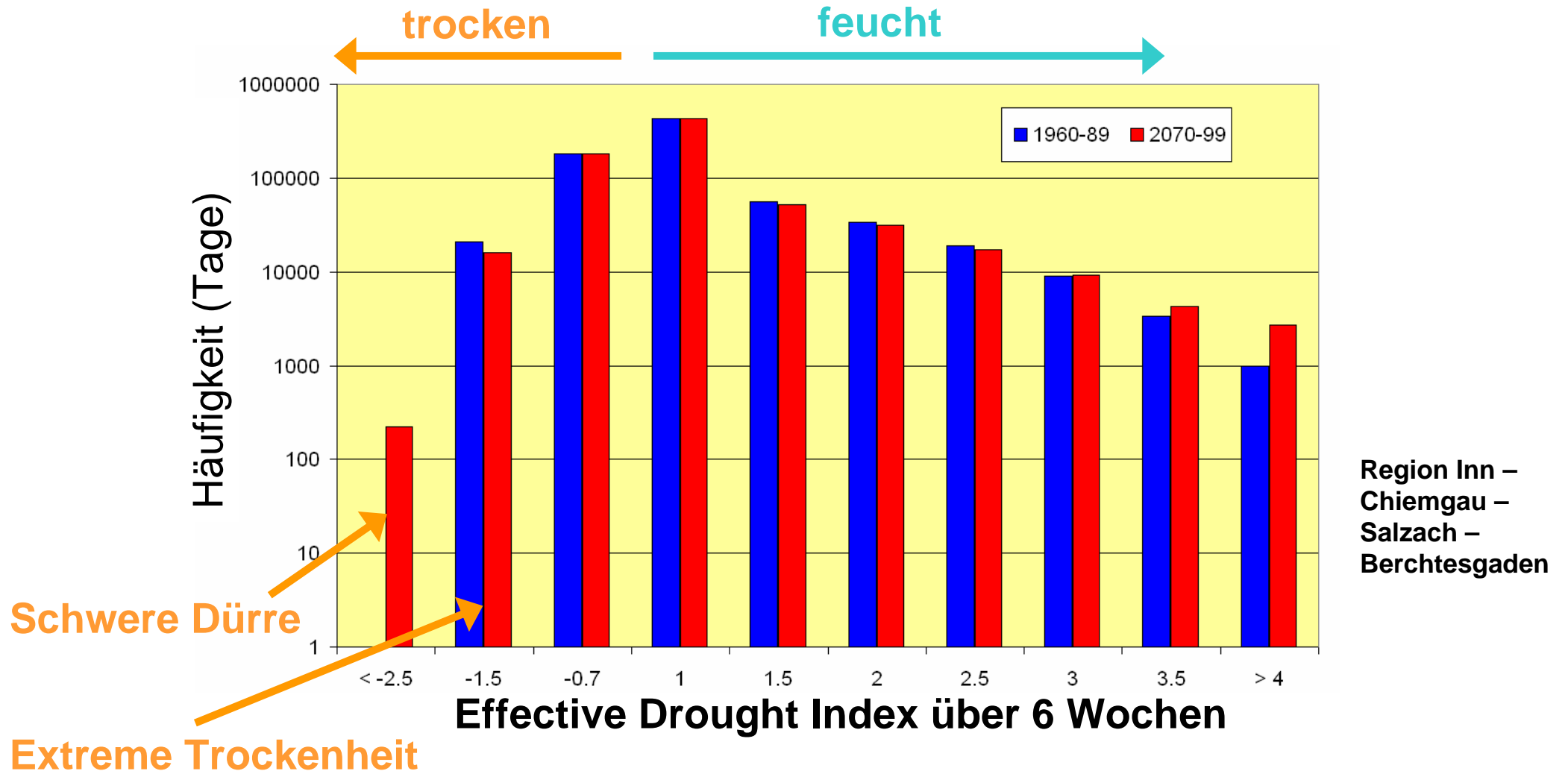
Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlägen !

