

# Energie, Klima und Biodiversität

Quartär	Holozän
	Pleistozän
	Pliozän

planet 3.0  
Klima.Leben.Zukunft

amino carboxy

Prof. Dr. Bernhard Stribrny

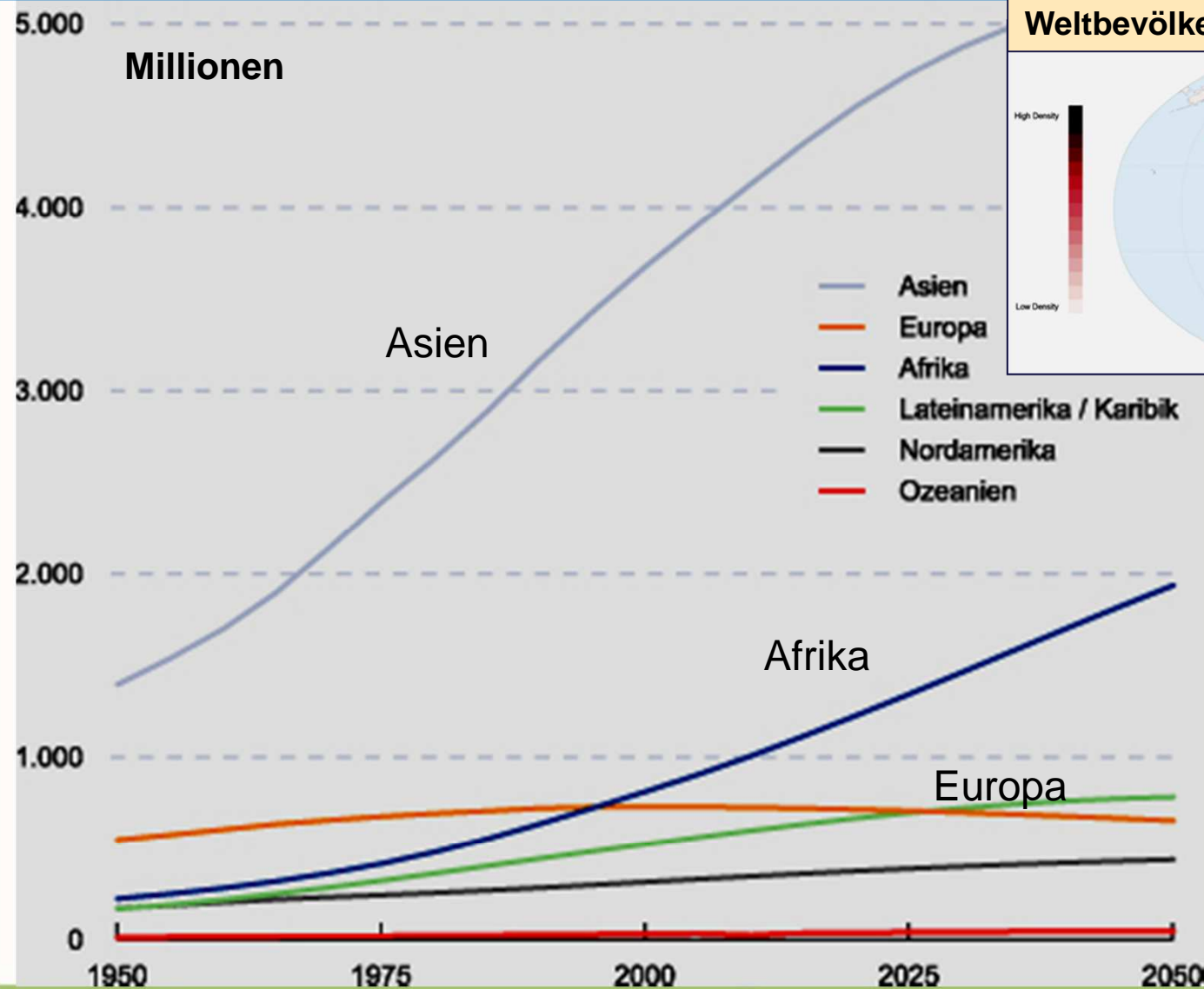
Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Frankfurt (BiK<sup>F</sup>)

Frühjahrssitzung Arbeitskreis Energie, DPG,  
Bad Honnef, 19.4.2012

 **LOEWE** – Landes-Offensive zur  
Entwicklung Wissenschaftlich-  
ökonomischer Exzellenz



# Anstieg der Weltbevölkerung



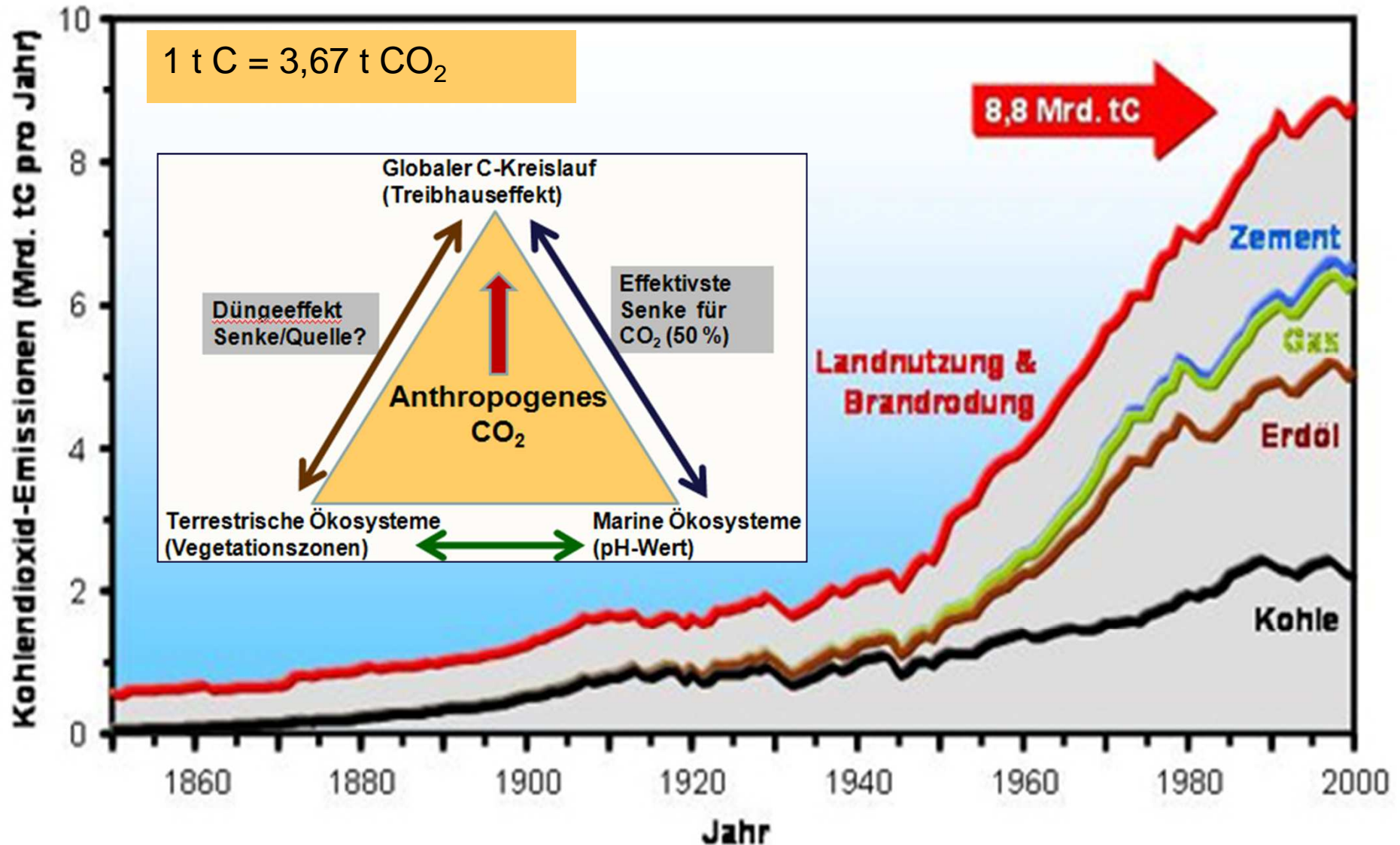
Weltbevölkerungsdichte



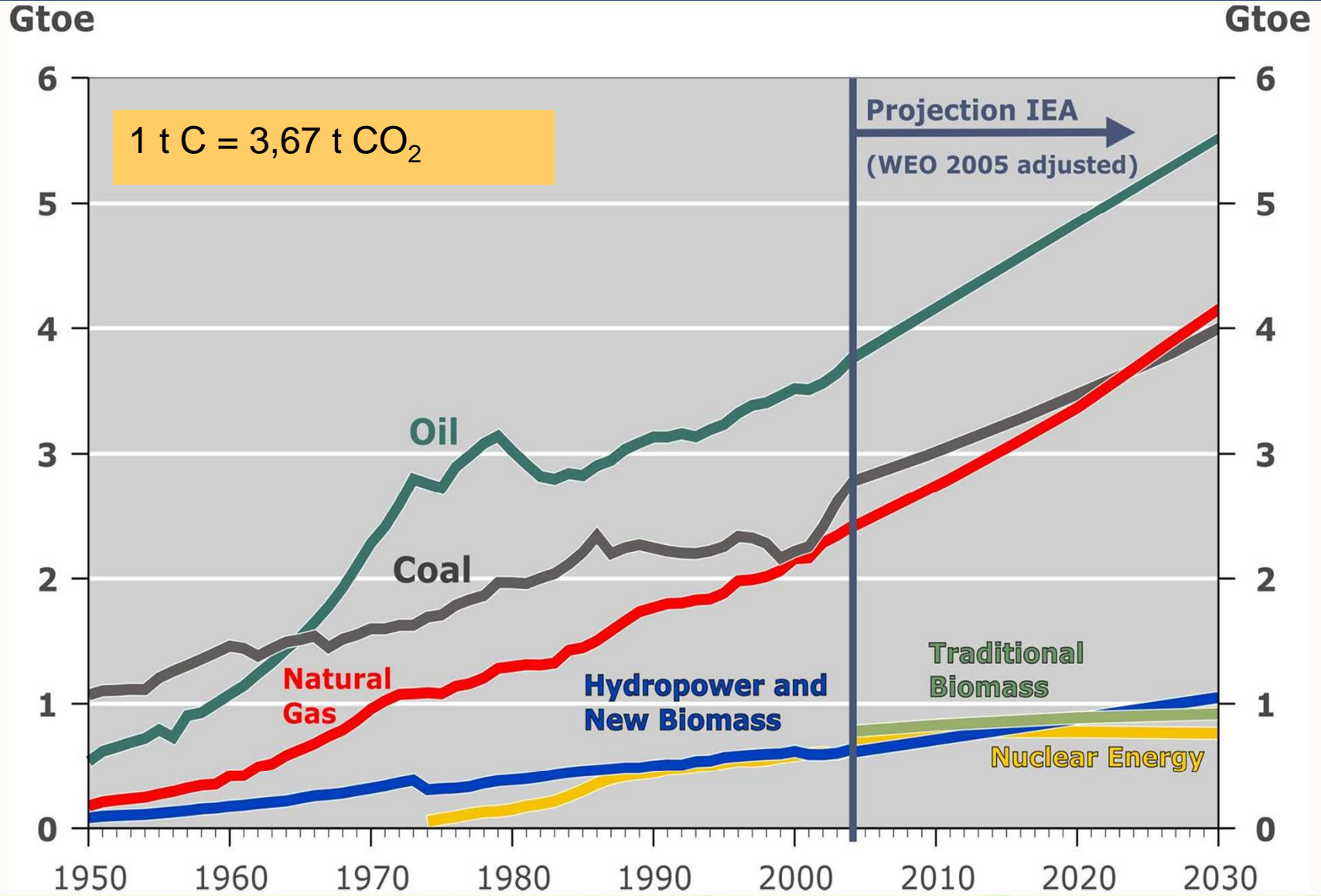
# Kohlendioxidemissionen weltweit:

Energienutzung, Zementproduktion und Landnutzungsänderungen

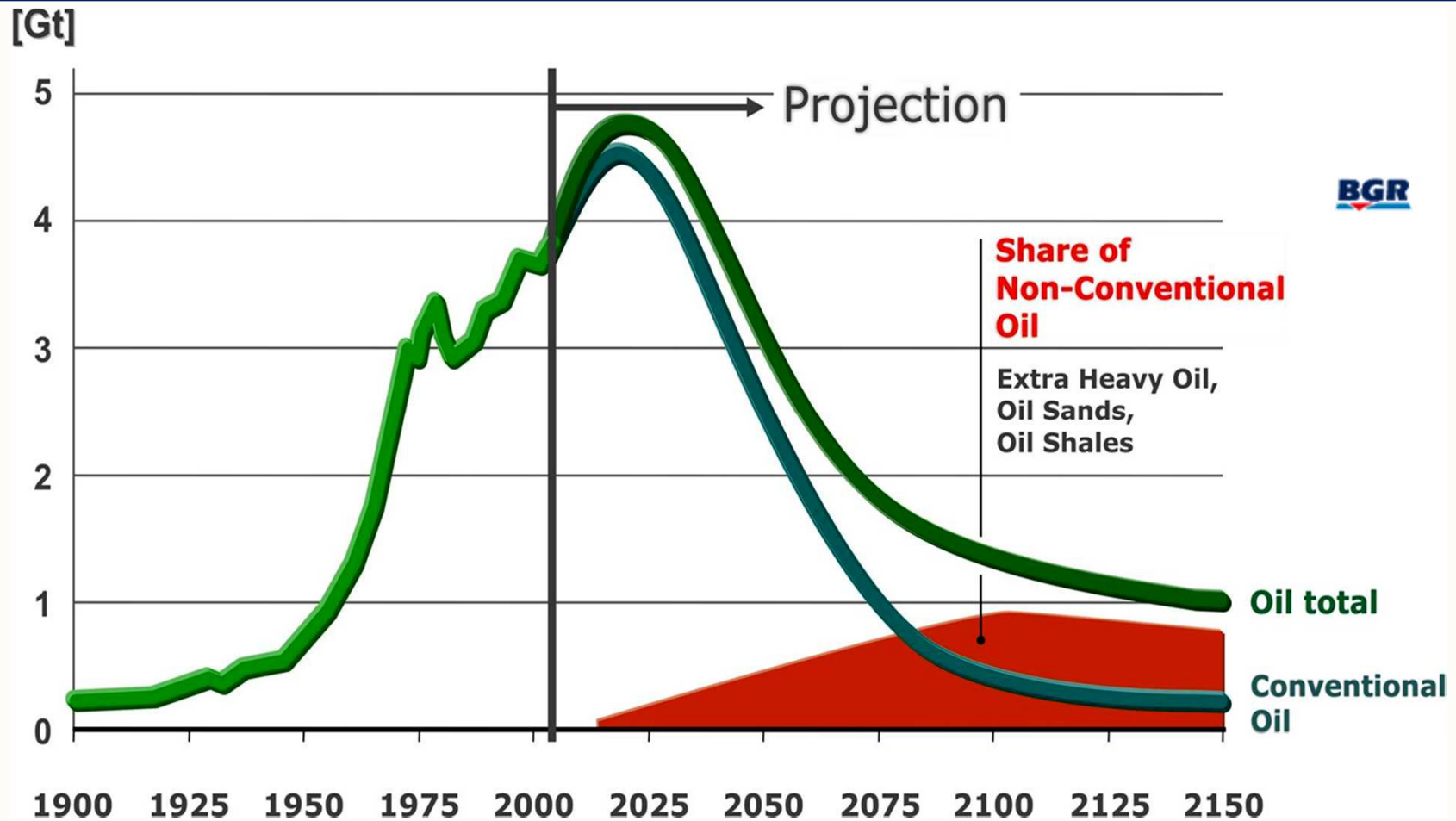
Quelle: BGR Emissionsdatenbank, ergänzt durch Daten aus Houghton, 2002 und eigene Angaben



# Energiebedarf bis 2030 (Internationale Energie Agentur)



# Welterdölproduktion – Rückblick und Ausblick



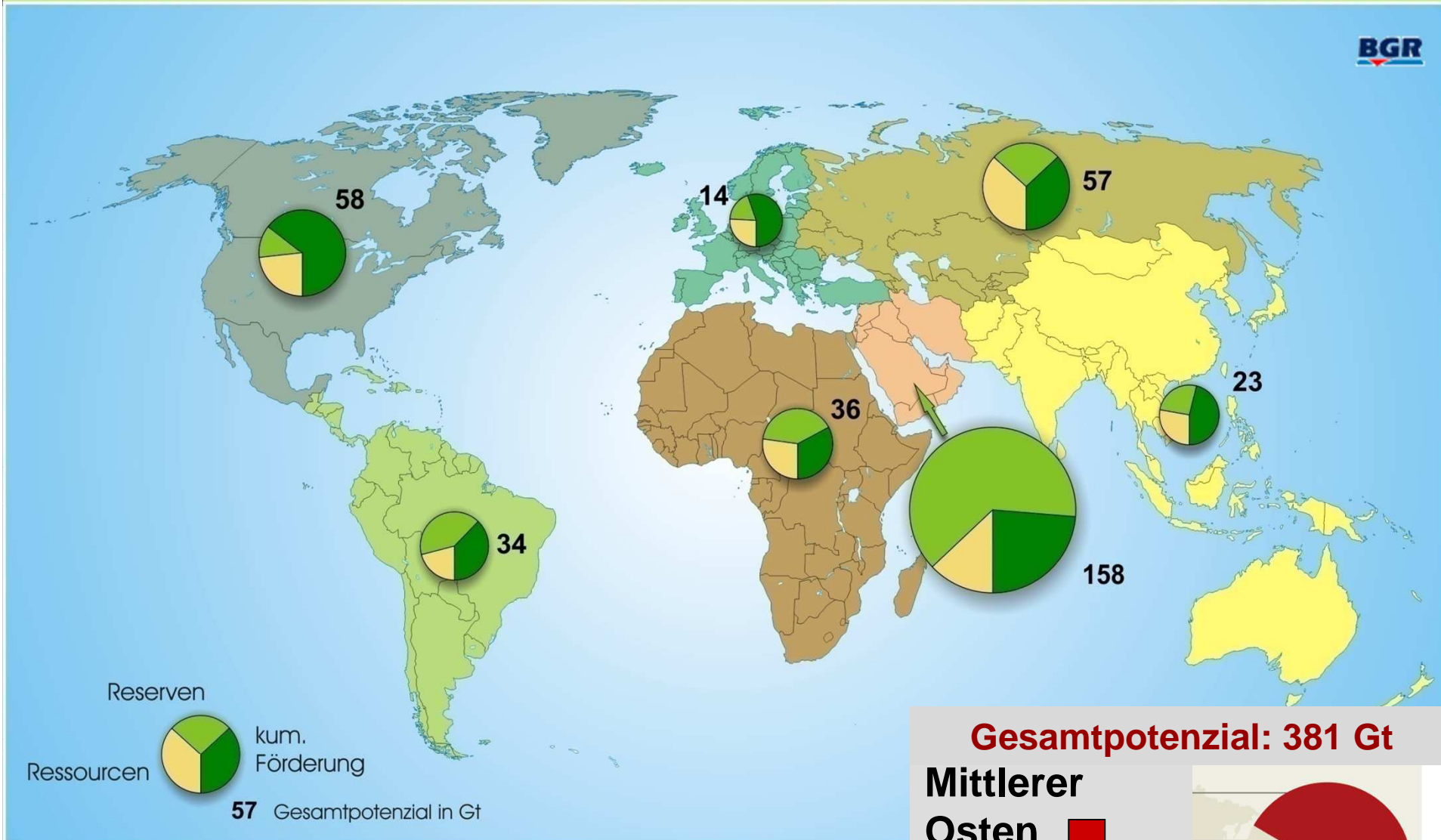
160 000 Jahre

*Homo sapiens*

Es gibt keinen Planeten "B"

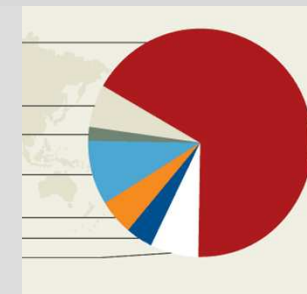
# Gesamtpotenzial konventionelles Erdöl 2004

