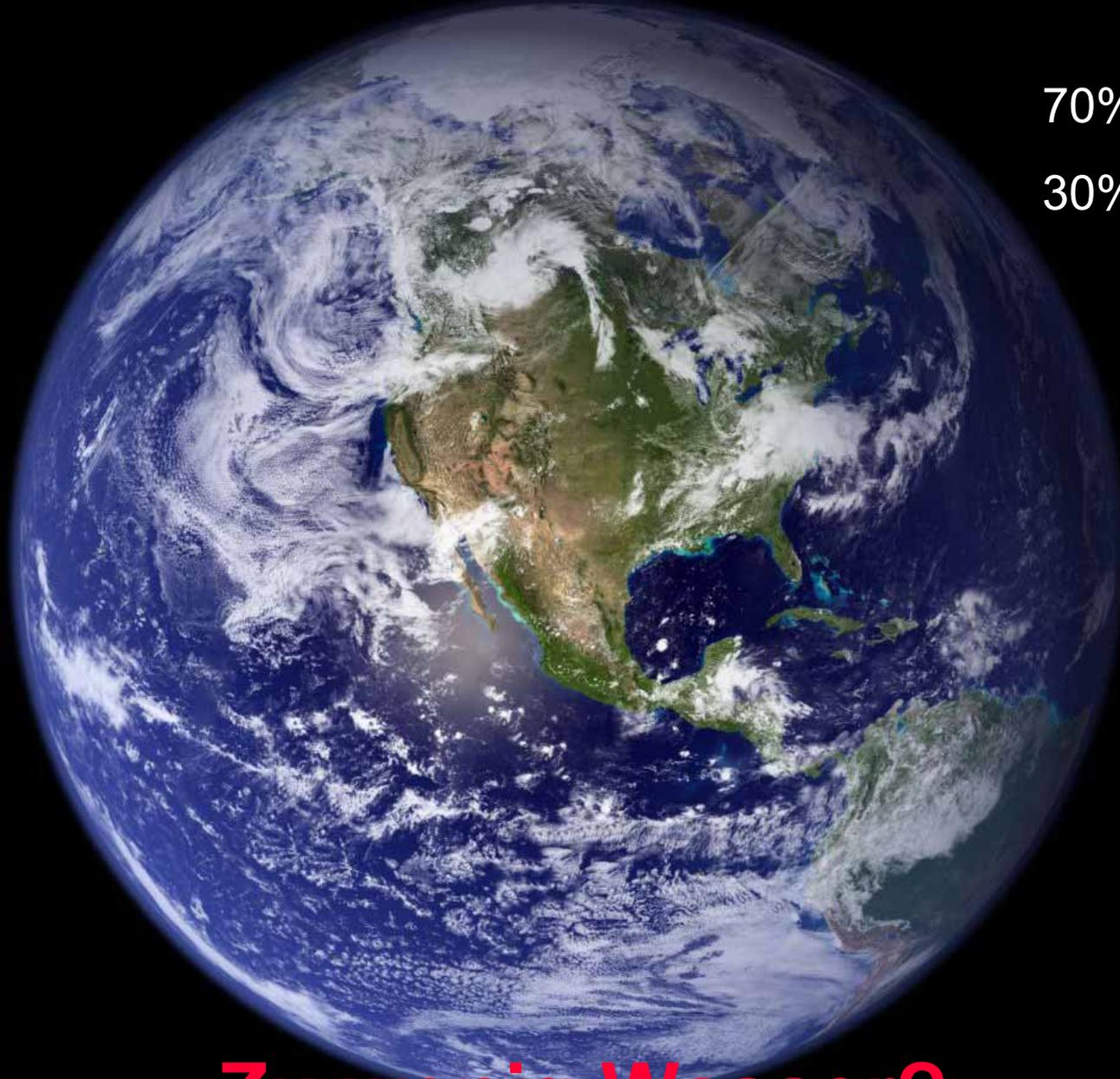


A scenic view of a mountain valley. In the foreground, there is a green field with a fence. Behind it, a large building with a red roof is partially obscured by trees. The background features a dense forest of evergreen trees, leading up to a range of mountains. The highest peak is covered in snow and has a sharp, rocky summit. The sky is clear and blue.

**Wasserverfügbarkeit und  
Hochwasserrisiko**

**Dr. Harald Kunstmann**

# Der blaue Planet



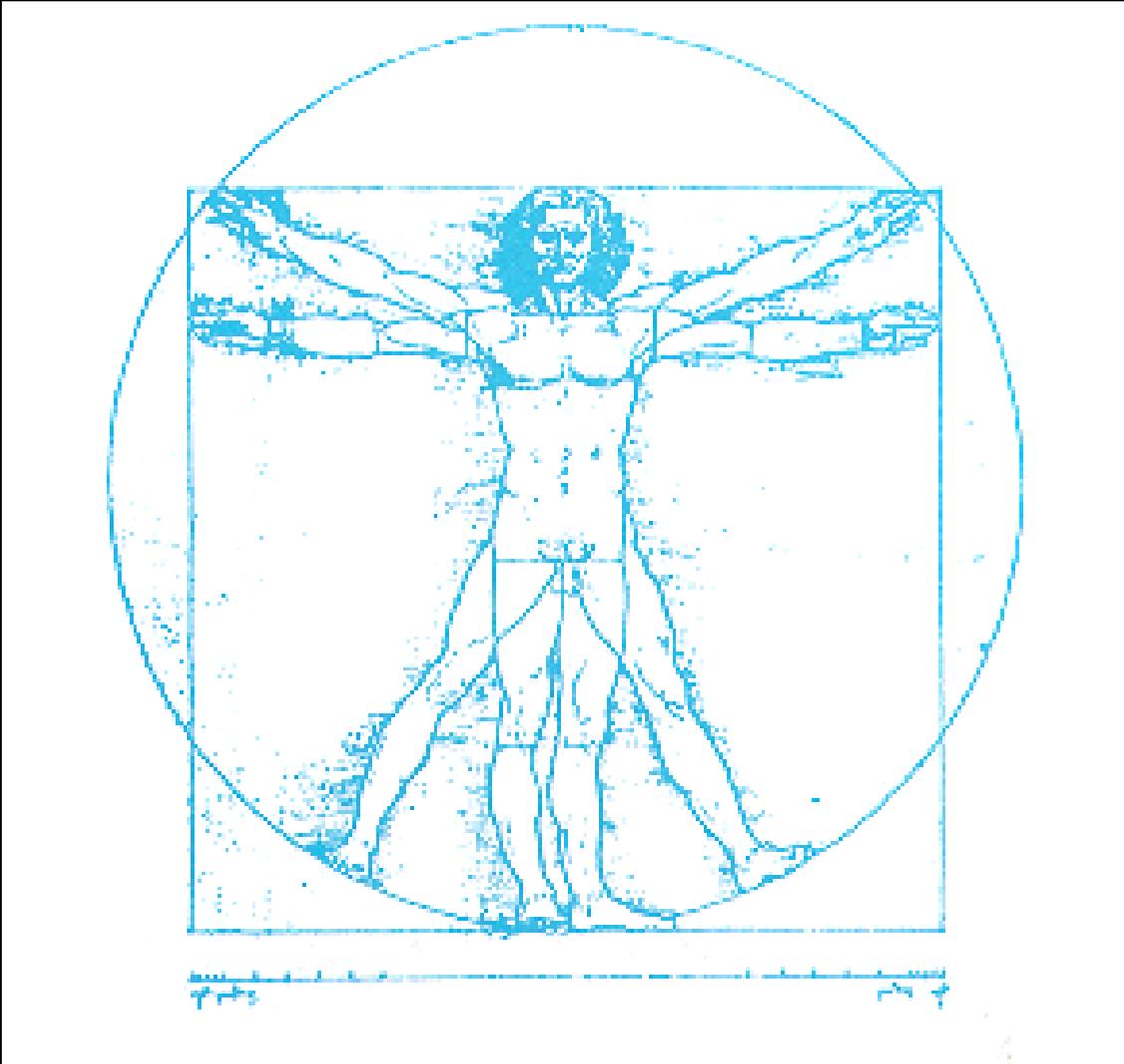
70% Ozean

30% Land

**Zu wenig Wasser?**

# Der Mensch – Ein Wasserwesen

60-70% Wasser



**Zu wenig Wasser?**

## Augusthochwasser 2005- Eindrücke Loisachtal & Eschenlohe

# Garmisch-Partenkirchner Tagblatt

www.merkur-online.de

Unabhängige Heimatzeitung und Amtsblatt für den Landkreis Garmisch-Partenkirchen

Mittwoch, 24. August 2005

★★

Münchner Merkur

Nr. 194 | 34. Woche | 1,20 €

### SPORT

#### Armstrong unter Dopingverdacht

Die französische Sporttageszeitung „L'Equipe“ berichtet anhand von Laborunterlagen, dass der Radstar Lance Armstrong (Foto: rts) 1999 gedopt zu seinem ersten von sieben Tour-de-France-Siegen gefahren ist.



### WIRTSCHAFT

#### Zigaretten werden wieder teurer

Nach der nächsten Steuererhöhung für Zigaretten zum 1. September wird eine Zigarette weniger in der Automatenpackung zu finden sein. Der Preis bleibt bei vier Euro pro Schachtel.

### GELD & MARKT

#### Auto kontra Bahn: Zug oft günstiger

Wer täglich in die Arbeit nen...



Land unter: Das Zentrum von Eschenlohe ist nahezu komplett überschwemmt. Mehrere Orte sind von der Außenwelt abgeschnitten.

Fotos: dpa/ap

## Flutkatastrophe stürzt Bayern ins Chaos

## **Elbehochwasser 2002, Glashütte (Sachsen)**

12. August 2002



Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



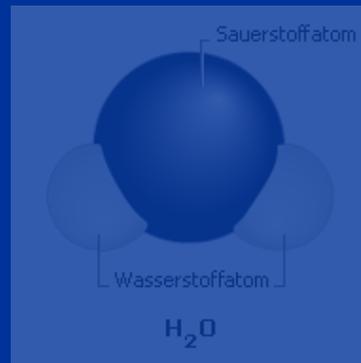
Zu viel ...





Hochwasser

## Wasser



Entschlüsselung  
der Molekülstruktur  
Cavendish 1781

... mehr als  $H_2O$



Wassermangel



# Problem Wassermangel: Süßwasser wird knapp

288 HBN

WISSEN

## Ein nasser Kriegsgrund

Das Beispiel Jemen zeigt, dass Wasser noch vor Öl zur konfliktrträchtigsten Ressource der Welt geworden ist

Von Bert Beyers

An den Tankstellen im Jemen kam es zu heftigen Feuergefechten. Mehrere Dutzend Menschen starben, als vor kurzem über Nacht die Treibstoffpreise verdoppelt worden waren. Ein Liter Benzin kostet jetzt 60 Rial, das entspricht rund 30 Cent; Diesel kostet die Hälfte. Doch bei den Unruhen ging es nur vordergründig um Treibstoff. Der eigentliche Grund für die heftigen Auseinandersetzungen war eine andere Flüssigkeit: Wasser. Denn das lebensnotwendige Nass wird im Jemen mit Dieselpumpen gefördert.

Noch in den sechziger Jahren gab es in der berückend schönen Altstadt von Sanaa unzählige einfache Brunnen. Aus etwa 30 Meter Tiefe konnten die Bewohner ihr Wasser heraufholen. Seit dieser Zeit aber haben treibstoffbetriebene Pumpen den Grundwasserspiegel unter Sanaa auf 800 bis 1000 Meter gesenkt. Die Hauptstadt des Jemen ist in den vergangenen Jahrzehnten regelrecht explodiert. Um die Altstadt herum hat sich ein Kranz aus halbfertigen Betonbauten gelegt, ein chaotischer Verkehr tobt in der Zwei-Millionen-Metropole. Wahrzeichen der Stadt sind die Wassertanker, LKWs in allen Farben und Formen, die die Menschen mit dem wichtigsten aller Lebensmittel versorgen.

Doch es ist nicht die Stadt, die den Boden leer säuft. Das zeigt ein Blick auf aktuelle Satellitenaufnahmen des Sanaa-Beckens. Es sind die Plantagen in der Umgebung mit ihren Obst- und Gemüsefeldern. Jedes Jahr fällt der Wasserspiegel um weitere sechs bis acht Meter. Die Landwirtschaft verbraucht 90 Prozent des Wassers im Jemen, die Hälfte davon geht für die Volksdroge Qat drauf. Nachmittags kauen die Jemeniten gerne auf den berauschenden Blättern des Qatbaums herum.

Schon heute lei



Ein Mann erfrischt sich an einer Wasserstelle im Jemen. Oberflächlich scheint alles in Ordnung, doch der Grundwasserspiegel in dem Land ist inzwischen so niedrig, dass immer mehr Brunnen trocken fallen.

Foto: Imago

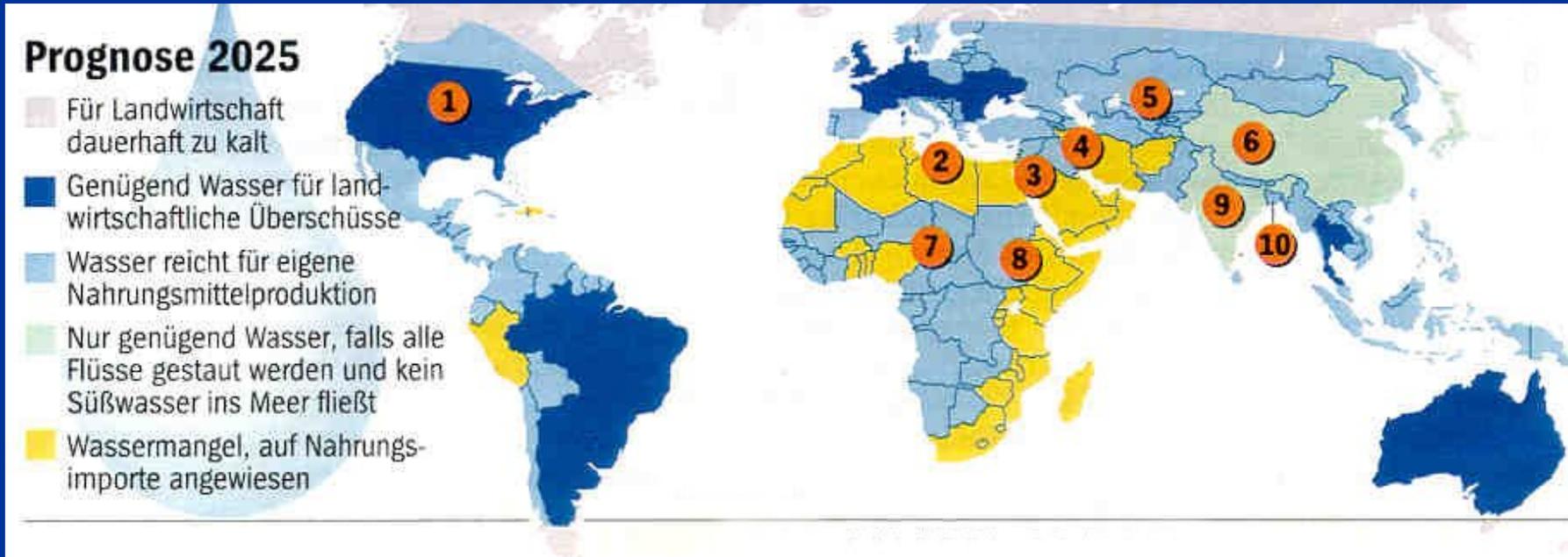
Das Gleiche gilt für Indien, insbesondere den Punjab, den Brotkorb der Nation. In den USA, einem der größten Getreideproduzenten der Welt, ist es vor allem der südliche Teil der Great Plains, wo die Bevölkerung auf Wasser angewiesen ist. Auch in China, dem größten Land künftig auch auf Nilwasser zugreifen müssen.

Ägypten und der Sudan leiten ihre Wassernutzungsrechte aus dem Nil-Abkommen von 1959 ab. Das Vertragswerk hatte über land

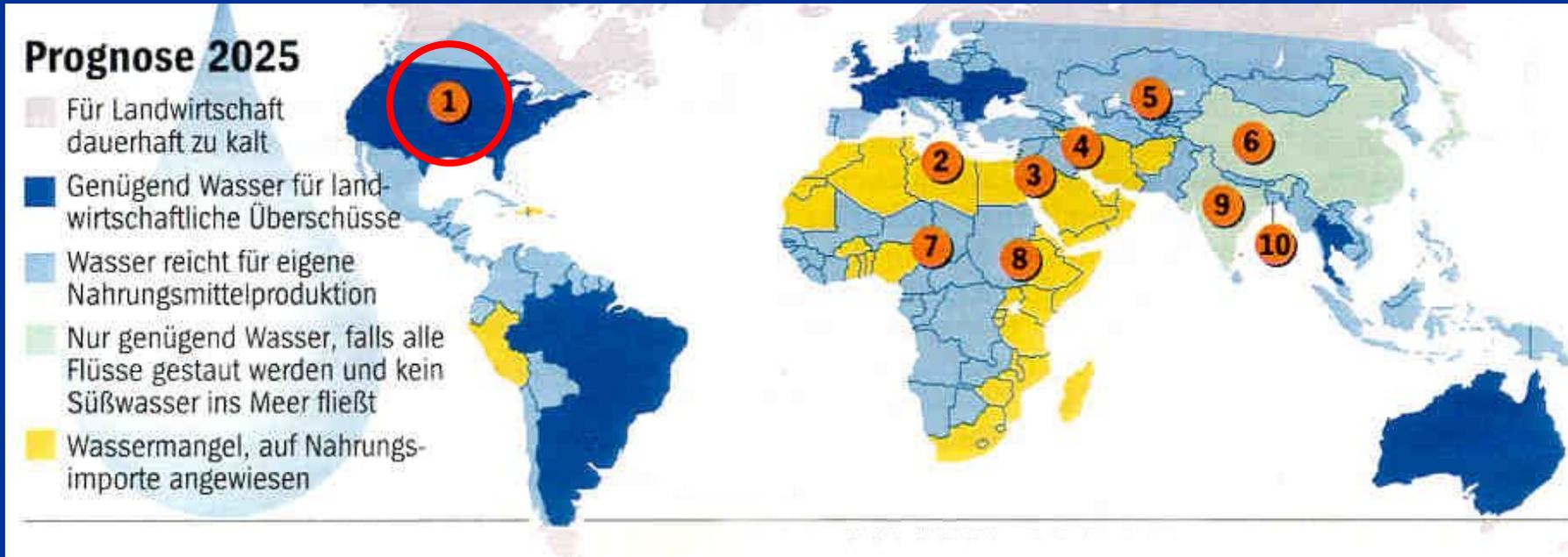
der Mali  
rn der Welt ist  
: wird versucht,  
ientere Bewäs-  
ndern(links).  
Vasser werden  
r Landwirt-  
ilfe könnte  
Wissenschafts-  
ksichtigung des  
rauchs“ schaf-  
l Wasser die  
: verschlingt.  
ak etwa kommt  
enn man unter  
it, was die Rin-  
is, Laif (2)