Änderung der Vegetationsperiode

Änderung Tage/Jahr
mit Tagesmittel-
temperatur > 5°C
1960-89 vs. 2070-99



Änderung von Trockenperioden



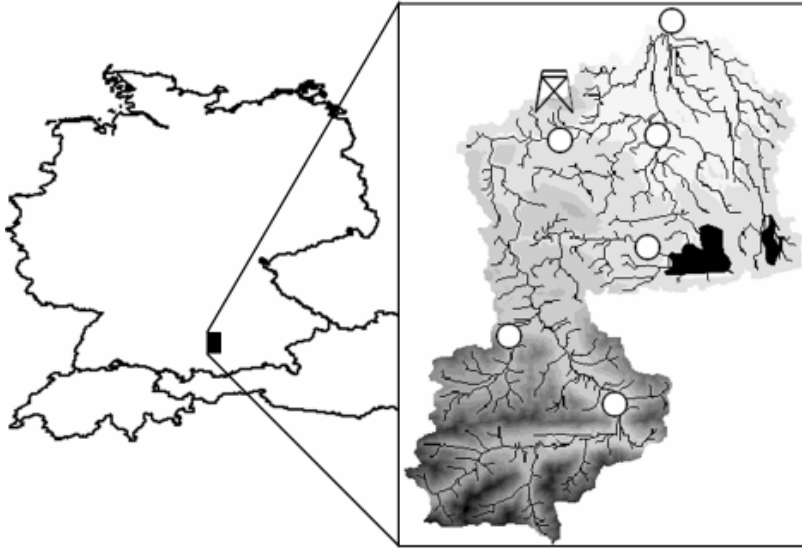
Zunahme der Intensität und Länge von Trockenzeiten!