BGR



**Gesamtpotenzial: 381 Gt**

**Mittlerer Osten und restliche Welt**

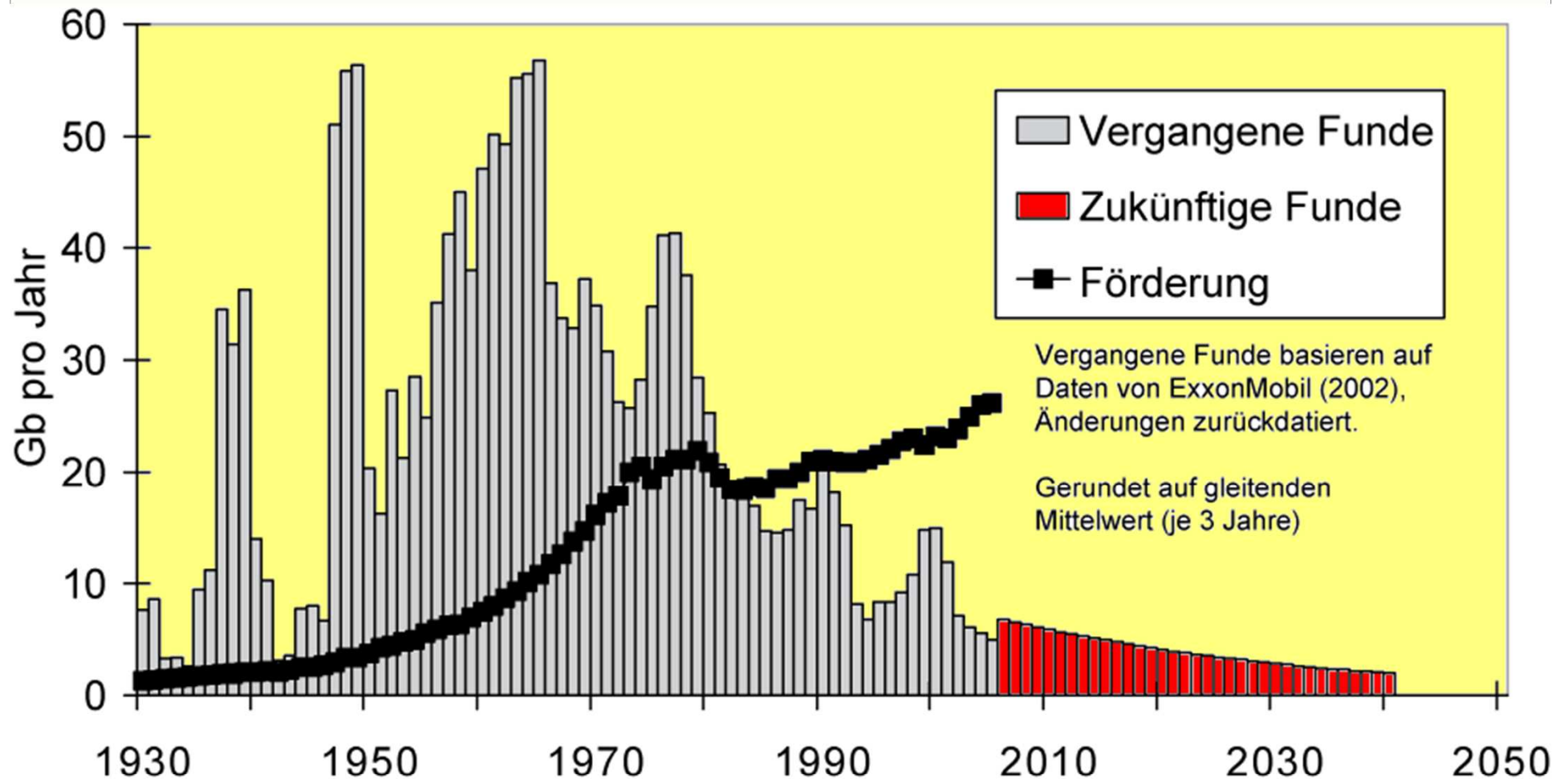


BGR B 1.23



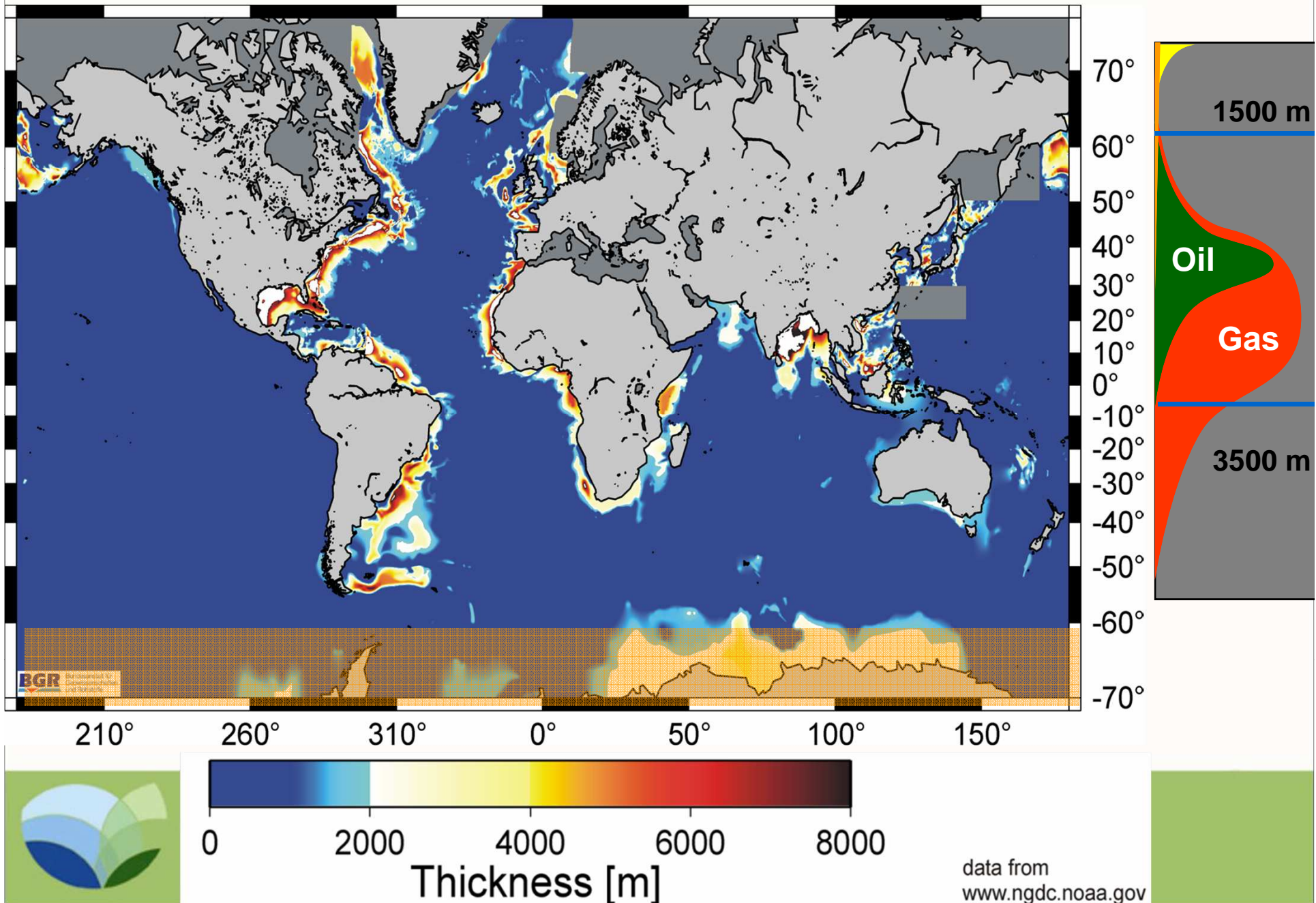
BiK<sup>F</sup>

# Erdöl-Lagerstätten: Neufunde contra Förderung



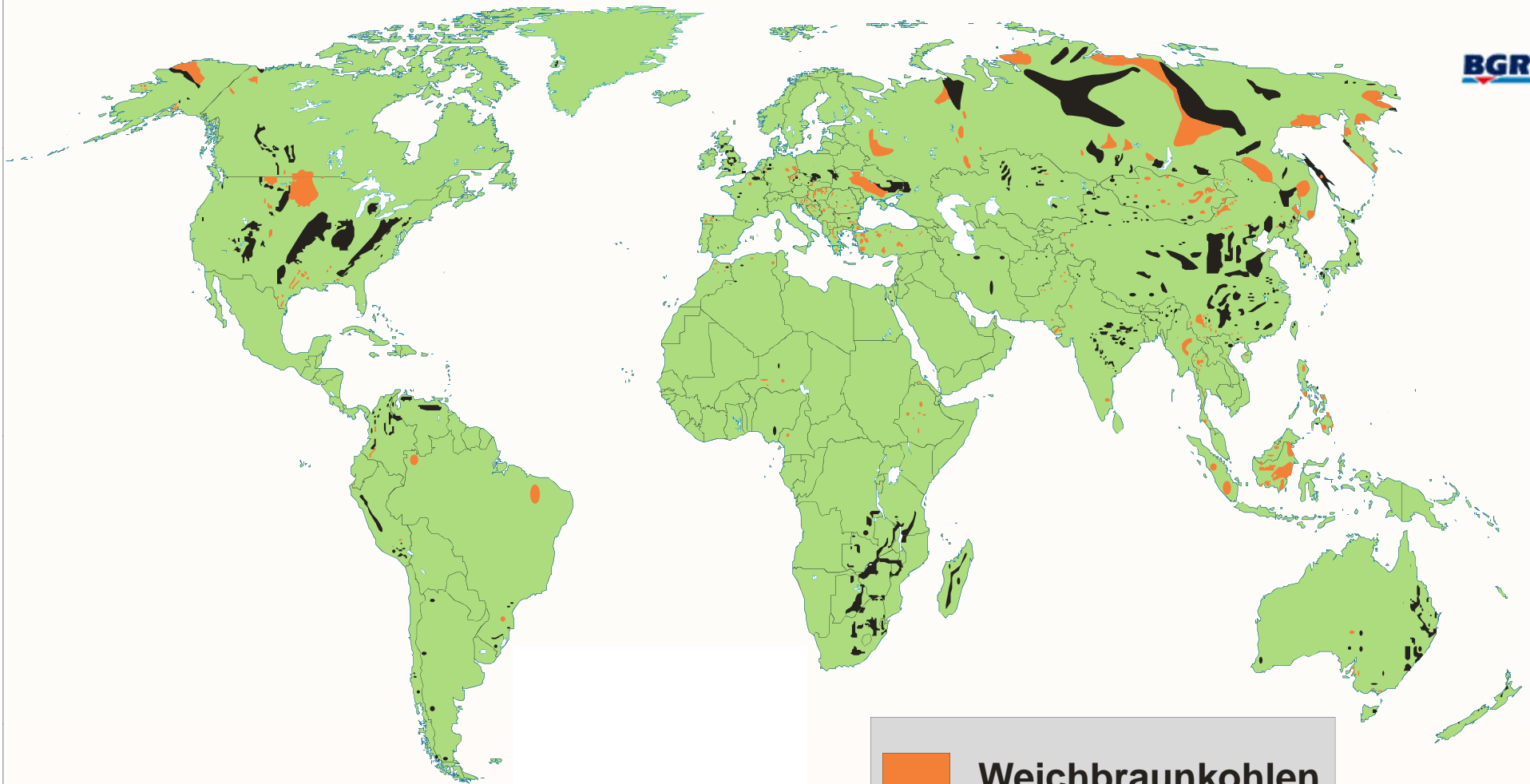
Algerien beispielsweise beträgt: F95 1,7 Mrd Barrel,  
F50 kommt auf 6,9 Mrd. Barrel und  
F 5 ergibt gar 16,3 Mrd.



# Sedimentmächtigkeiten an Kontinentalrändern





# Weichbraunkohle- und Hartkohlevorkommen



-  Weichbraunkohlen
-  Hartkohlen



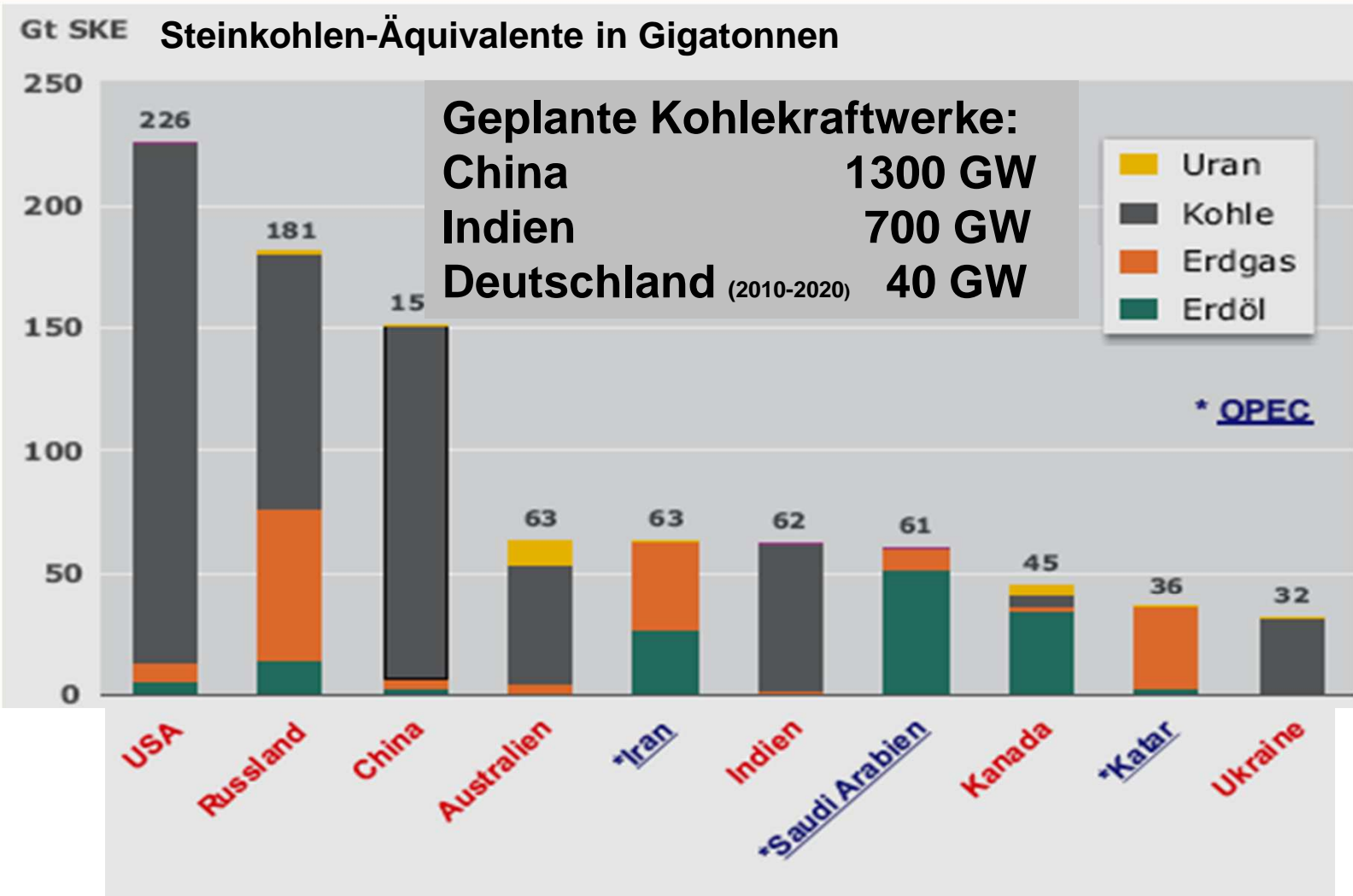
# Energieressourcen weltweit

Die Zukunft der fossilen Energieträger gehört der Kohle!

Doppelausstieg (Atomkraft und Kohle) in Deutschland?

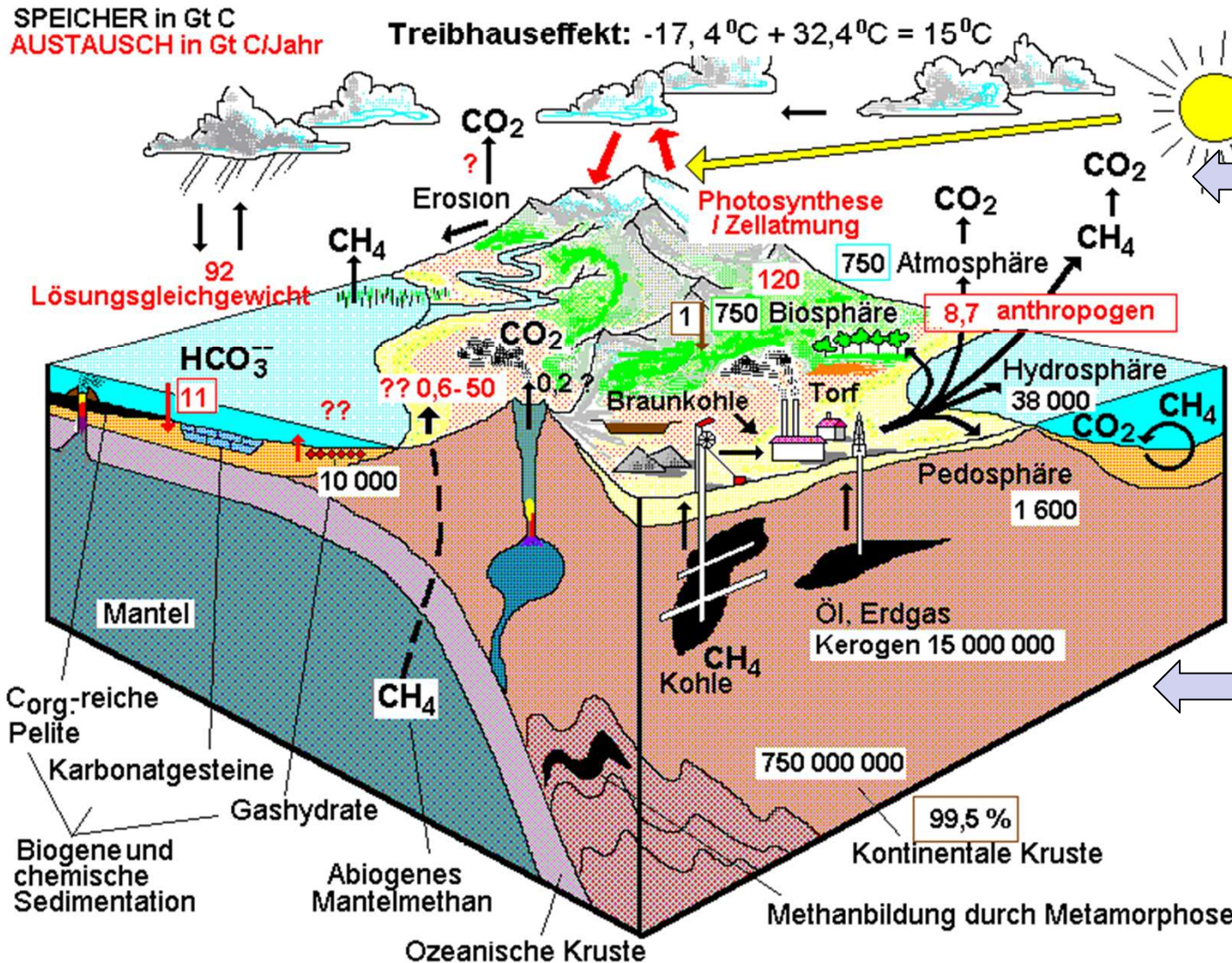
**Problem:** Stark steigender Kohlendioxid- und Schwefeldioxid-Emissionen

**Lösung:** „Clean Coal“, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Deponierung im Untergrund ?



# CO<sub>2</sub>-Ausstoß: Anthropogen 32 Gt pro Jahr (10<sup>9</sup> t/a) Geogen 550 Gt pro Jahr

Aber: Die geogenen Emissionen sind über den globalen C-Kreislauf mit Senken gekoppelt, die anthropogenen Freisetzungen in der Regel nicht.

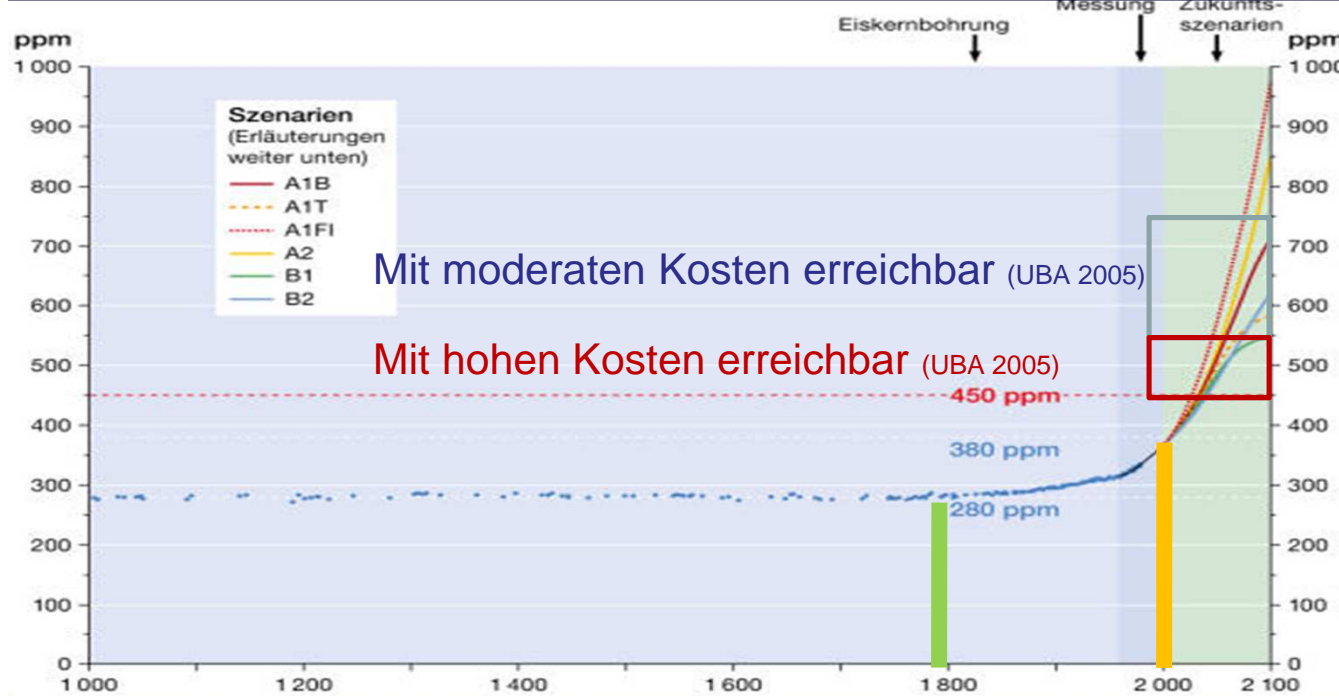


Kleine Speicher, schneller Austausch innerhalb von Tagen

Riesige Speicher, Austausch innerhalb von Millionen von Jahren

**Globaler Kohlenstoffkreislauf**  
(Stribny 1998)

# CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Atmosphäre: Vergangenheit und Zukunft



Post-Kyoto Ziele ?