irtschaft

## Brennpunkte der Weltwasserkrise

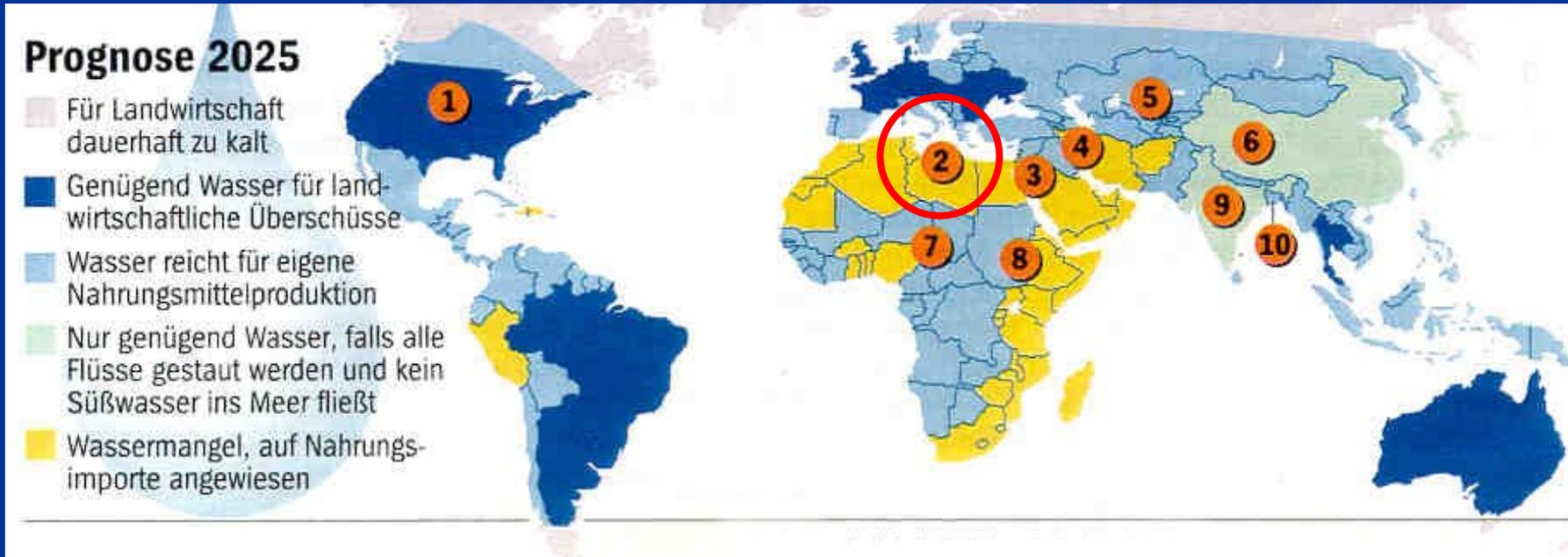


## Brennpunkte der Weltwasserkrise



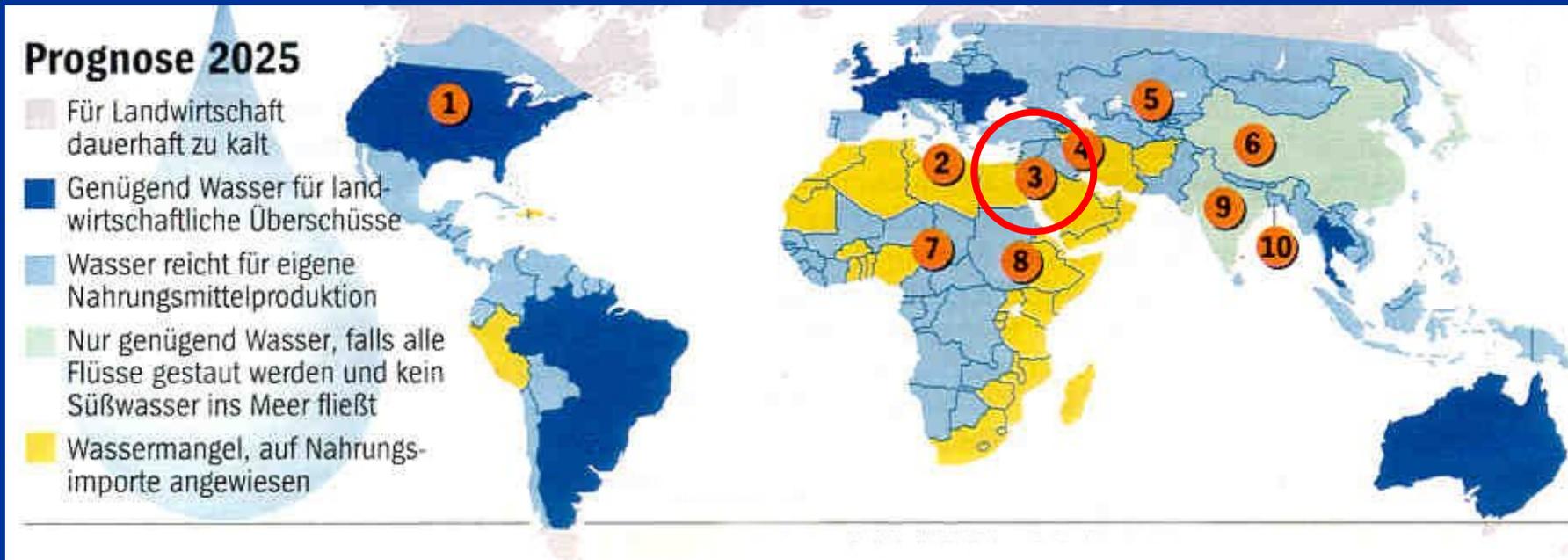
1. Ogallala: größter fossiler Grundwasserspeicher, Verlust von 12 Mia m<sup>3</sup>/Jahr

## Brennpunkte der Weltwasserkrise

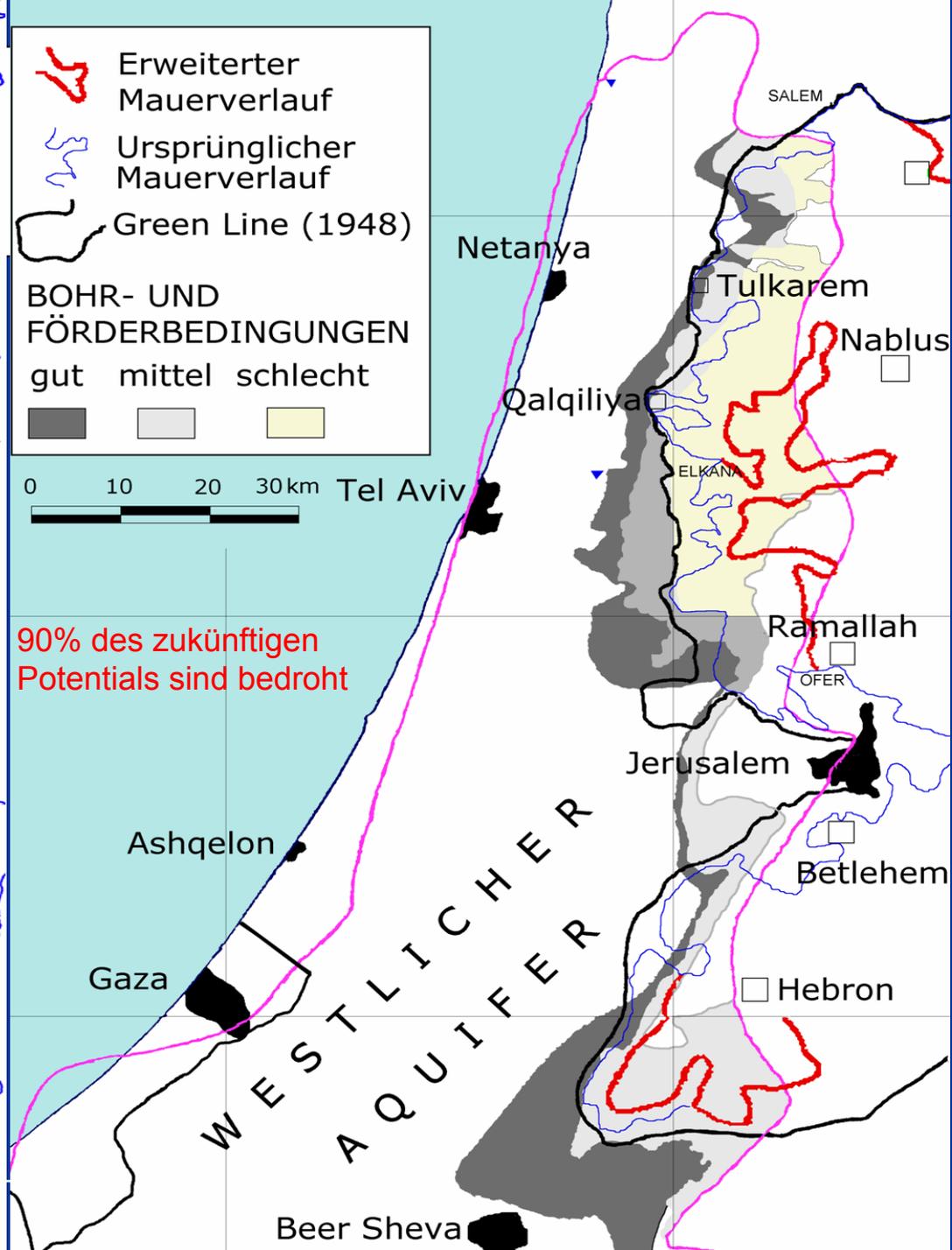
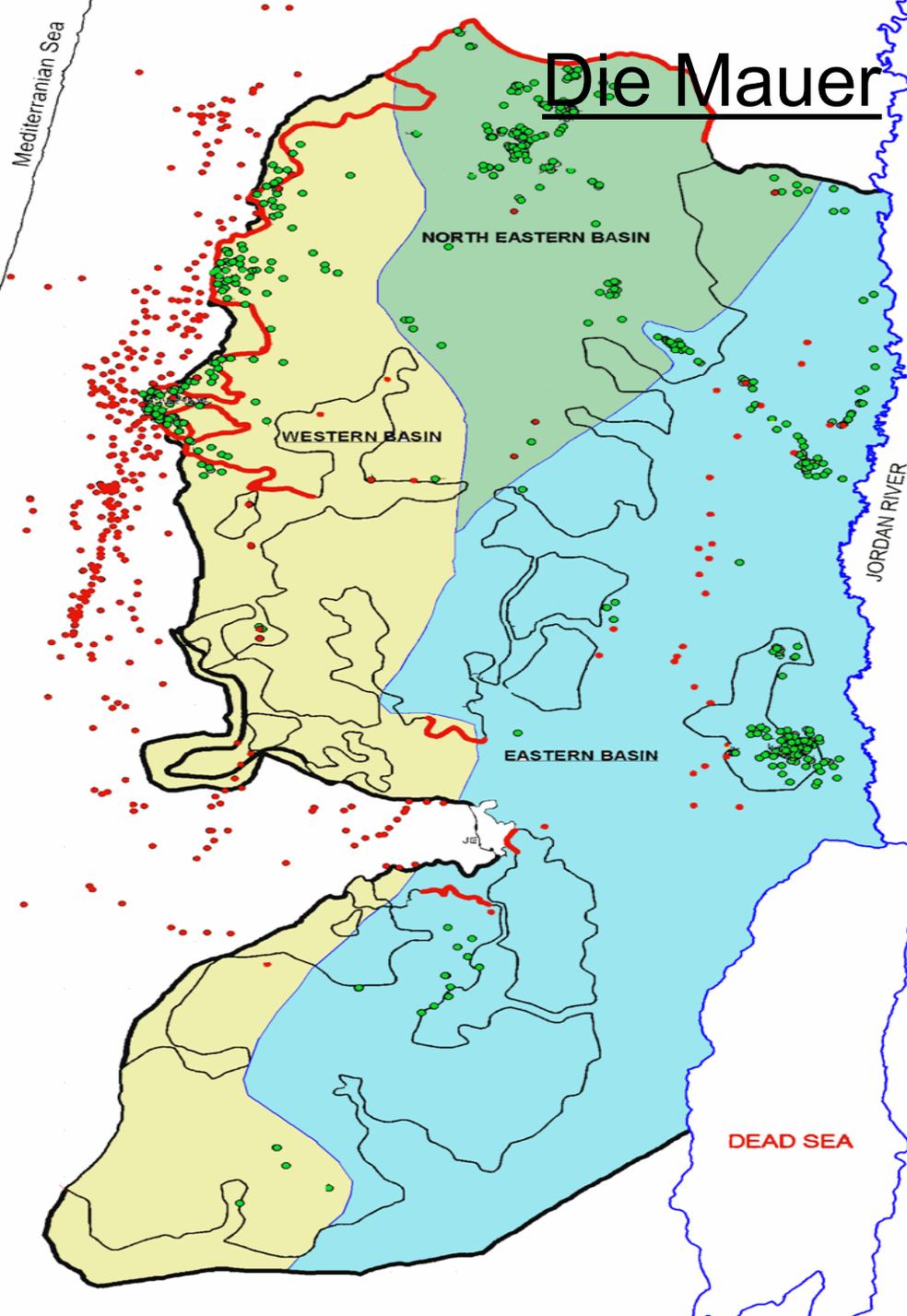


2. Libyen: Nicht erneuerbares Grundwasser fließt durch Pipelines 1500 km auf Felder in der Wüste

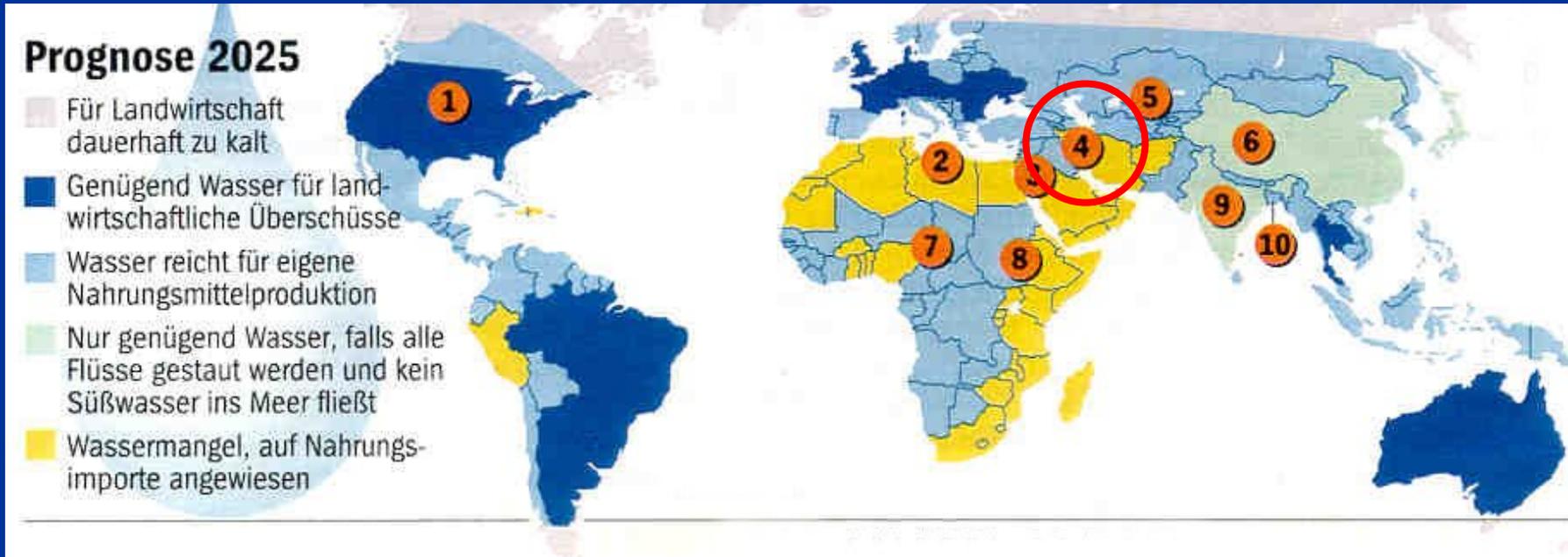
## Brennpunkte der Weltwasserkrise



3. Nahost: Israel nutzt 90% des Grundwassers der besetzten Westbank

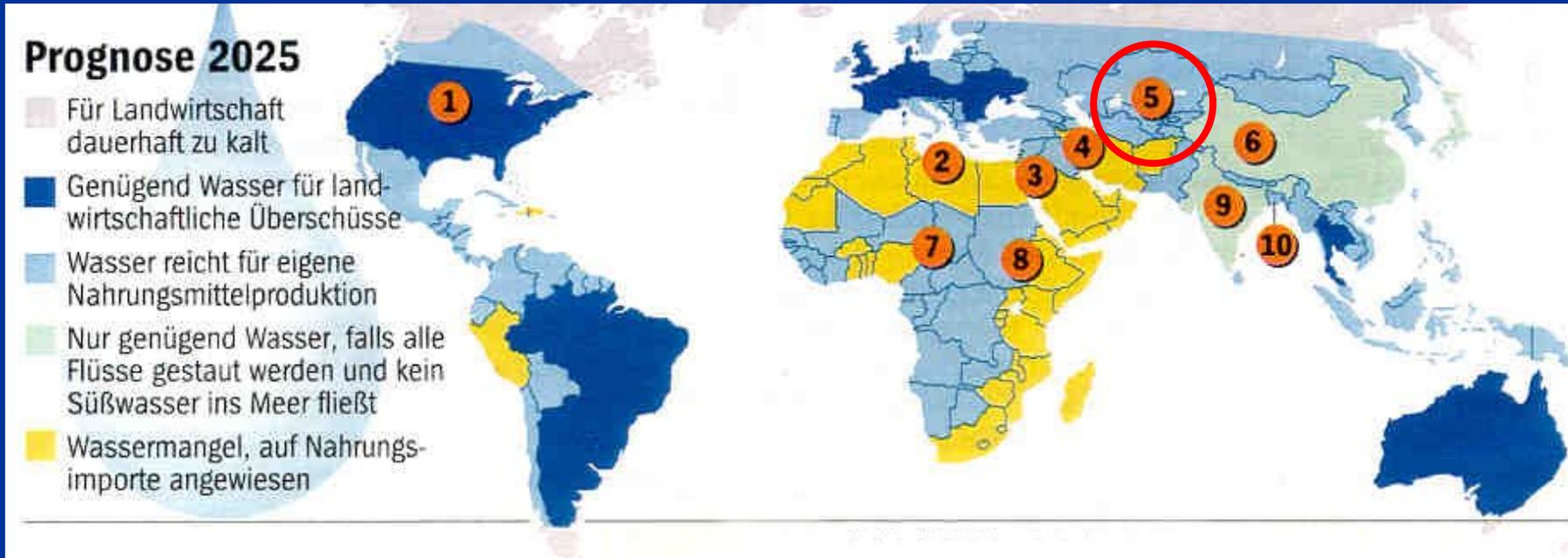


## Brennpunkte der Weltwasserkrise



4. Euphrat und Tigris: Die Türkei kontrolliert mit Dämmen den Oberlauf von Euphrat und Tigris  
Syrien und Irak brauchen das Flusswasser dringend