Bestandsaufnahme: Der beobachtete Klimawandel

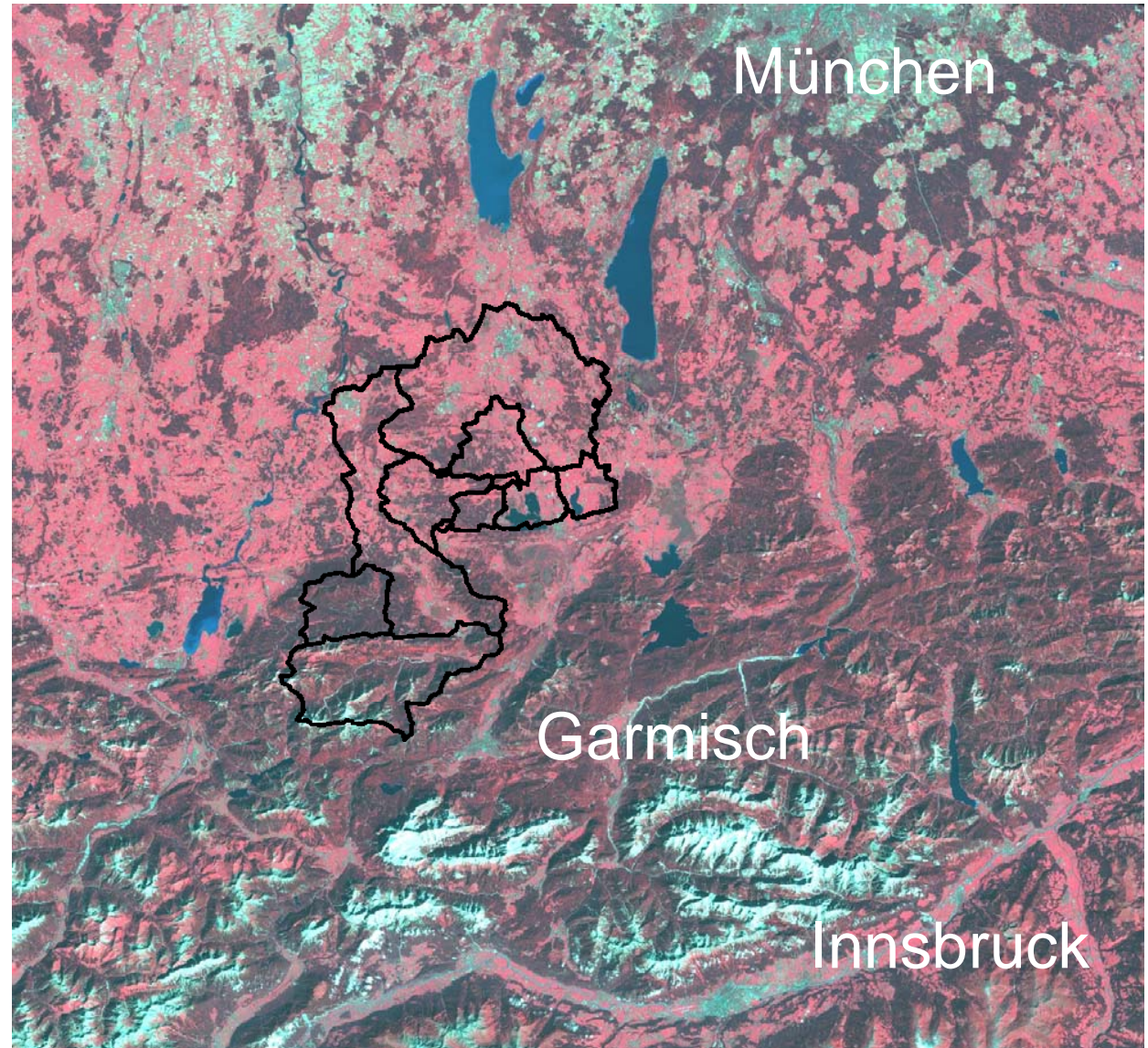
Das Klima der Zukunft