750-550 ppmV CO<sub>2</sub>

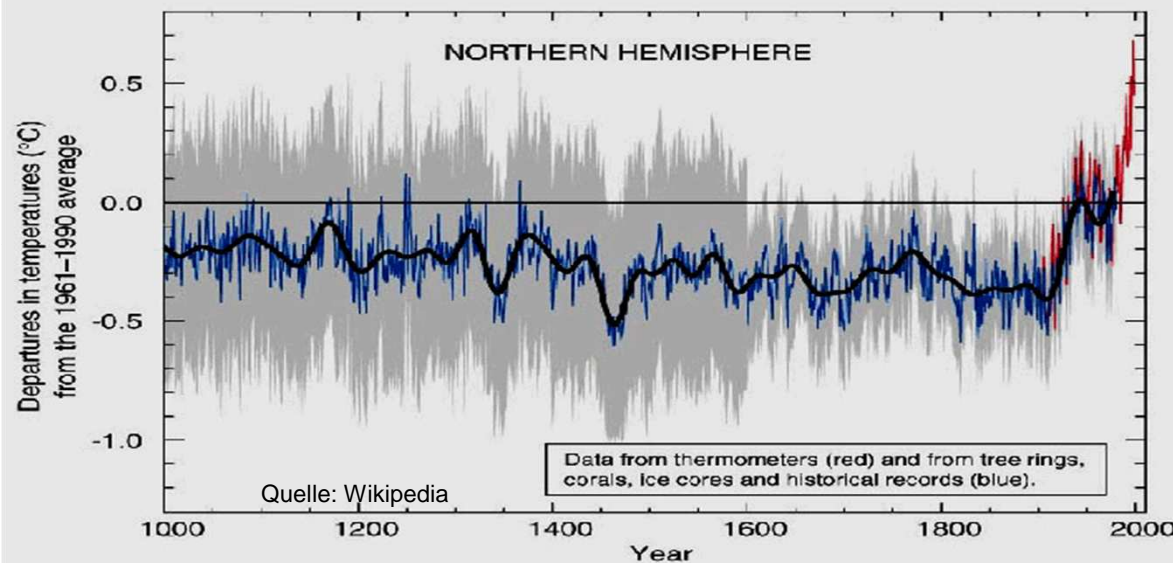
550-450 ppmV CO<sub>2</sub>

Jahr

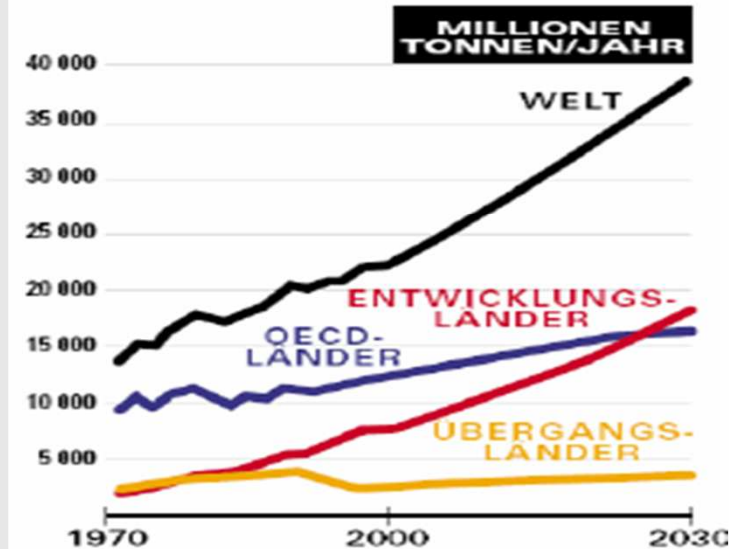
1800: 280 ppm V

2007: 380 ppmV

Anstieg um **+35 %**

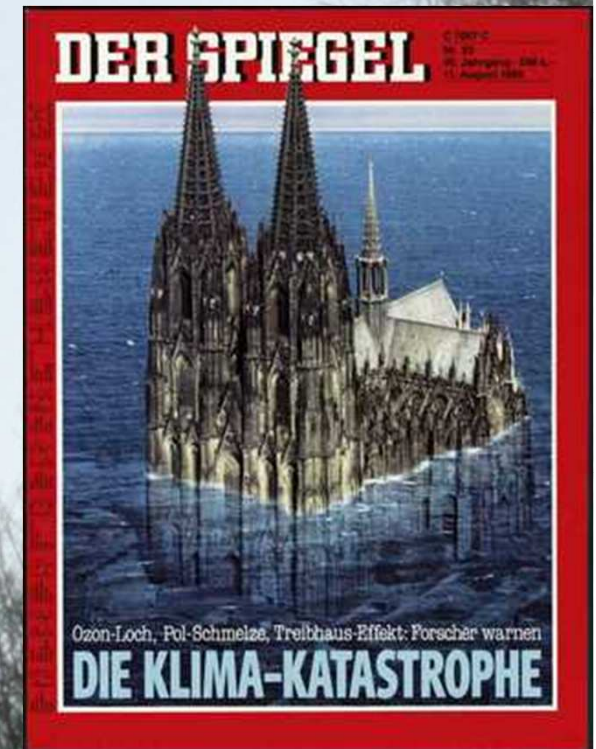


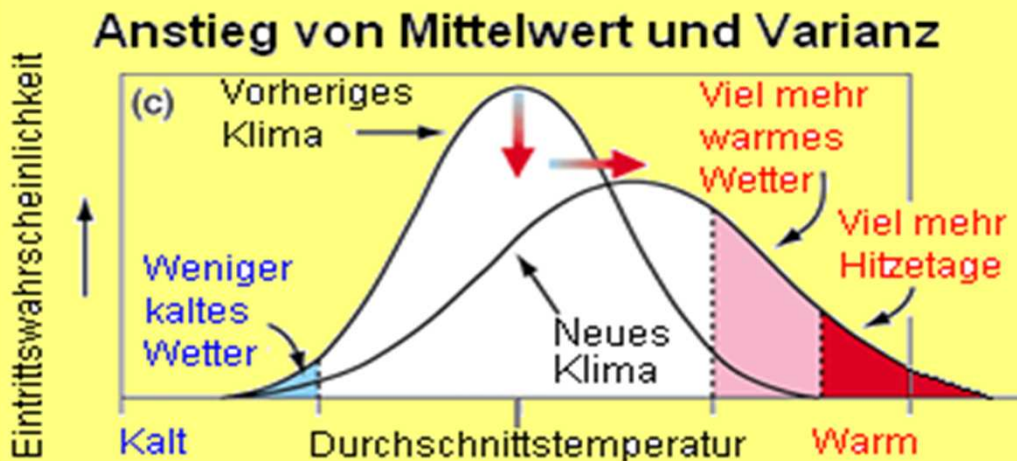
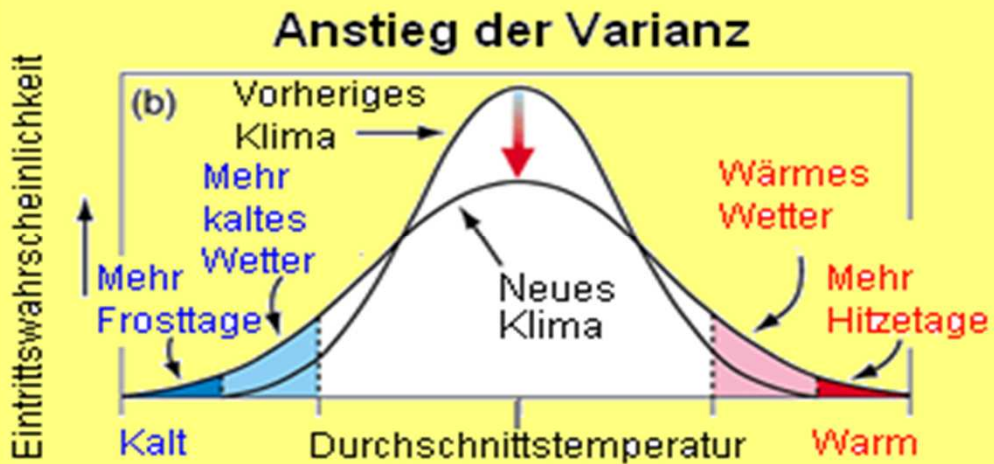
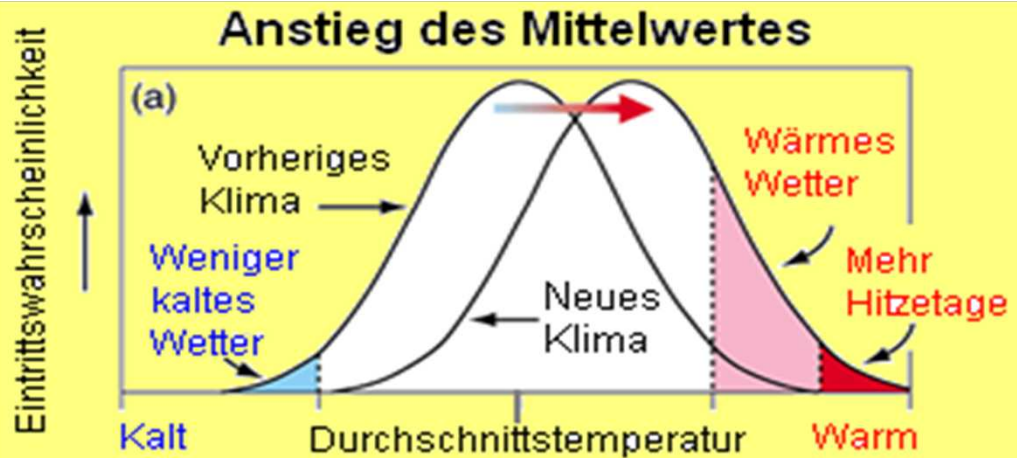
## CO<sub>2</sub>-Emissionen



# Klimawandel: Was bedeutet das?

- Die mittleren Verhältnisse verschieben sich. Es wird :  
**Wärmer** oder **kälter**,  
**nasser** oder **trockener**,  
windiger oder ruhiger...
- Veränderungen betreffen alle Wetterelemente:  
Temperatur, Niederschläge, Luftdruck
- Extremereignisse treten häufiger auf:  
Hitzeperioden, Dürren, Starkregen, starke  
Schneefälle, Stürme ...
- Veränderungen sind regional und global  
unterschiedlich





## Temperaturanstieg:

Auswirkungen von Mittelwert- und Varianzverschiebung

Änderungen in der Häufigkeit von Extremwerten sind besonders wichtig für die Klimafolgen.

### Deutschland:

Sommer: Weniger Niederschlag

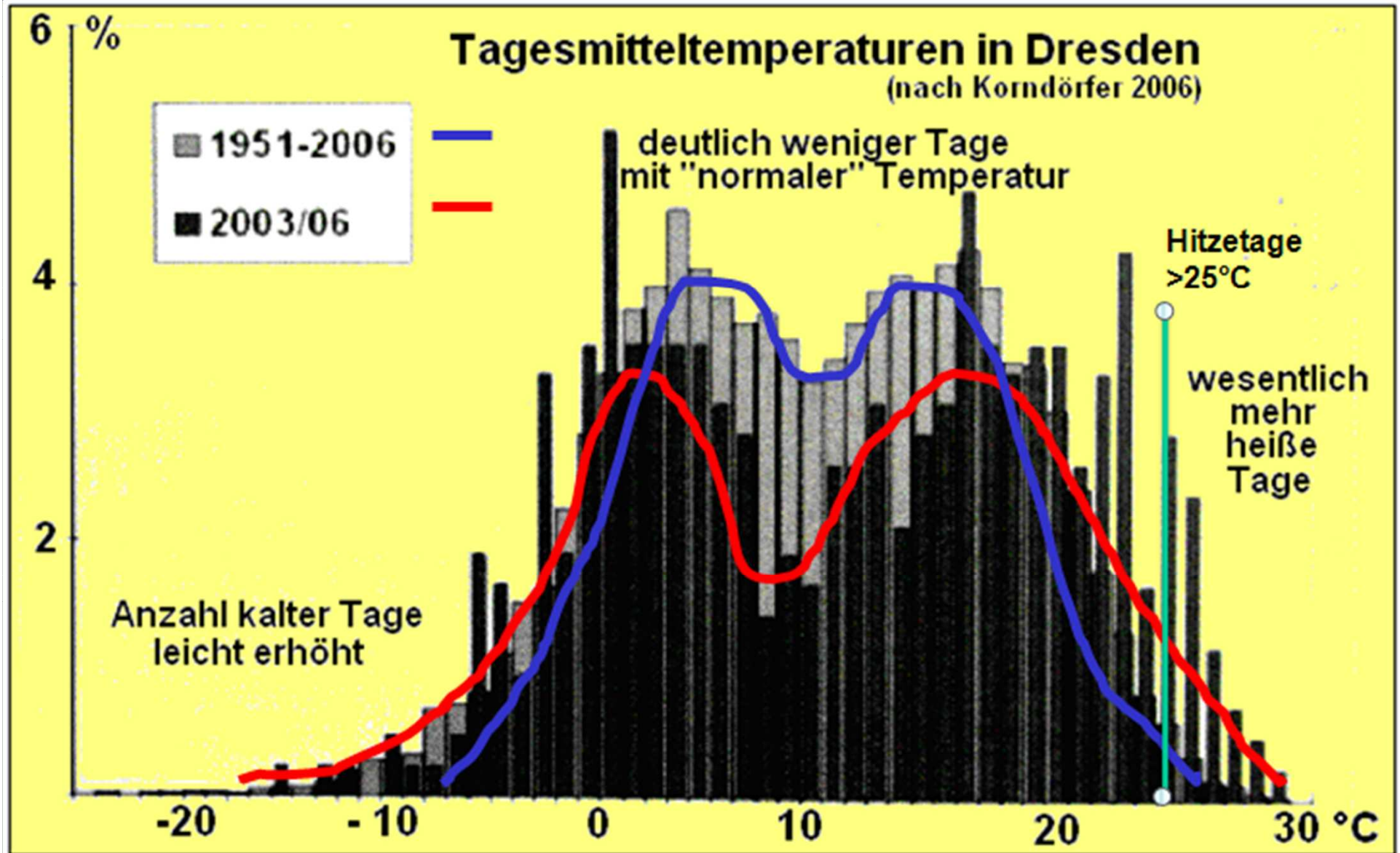
Winter: Mehr Niederschlag

[http://www.bik-f.de/root/index.php?page\\_id=166](http://www.bik-f.de/root/index.php?page_id=166)

(Verändert nach IPCC 2001)

# Tagesmitteltemperaturen in Dresden

1951-2006 und 2003 – 2006



# Zunehmende Vulnerabilität der Gesellschaft und der Gebäude gegenüber Klimafolgen und Georisiken. ..

Elbe, August 2002



Rhein, Sommer 2003



## Extreme Wetterereignisse

Münsterland, November 2005



Mecklenburg-Vorpommern, April 2007

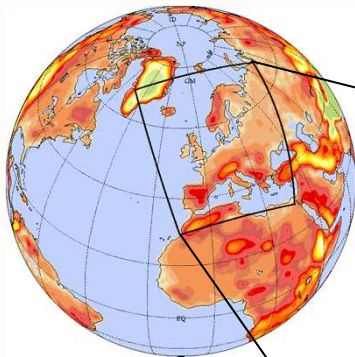


Sturm Kyrill, Januar 2007





Globales Modell:  
ECHAM5 (~300km)

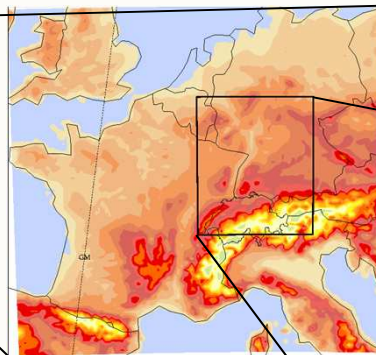
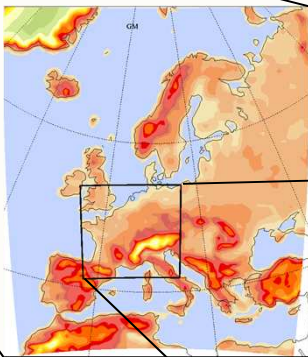


Antriebsdaten für BioModelle 1960-2100

Downscaling

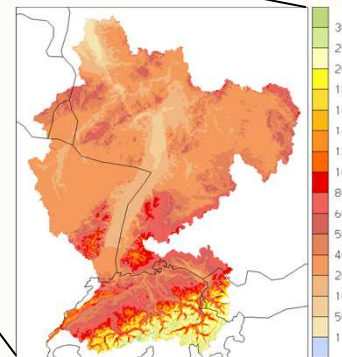
SGN

Regionales Modell: CLM  
(~50km und ~10km)



JWGU

Diagnostische  
Modelle (~1km)