## Brennpunkte der Weltwasserkrise



5. Aralsee: Umleitung des Amudarja auf Baumwollfelder führt zur Austrocknung von Aralsee und Umland

## Aral See

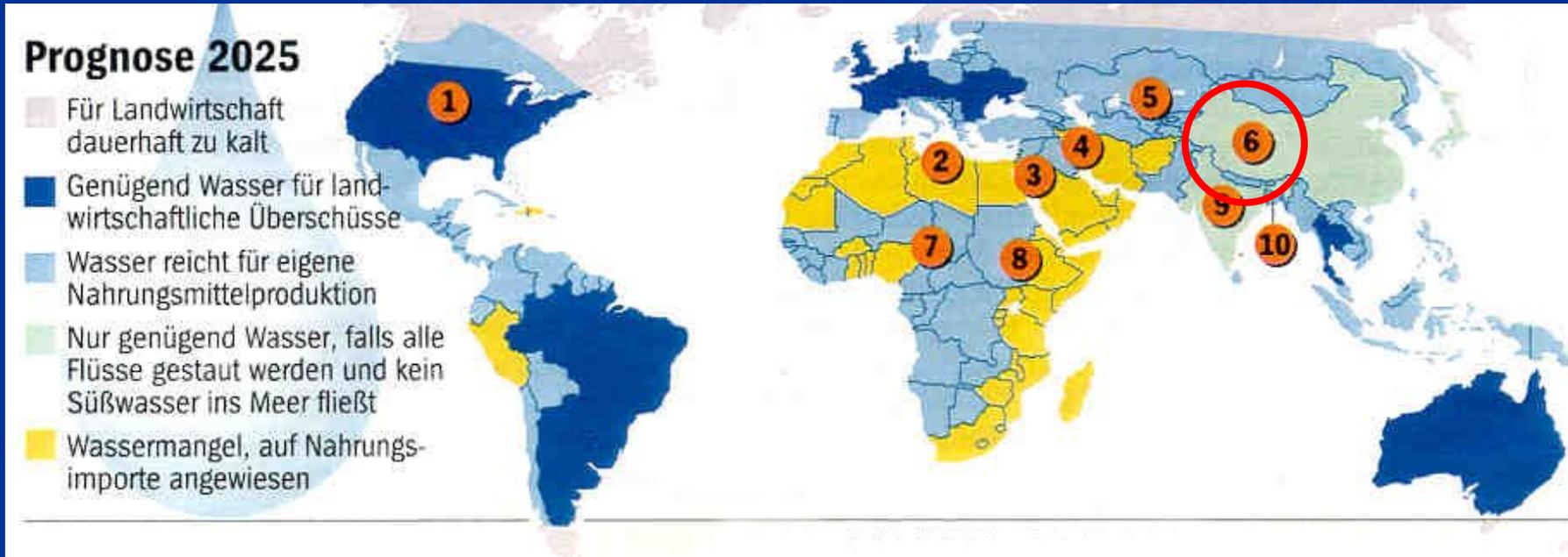


1976



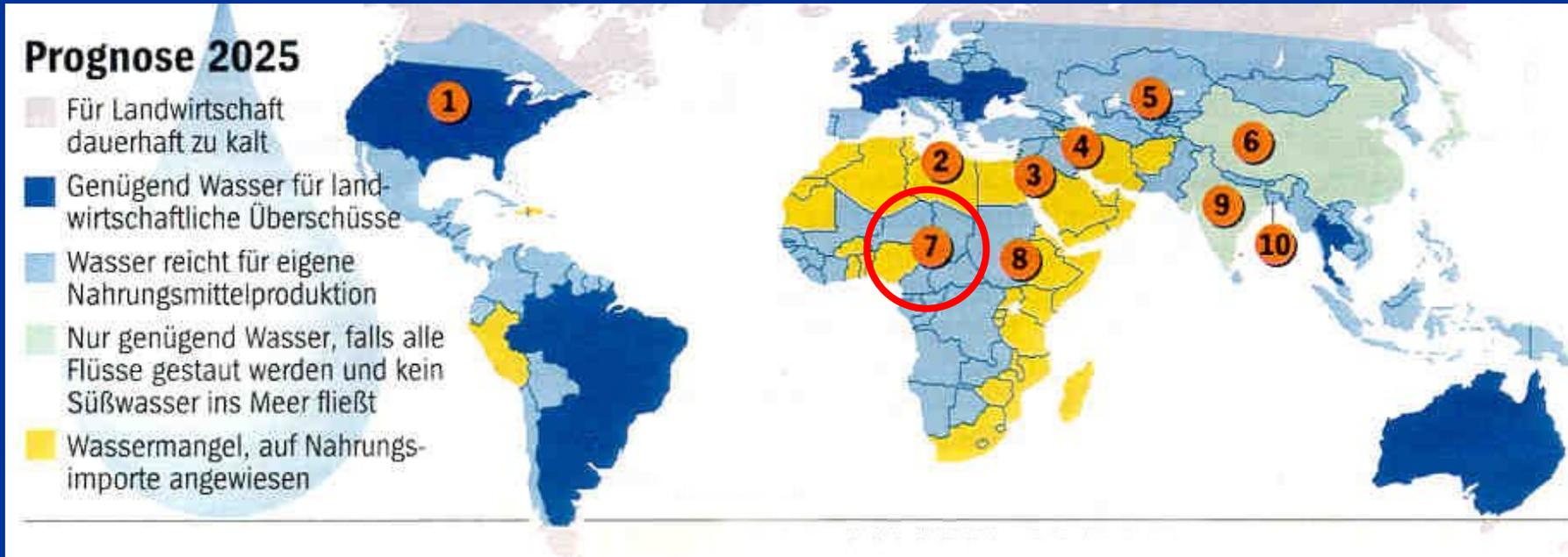
1997

## Brennpunkte der Weltwasserkrise

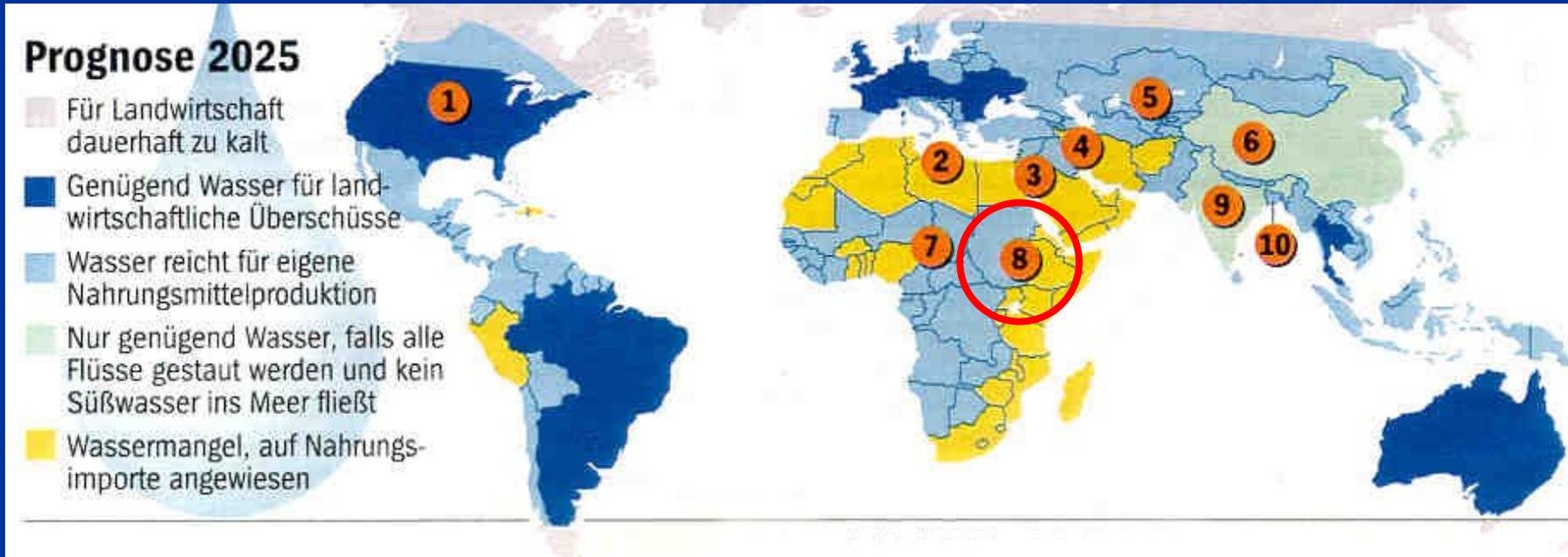


6. China: Schon 1972 erreichte der gelbe Fluss erstmals nicht mehr das Meer. Am Jangtse müssen dem 185 m hohen Drei-Schluchten Damm zwei Millionen Menschen weichen

## Brennpunkte der Weltwasserkrise

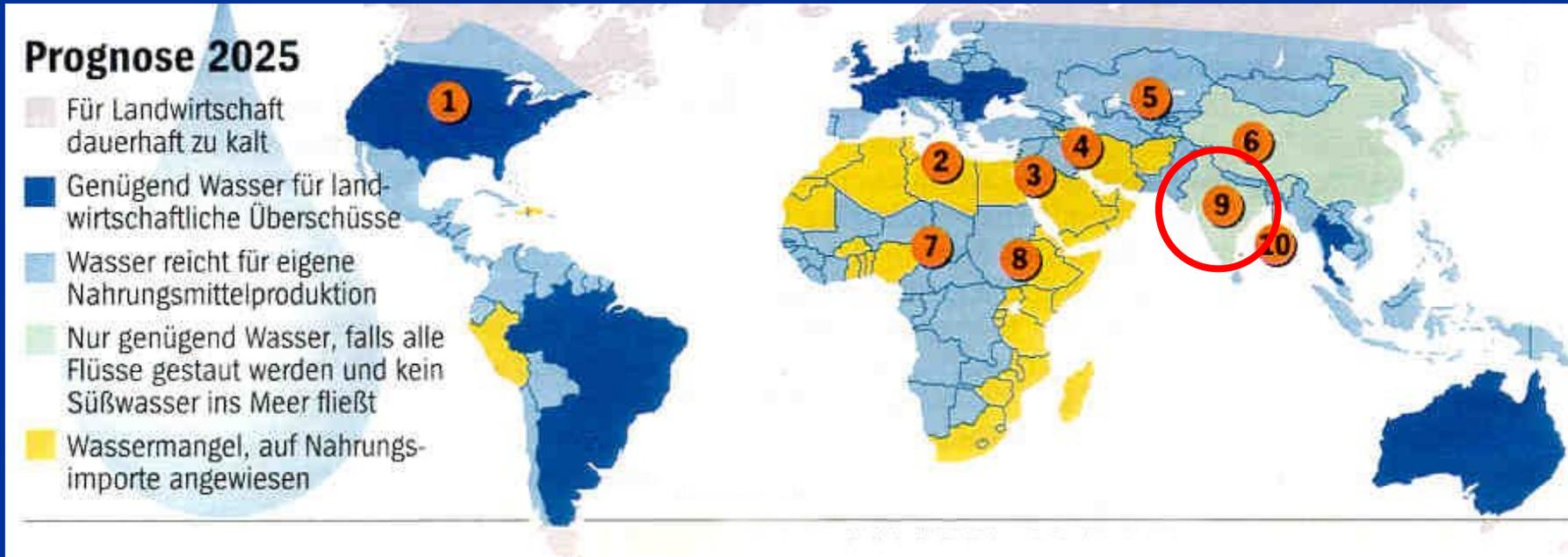


## Brennpunkte der Weltwasserkrise

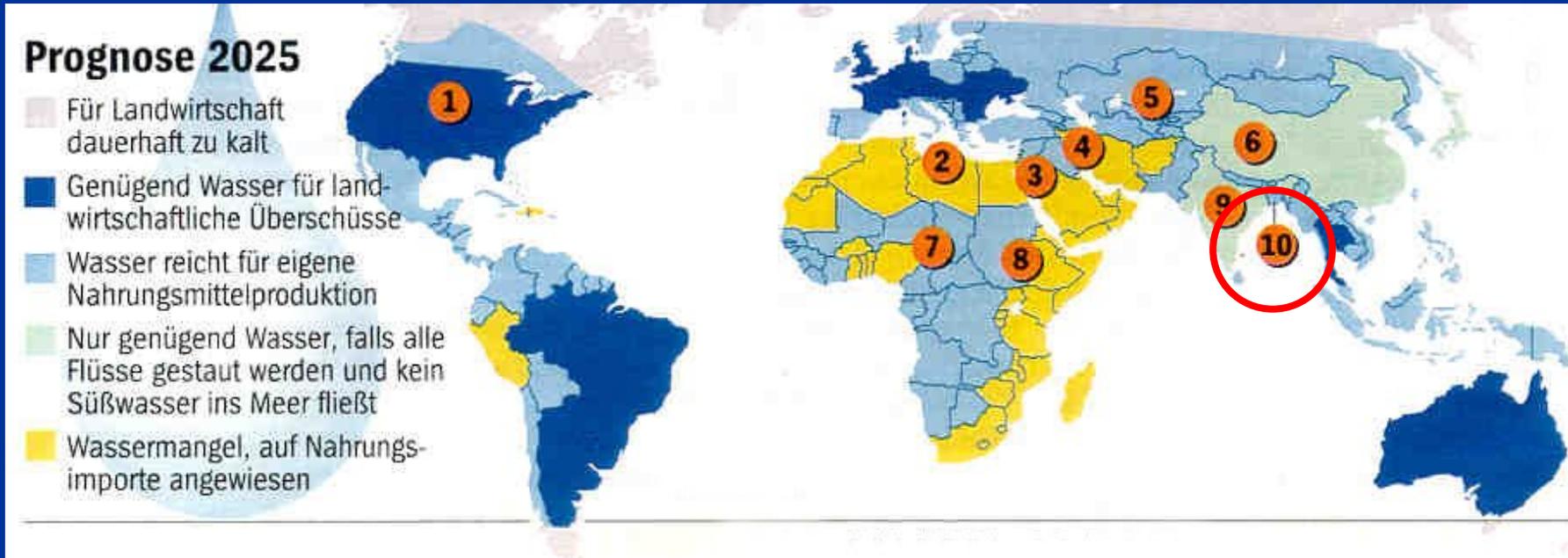


8. Nil: Äthiopien plant 200 kleine Dämme am Oberlauf des Nils zu bauen;  
Konfliktpotential mit Ägypten

## Brennpunkte der Weltwasserkrise

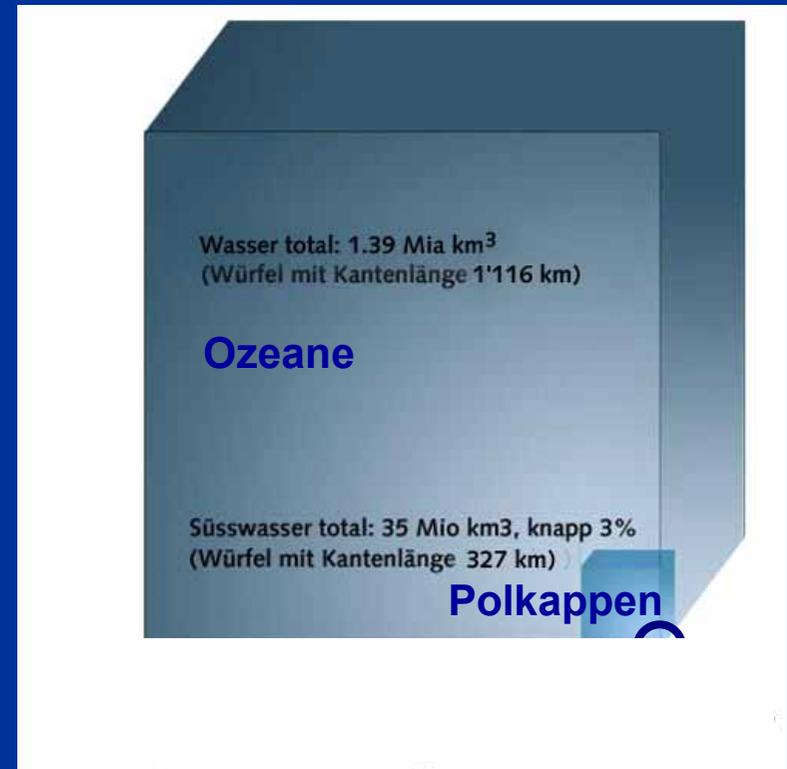
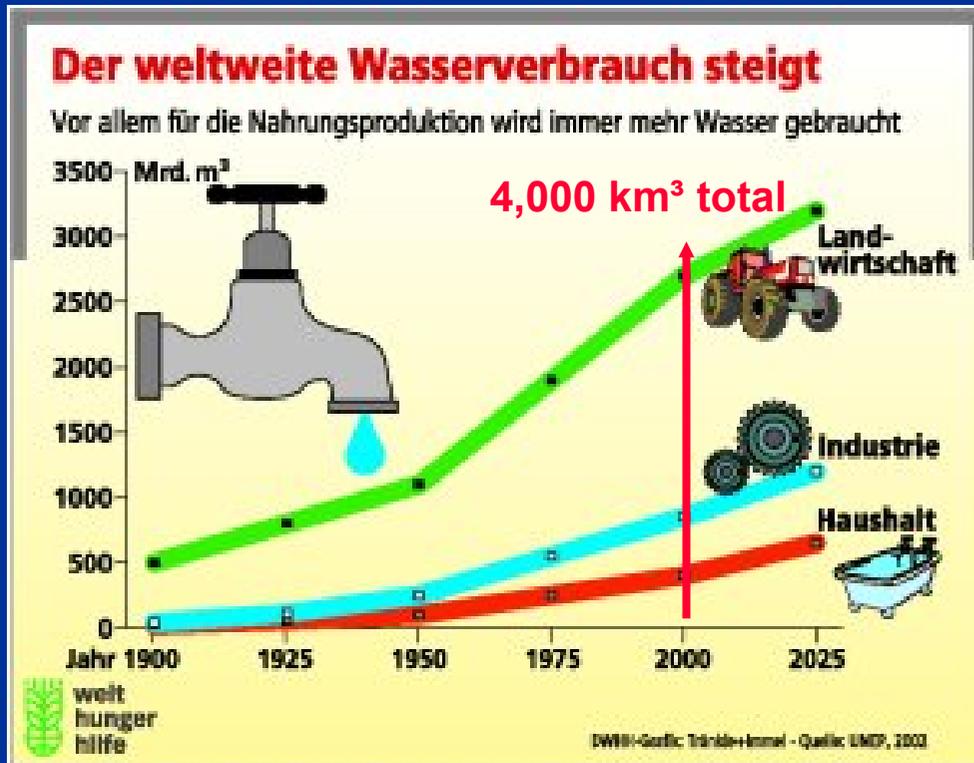


## Brennpunkte der Weltwasserkrise



10. Bangladesch: Bauern bewässern ihre Felder mit 1.2 Millionen Pedalpumpen; durch den sinkenden Grundwasserspiegel löst sich Arsen aus dem Boden im Trinkwasser und vergiftet die Menschen

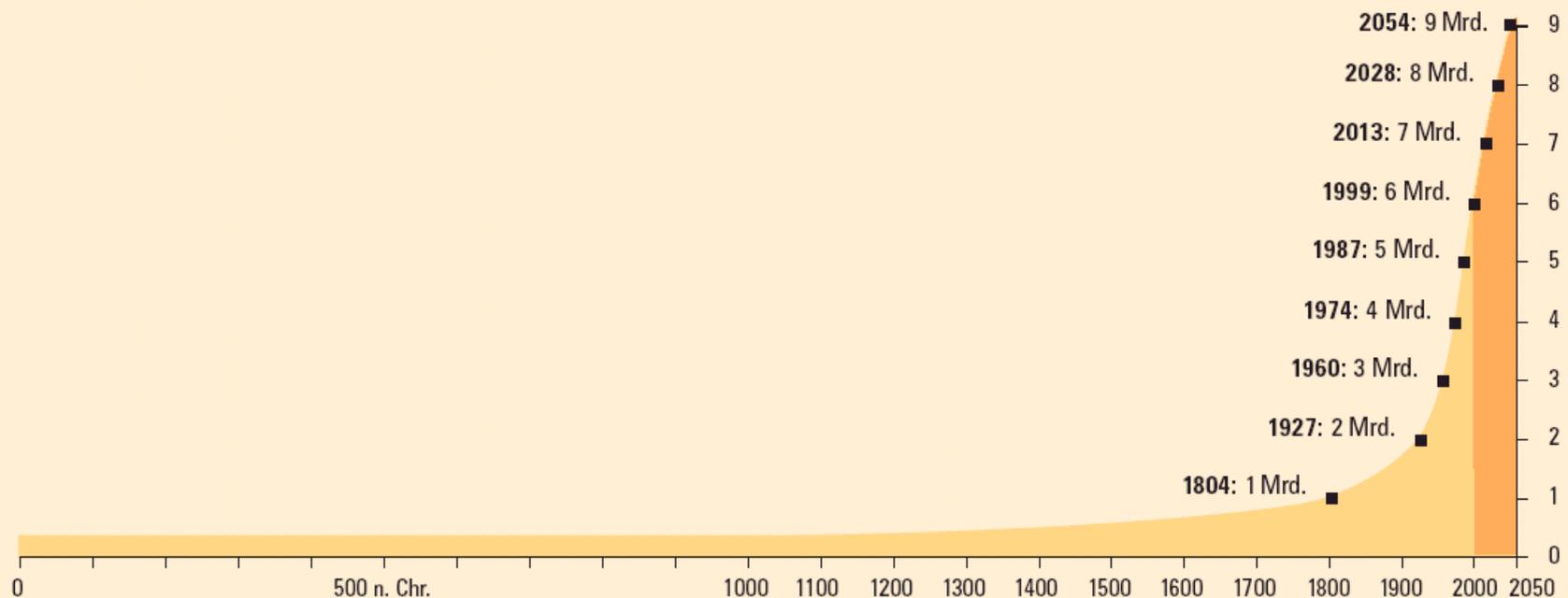
## Das Problem: Süßwasser wird knapp



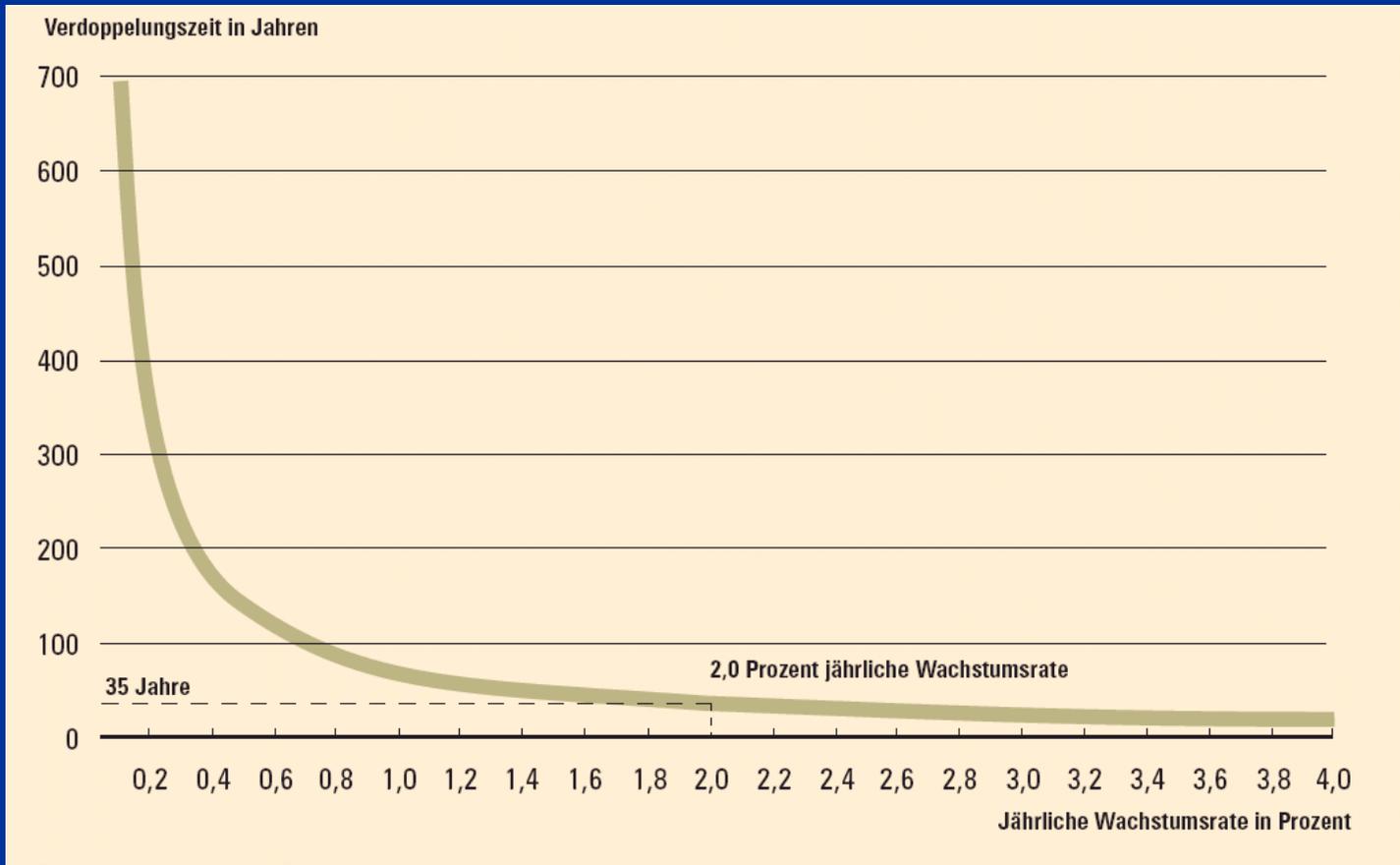
**Bereits 1/3 der verfügbaren Süßwasservorräte werden genutzt!**