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt?

Ammer-Einzugsgebiet

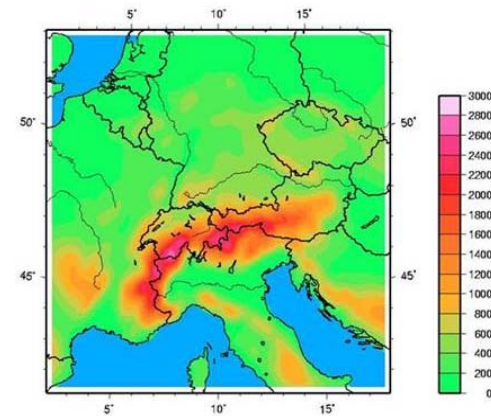
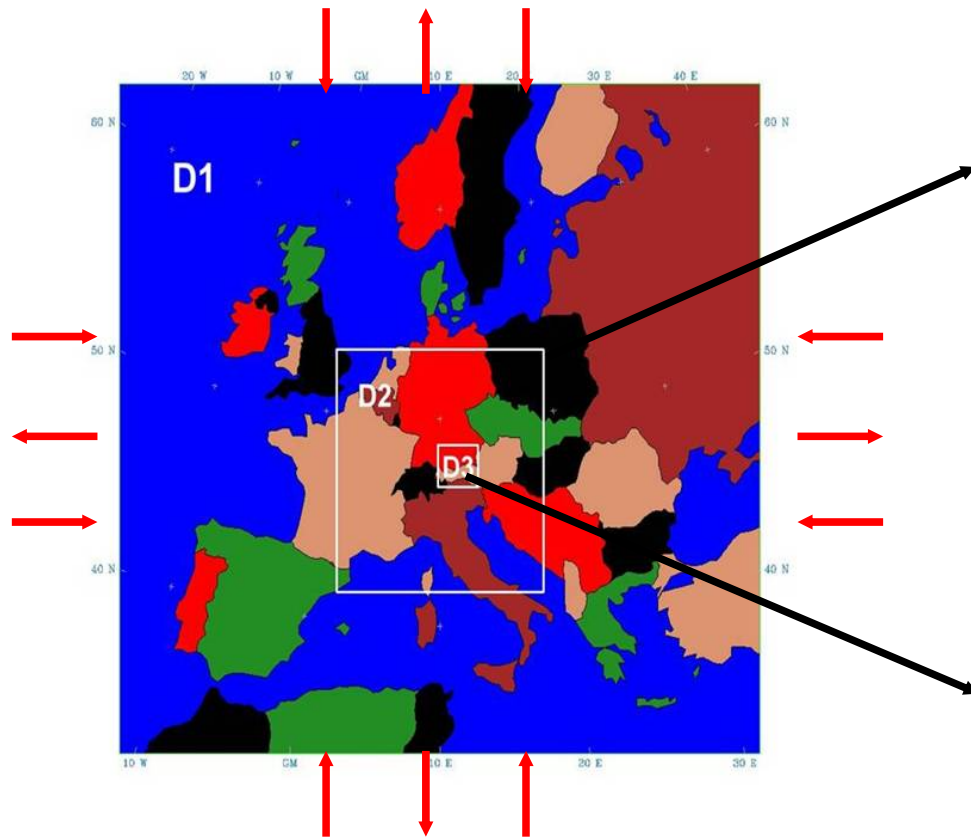