Bio-Modelle

DWD

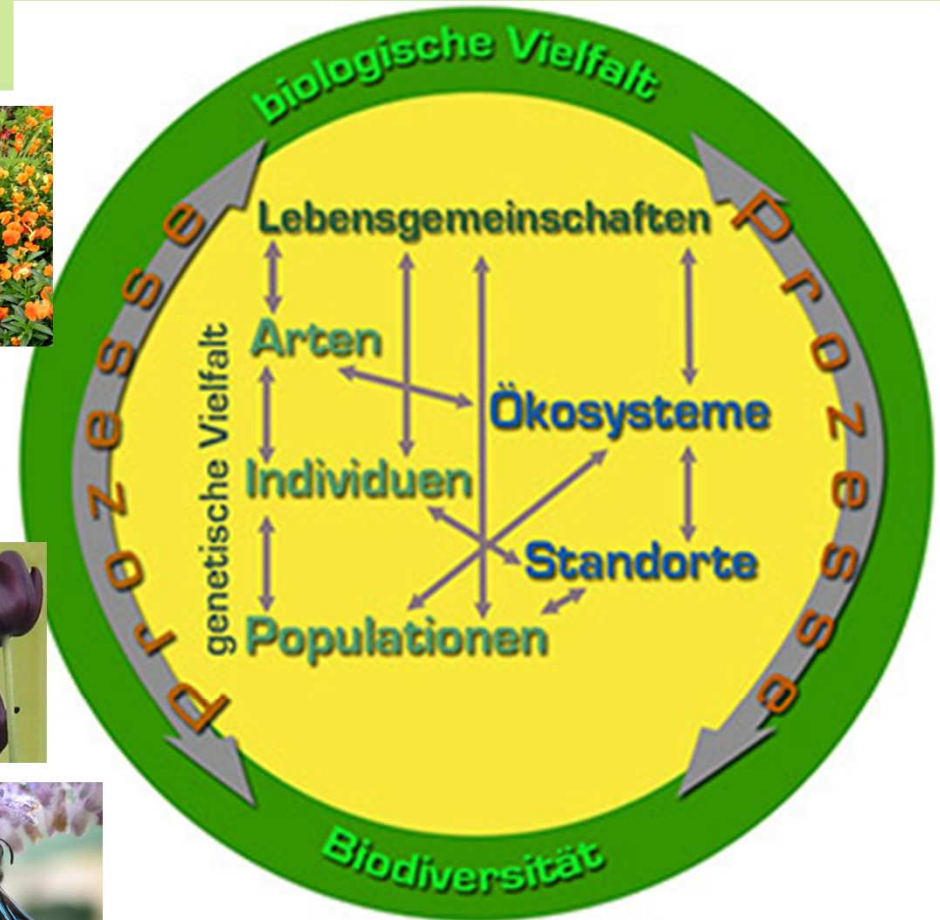


BiK<sup>F</sup>

# Was ist Biodiversität ?

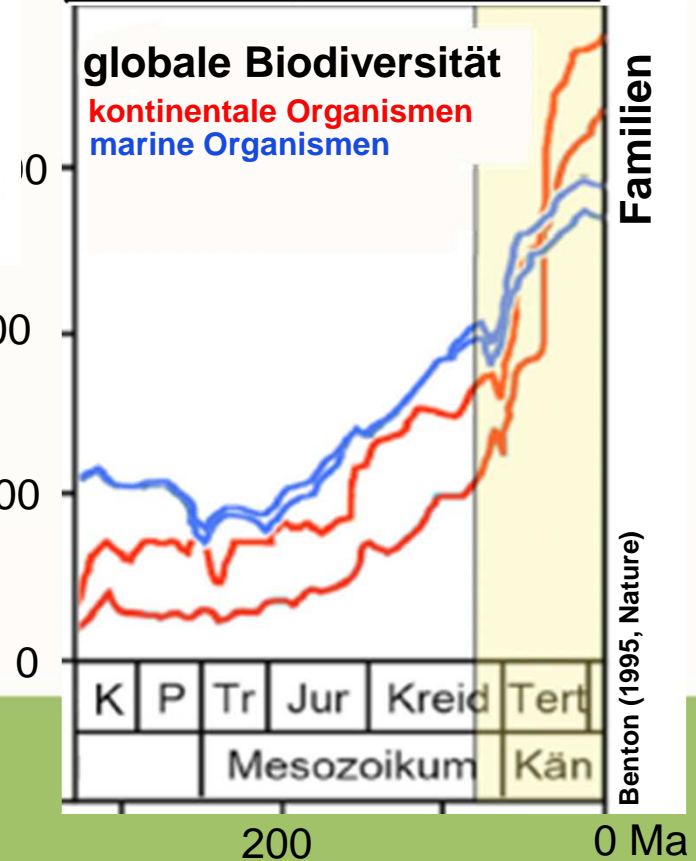
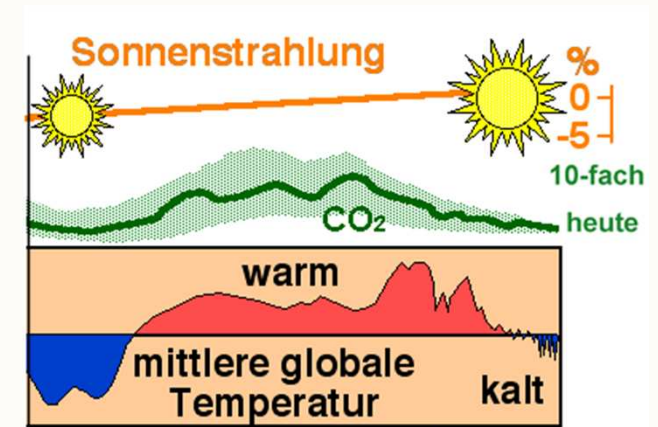
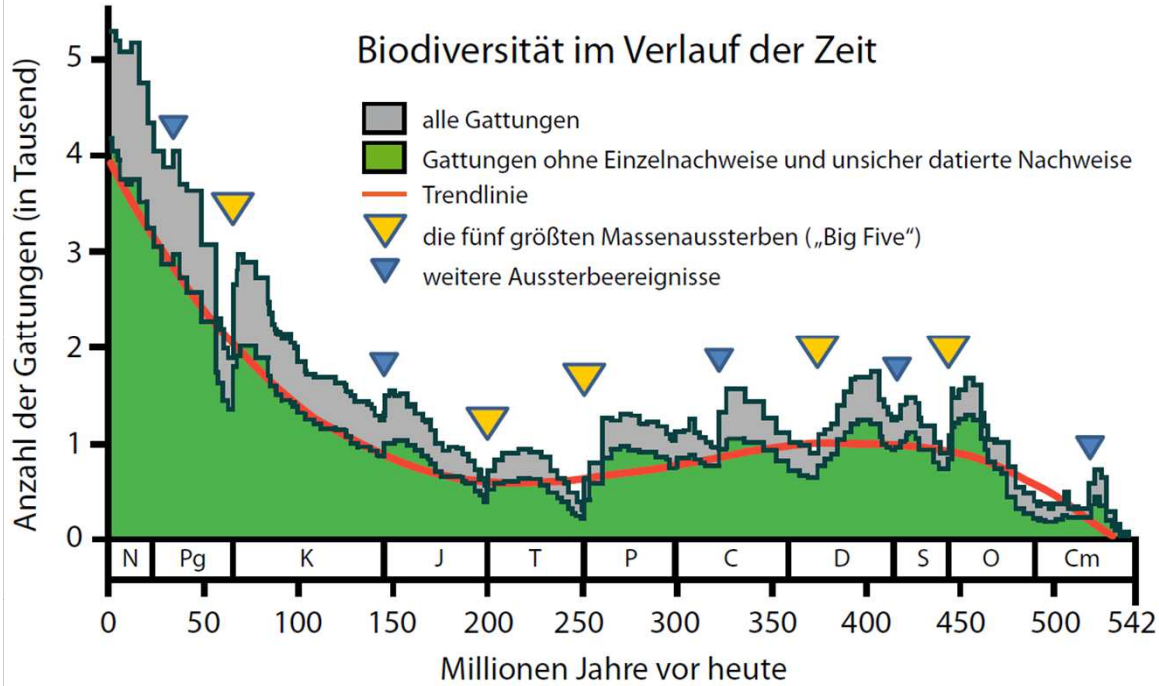
Vielfalt des Lebens:

- Diversität der Gene
- Diversität der Arten
- Diversität der Ökosysteme
- Diversität der Wechselwirkungen

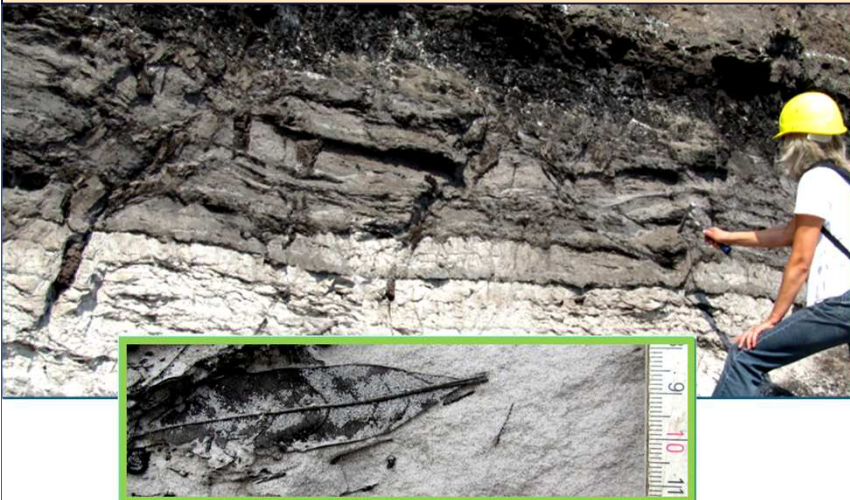


- **Biodiversität ist nicht messbar!**
- **Indikatoren dienen der Approximation.**

# Langfristige Wechselwirkung von Klima, Evolution und Biodiversität



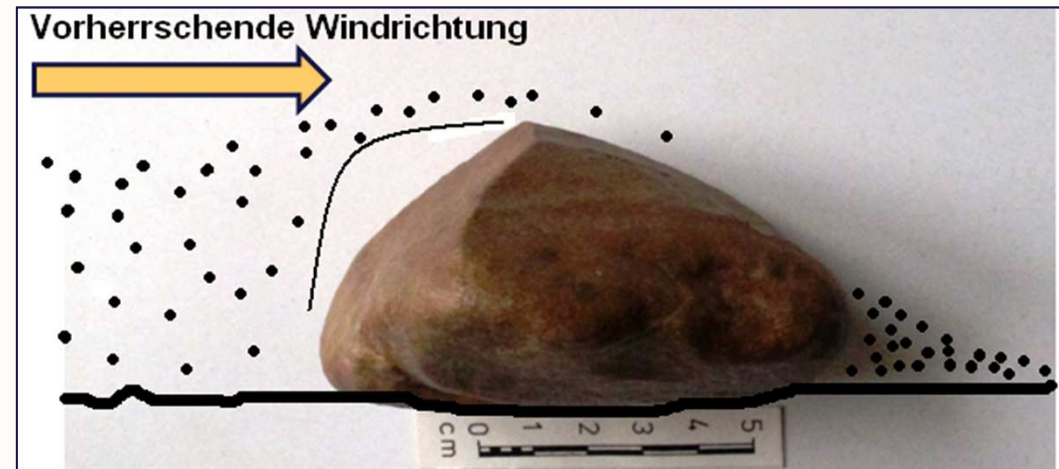
Paläobotanik und Paläoklima im Alttertiär (55-65 Mio a) Braukohletagebau Schöningen



# Paläoklimaforschung Nordsee: Probenentnahme auf See mit Ringdredge und Steindredge (FS Heincke 23.1.-6.2. 2011)



# Klimazeugen: Windkanter (Kalt-) und Torfgerölle (Warmzeit)



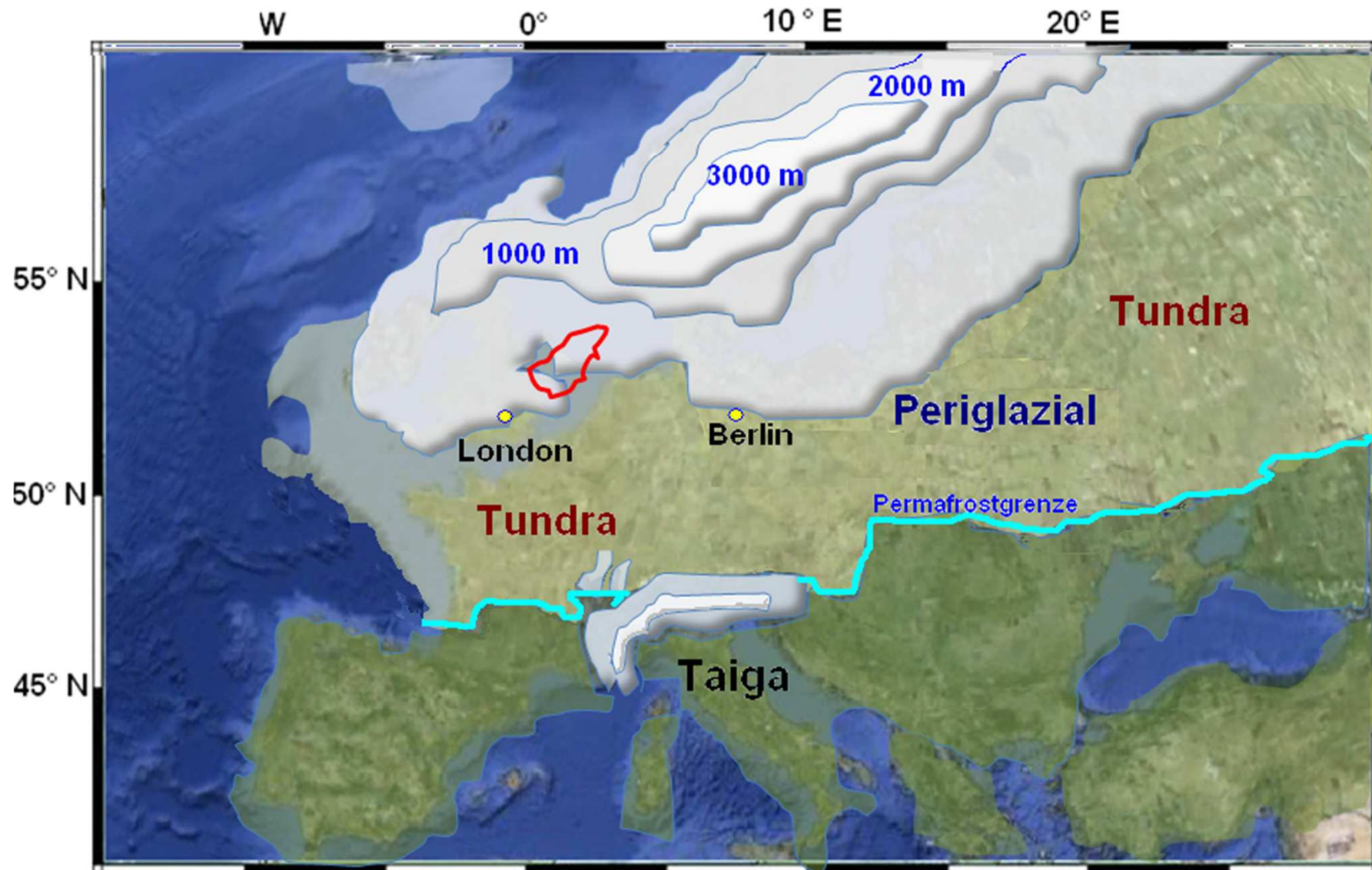
0,2-0,3 mm/a = ca. 50 bis 100 a



Zum Vergleich:  
Windkanter aus  
Niedersachsen

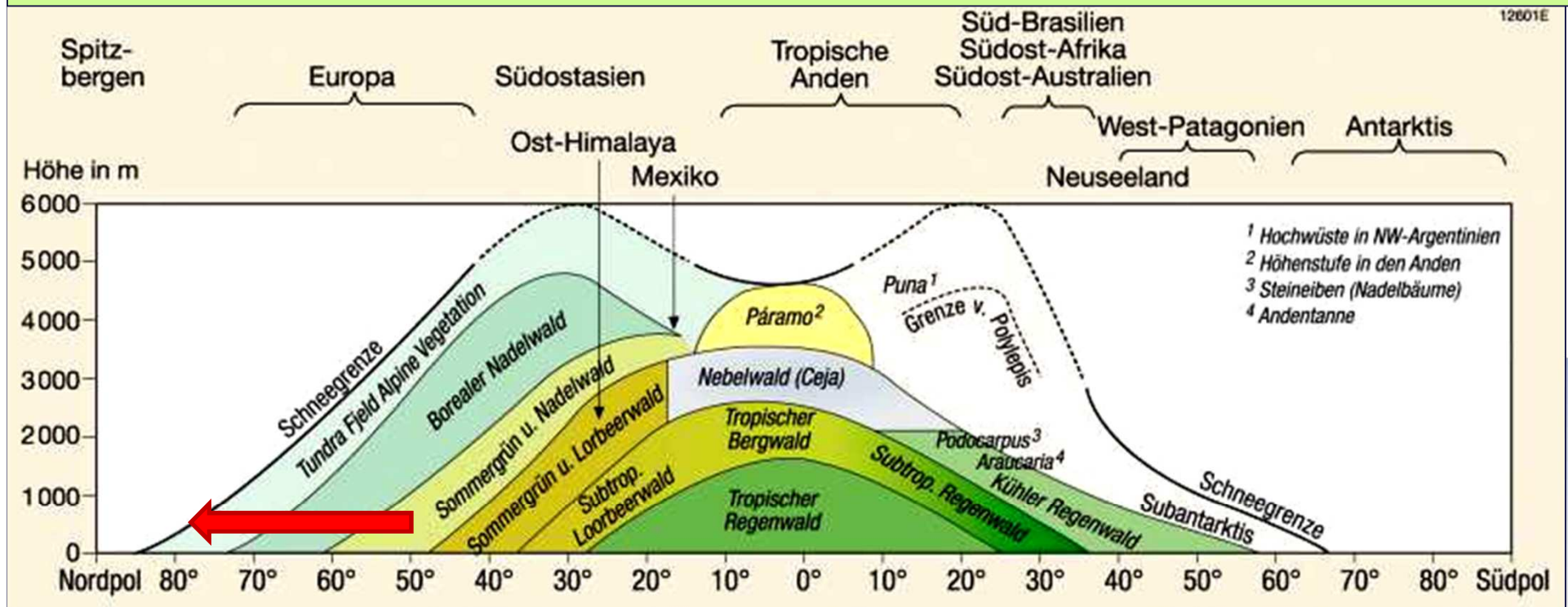
# Modell der maximalen Eisbedeckung

(13 000 bis 12 000 Jahre vor heute, Stribrny et al. 2012)



Die heutige Biodiversität in Europa ist das Ergebnis der Artenausbreitung (Radiation) nach der Weichseleiszeit ab 11 500 vor heute

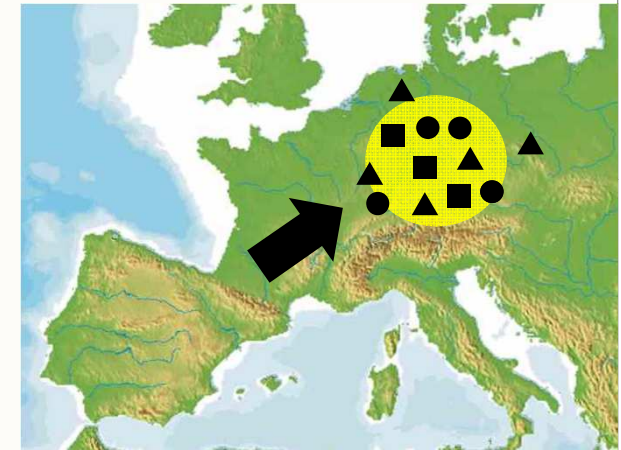
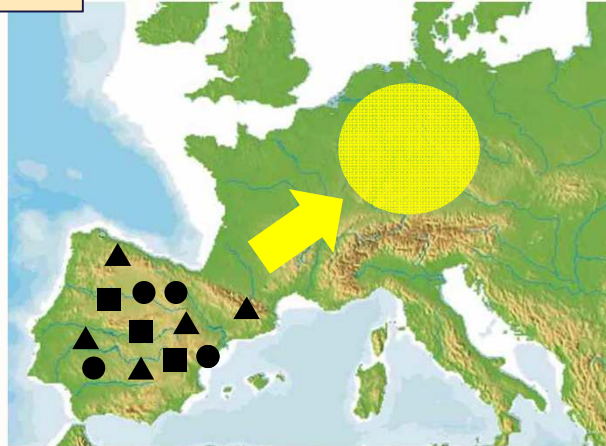
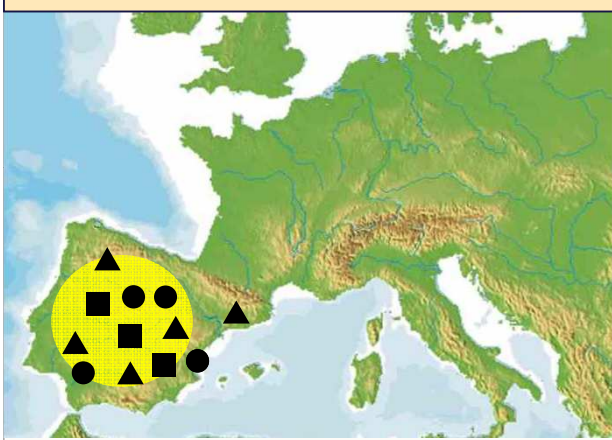
# Globale und montane Vegetationszonen



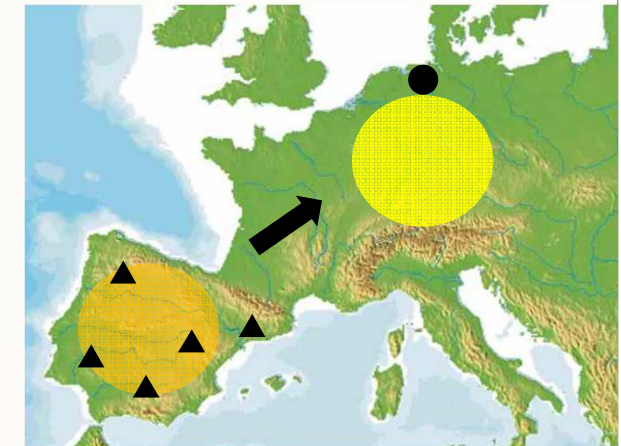
Sources: Martin Beniston, Mountain environments in changing climates, Routledge, London, 1994; Climate change 1995, Impacts, adaptations and migration of climate change, contribution of working group 2 to the second assessment report of the Intergovernmental panel on climate change (IPCC), UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.

# Klimawandel, Arealveränderung, Anpassung (Imke Schmidt, BiK –F, 2011)

## A. Nischenkonservatismus



## B. Anpassen, Aussterben, Auswandern

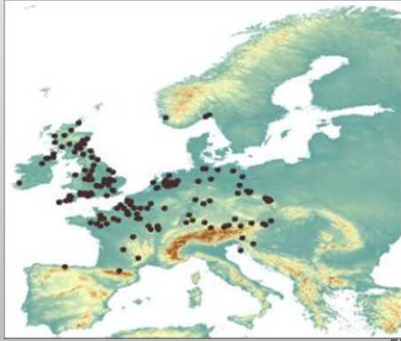


Können Arten sich schnell genug ändern, um mit den bevorstehenden Umweltveränderungen zurecht zu kommen?