# Wasserknappheit und Weltbevölkerung

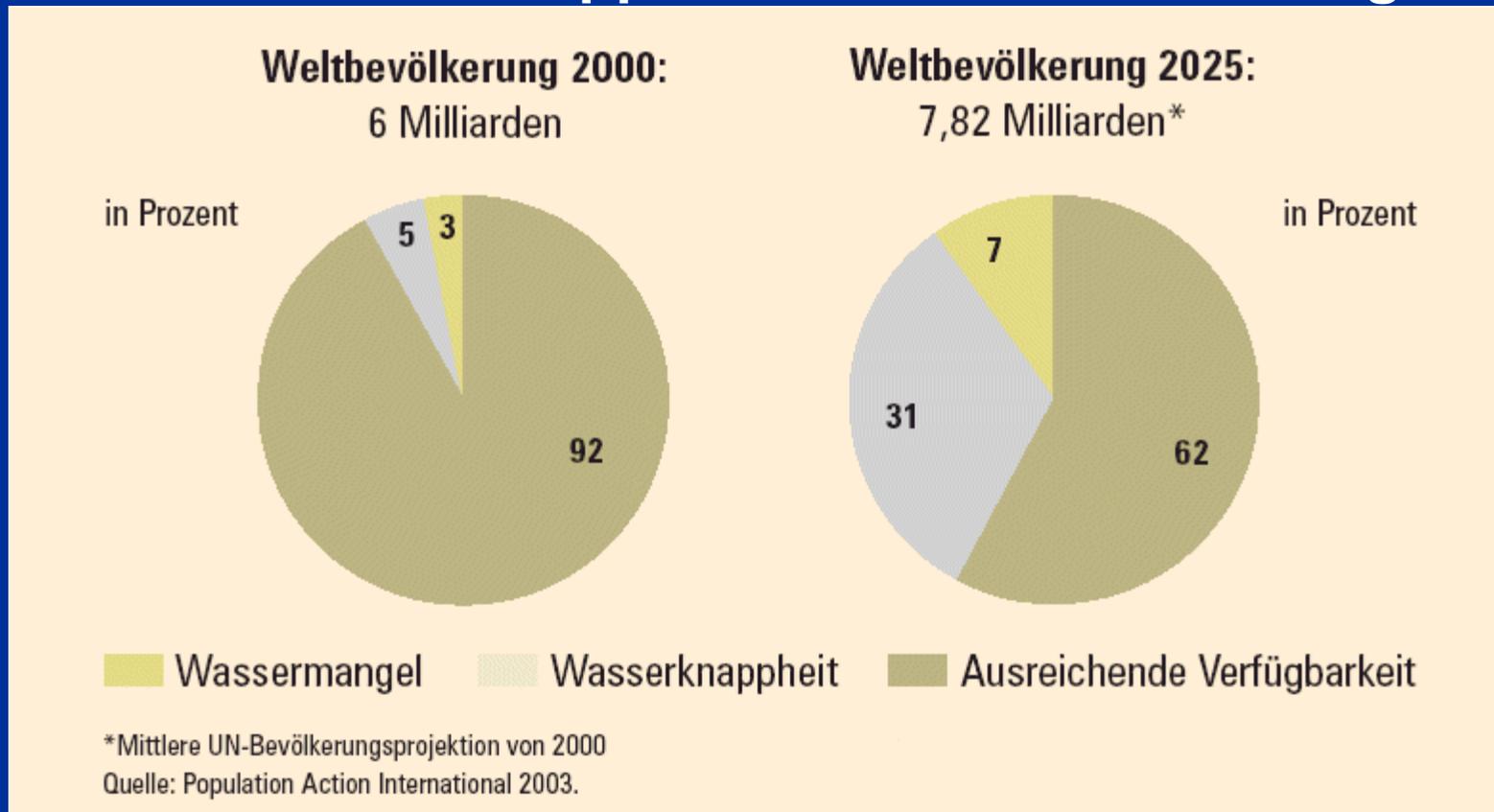
## Historische Entwicklung der Weltbevölkerung



# Wasserknappheit und Weltbevölkerung



## Wasserknappheit und Weltbevölkerung



Wassermangel: weniger als 1000 m<sup>3</sup>/Person/Jahr

Wasserknappheit: weniger als 1700 m<sup>3</sup>/Person/Jahr

## Wasserknappheit und Weltbevölkerung

- 2004: 600 Millionen Menschen von Wasserknappheit/ Wassermangel betroffen
- 2025: 2.7-3.2 Milliarden Menschen

Aber:

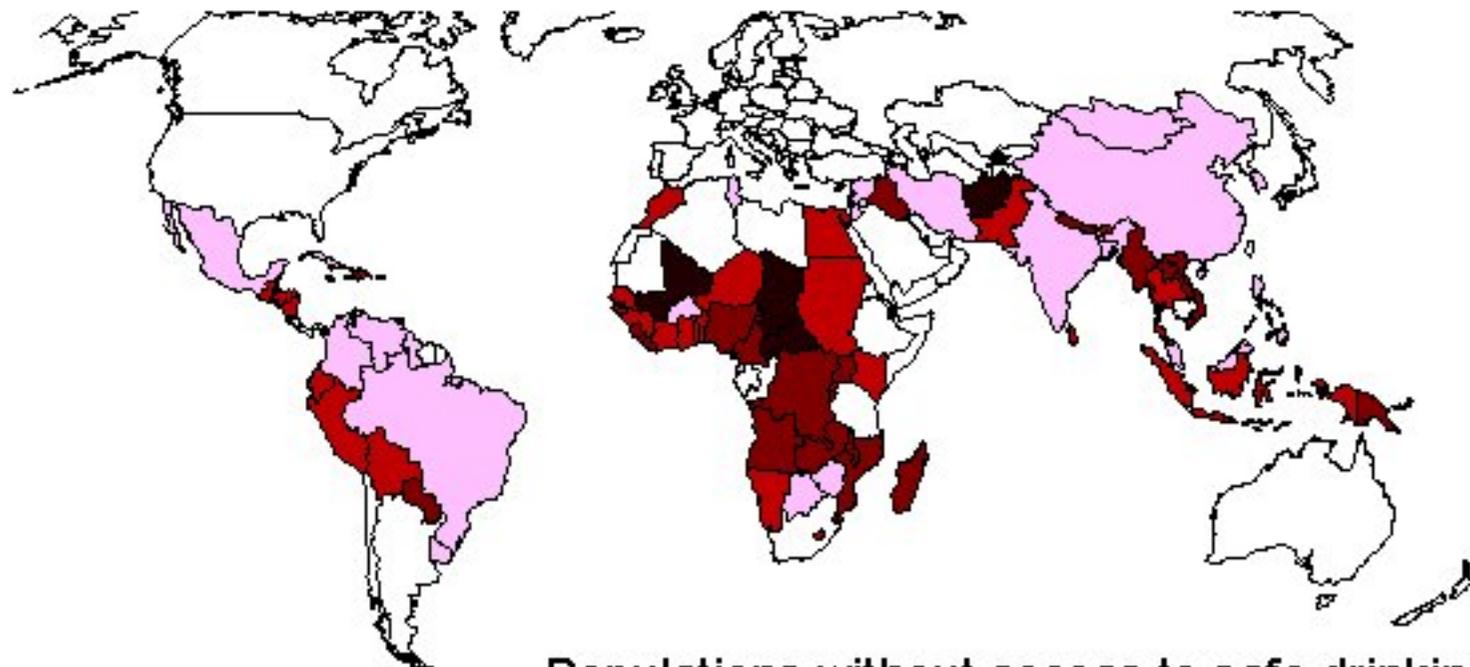
Bevölkerung: Verdreifachung

Weltwasserverbrauch: Versechsfachung!

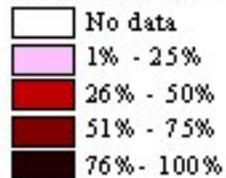
(20.Jh.)

## Die größten Wasserprobleme

- Generell: Immense Bedarfssteigerung durch Bevölkerungszunahme
- fehlender Zugang zu sauberem Trinkwasser
- Nichtnachhaltige Nutzung von Grundwasservorkommen  
1/4 des jährlich gepumpten Wassers stammt aus nicht erneuerbaren Quellen !
- Verminderung des Niedrigwasserabflusses  
-> Oberlieger-Untерlieger Konflikte, ökologische Folgen
- Trockenlegung von Feuchtgebieten
- Bodenversalzung durch falsche Bewässerung



Percent of population without access



**Populations without access to safe drinking water**

*from The World's Water  
The Biennial Report on Freshwater Resources  
(Gleick 1998)*

## Bodenversalzung durch Bewässerung

- bei Berieselung mit 10,000 m<sup>3</sup>/ha können 2-5 Tonnen Salz im Boden zurück bleiben
- Anreicherung wenn nicht ausgespült durch heftige Niederschläge
- Beispiele (% der bewässerten Fläche die von Versalzung betroffen ist)
  - Irak: > 50%
  - Ägypten: 30-40%
  - Indien: 30%
  - USA: 20-25%
  - Australien: 15-20%



**Beispiel: Bodenversalzung in Pakistan**



**Beispiel: Bodenversalzung in Australien**



Beispiel: Bewässertes Tomatenfeld in der Negev-Wüste (Israel)  
3000 Tonnen Wasser für eine Tonne Frucht

## Wasserkrise

- Wasserkrise ist lokal
- Wasserkrise ist in Entwicklungsländern
  -
- Wasser ist nur ein Faktor der Armut
- Erforderliche finanzielle Mittel sind nicht verfügbar

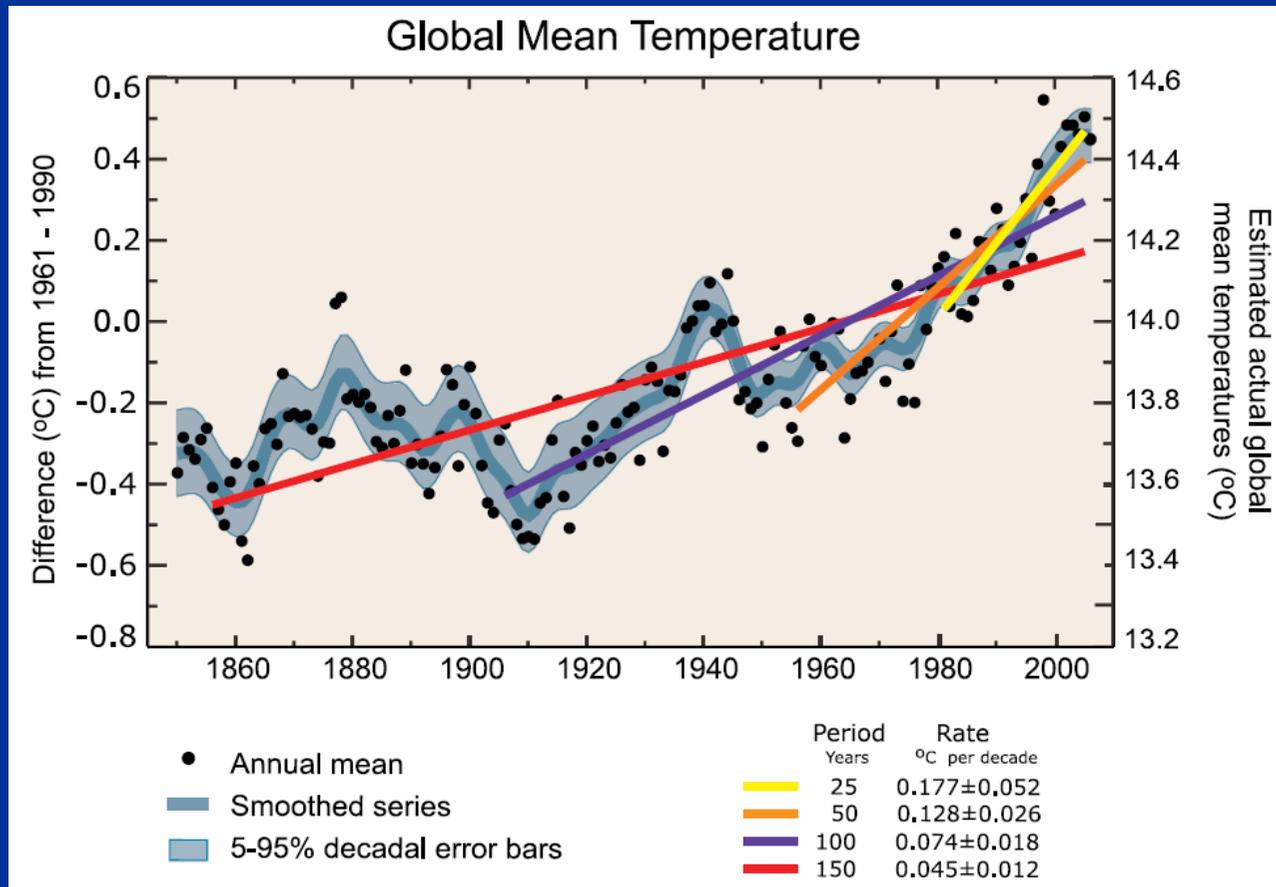
aber:

200 Milliarden Dollar erforderlich für sauberes Trinkwasser weltweit  
400 Milliarden Dollar: Verteidigungsetat der USA

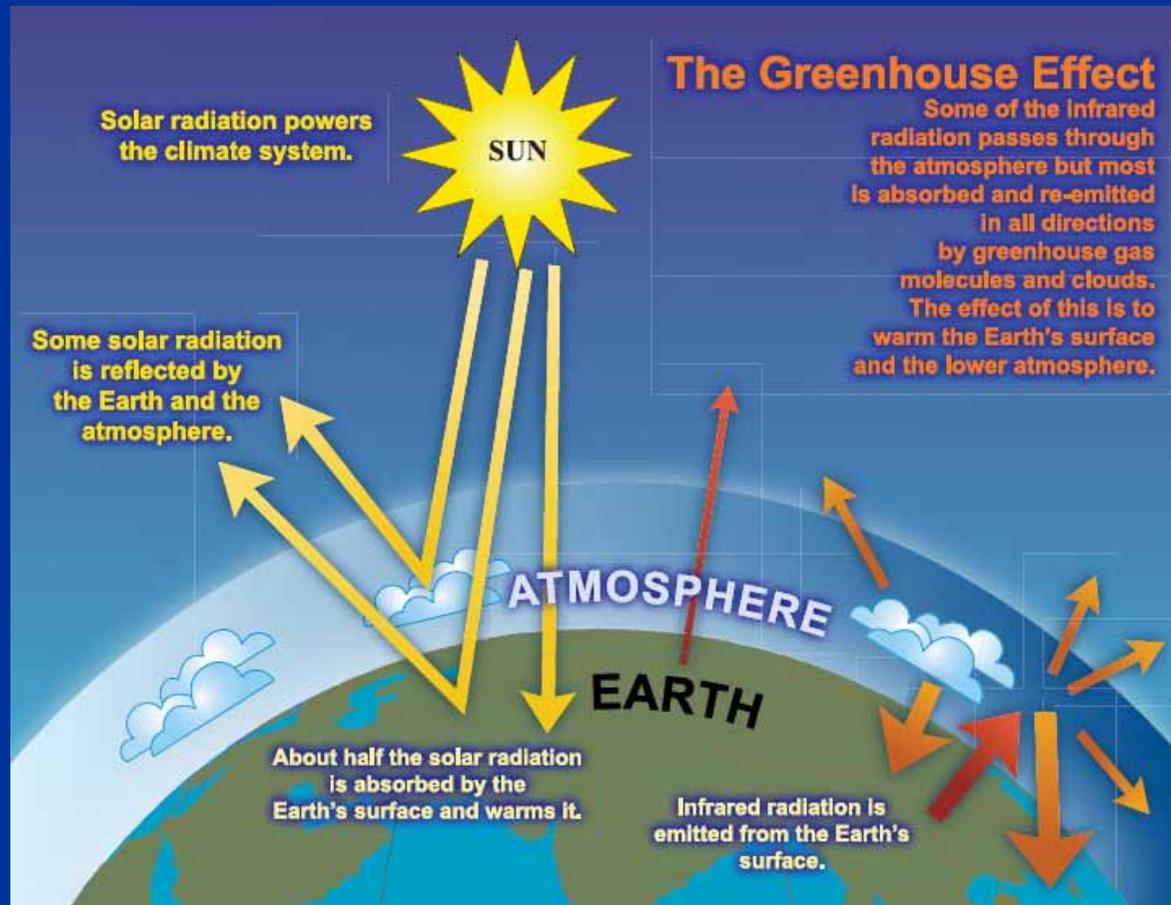
## Wasser vs. Öl

- Erdöl: globaler Markt
- Wasser: lokaler Markt
- 
- fossiles Grundwasser: wird nicht nachgebildet
- nichtnachhaltige Nutzung fossilen Wassers nur sinnvoll, wenn Einkünfte zur Investition und Schonung von Ressourcen verwendet wird
- in beiden Fällen: hohes Konfliktpotential, Krieg ums Wasser/Öl

# Verschärfung der Wasserkrise durch den Klimawandel



## Der Treibhauseffekt

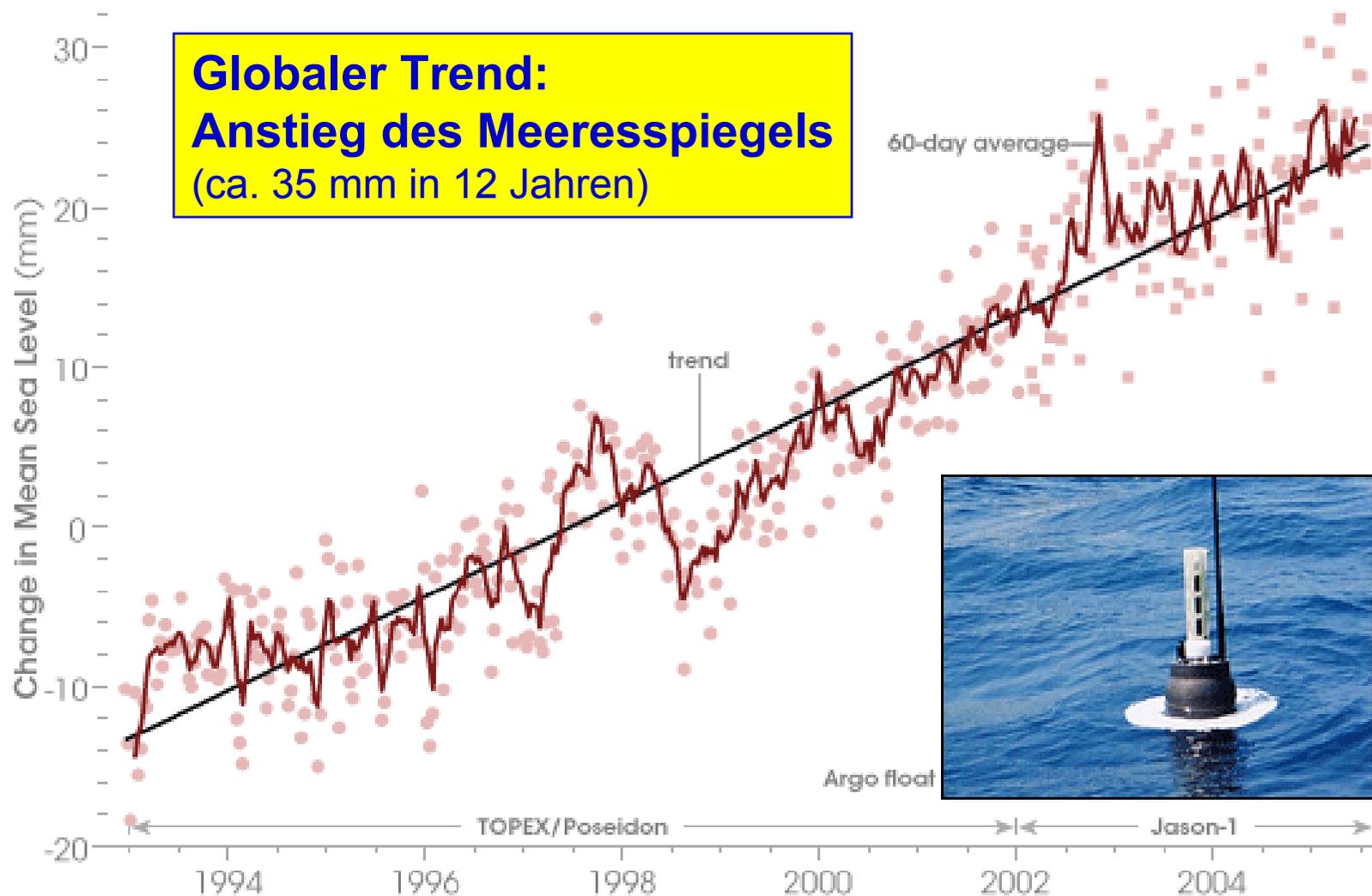


## Verschärfung der Wasserkrise durch den Klimawandel

- Physikalischer Hintergrund:
  - warme Luft kann mehr Feuchtigkeit transportieren
  - Höhere Temperaturen führen zu höheren Verdunstungen
  - durch Verdunstungsenergie: erhöhter atmosphärischer Energieinhalt
- **Folge: Intensivierung des Wasserkreislaufs:**  
höhere Feuchte in der Atmosphäre, pro Niederschlagsereignis höhere Niederschlagsmengen möglich
- Veränderung von Saisonalität, regionaler Verteilung und Intensitäten:
  - große regionale Unterschiede möglich!
  - kleine großräumige Änderungen können große regionale Änderungen bewirken!