Landsat TM (30m)
[ch 7-5-3]
30.08.1991

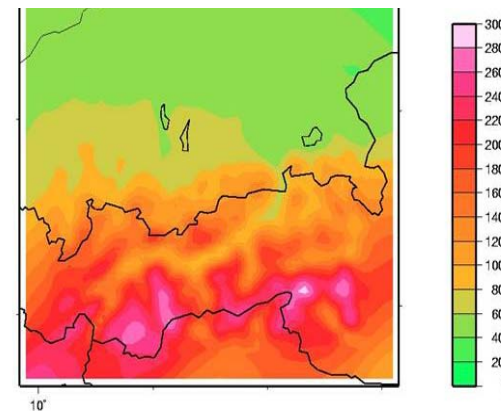


Klimasimulation 1990-99 und 2030-39

ECHAM4 (T42, ca. 2.5°), IS92a



Orographie in
20x20 km²
Auflösung



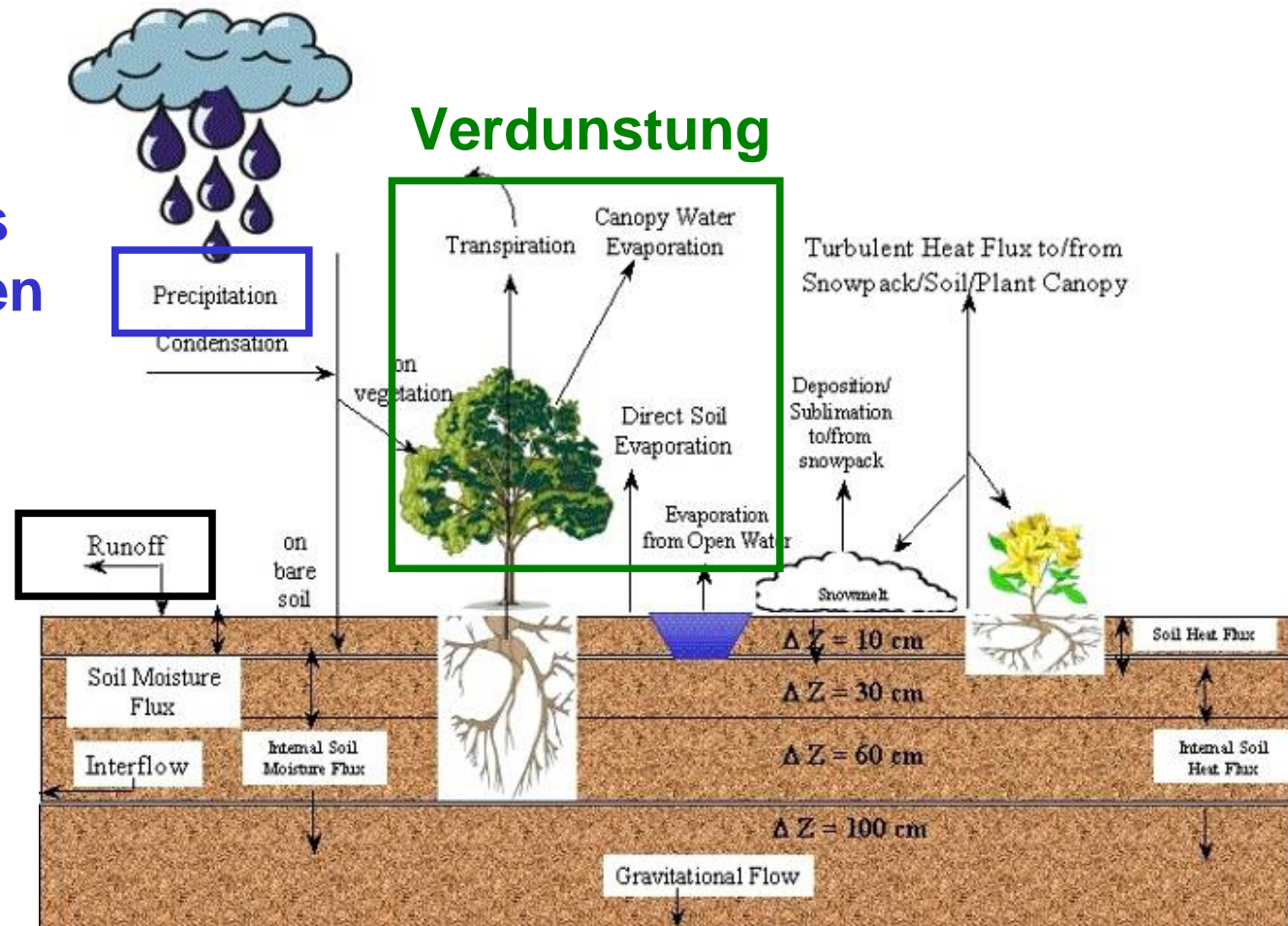
Orographie in