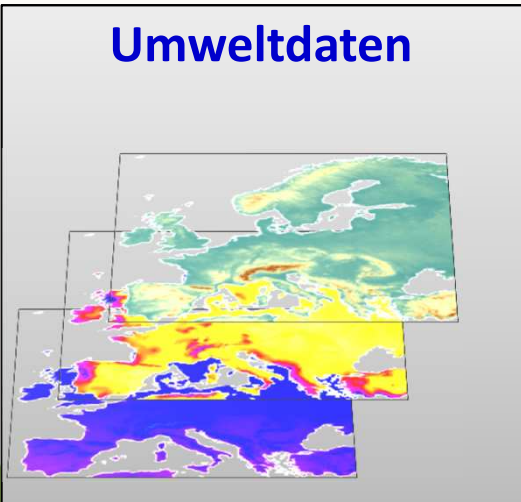
# Nischenmodellierung

Arten  
(Fundpunkte)

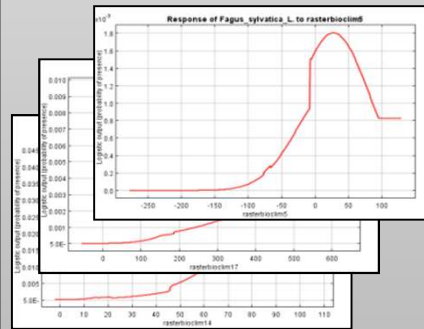
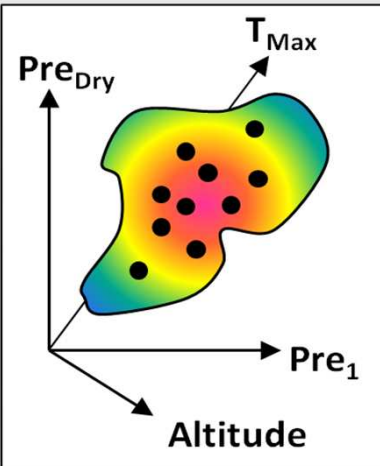


+

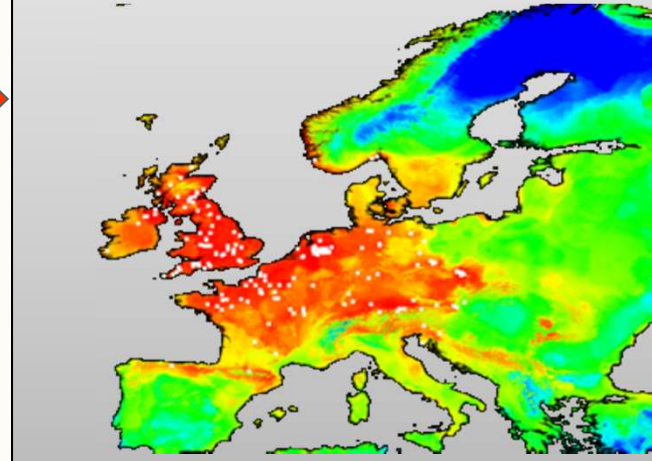
Umweltdaten



Nischenmodell

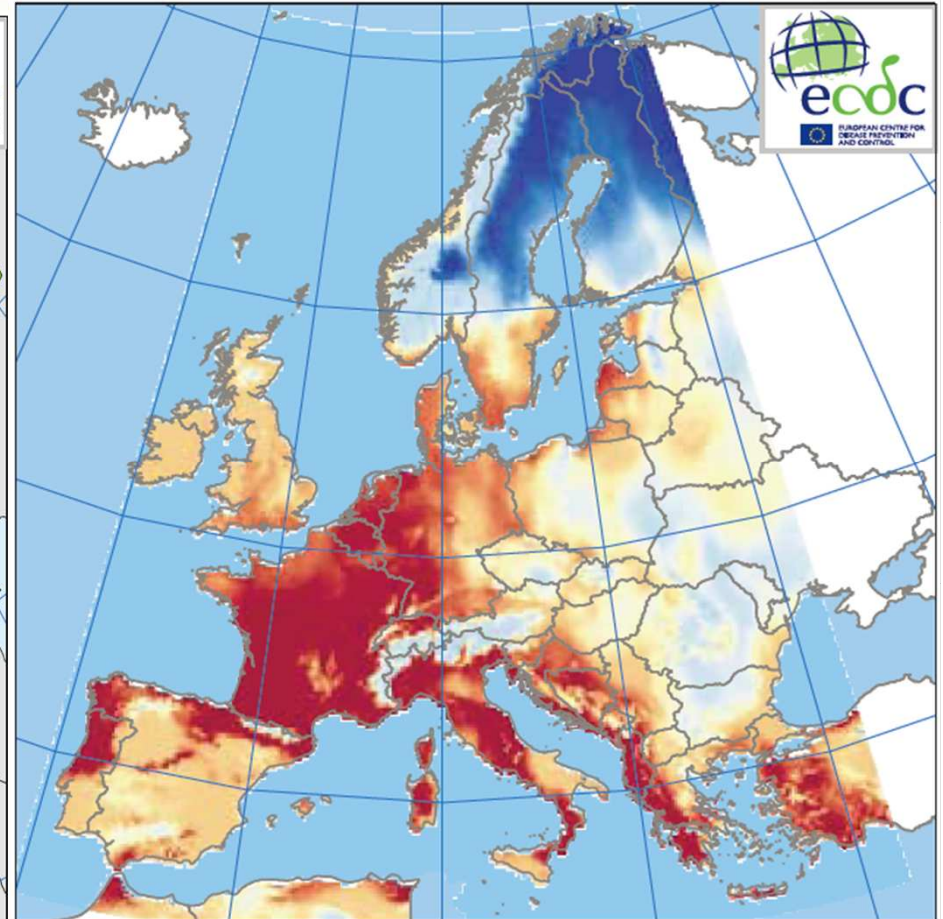


Verbreitungswahrscheinlichkeit

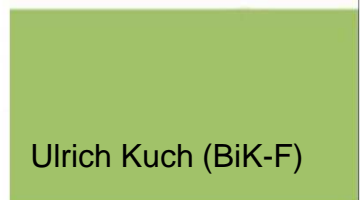


# Tigermücken in Europa 2008

# und (?) 2030

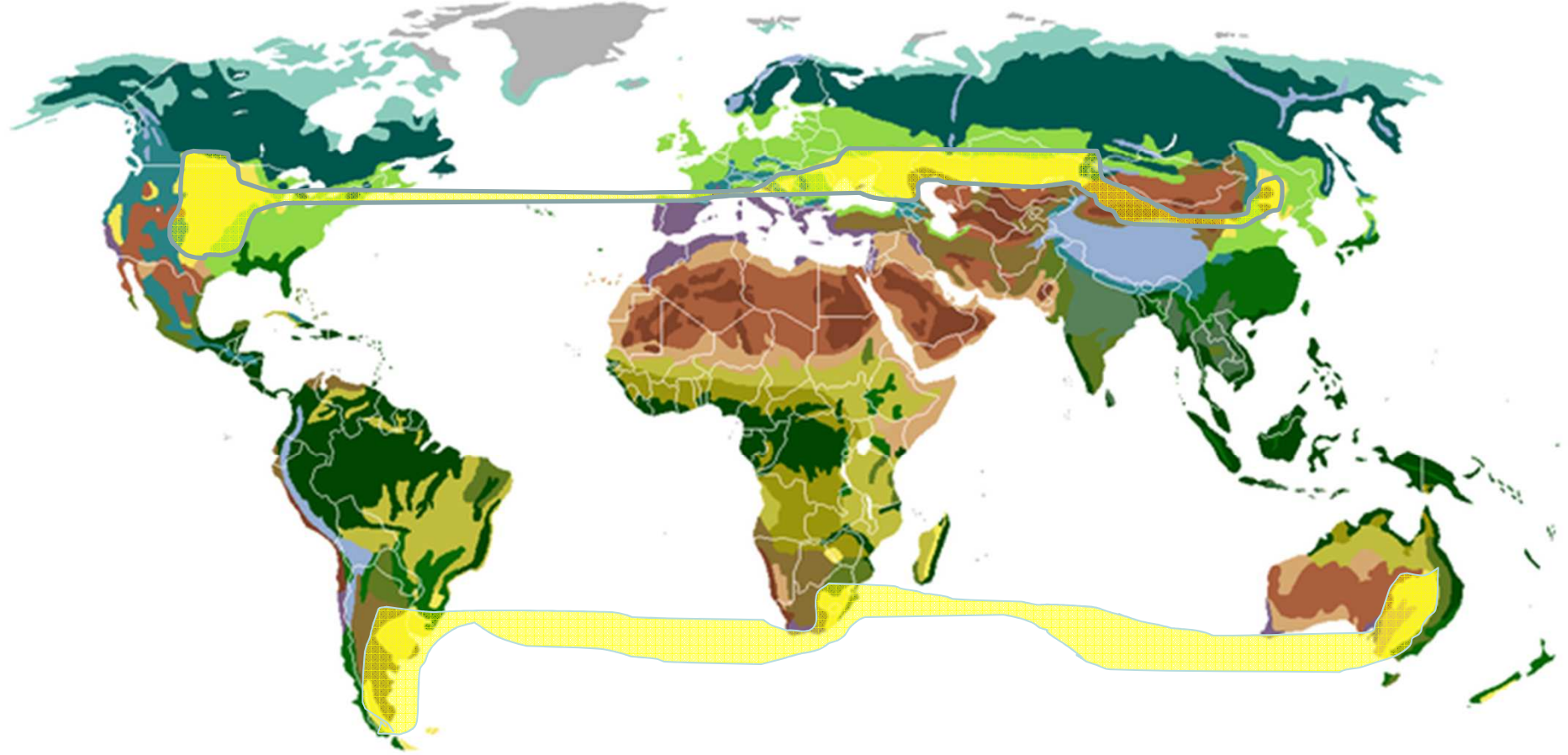


Grafik: Schaffner et al. 2008/ ECDC



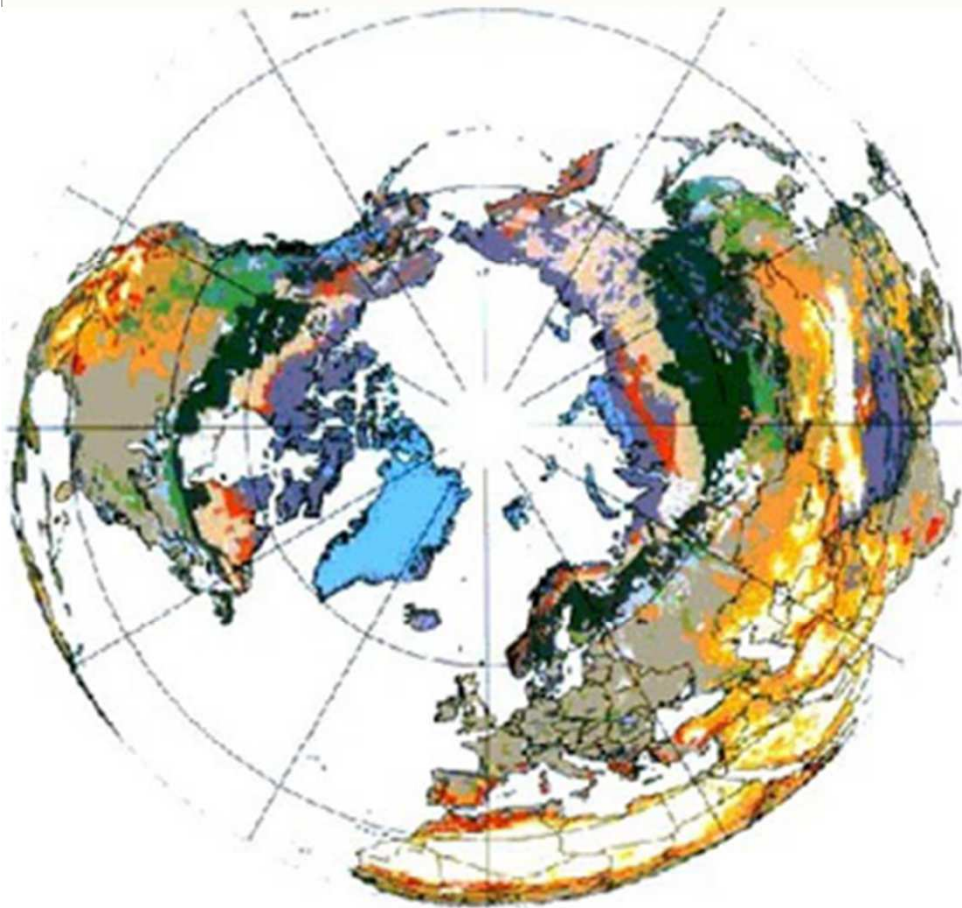
# Modell der Verlagerung von Ökosystemen auf der Nord- und Südhalbkugel

Ergänzt nach Walter H, Breckle (1991)

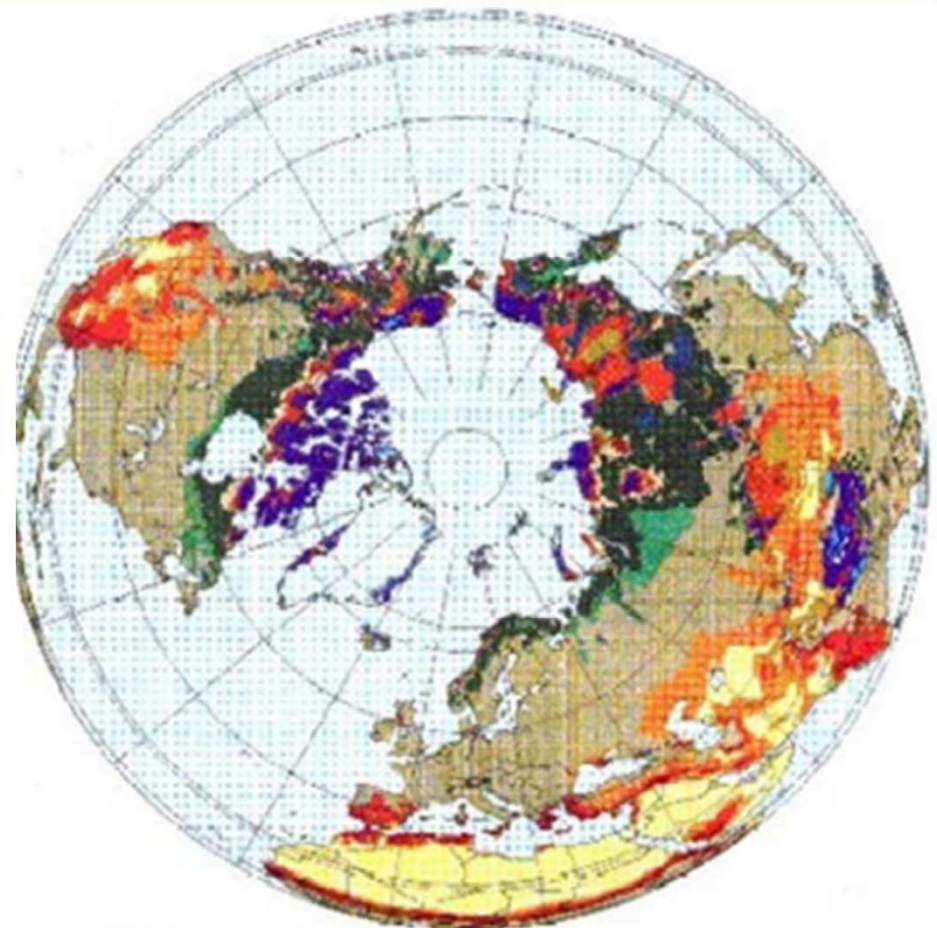


- |                            |                          |                 |                        |                 |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| ice sheet and polar desert | temperate steppe         | arid desert     | grass savanna          |                 |
| tundra                     | subtropical rainforest   | xeric shrubland | tree savanna           | alpine tundra   |
| taiga                      | Mediterranean vegetation | dry steppe      | subtropical dry forest | mountain forest |
| temperate broadleaf forest | monsoon forest           | semiarid desert | tropical rainforest    |                 |

# Nordwärtsverlagerung der Vegetationszonen bis 2100



Olson, J. S., J. A. Watts, and L. J. Allison. 1983.



ECHAM-1 by the Max Plank Institute, Hamburg

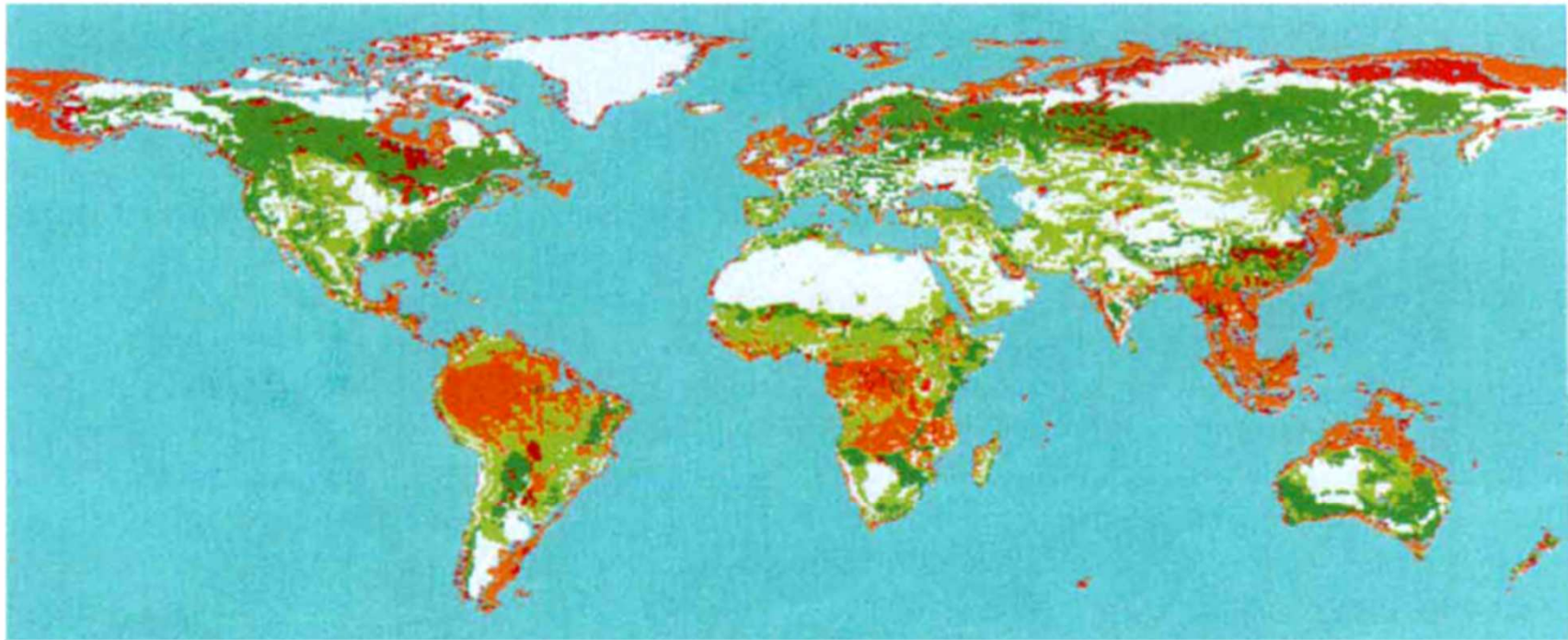


**Landwirtschaftlich  
nutzbar**



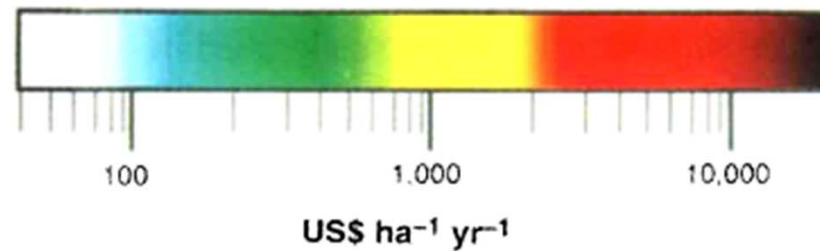
**BiK<sup>F</sup>**

# Biodiversität und Ecosystem Services



**Was wir nicht abbauen können, müssen wir anbauen!**

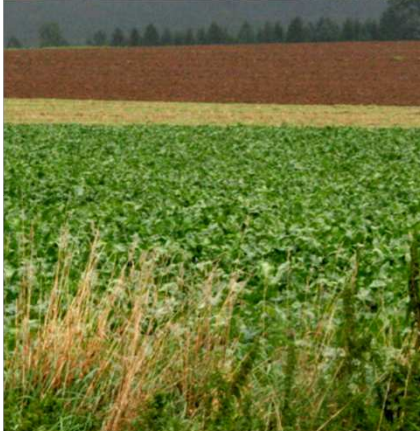
**Weltweit: 20 Billionen €/a**



# Globale Herausforderungen



Nur 2% des  
Wassers sind  
**Trinkwasser**

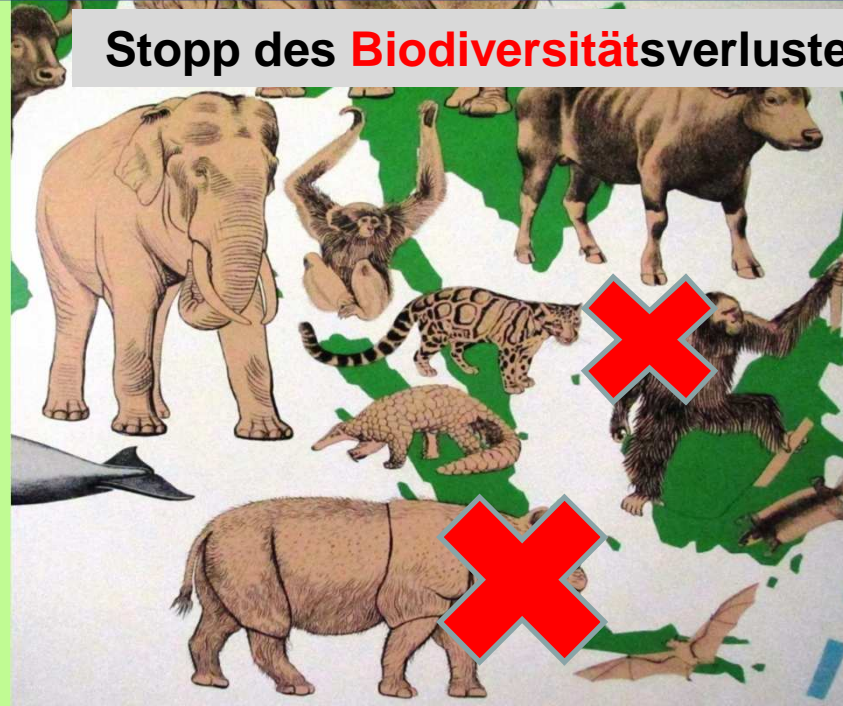


Die  
landwirtschaftlich  
nutzbare  
**Bodenfläche** wird  
sich pro Kopf bis  
2030 halbieren



Anpassungen an  
das Post-  
**Petroleum-**  
Zeitalter

Stopp des **Biodiversitätsverlustes**



**Klima:** Erreichung des 2 Grad-Ziels



A photograph of an industrial facility at sunset. A tall smokestack on the left emits a thick plume of dark smoke that stretches across the sky. The sun is a bright, glowing orb partially obscured by the smokestack. The sky is a warm, orange-brown color. In the foreground, the silhouettes of industrial buildings and other smokestacks are visible against the horizon.