## Nachweis der Klimaänderung

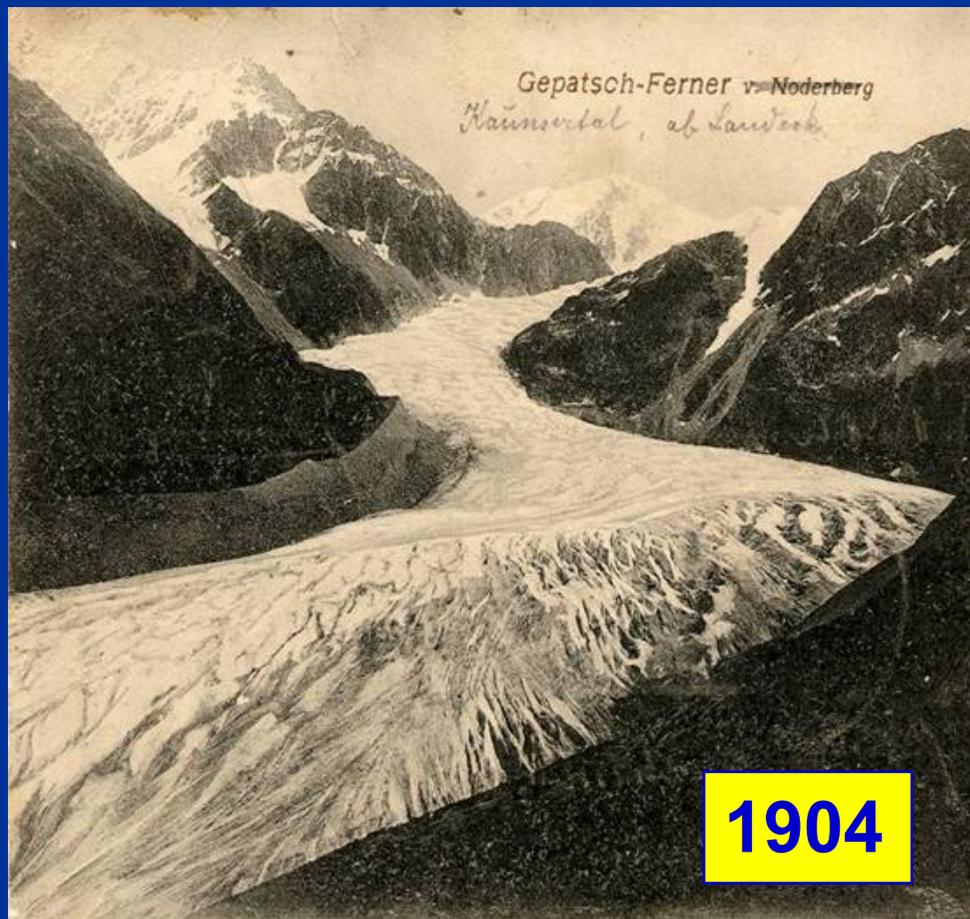
- Anstieg der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur um  $0.7^{\circ}\text{C}$  im 20. Jh.
- Veränderung des Meeresspiegels 1-2 mm/Jahr
- Abnahme der Schnee (-10%)- und Eisbedeckung
- Verlängerung der Wachstumsperiode um etwa 1-4 Tage/Jahrzehnt 1960-2000
- Frühere Blütezeit, frühere Ankunft von Vögeln



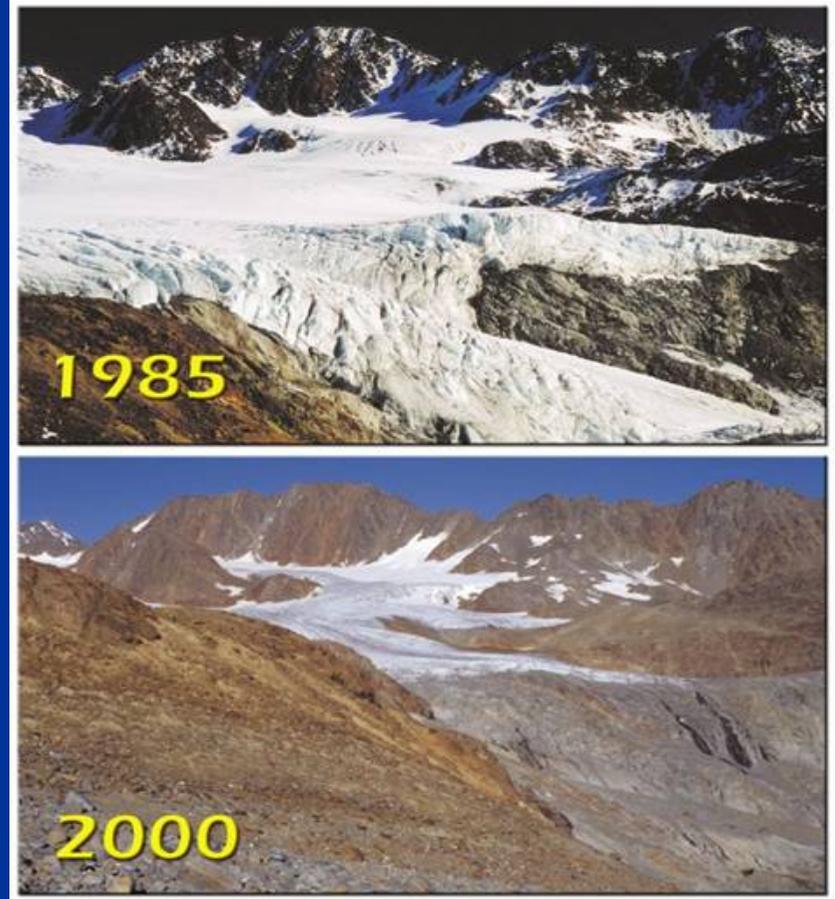


**Morteratsch Gletscher (Bernina Gebiet, Schweiz) Markierung: 1970**

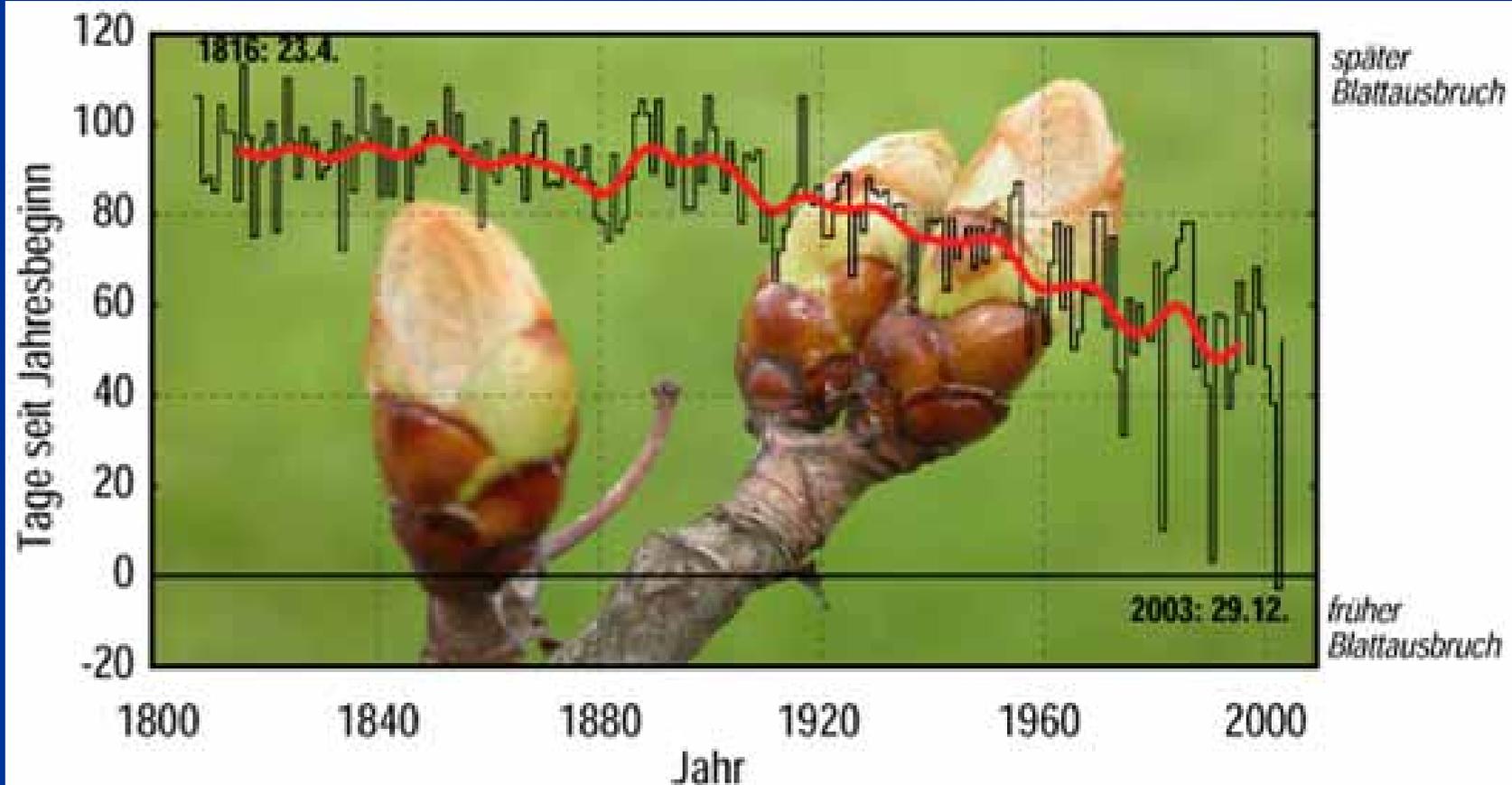
## Gepatsch-Ferner, Kaunertal (Tirol)



- 50% Massenverlust 1850-1980  
in den Alpen
- 20-30 % zwischen 1980–2000
- 10% im Sommer 2003



**Vernagtferner**



### Blattausbruch Rosskastanie – Genf 1808-2004

# Ursachen des Klimawandels

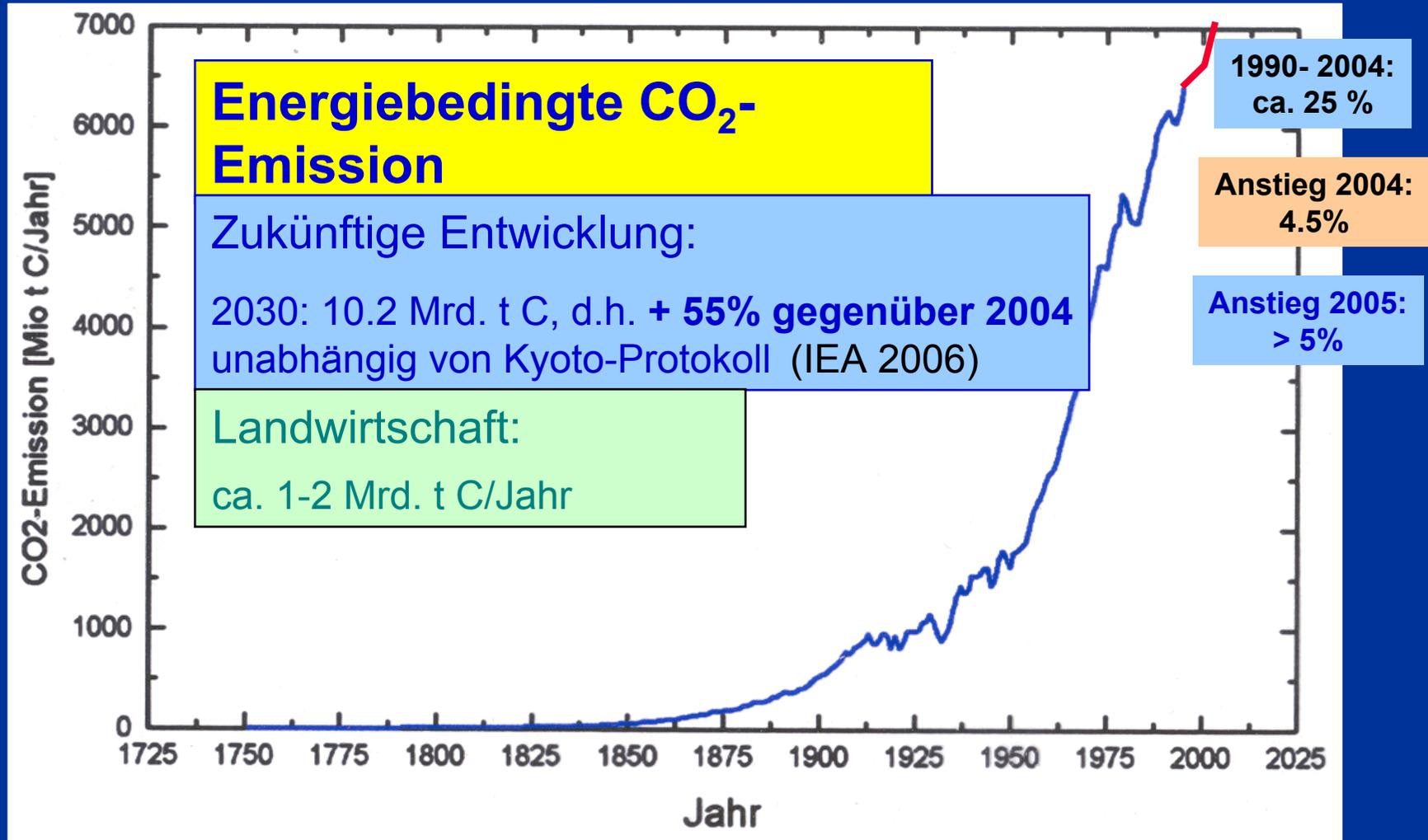


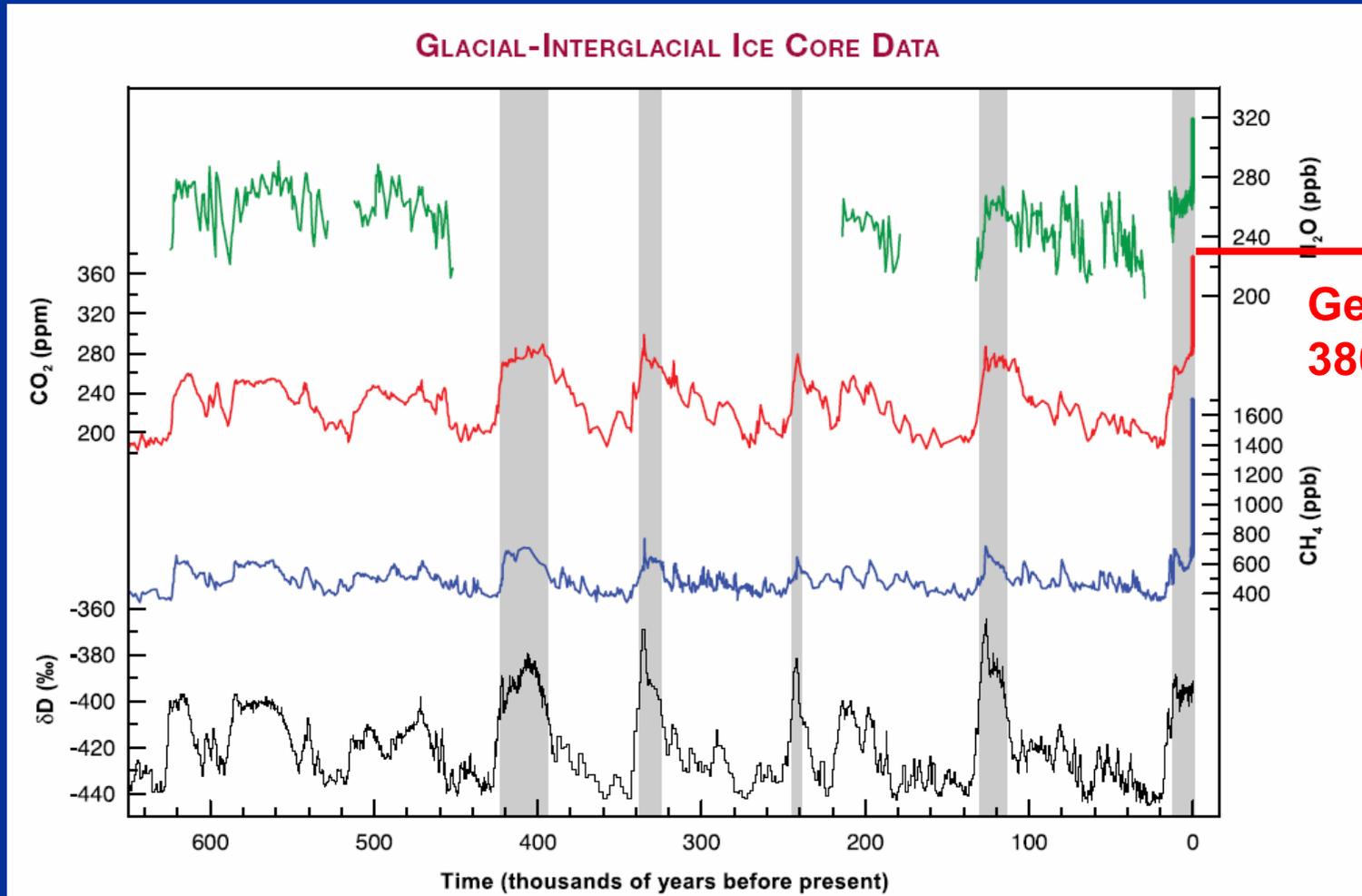
Sonnenzyklen: ca. 10%



Anthropogene Aktivitäten: ca. 90%

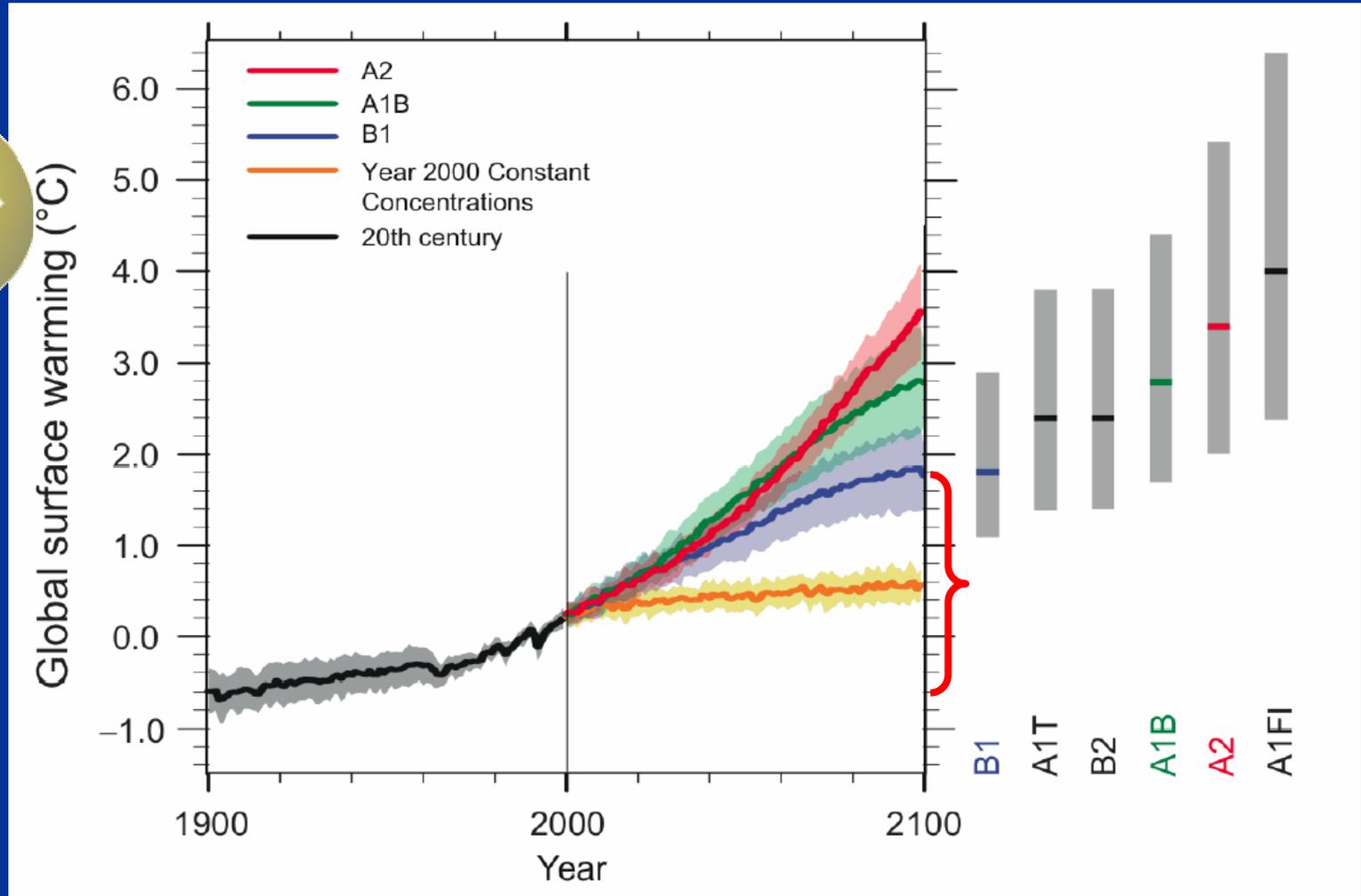
Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, FCKW)  
-18°C → +15,5°C





