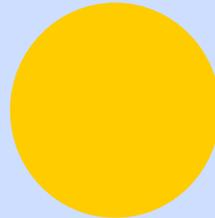


# Das Klimaproblem und unsere Antwort

Prof. Dr. Martin Creuzburg

Bund Naturschutz in Bayern und  
SAMOS Solarförderverein Regensburg e.V.



## 1. Das Klimaproblem

- Energiequelle Sonne
- Energiehaushalt Erde, Treibhauseffekt
- Kurze Klimageschichte

## 2. Energieverbrauch

- Energie und CO<sub>2</sub>
- Energieverbrauch / Szenarien
- Energievorräte / Reichweite
- Wege zu 100% Erneuerbaren

# Sonne

**Temperatur Oberfläche: 5.500°C**

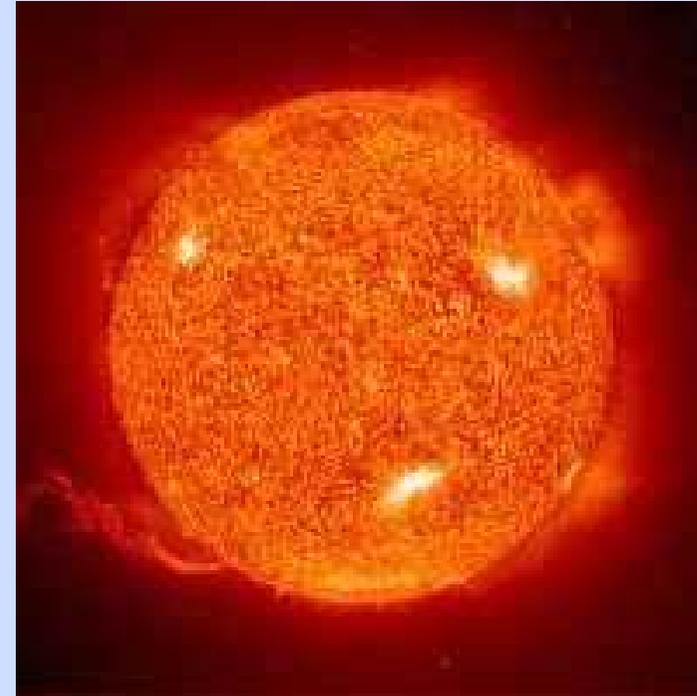
**Temperatur Kern: 15 Mill °C**

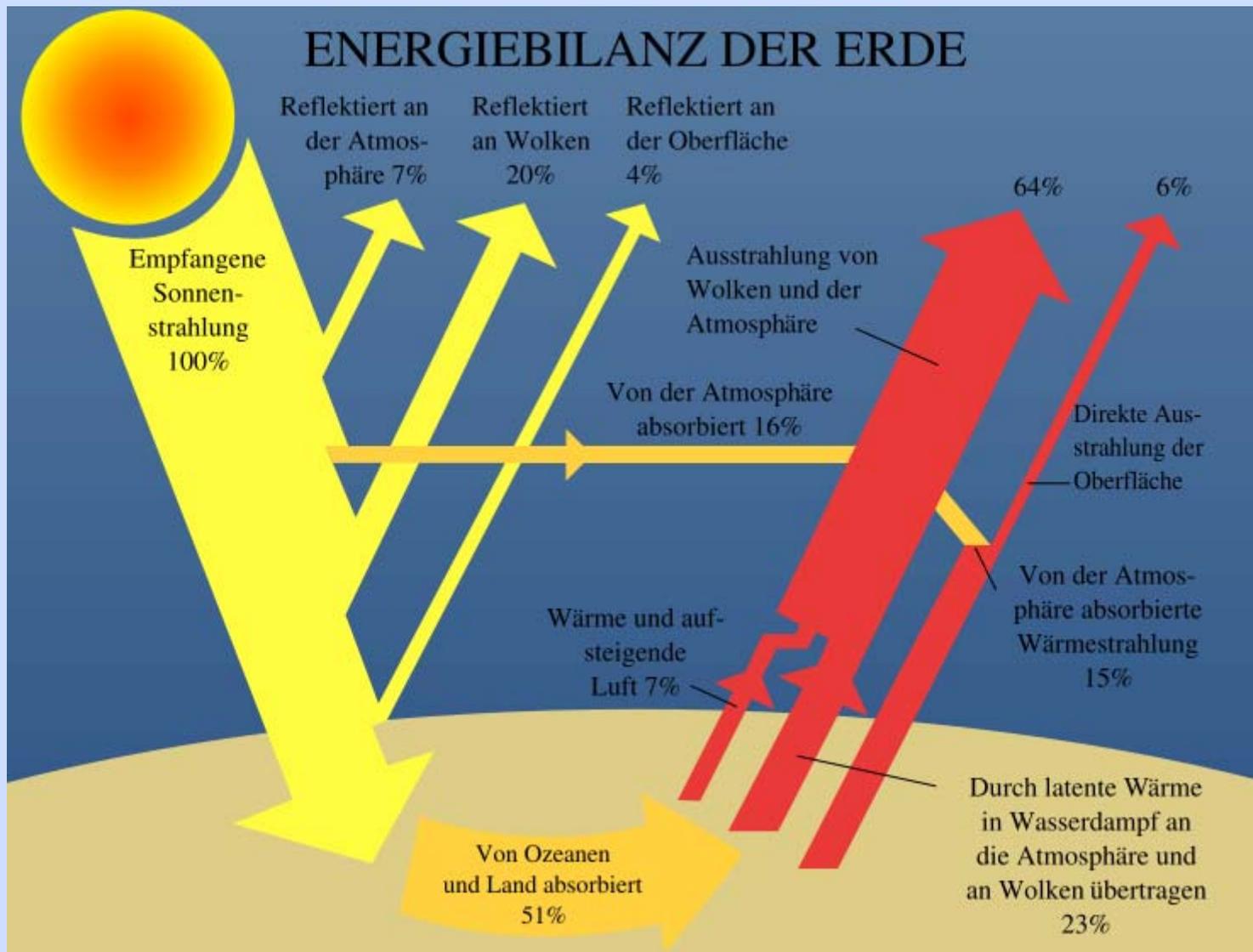
Durchmesser: 100 x Erde

Volumen: 1 Mill x Erde

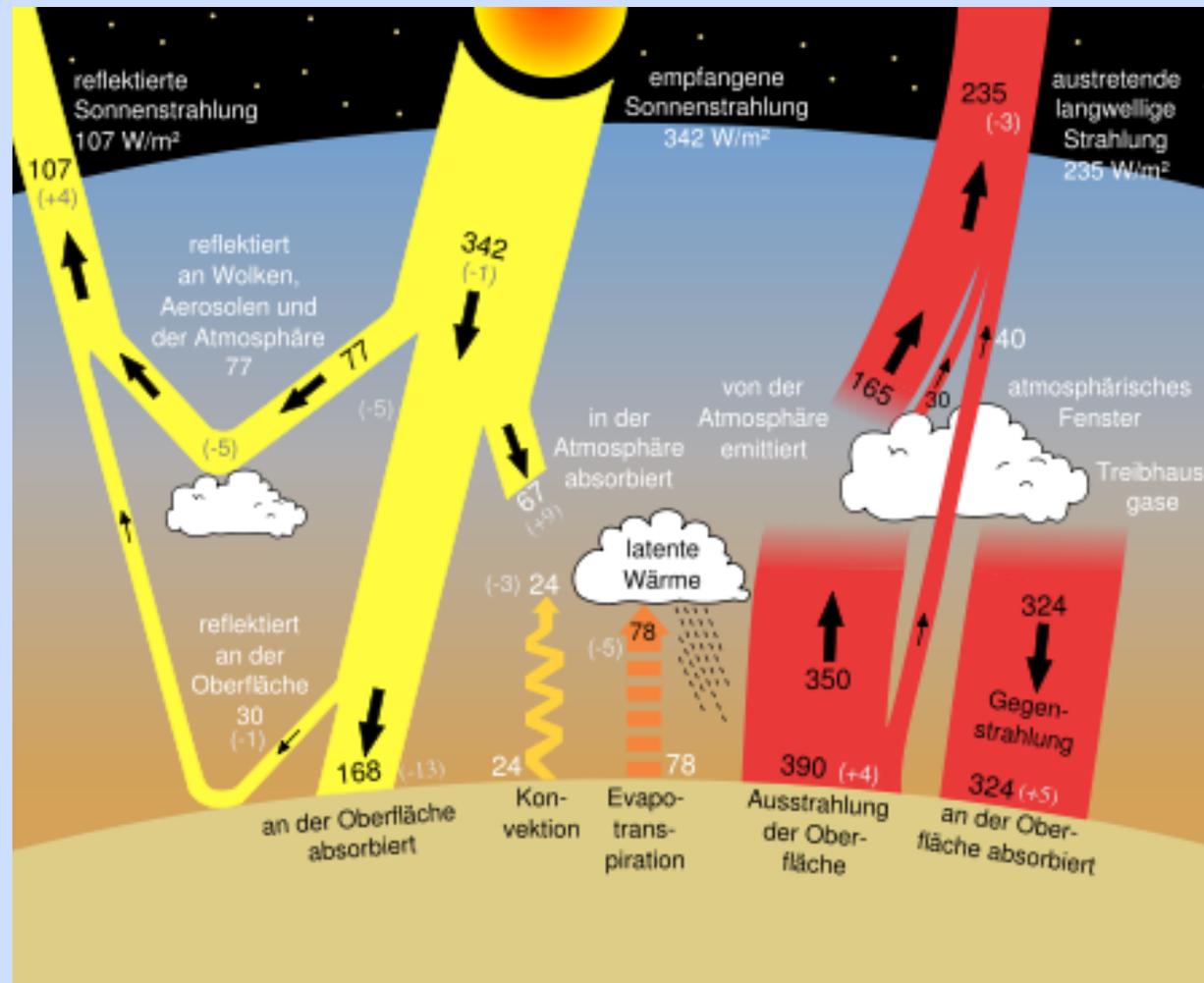
Alter: 4½ Milliarden Jahre

Fast die Hälfte des Wasserstoffes  
(das Brennmaterial der Sonne) ist  
bereits verbraucht.