# Lösungsansätze Lösungswege

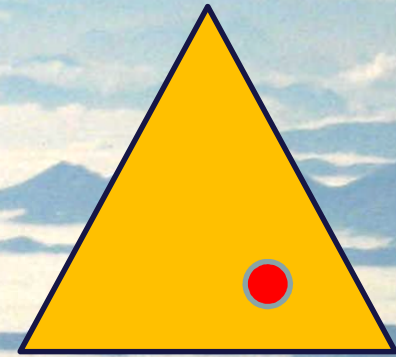
- A. Energie**
- B. Klima**
- C. Biodiversität**

## **Zieldreieck Energie:**

**Versorgungssicherheit**

**Bezahlbarkeit**

**Umwelt- und Klimaverträglichkeit**



## **Lösungswege (No-regret-Maßnahmen):**

- CO<sub>2</sub>-Neutralität von Staaten, Städten und Industrieanlagen
- Nachhaltiger Energiemix mit Nutzung einheimischer Energieträger,
- Verstärkte, nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien,
- Diversifikation der Rohstoffbasis für alle Energie- und Metallrohstoffe



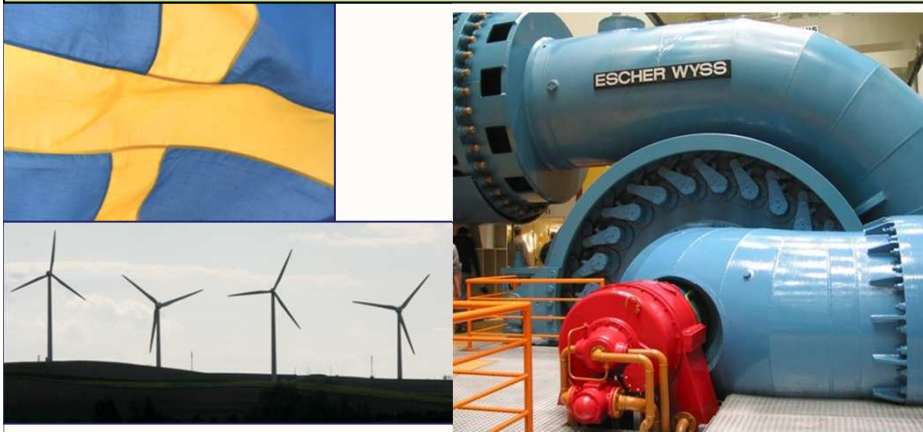
# CO<sub>2</sub>-Neutralität

## Nachhaltigkeitsstrategie Hessen-

- CO<sub>2</sub> -neutrale Landesverwaltung bis 2030
- 100 klimaaktive Kommunen
- 100 klimaaktive Unternehmen
- 100 klimaaktive Schulen
- Energieforum Hessen



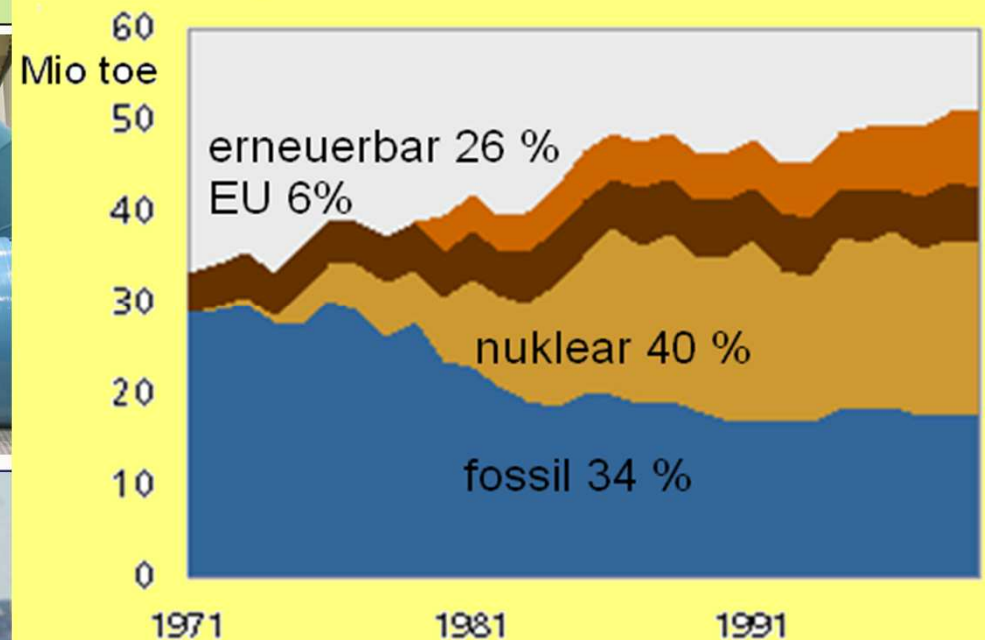
## CO<sub>2</sub>-neutrales Schweden



KKW Oskarshamn



Energieverbrauch Schweden 1991-1999

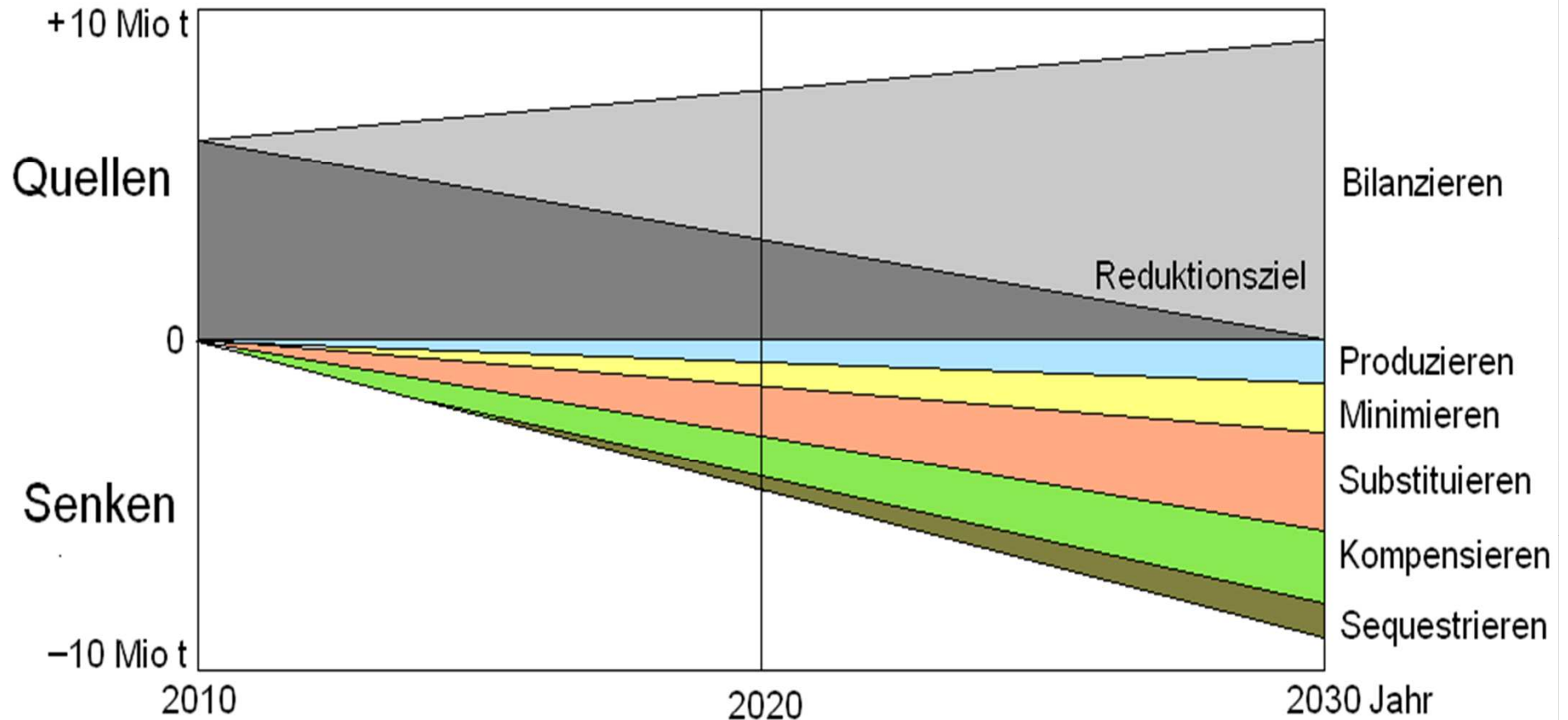


# Wege zur CO<sub>2</sub>-Neutralität

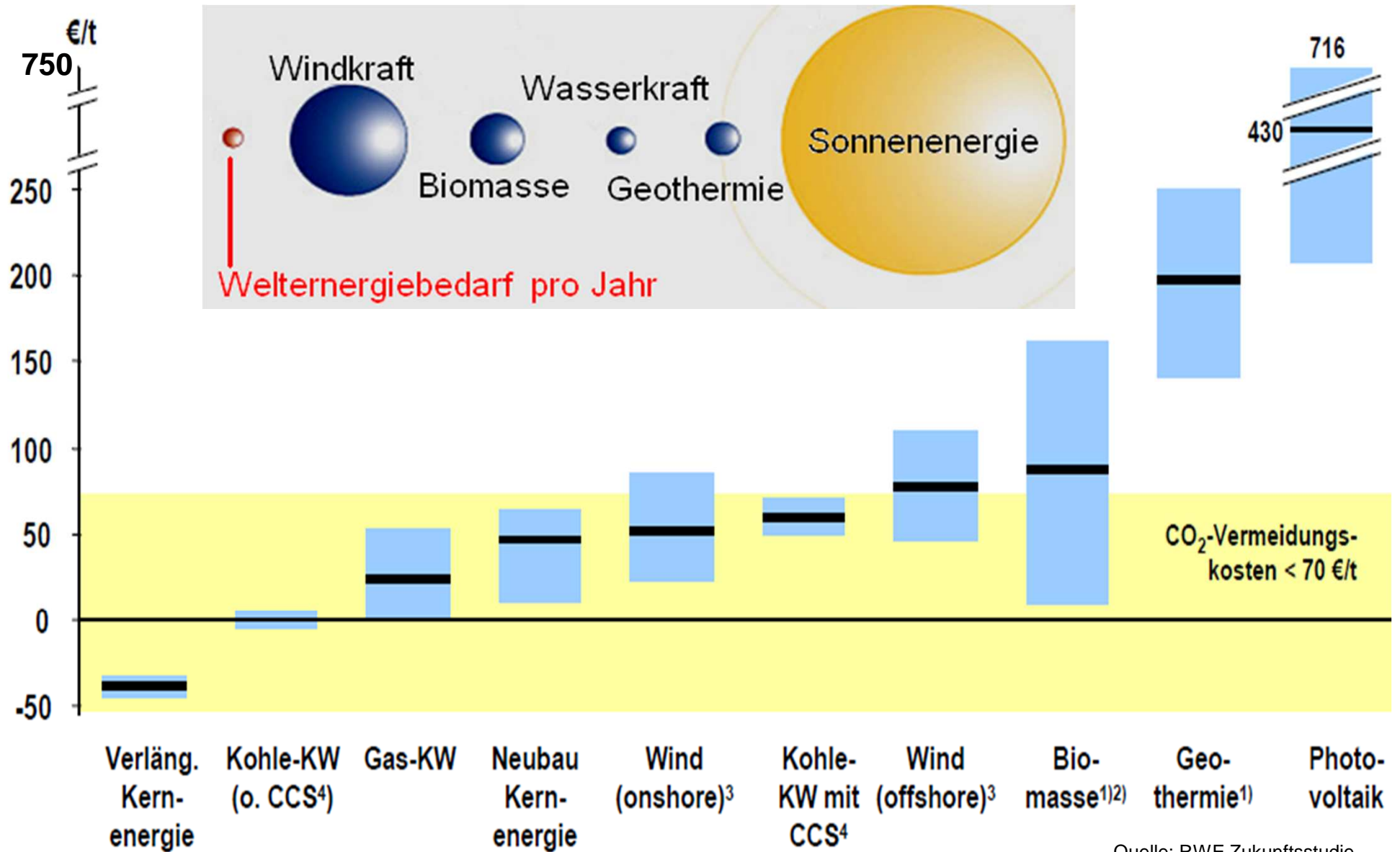
## CO<sub>2</sub> -neutrale Landesverwaltung Hessen



CO<sub>2</sub> äquiv.

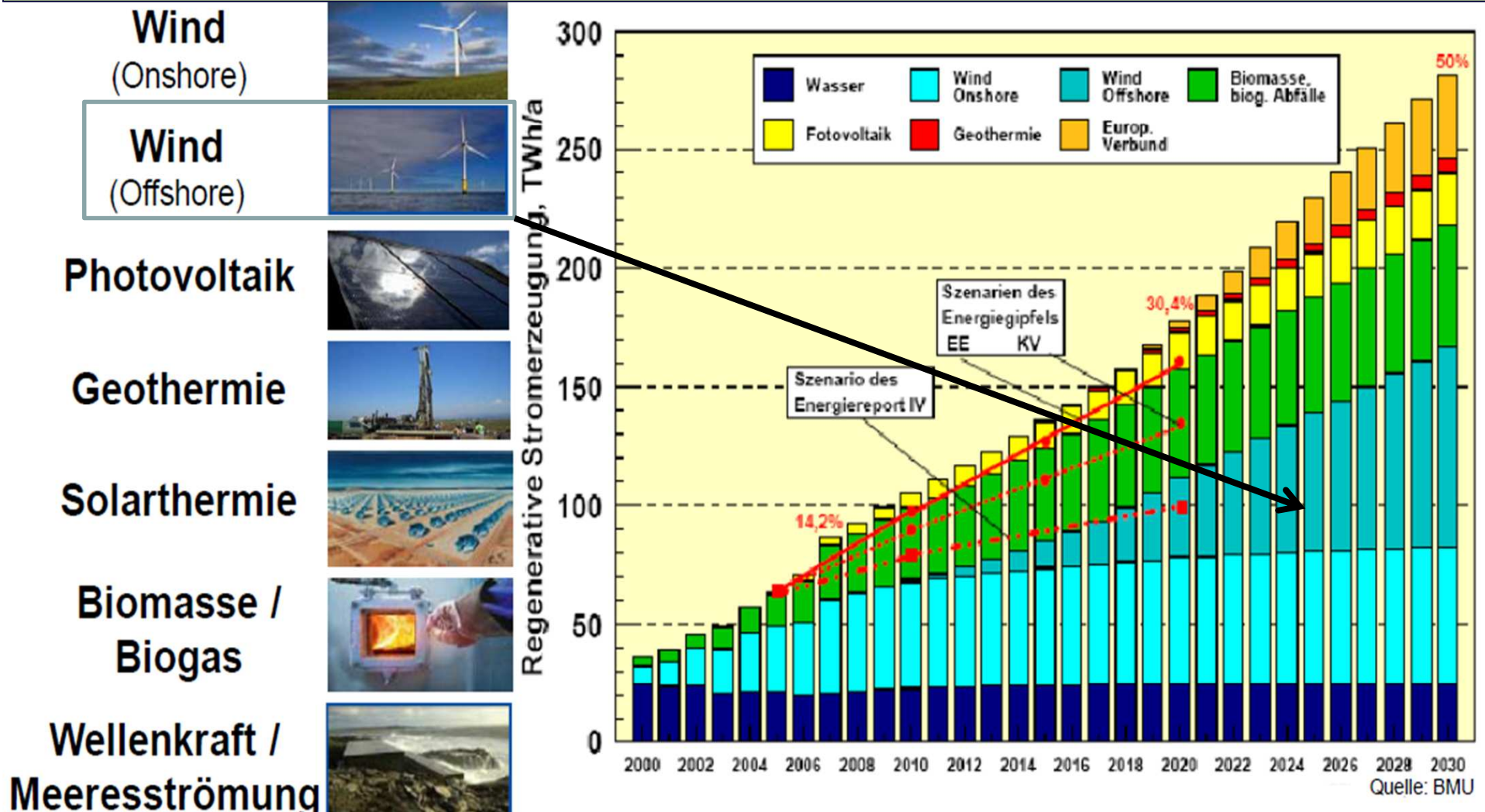


# Potenziale und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten erneuerbarer Energieformen



Quelle: RWE Zukunftsstudie

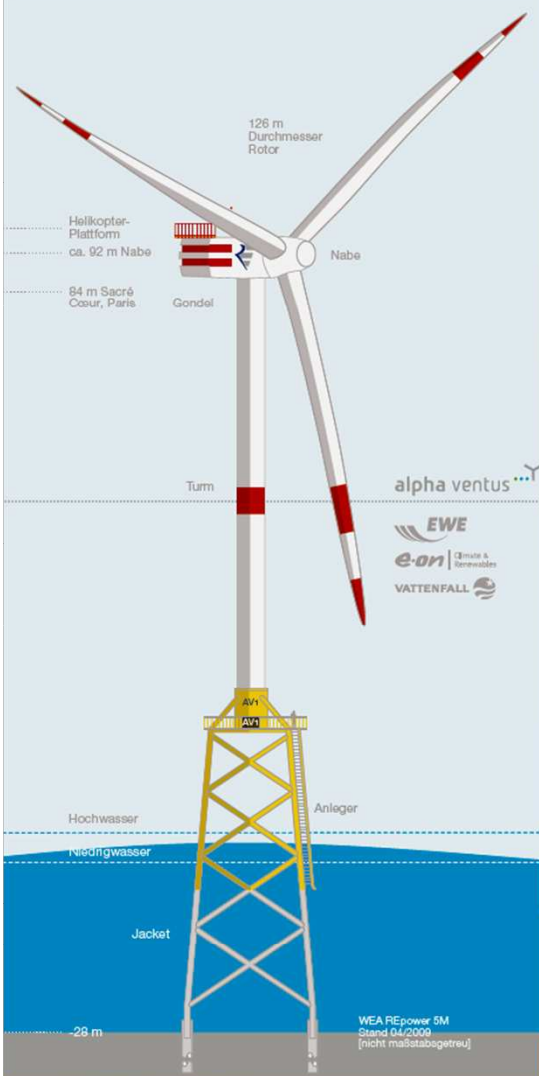
# Projektion des Wachstumspotenzials der erneuerbaren Energien (Quelle: BMU)



**Energiegipfel Hessen 2011: 130 TWh/a Strom und Wärmebedarf**  
**35 TWh/a Potenzial erneuerbare Energie**

# Off-shore Windanlage „alpha ventus“

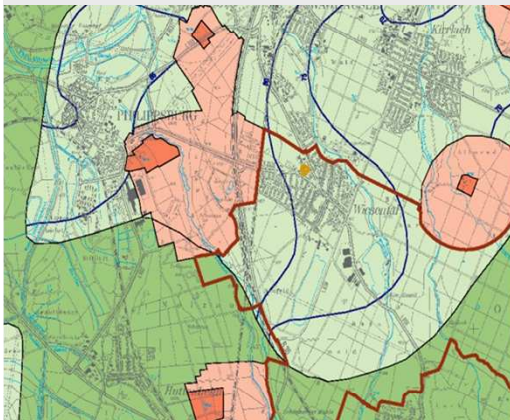
12 × 5-MW-Klasse  
im „Wattenmeer“



## Flache Geothermie



- Vertikalbohrung  
50 - 400 m

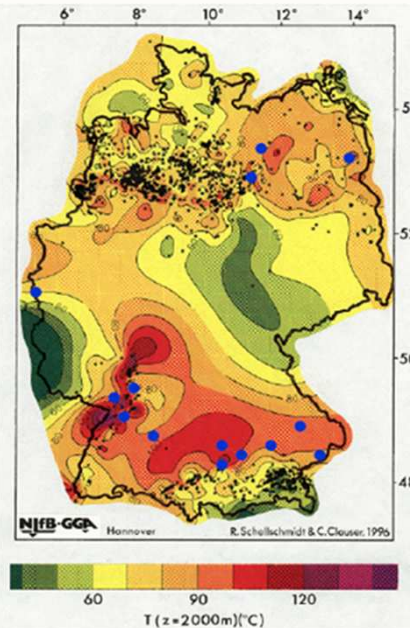


LGRB: „Hydrogeologischen Kriterien zur Anlage von Erdwärmesonden“ 1 : 50 000



## Hydrogeothermie

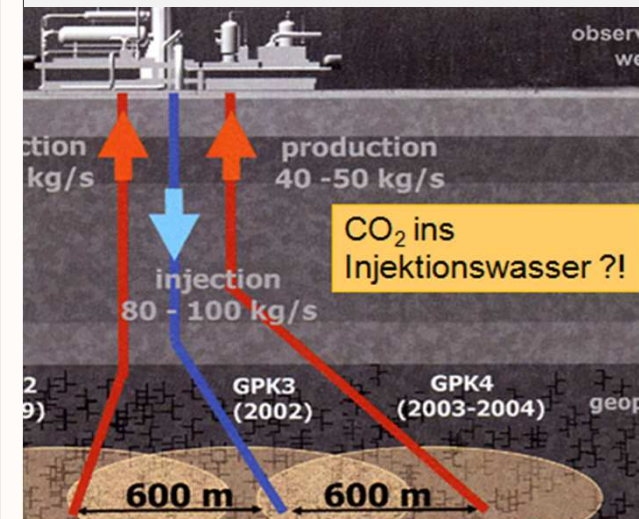
- ab ca. 2000 m Tiefe,
- Temperatur ab 100 °C,
- 5 MW Wärme, 0,25 MW Strom



**Anlagen in Deutschland:**  
Neustadt-Glewe,  
Waren, Neubrandenburg  
Straubing,  
Unterschleißheim,  
Erding, Fimbach-Braunau

## Hot-Dry-Rock-Verfahren

- ca. 5000 m Tiefe
- Temperatur 120 - 200 °C
- 10 MW Wärme, 5 MW Strom
- zum Vergleich:  
1 Atomkraftwerk =  
1300 MW)