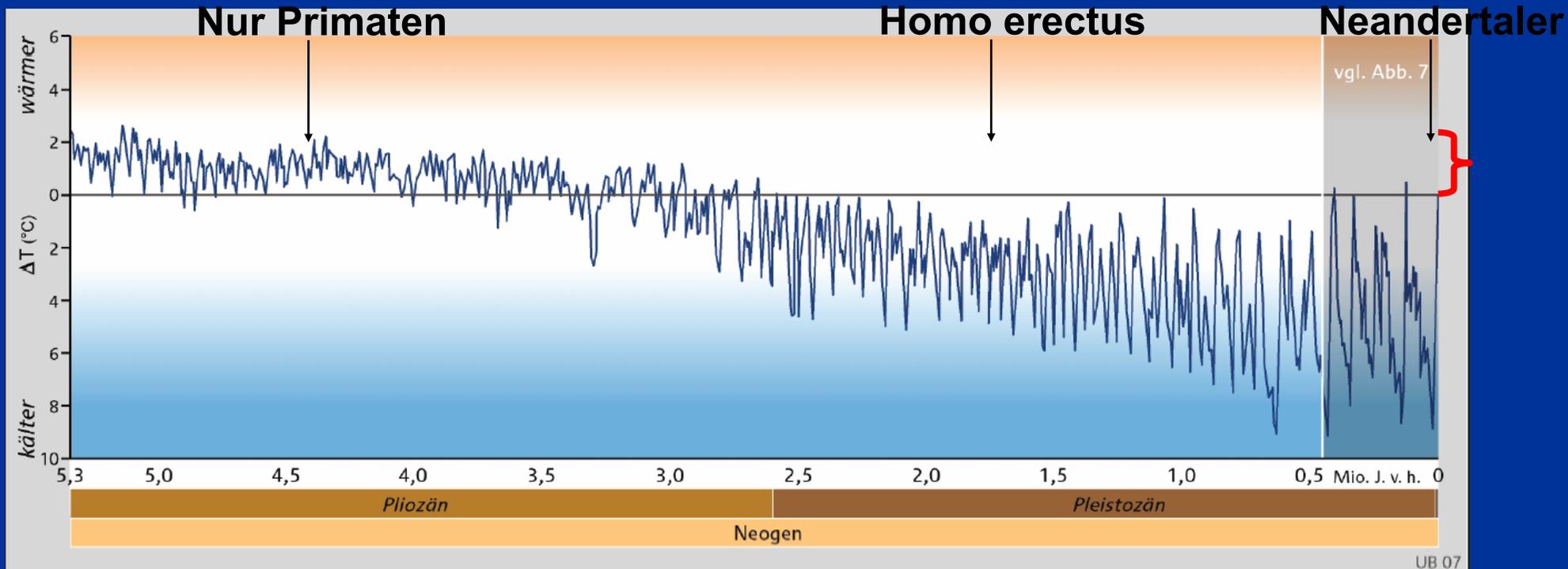
**Gegenwärtig:  
380 ppm CO<sub>2</sub>**

**Höchste CO<sub>2</sub> Konzentration & Zuwachsraten seit 650,000 Jahren!**



**Selbst optimistische Szenarien: 2.5°C ↑**

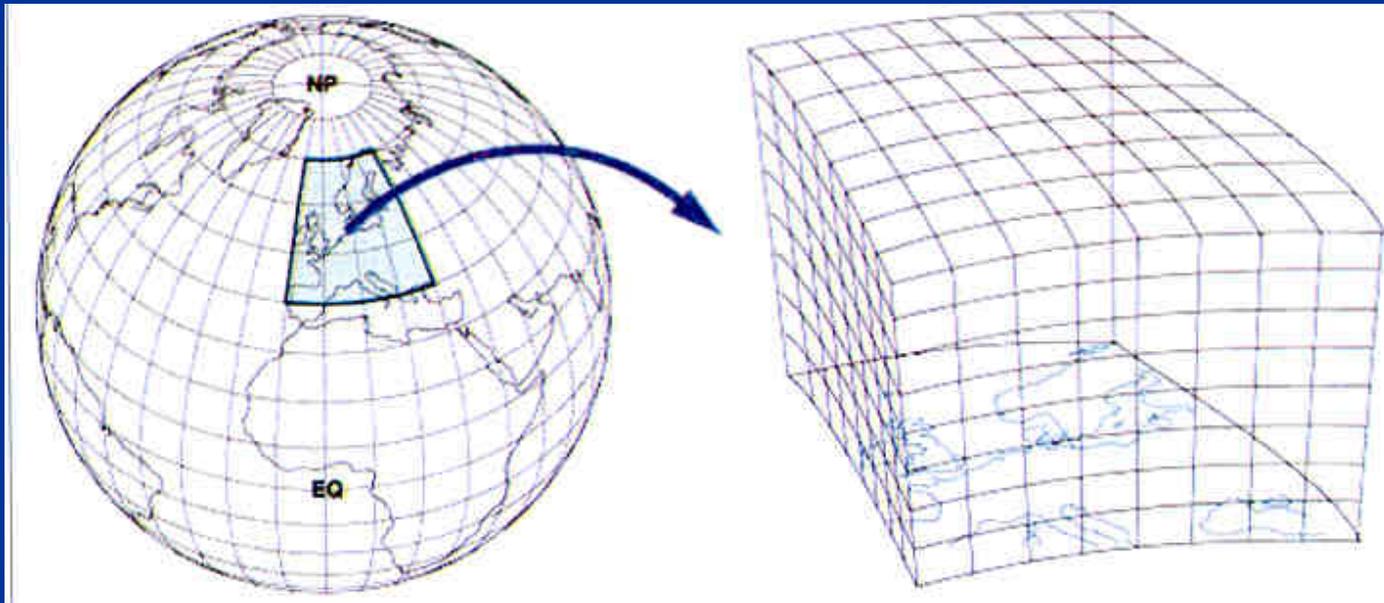
## Globale Temperaturänderungen gegenüber heutigem Mittelwert



Nach Lisiecki und Raymo, 2005

**Erwartetes  $\Delta T \Rightarrow$  keine vergleichbaren Klimaperioden in letzten 5 Mill. Jahren !**

## Klimamodellierung



Numerische Simulation der Atmosphäre

## Beispiele aktueller Forschungsarbeiten

### Klimaänderung und Wasserhaushalt

- im nahen Osten (Jordan) ■
- im Alpenraum

Durch Verwendung von regionalen Klimamodellen mit hoher räumliche Auflösung ( $\Rightarrow$  Berge, Täler) und hydrologischen Modellen