# Energiehaushalt Erde: Treibhauseffekt

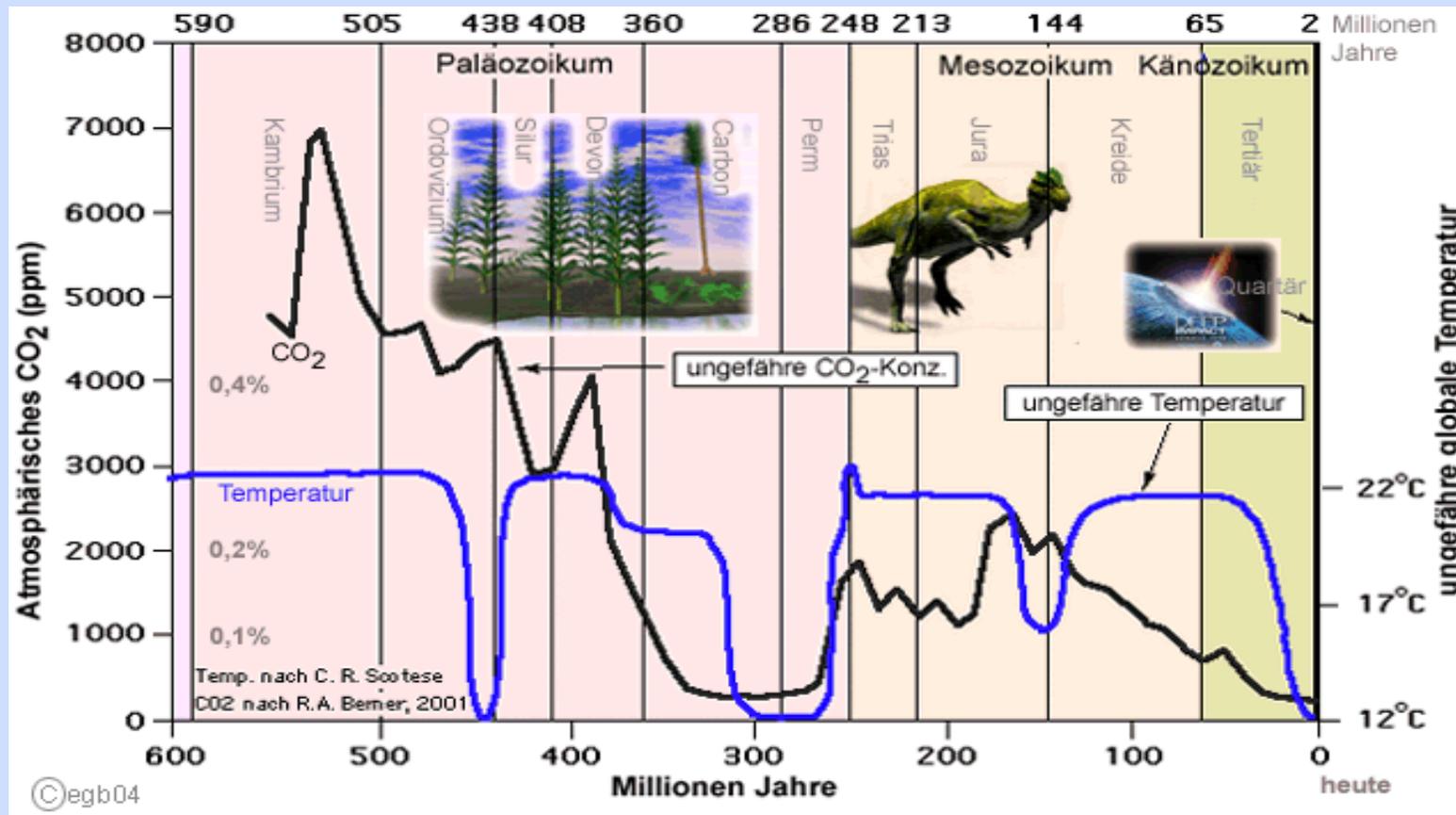


## Treibhauseffekt:

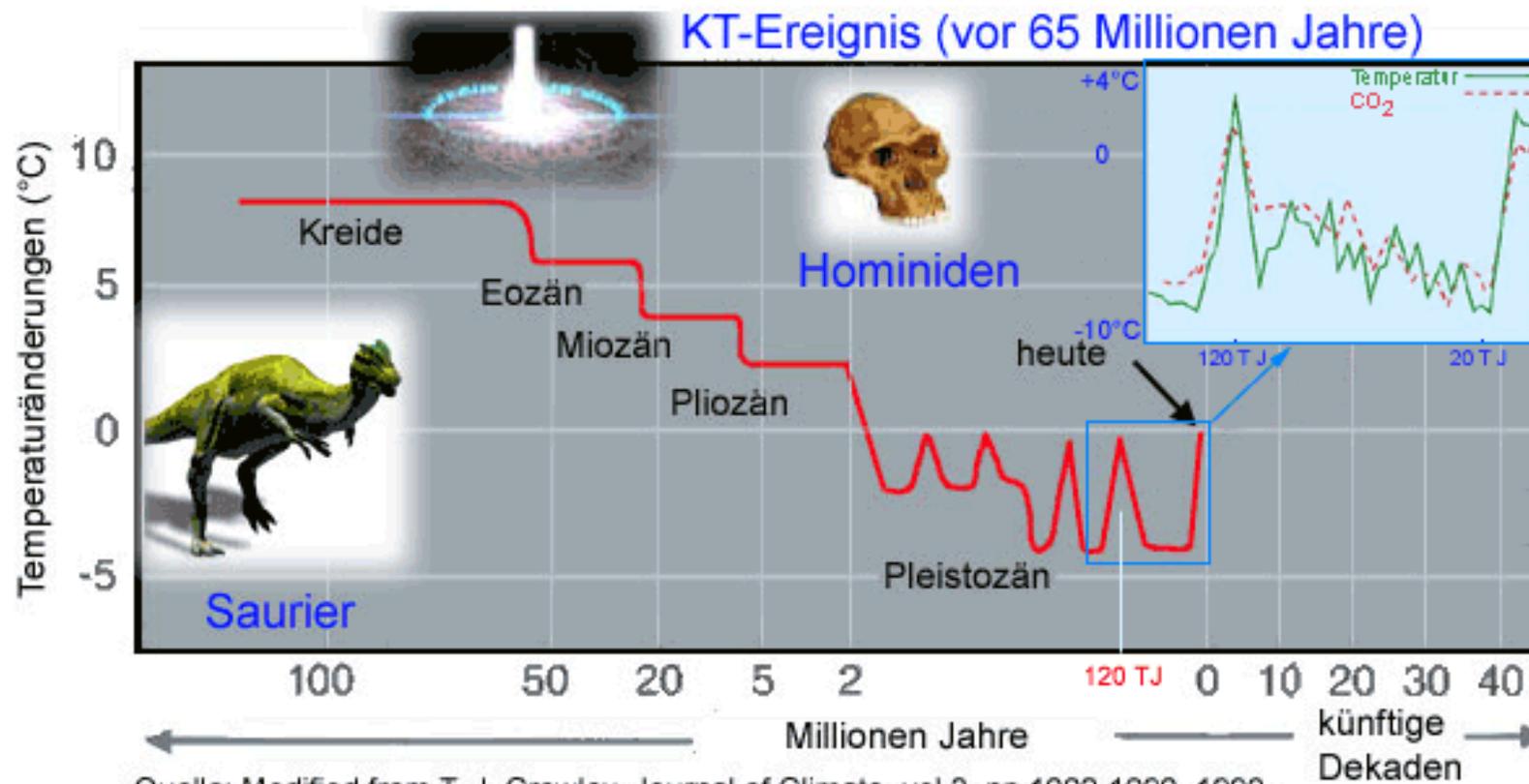
1. Absorption von Wärmestrahlung
2. Aussenden von Wärmestrahlung
  - zurück auf die Erde
  - in den Weltraum