### Vorteile:

- Standortunabhängig

### Nachteile:

- F&E-Phase
- „man made earthquakes“
- Weltweit läuft noch keine Anlage

# Fazit Energieträger: Vor- und Nachteile

**Die Lösung (Innovationssprung) ist nicht in Sicht!**

Energieträger	Versorgungssicherheit	Umweltschutz/ Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Knackpunkt
Braunkohle	Heimisch	Höchste CO <sub>2</sub> -Belastung	Keine Förderung nötig	Sequestrierung
Steinkohle	Gute Importmöglichkeiten	Hohe CO <sub>2</sub> -Belastung	Niedrige Preisrisiken	Sequestrierung
Gas	Abhängigkeit von Russland & Transitländern	Mittlere CO <sub>2</sub> -Belastung	Preisrisiken	Diversifikation Lieferanten & Routen, LNG
Erdöl	Importabhängigkeit 96 %	Mittlere CO <sub>2</sub> -Belastung	Preisrisiken "Peak Oil" Geringe Reserven	Diversifikation Unkonventionelle Öle
Kernenergie	Uran leicht vorzuhalten	Geringe CO <sub>2</sub> -Belastung	Hohe Kapitalkosten Versicherung	Akzeptanz Risiken Fusionstechnologie
Windenergie	Heimisch Fluktuierend	Geringe CO <sub>2</sub> -Belastung	Förderung noch nötig	Speichertechnologie Netzhandhabung
Biomasse	Heimisch, Flächenkonkurrenz	Geringe CO <sub>2</sub> -Belastung	Förderung noch nötig	Flächenbedarf
Photovoltaik	Heimisch Fluktuierend	Geringe CO <sub>2</sub> -Belastung	Derzeit zu teuer/ Höchste Vermeidungskosten	Kostendegression
Flache Geothermie	Heimisch	Geringe CO <sub>2</sub> -Belastung	Keine Förderung nötig	" Nur" Wärme/Kälte
Tiefe Geothermie	Heimisch Grundlastfähig	Geringe CO <sub>2</sub> -Belastung	Förderung nötig. F&E-Bedarf	Georisiken

# „Smart Grids“: Kluge Netze für erneuerbare Energien – neue Technologien, neue Industriestandorte



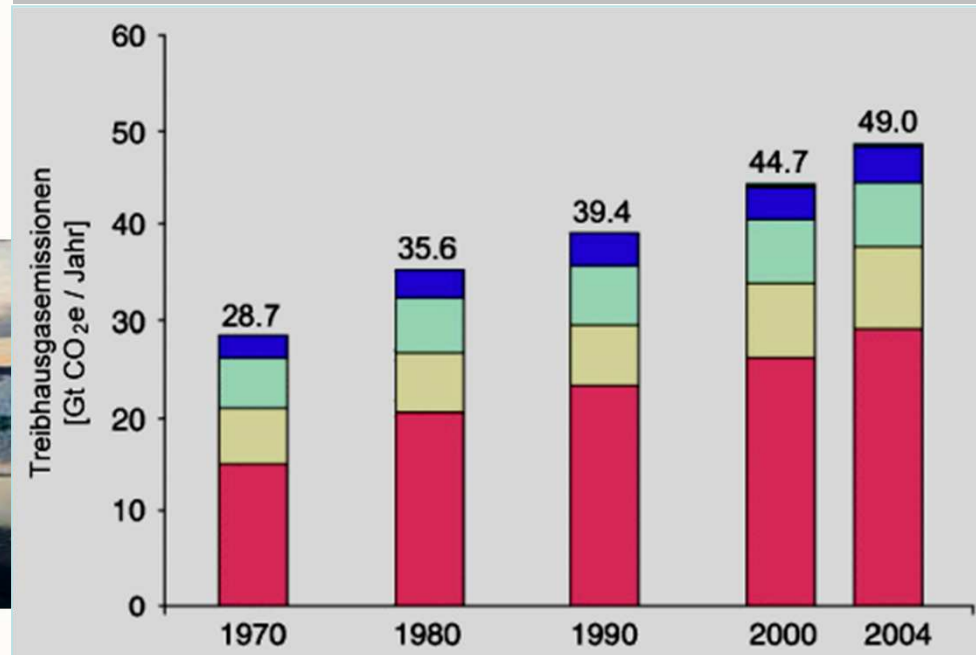


# KLIMA: Weltklimagipfel

1979 Genf  
1992 Rio  
1997 Kyoto  
2009 Copenhagen



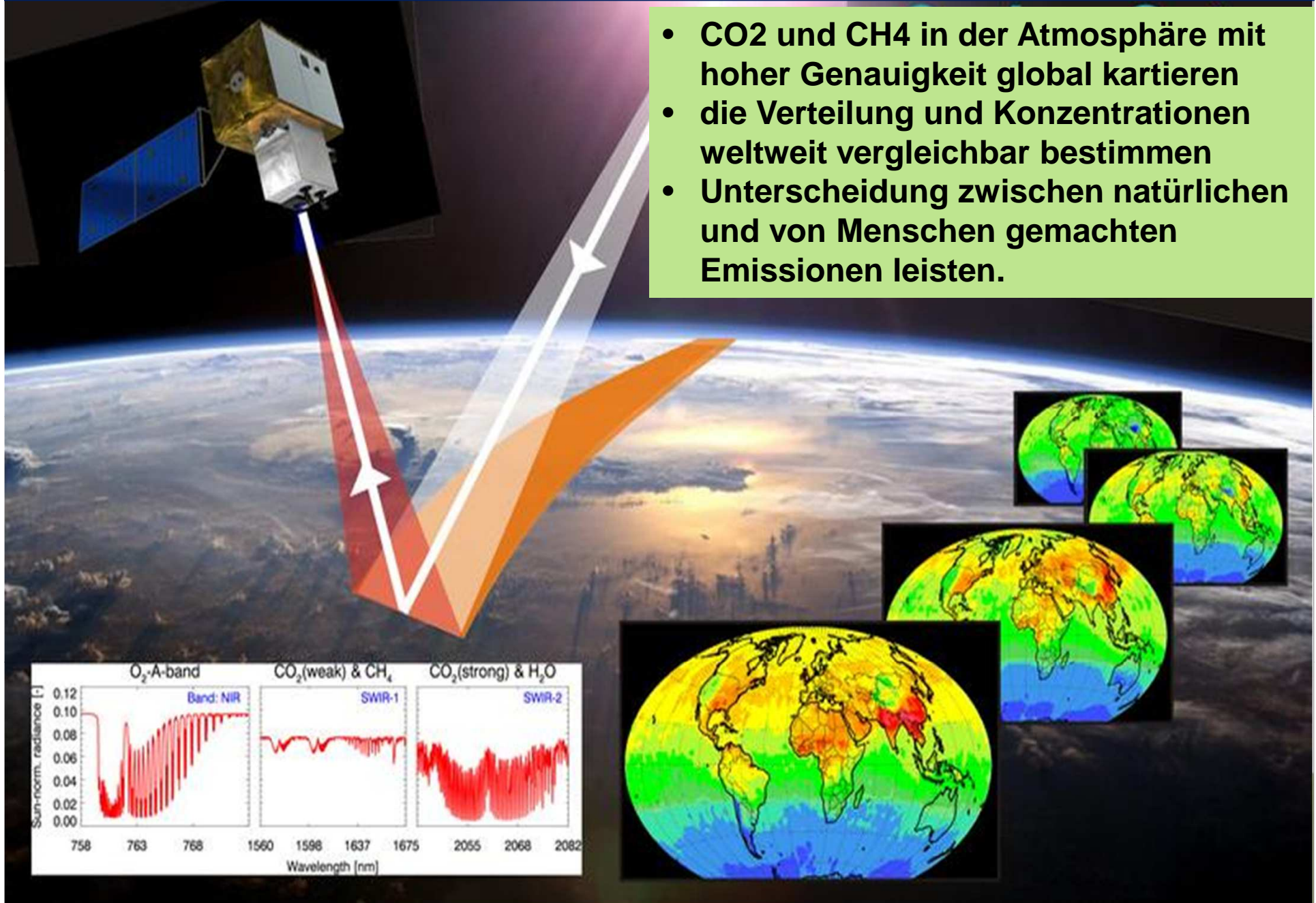
Treibhaus-Emissionen in CO<sub>2</sub>Äquiv./a  
4. UN Klimareport 2007



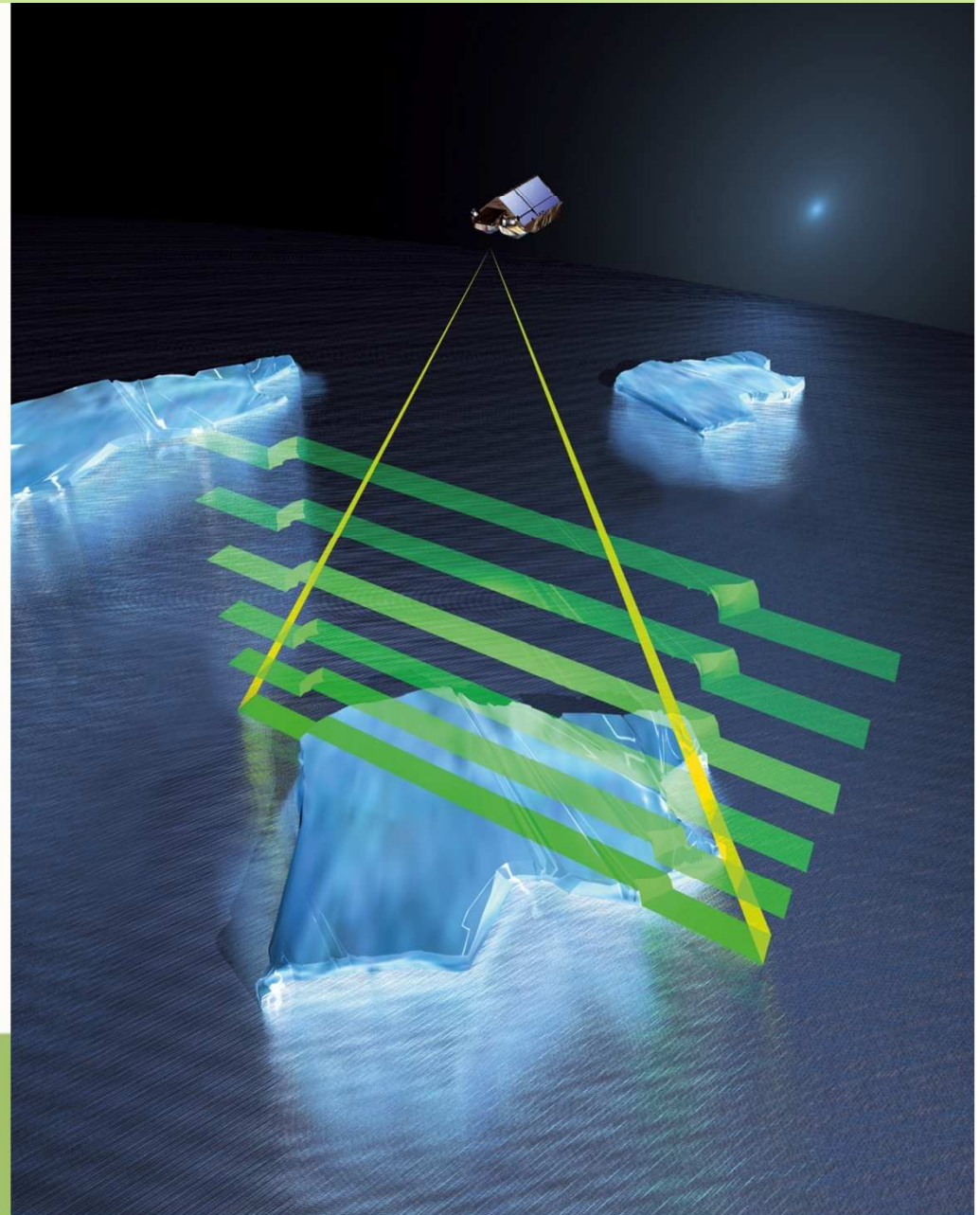
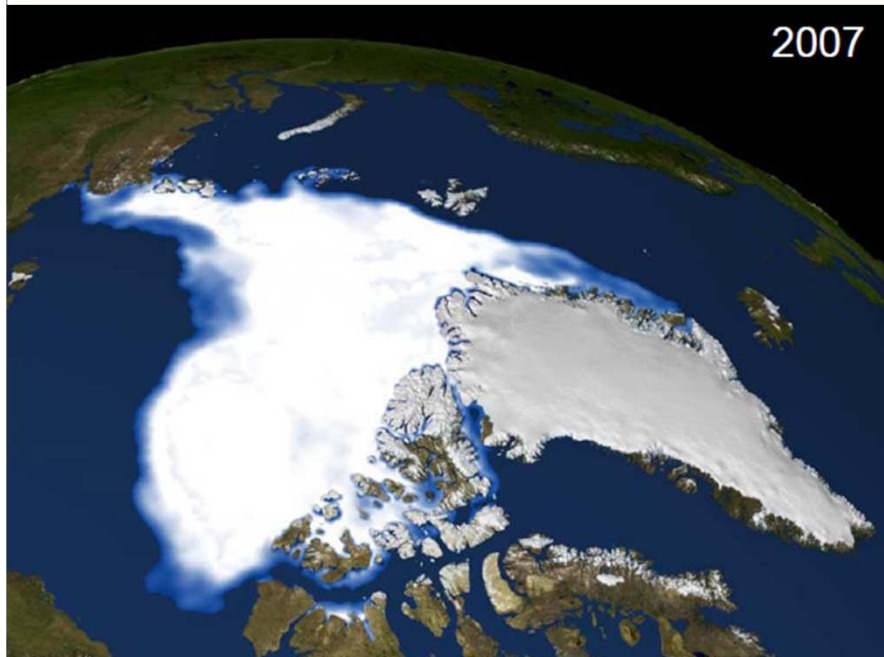
- Seit dem ersten Klimagipfel 1979 stiegen die Treibhausgasemissionen weltweit um 41 %
- 15 Staaten sind für 91,2 % der Emissionen verantwortlich

# Neue Werkzeuge: Carbon Sat

- CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> in der Atmosphäre mit hoher Genauigkeit global kartieren
- die Verteilung und Konzentrationen weltweit vergleichbar bestimmen
- Unterscheidung zwischen natürlichen und von Menschen gemachten Emissionen leisten.

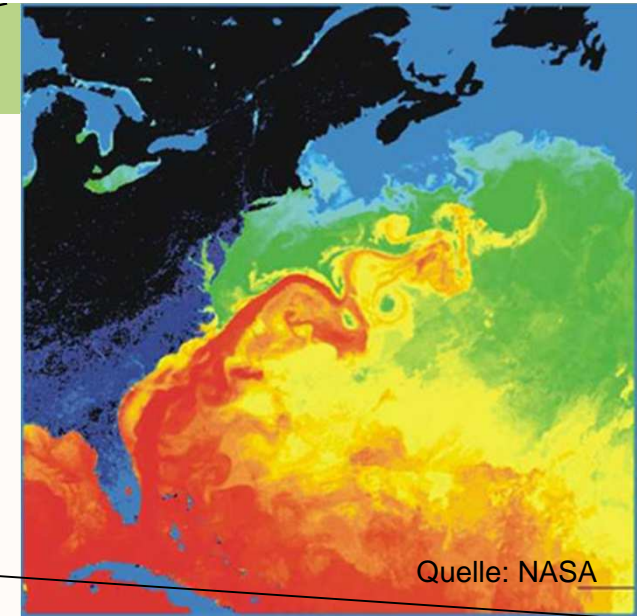
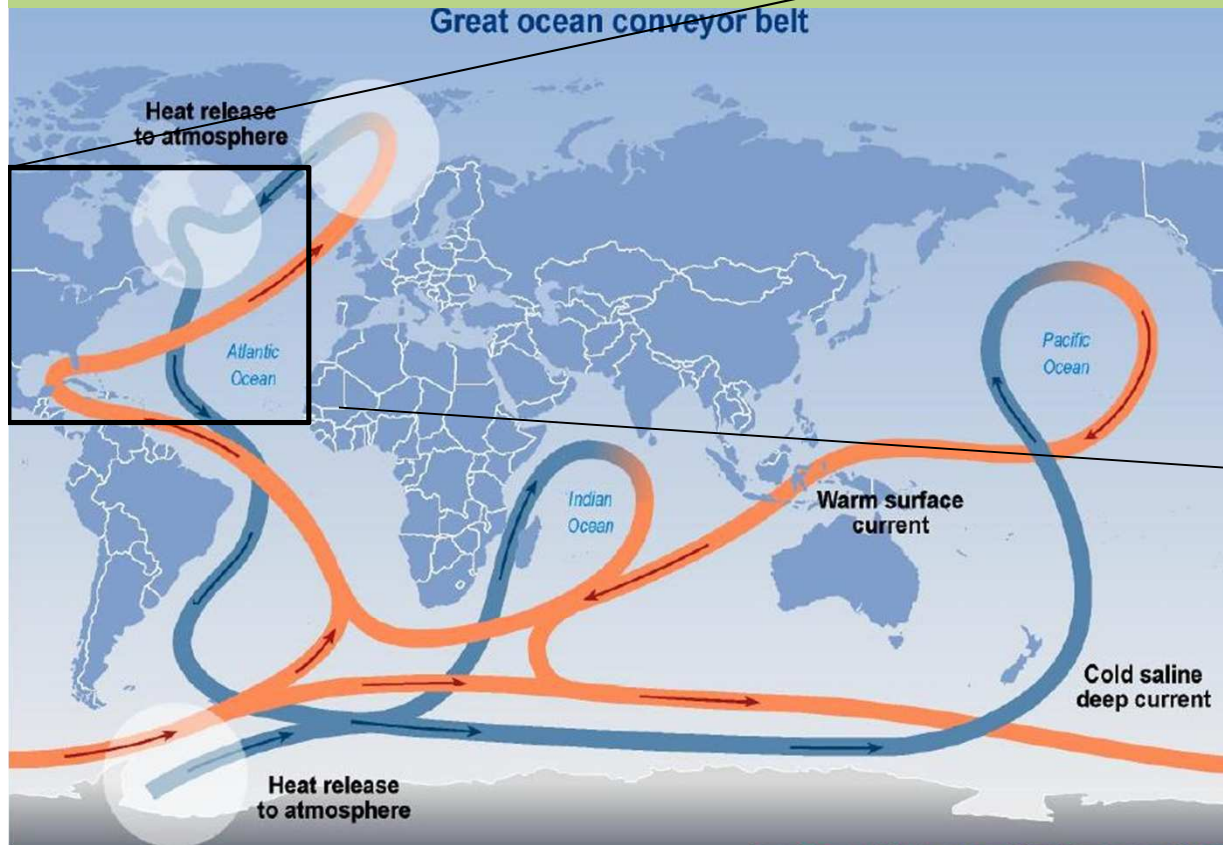