4x4 km²
Auflösung

Antrieb Globales Klimaszenario ⇒ Langfristige Entwicklung Wasserhaushalt

Niederschlag aus
Klimasimulationen

Abfluss

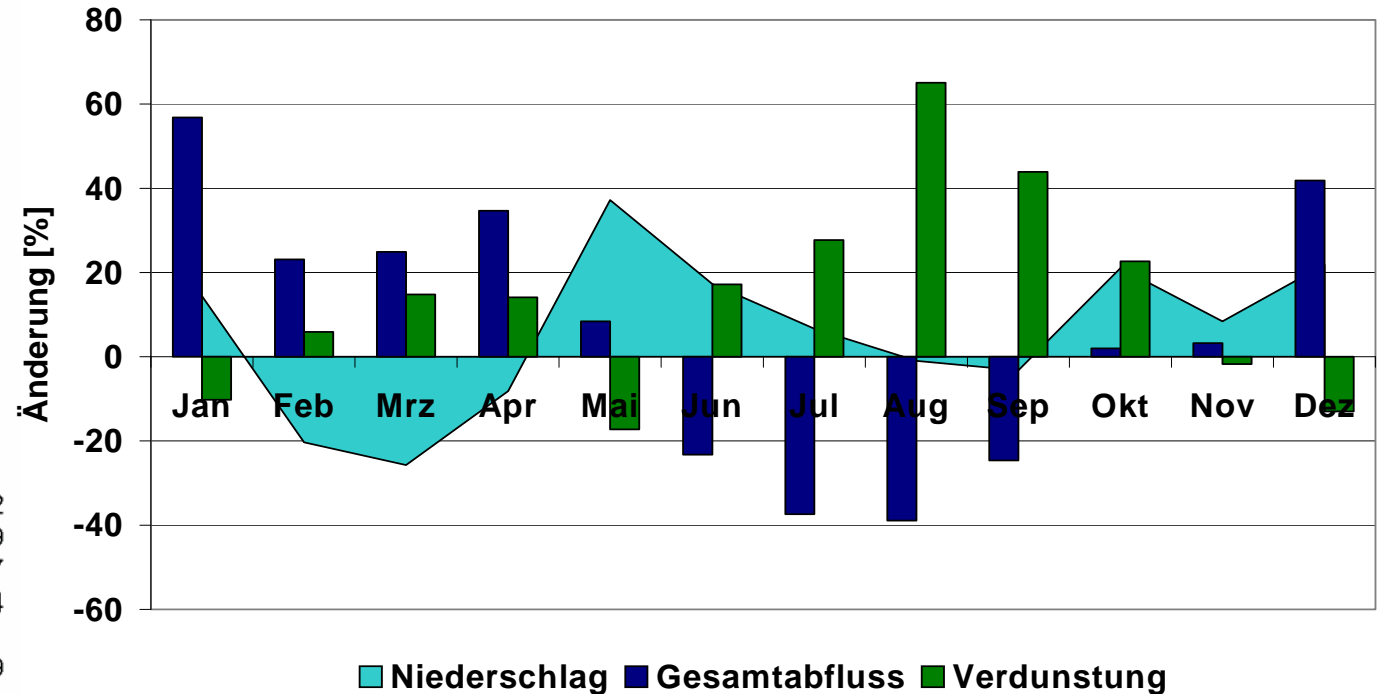
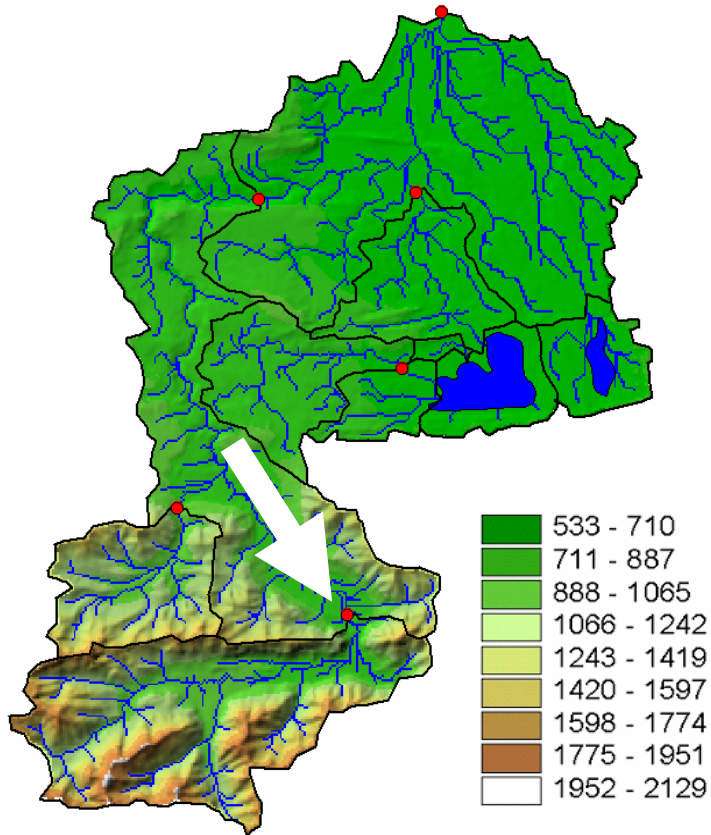
Grundwasser ⇐



Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer models

Modellkette ECHAM4 – MM5 – WaSiM

Oberammergau

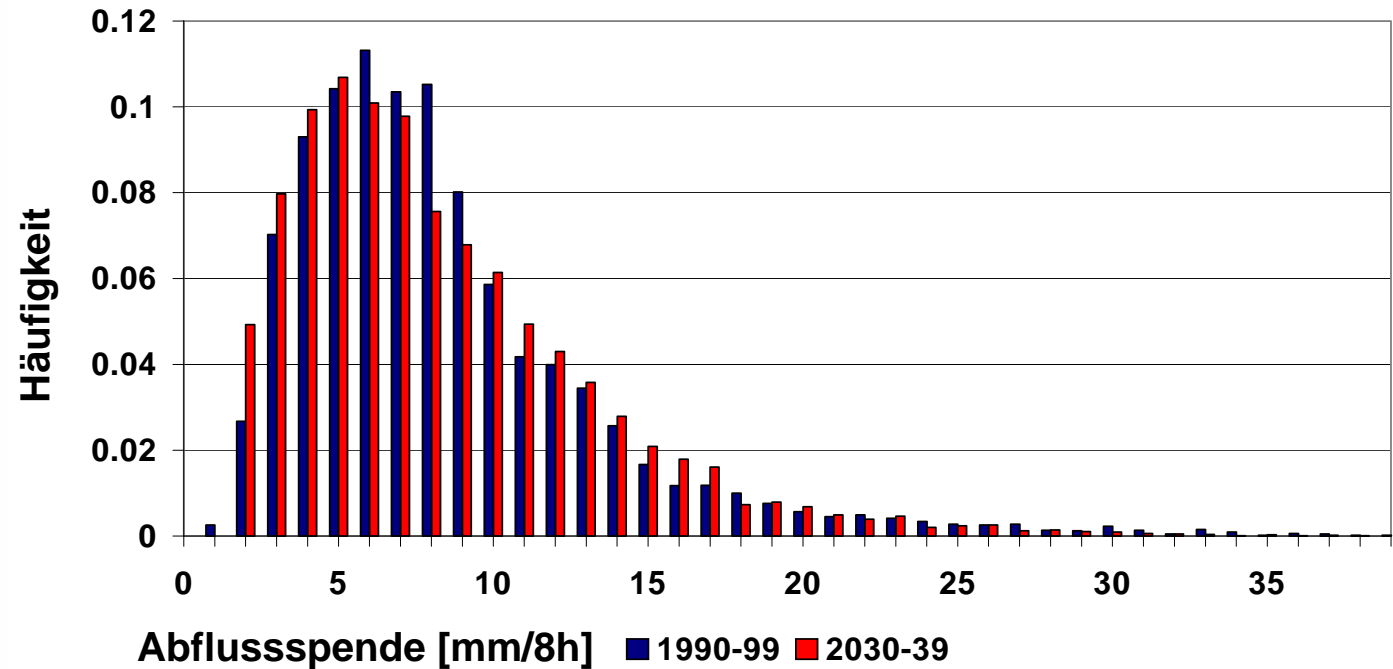
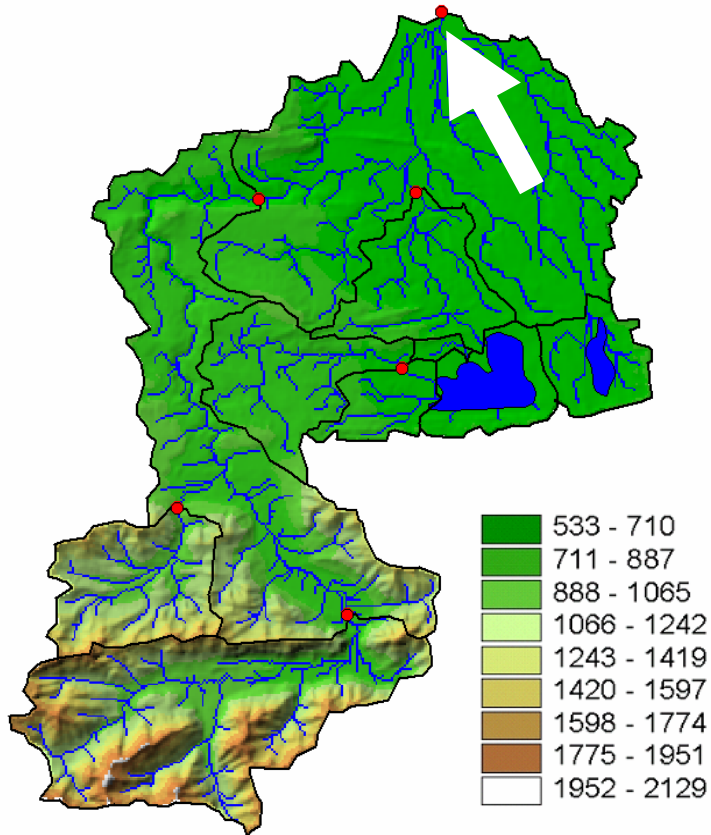


Änderung 1990-99 vs. 2030-39

Zunahme der Winter- (weniger Schnee!) und Verminderung der Sommerabflüsse

Modellkette ECHAM4 – MM5 – WaSiM

Weilheim



Veränderung der Häufigkeiten: Zunahme von Niedrigwasserperioden

- Ansteigende Schadenssummen durch Sturmereignisse (Waldschäden, Ernteeinbußen, Gebäudeschäden und Gesundheitsprobleme)
- Zunehmende Hochwassersituationen (Niederschlagszunahme in sommerlichen Gebieten, Wechsel von Schnee in Regen)
- Änderung der Ökologie (z.B. forstwirtschaftlich genutzten Ökosystemen, Waldbrände, Schädlinge, Dürreperioden)
- Abnehmende Wasserverfügbarkeit und Grundwasserneubildung (Trinkwasserversorgung, Wasserkraft, Kühlwasser für Kraftwerke, Landwirtschaft)

Entwicklung von regionalen Anpassungsstrategien nötig!

Klimawandel - Das Ende der Geranien?