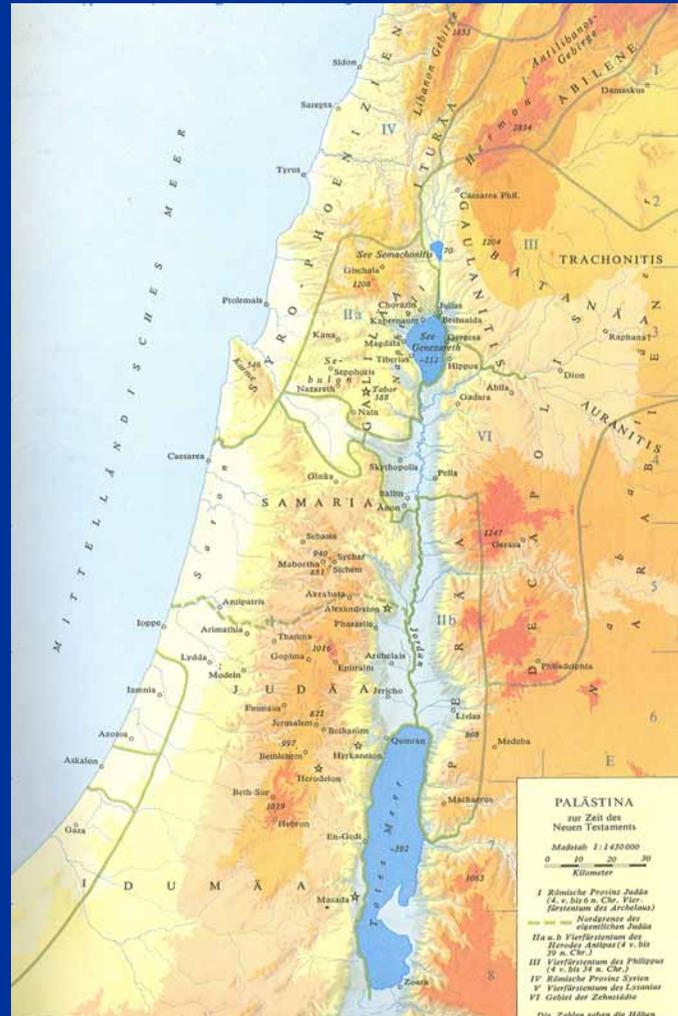
## **Beispiel 1**



# **Klimaänderung und Wasserverfügbarkeit**

## **Naher Osten**

# Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft



**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft



## Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft



## Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft



## Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

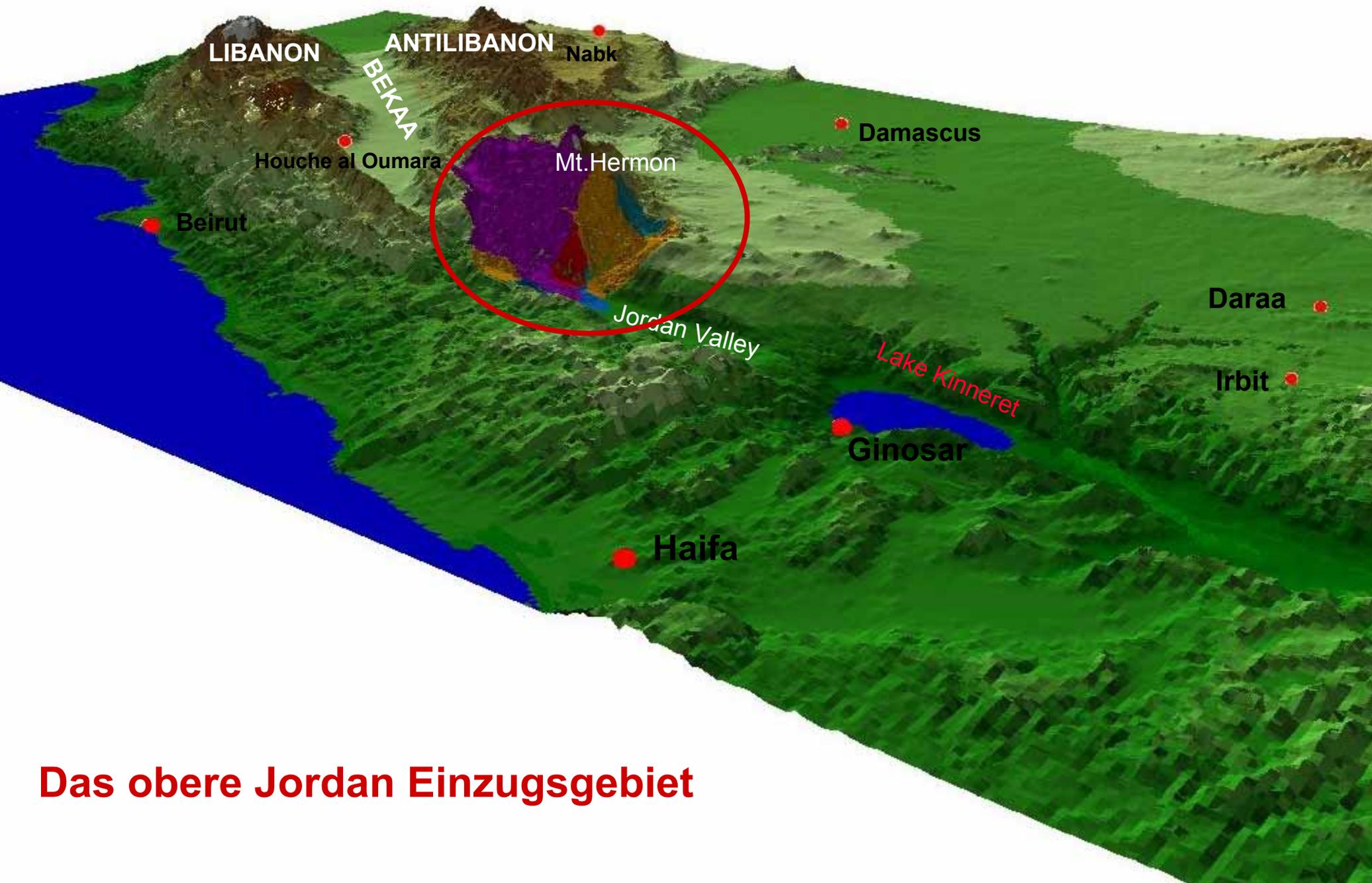


**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft





**Oberes Jordan  
Einzugsgebiet**



LIBANON

ANTILIBANON

BEKAA

Nabk

Damascus

Houche al Oumara

Mt. Hermon

Beirut

Jordan Valley

Daraa

Lake Kinneret

Irbit

Ginosar

Haifa

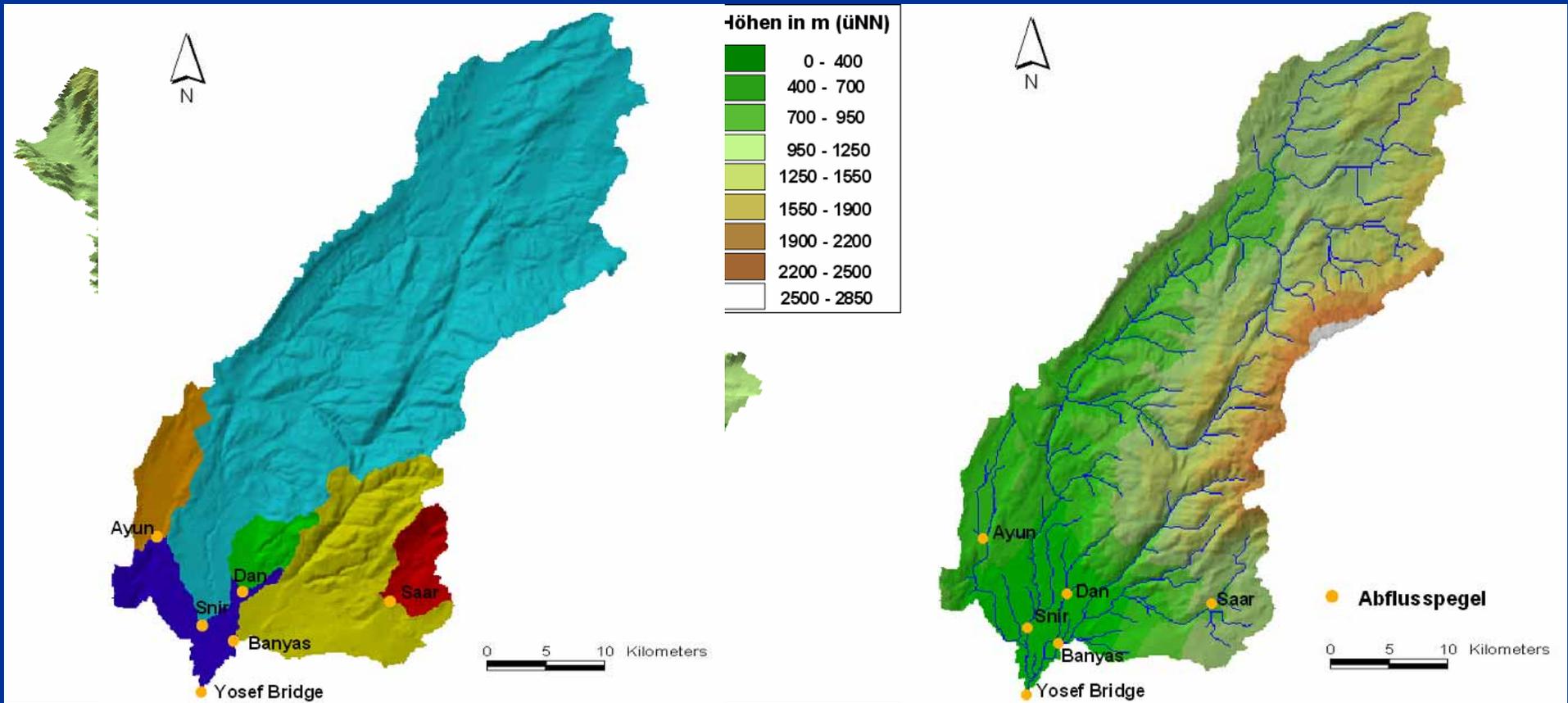
**Das obere Jordan Einzugsgebiet**



Jordan & Mt Hermon

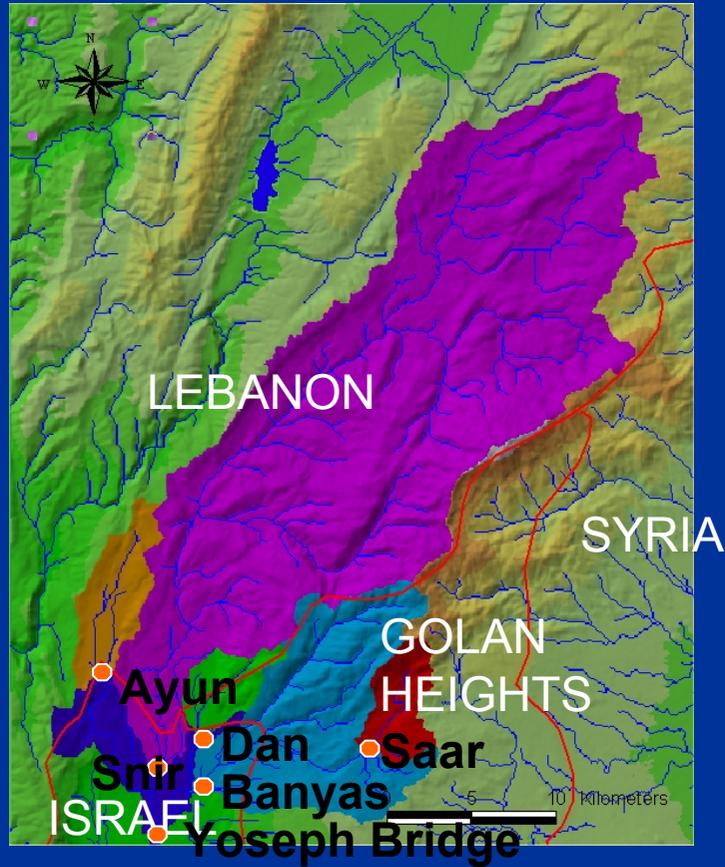


## DEM from SRTM Satellite Mission (90m)

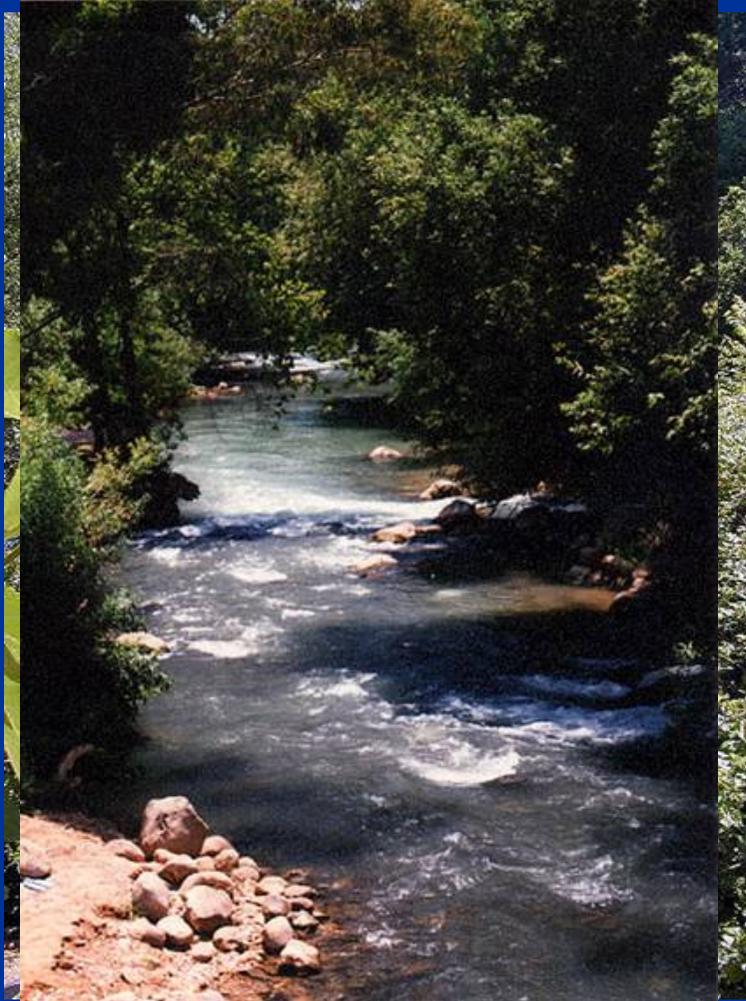


# Hydrological Modeling

Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Banyas





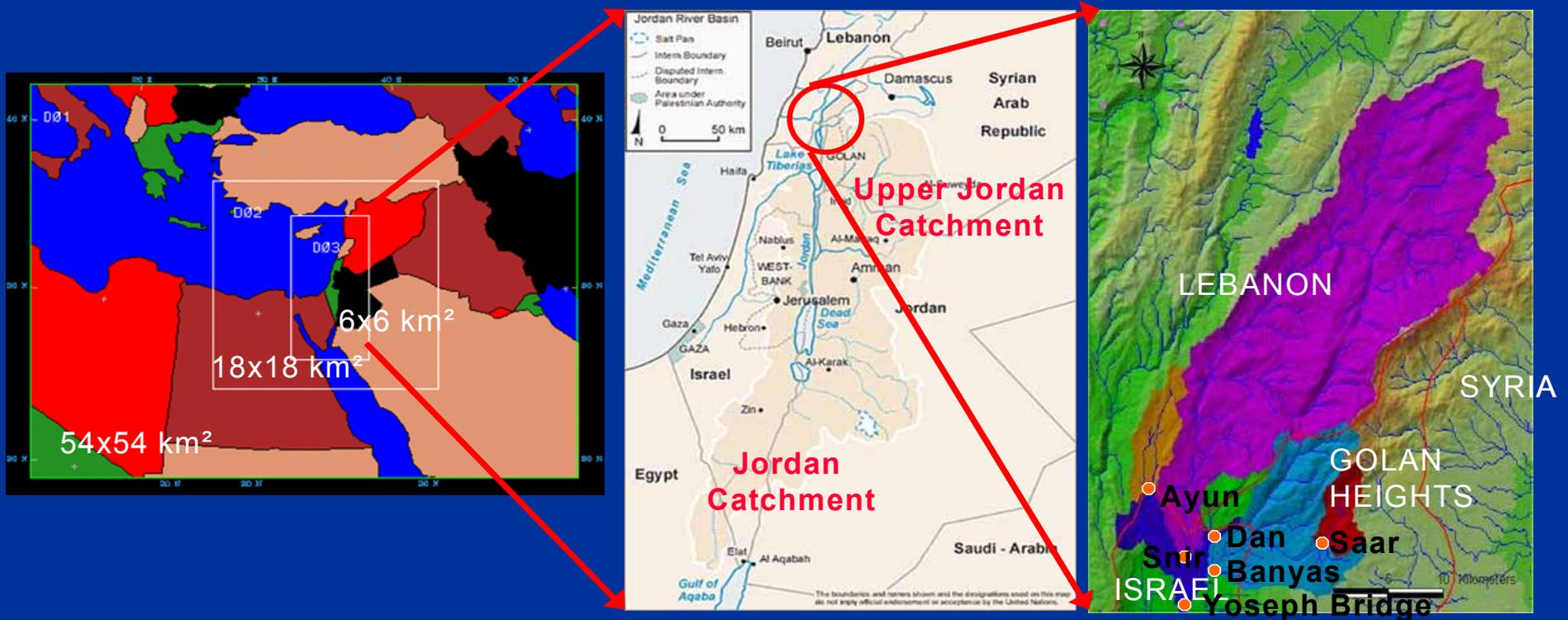
**Hermon River – summer 2002**



**Hermon River – winter 2002/03**



# Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

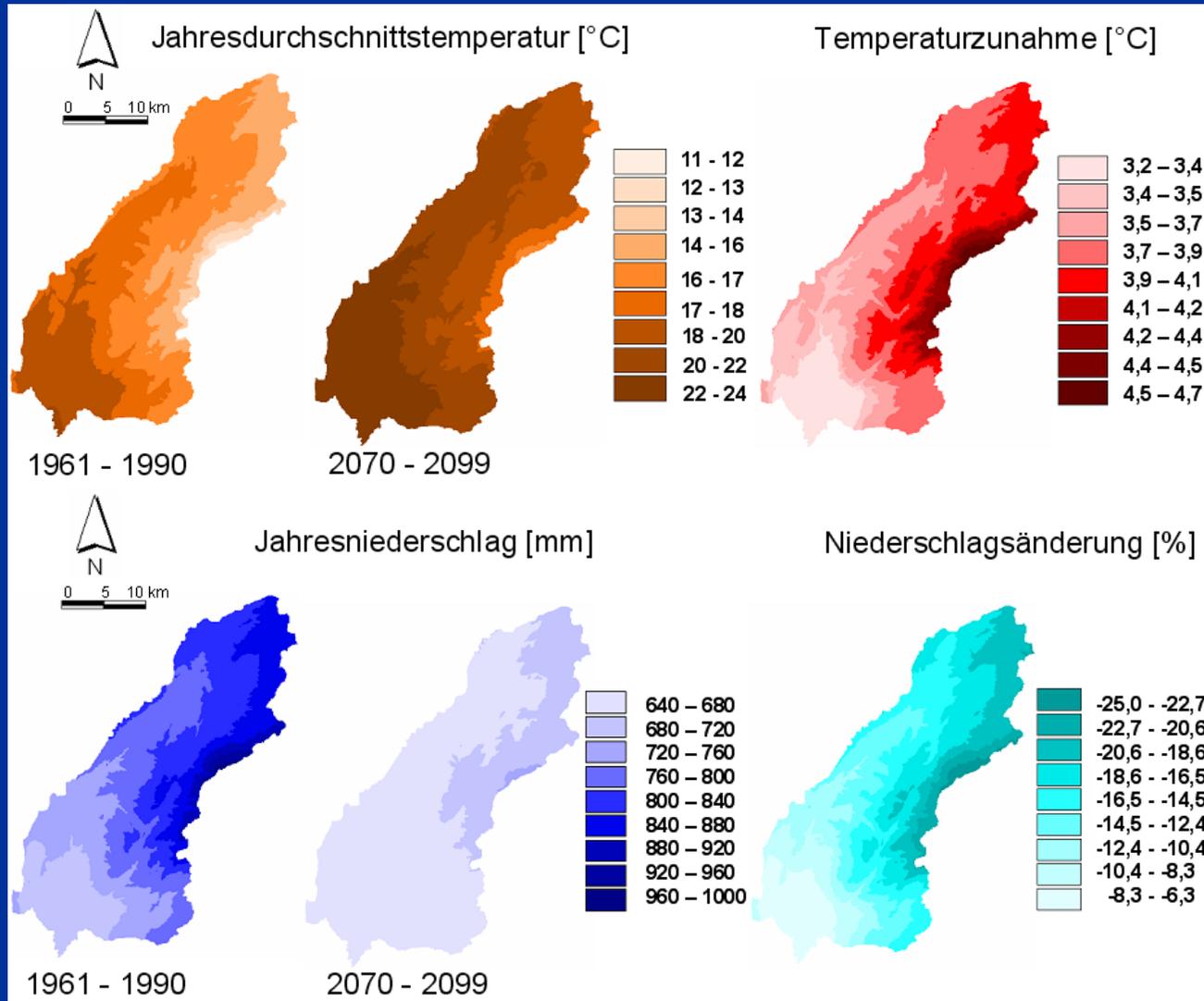


High resolution dynamical  
downscaling of global climate  
scenarios

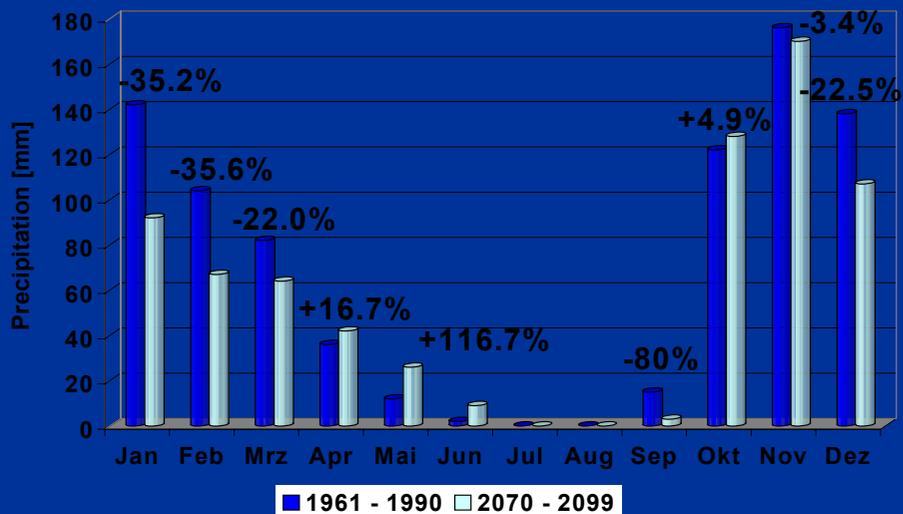


Distributed hydrological modeling  
of surface and subsurface  
water balance in 90 m resolution

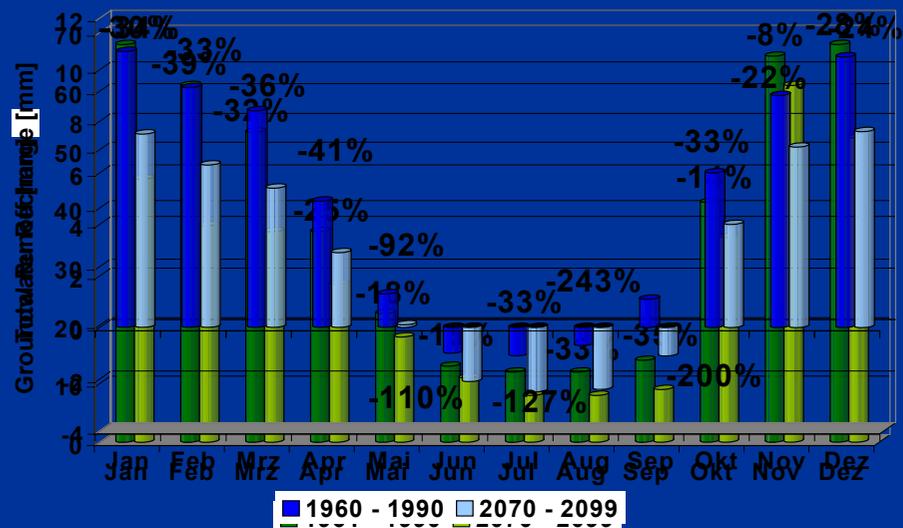
# Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft



## Niederschlag



## Grundwasserneubildung Abfluss

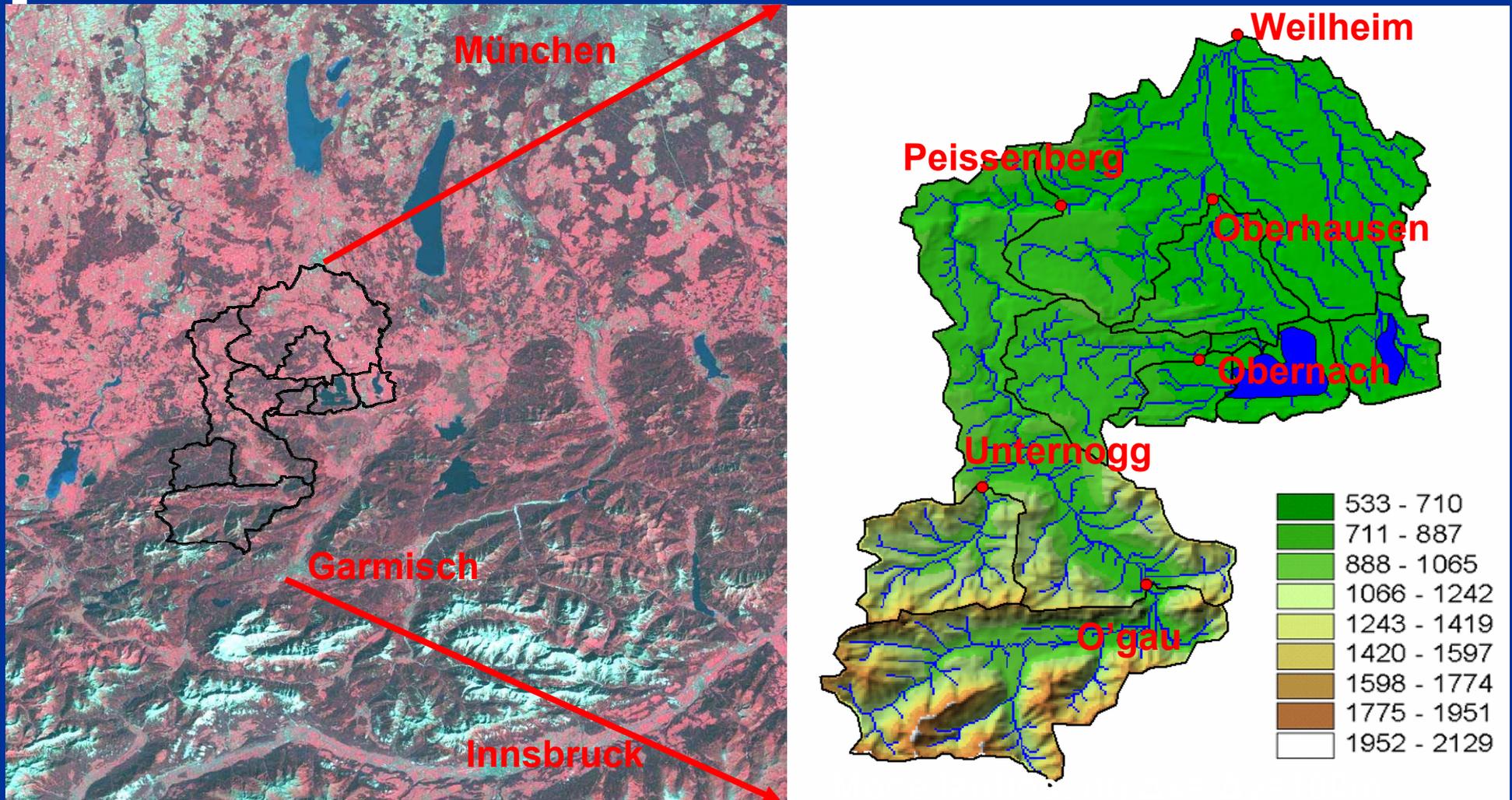


## **Beispiel 2:**



# **Klimaänderung und Hochwasserrisiko**

## **Das Ammer Einzugsgebiet**

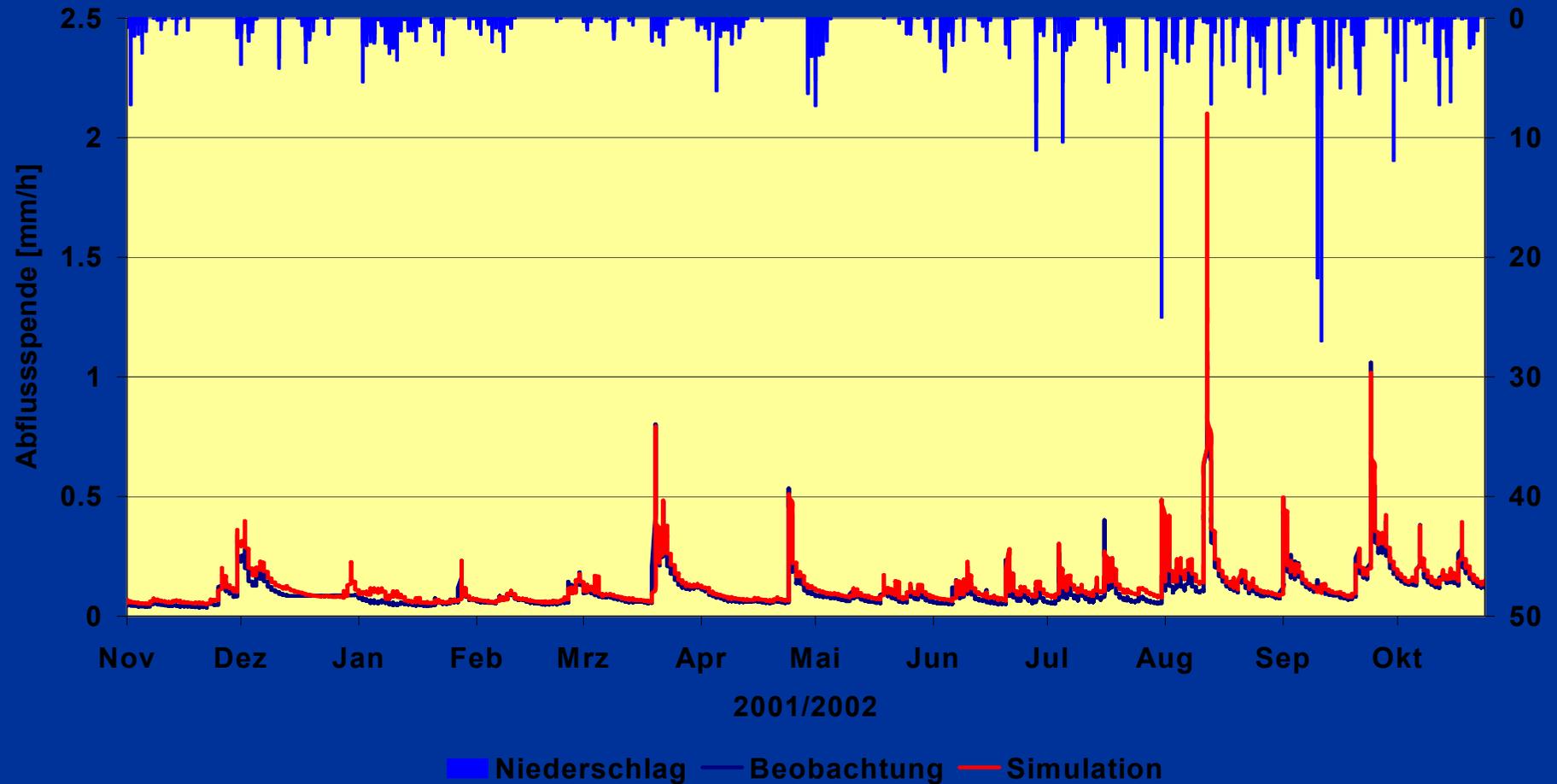


## Das Ammer Einzugsgebiet

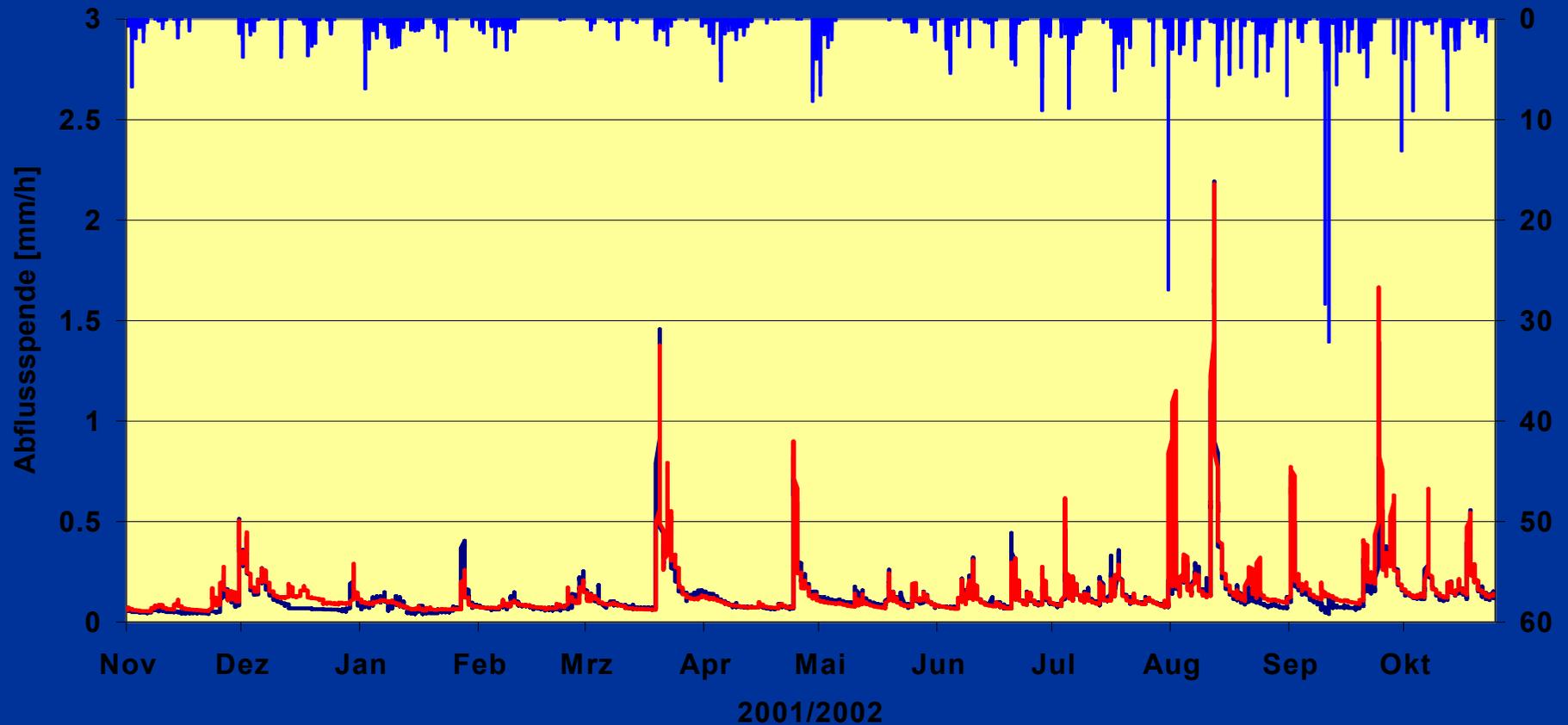


- Fläche: 710 km<sup>2</sup>
- Komplexe Orographie
- Höhe: 530-2190m N.N.
- Mittlerer Niederschlag: 1400 mm/a
- Tage mit Schneebedeckung: 127/a
- Temperaturgradient:  $\approx 0.6$  °C/100m