# CryoSat 2 Start am 8.4.10: Präzise Messung von Veränderungen in der Dicke der Eispanzer von Grönland und Antarktis

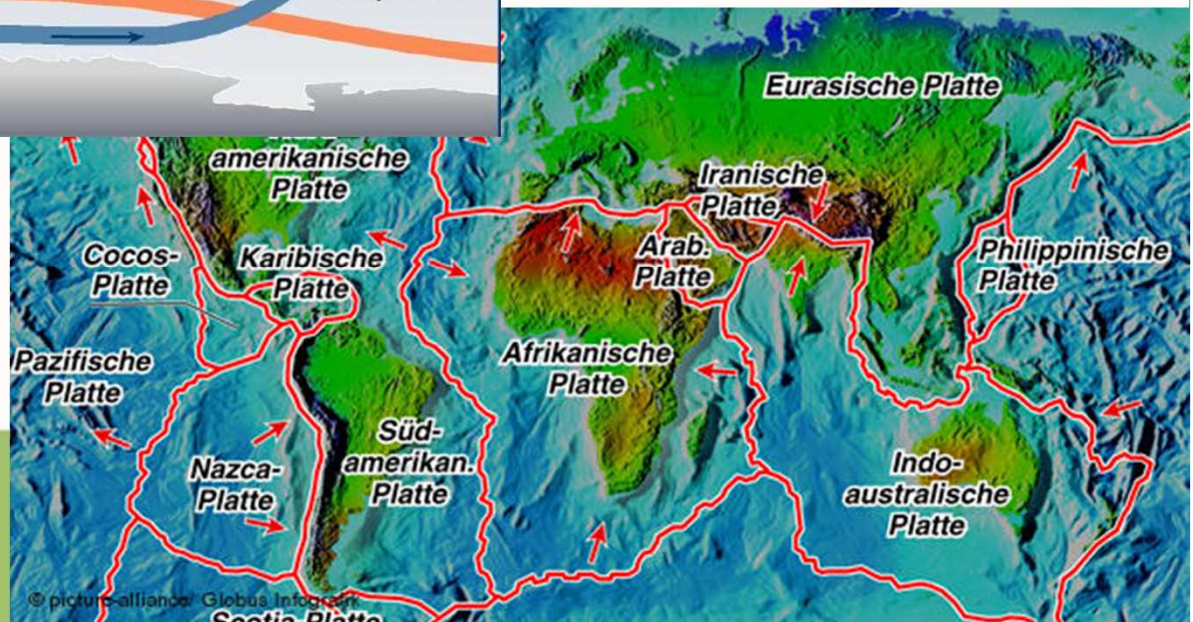


# Thermohaline Zirkulation

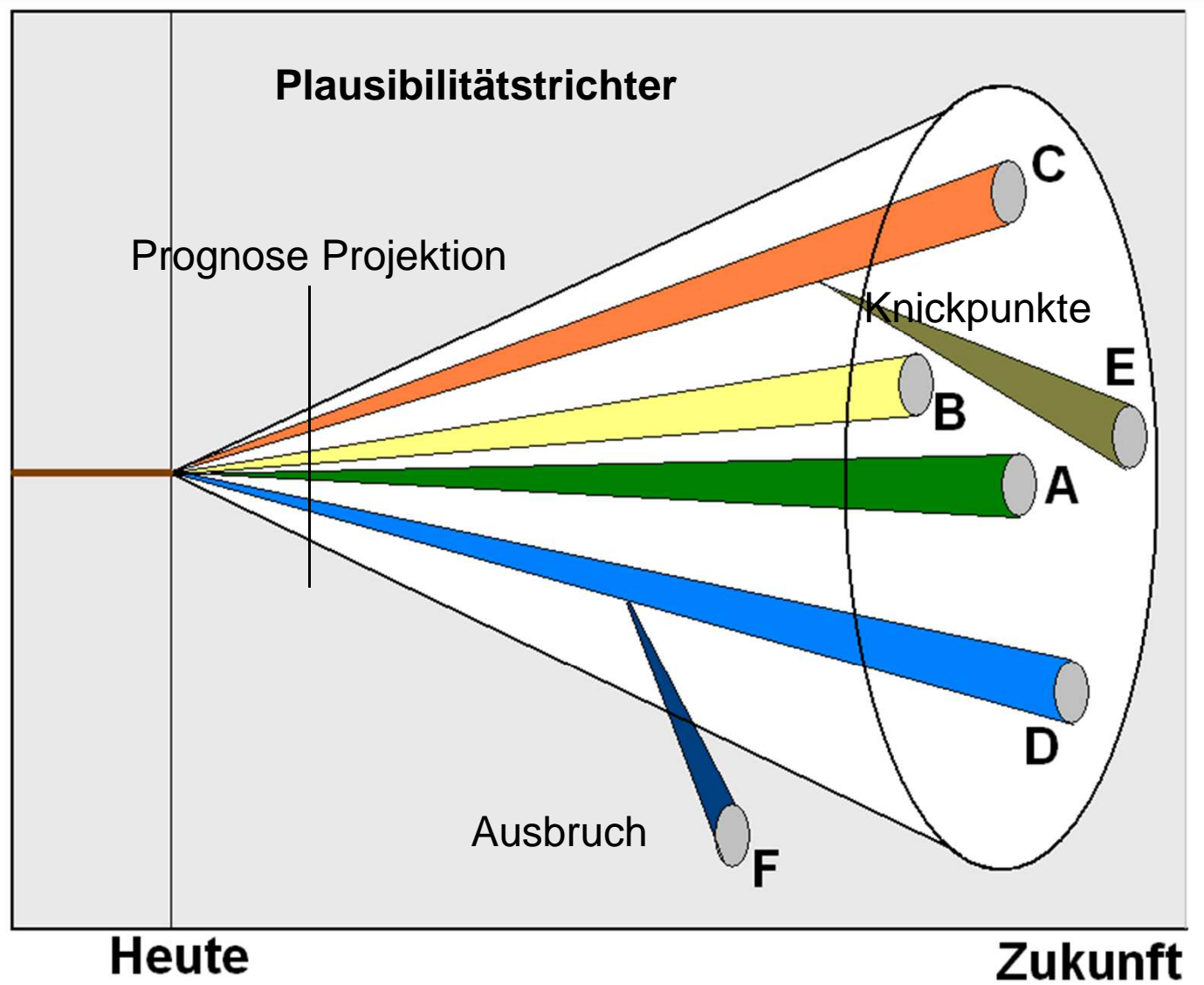
Great ocean conveyor belt



„Warmwasserheizung“  
zwischen Kontinentalplatten

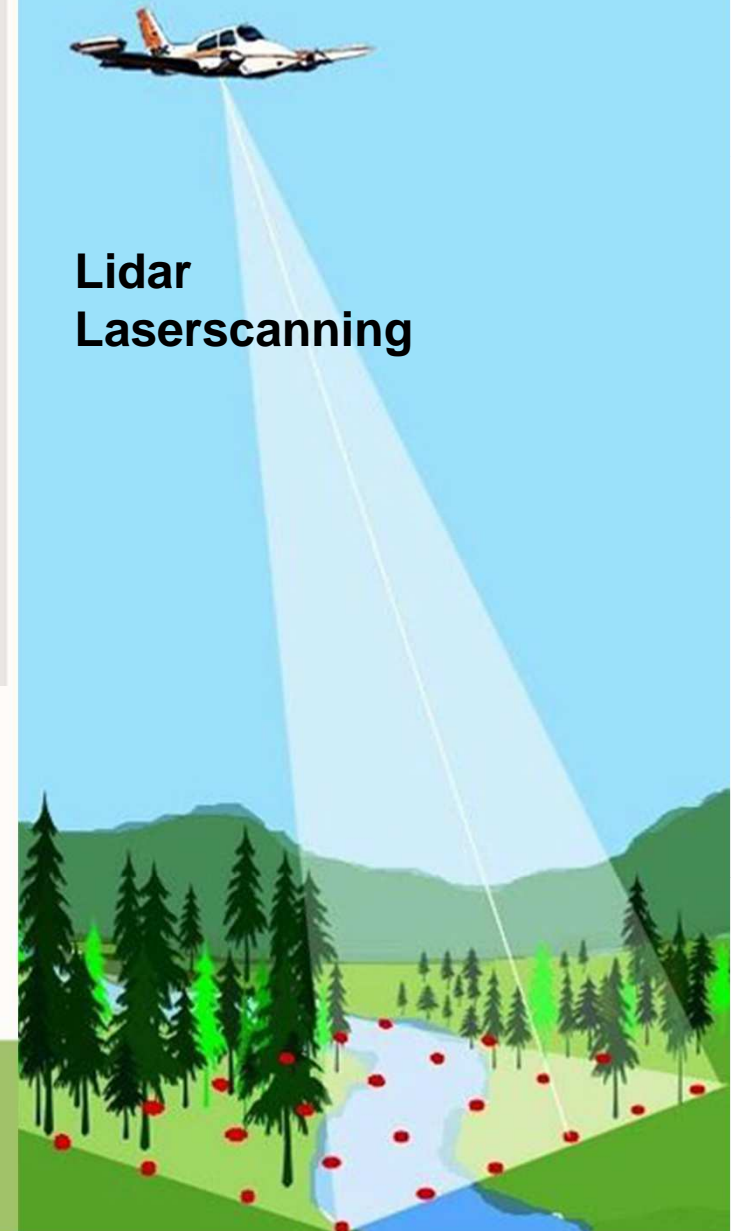
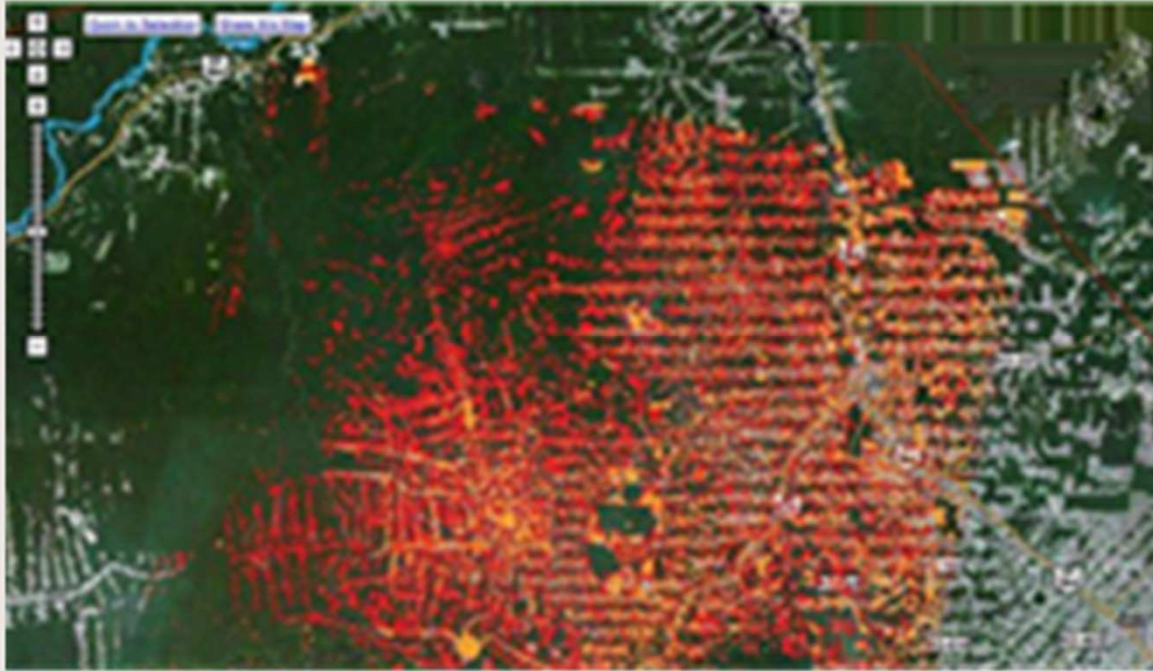


# Lösungsansatz: Szenarien = Zukunftsbilder



# KLIMA: UN-REDD+

## Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation



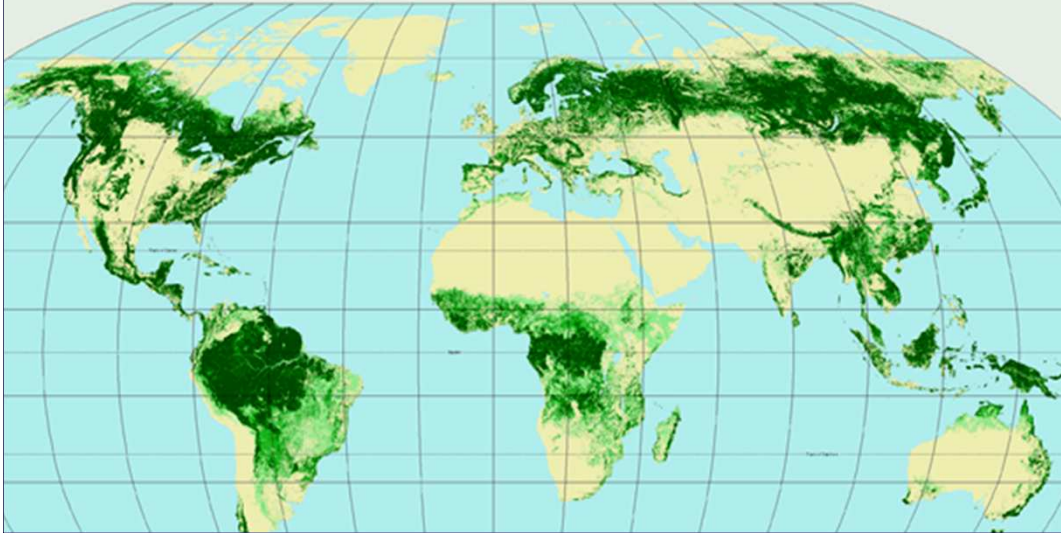
- **Measurement, Reporting and Verification (MRV)**
- **Bundesregierung zahlt 350 Millionen Euro für den Waldschutz**
- **Fernerkundung dient der Überwachung**
- **UN-REDD kooperiert mit Group on Earth Observation (GEO)**

# Biodiversität und Klima (no regret)

THE WORLD'S FORESTS 2000



## Globales Aufforstungsprogramm



**Weissrussland:**  
40 000 ha Wiedervernässung  
degradierter Moore  
(ca. 5 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) (Joosten 2007)

## Puttrich forstet Brasilien auf



- 2000 ha, 20 Jahre, 13 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> = 520 000 t CO<sub>2</sub>, d.h. ca. 0,06 % der Emissionen Hessens (50 Mio t CO<sub>2</sub> a<sup>-1</sup>)
- 10 % der hessischen Emissionen entsprechen 300 000 ha (3000 km<sup>2</sup>) Aufforstung pro Jahr

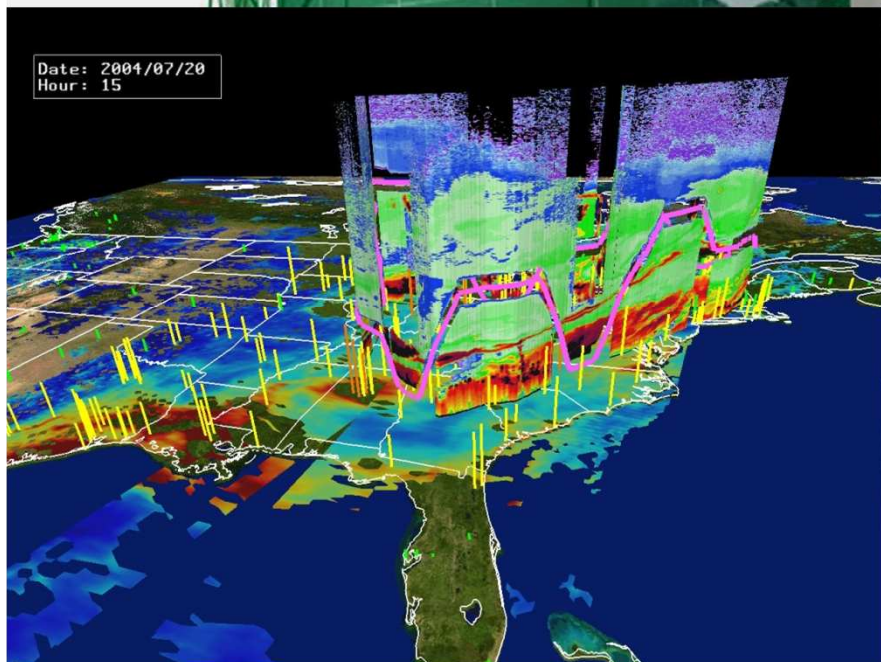
# GEOSS: Geodateninfrastruktur

## THE GLOBAL EARTH OBSERVATION SYSTEM OF SYSTEMS

**GEO** GROUP ON EARTH OBSERVATIONS

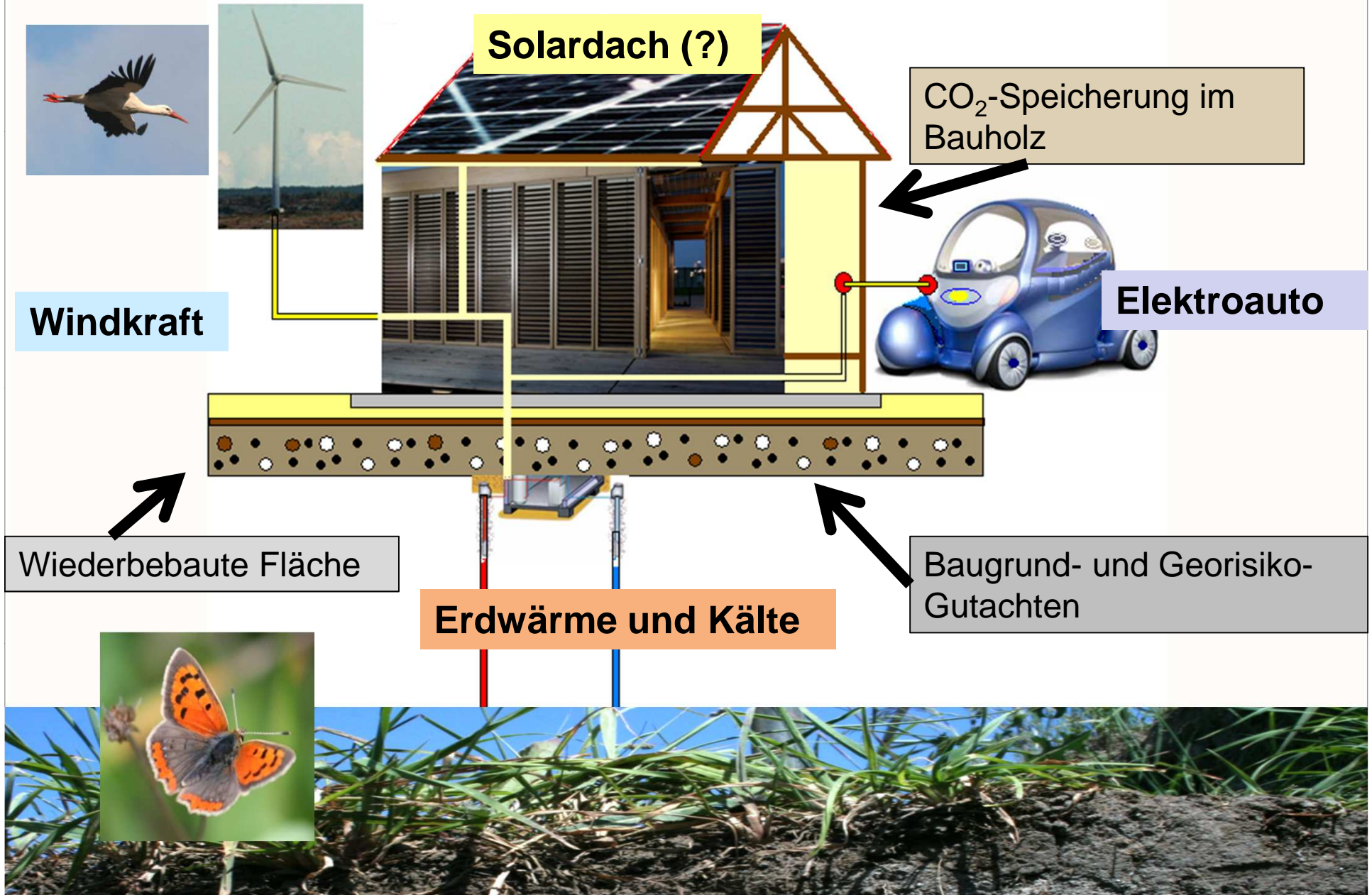


Date: 2004/07/20  
Hour: 15

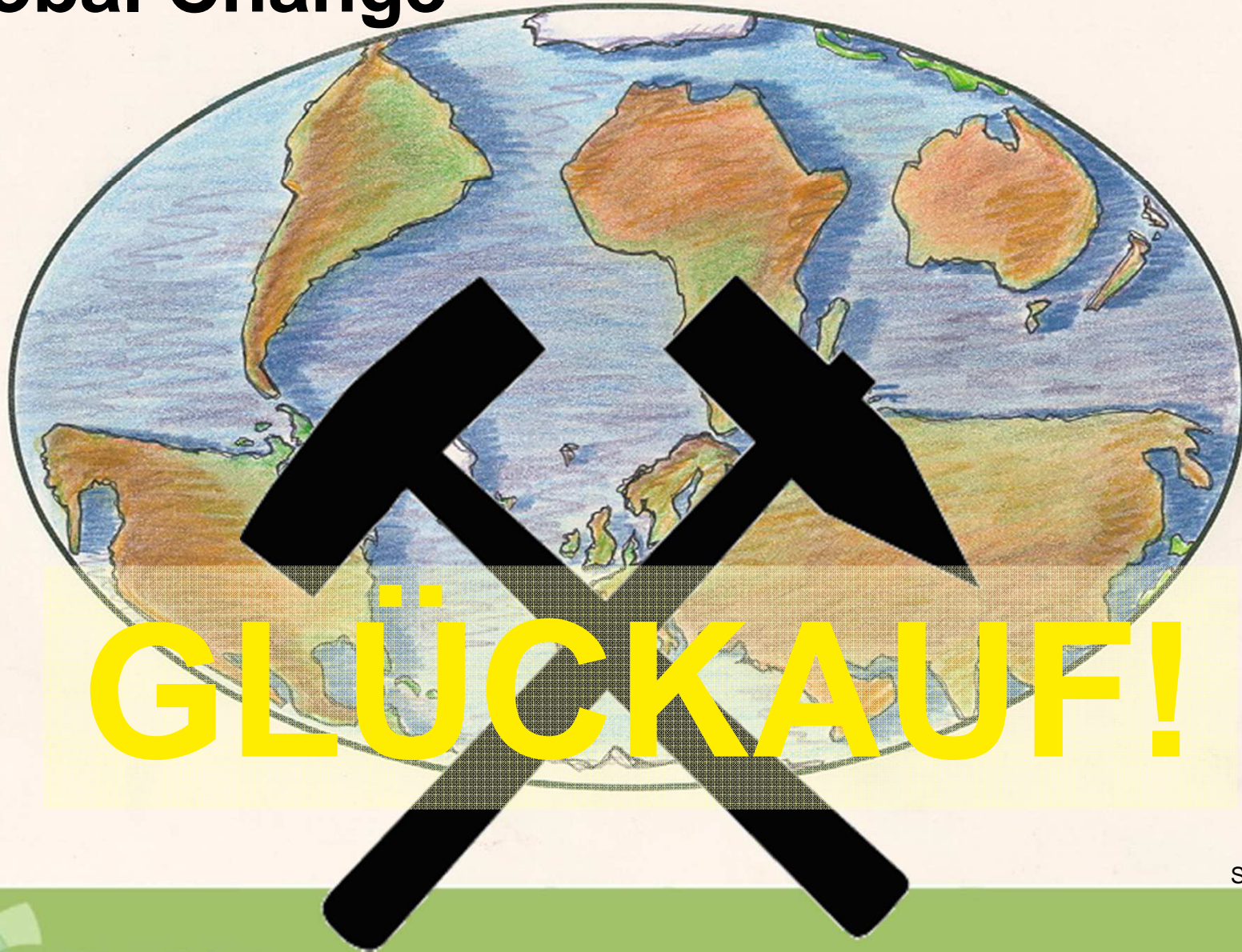




# Zukunft: Energie-plus Holzhaus mit vernetzten erneuerbaren Energiequellen (KWKK) in einem nachhaltig geschützten Ökosystem



„Global Change“



Stribny 1998



BiK<sup>F</sup>

 **LOEWE** – Landes-Offensive zur  
Entwicklung Wissenschaftlich-  
ökonomischer Exzellenz