Weilheim

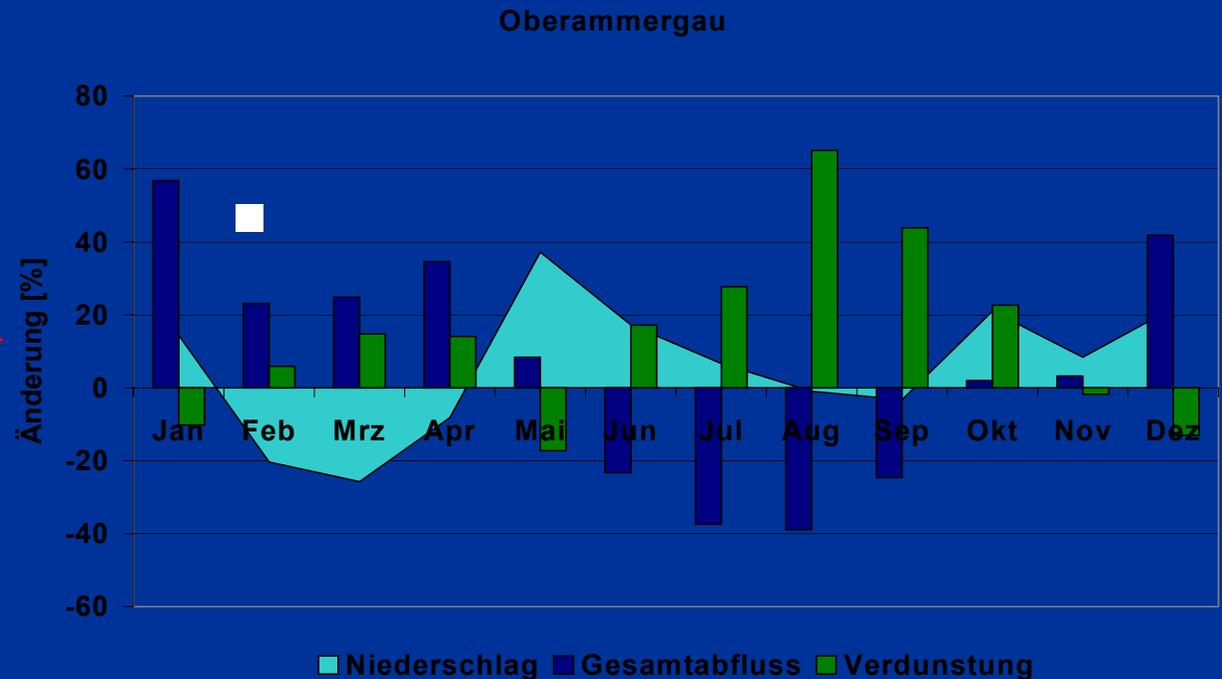
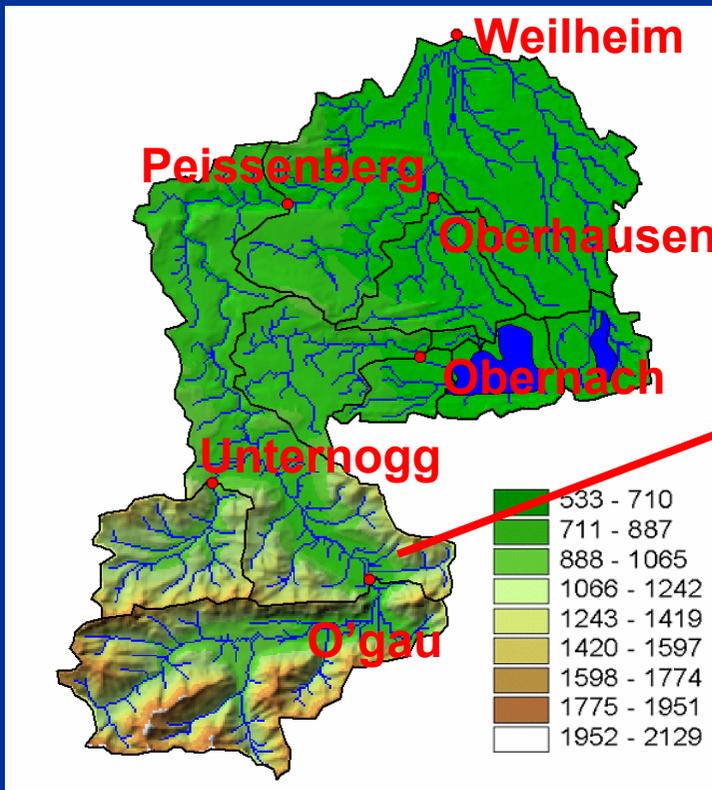


Peißenberg



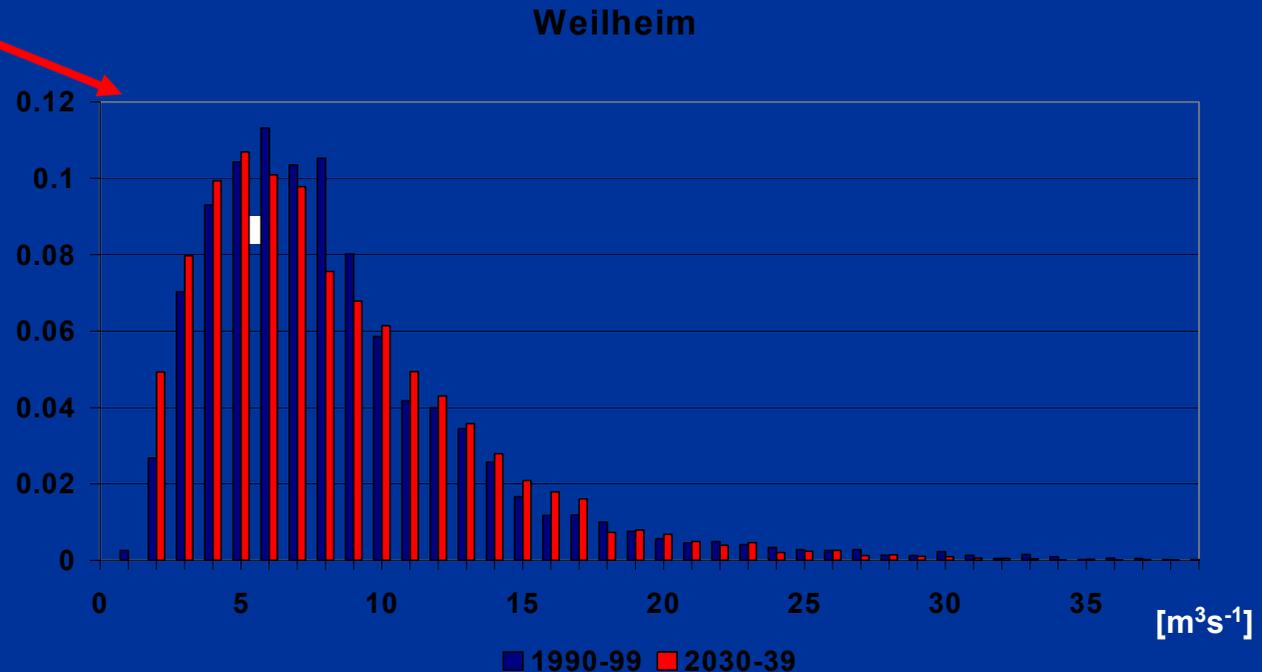
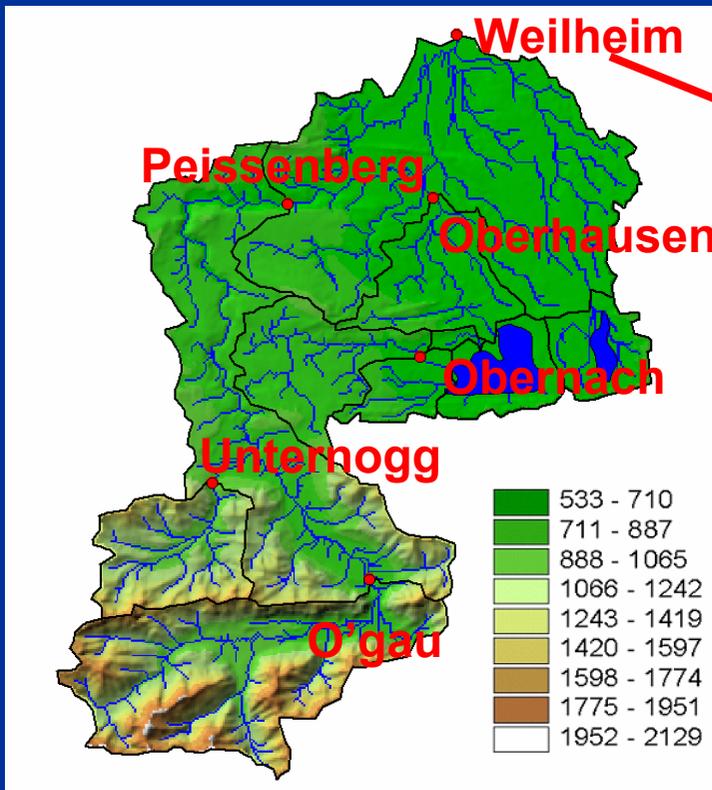
■ Niederschlag — Beobachtung — Simulation

# Langfristige Entwicklung Wasserhaushalt Ammer EZG



**Zunahme Winter-, Verminderung der Sommerabflüsse**

# Langfristige Entwicklung Wasserhaushalt Ammer EZG



**Veränderung der Häufigkeiten: Zunahme von Hochwasser & Niedrigwasser!**



**Zu viel ...**

**... und doch  
zu wenig!**



## Was können wir tun?

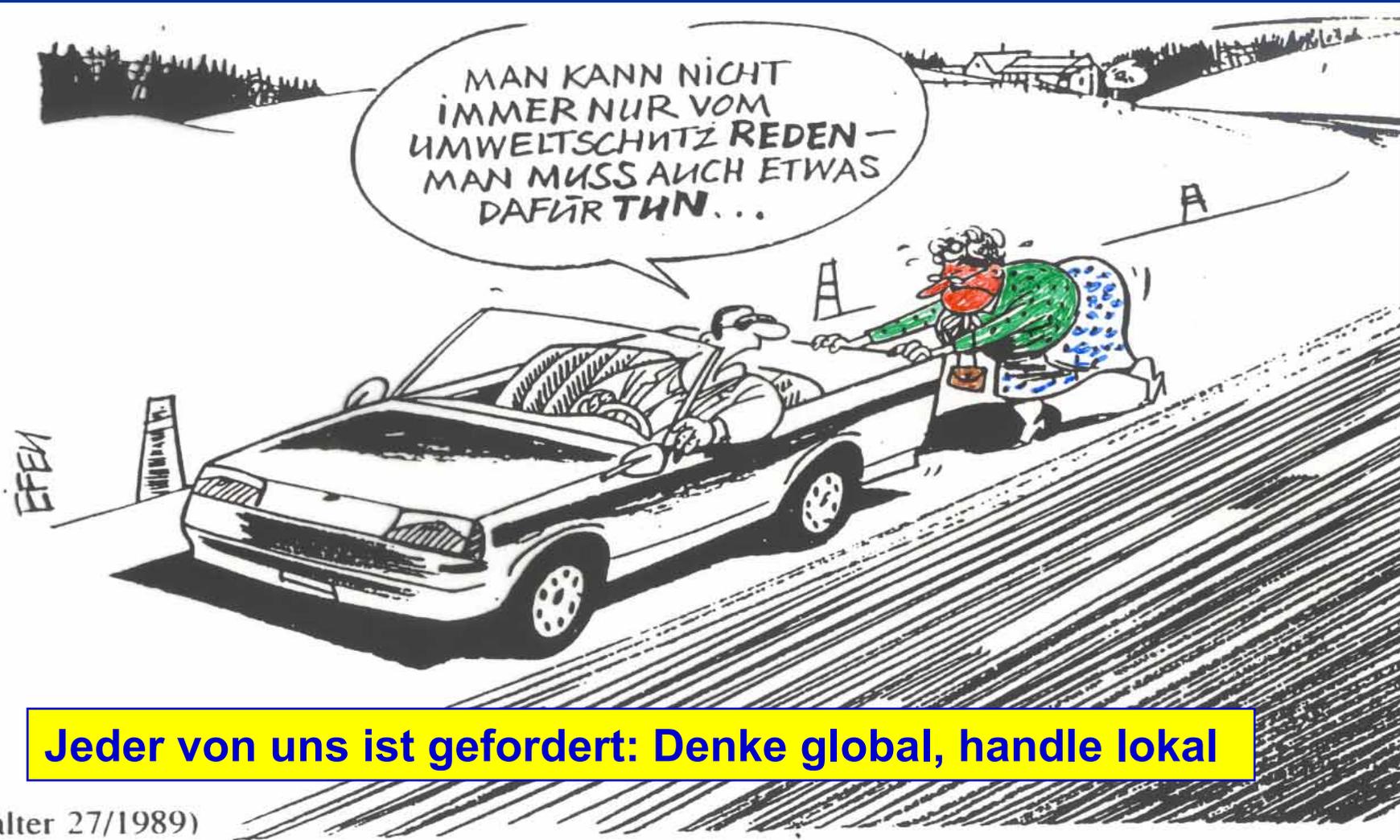
### Klimaschutz:

- Energieeinsparung
- Ausbau der regenerativen Energien
- Emissionshandel? ■

### Wasserverfügbarkeit:

- verbessertes Wassermanagement
- gewaltiges Einsparpotential in der Landwirtschaft
- Gentechnik?
- Wasser muss wertvoller werden

Aber: was darf Wasser kosten?



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit.**





## Entwicklung von Anpassungsstrategien

### Hochwasserschutz und Sicherstellung von Mindestabflüssen

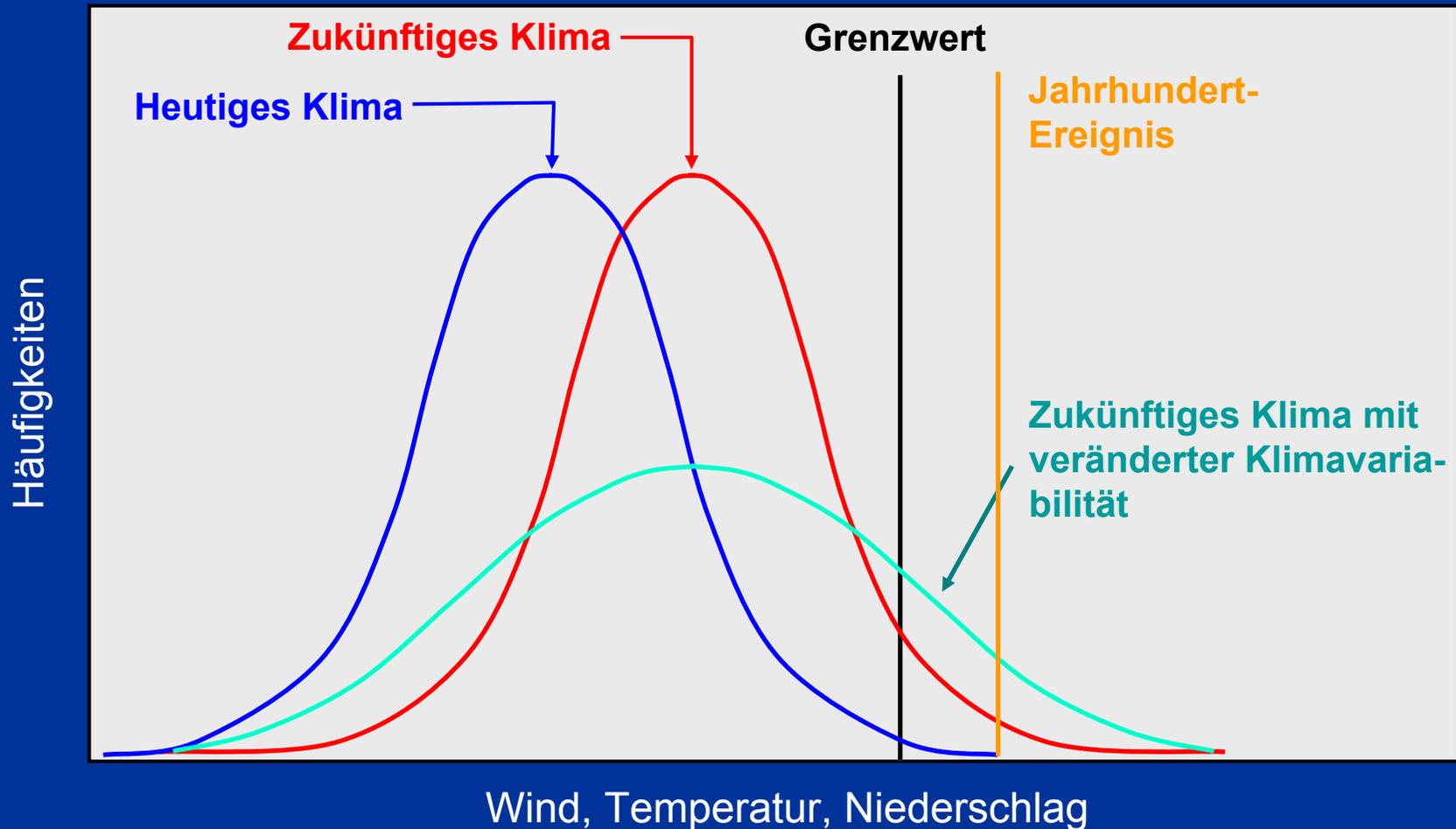
- Erhöhung der Speicherkapazität durch ... der
- Ausweitung der Retentionsflä...
- Renaturierung der Fl...
- Anpassun...

**Umsetzung von Anpassungsstrategien erfordert  
Zeiträume von bis zu 30 Jahren;**

**Vorausschauende Klimapolitik ist unabdingbare  
Notwendigkeit**

- Nutzung von **Wetter- und Abflussvorhersagen**
- Ein integriertes **Katastrophenmanagement**
- Nutzung von **Simulationen** für die Bemessung von  
wasserspezifischen Maßnahmen

# Anzahl und Umfang der Schadensfälle steigen überproportional



## Klimaszenarien - Emissionszenarien