Treibhausgase	Anteil am Treibhauseffekt	Verweildauer
Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )	22 %	ca. 100-200 Jahre
Methan (CH <sub>4</sub> )		
Lachgas (N <sub>2</sub> O)		
Wasserdampf (H <sub>2</sub> O)	62 %	ca. 1 Jahr

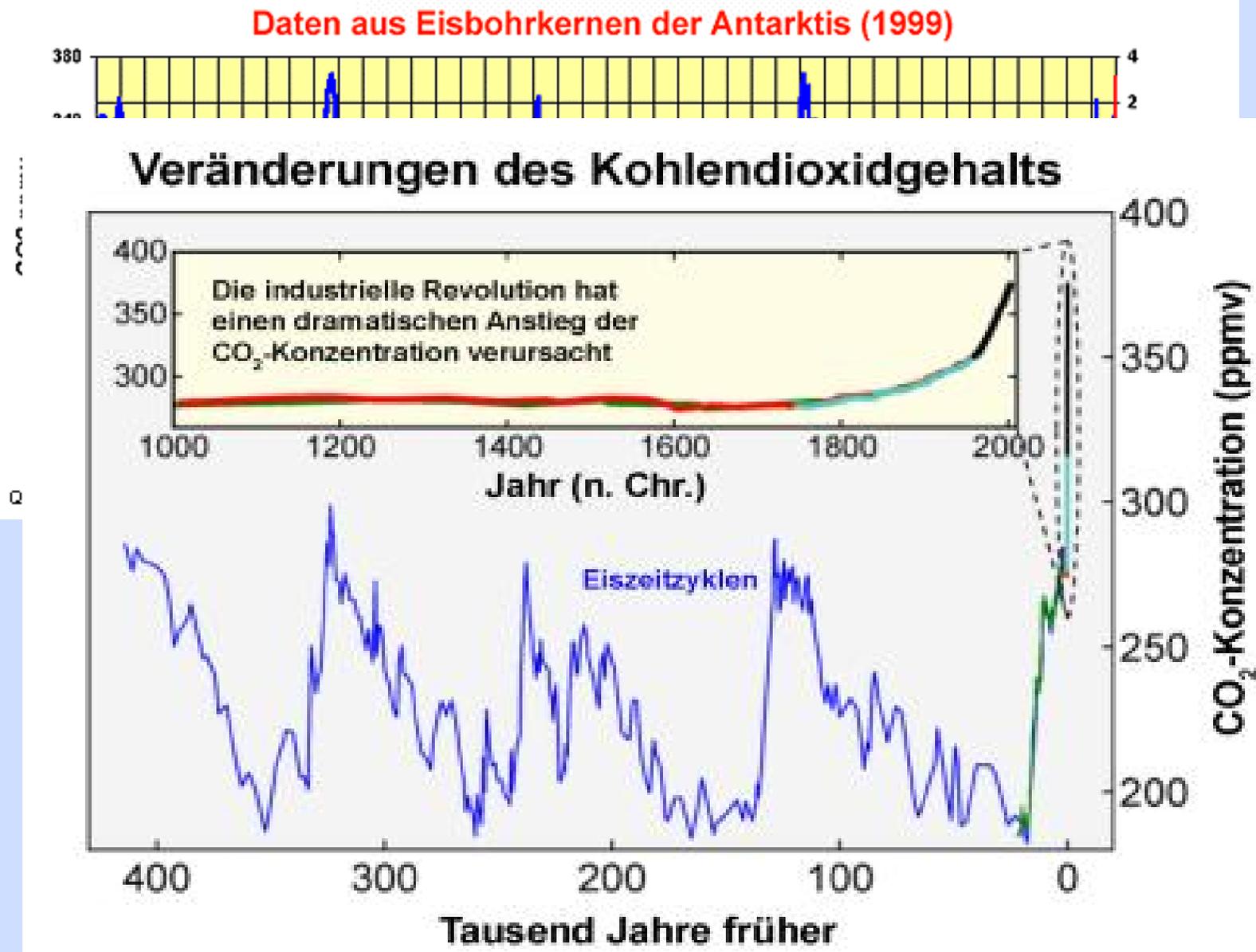
## globale mittlere Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration



## Rekonstruktion der mittleren Erdtemperatur (marine/terrestr. Sedimente)



## CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft



## Fakten

- **CO<sub>2</sub>-Konzentration fast doppelt so hoch wie seit Beginn der Menschheit vor 2 Mill Jahren**
- **CO<sub>2</sub>-Konzentration ist Menschen gemacht**
- **Temperatur geht parallel zu CO<sub>2</sub>-Konzentration, aber zeitverzögert**
- **Temperaturerhöhung in 2100 um 4° bis 6°C unvermeidlich**
- **extreme Klimaveränderung, Meeresspiegel**

## Fakten

**CO<sub>2</sub>-Zuwachs** entsteht aus **Energie**freisetzung  
aus gespeicherter Sonnenenergie  
(= fossile Brennstoffe Kohle, Öl, Erdgas)

1 kWh => 300 g CO<sub>2</sub> => 2000 m<sup>3</sup> Luft

Der Mensch hat durch seinen falschen **Energie**hunger  
das CO<sub>2</sub> bisher verdoppelt.

Daher wird unvermeidlich

- die Erdtemperatur erhöht
- das Klima verändert

## unsere Antwort

weiter wie bisher

geht nicht

kein zusätzliches CO<sub>2</sub> erzeugen

geht

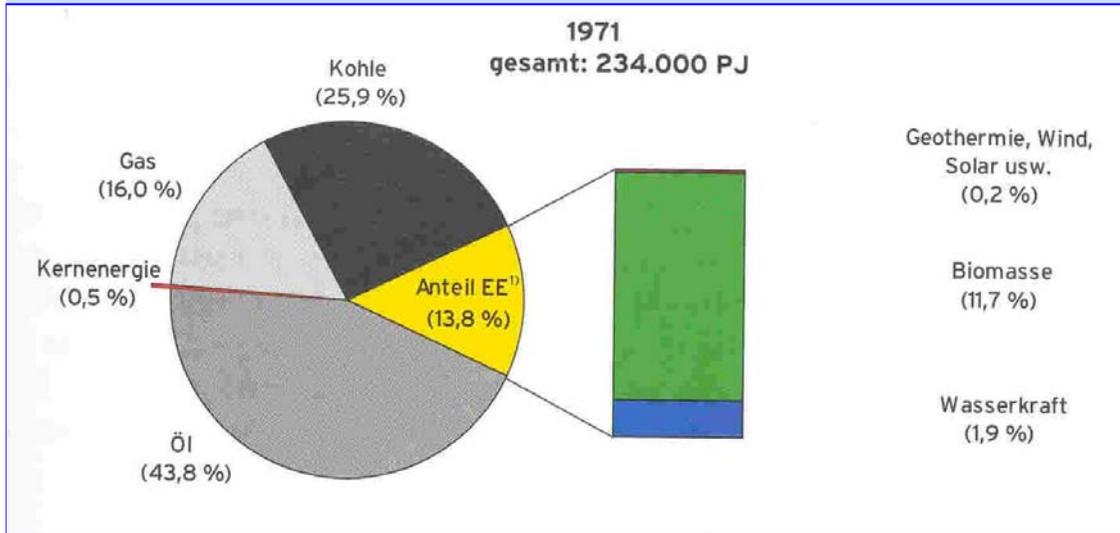
CO<sub>2</sub> reduzieren

schwer

**Weiter so!**

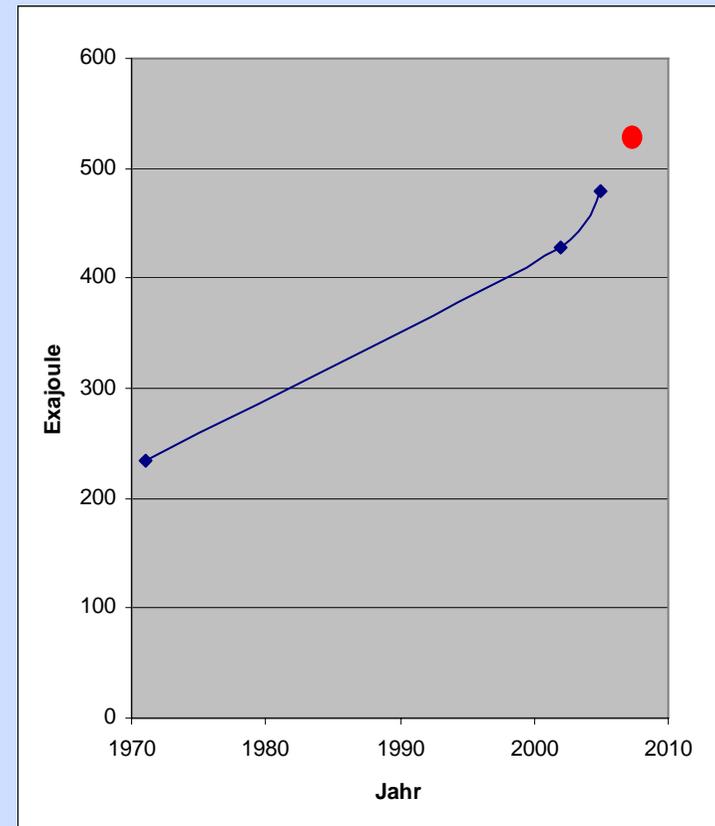
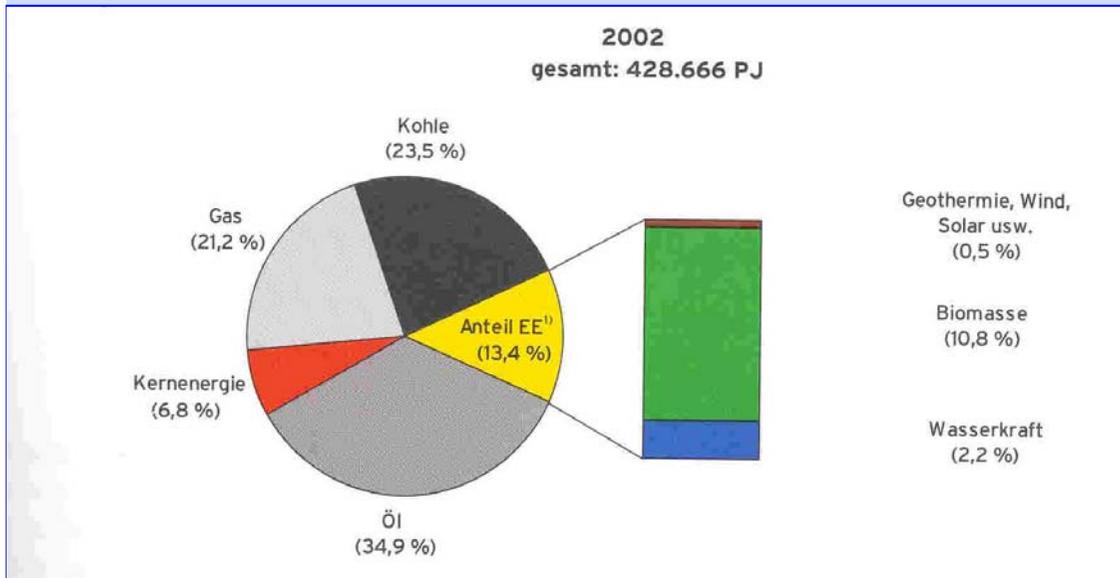
## Welt-Primärenergieverbrauch

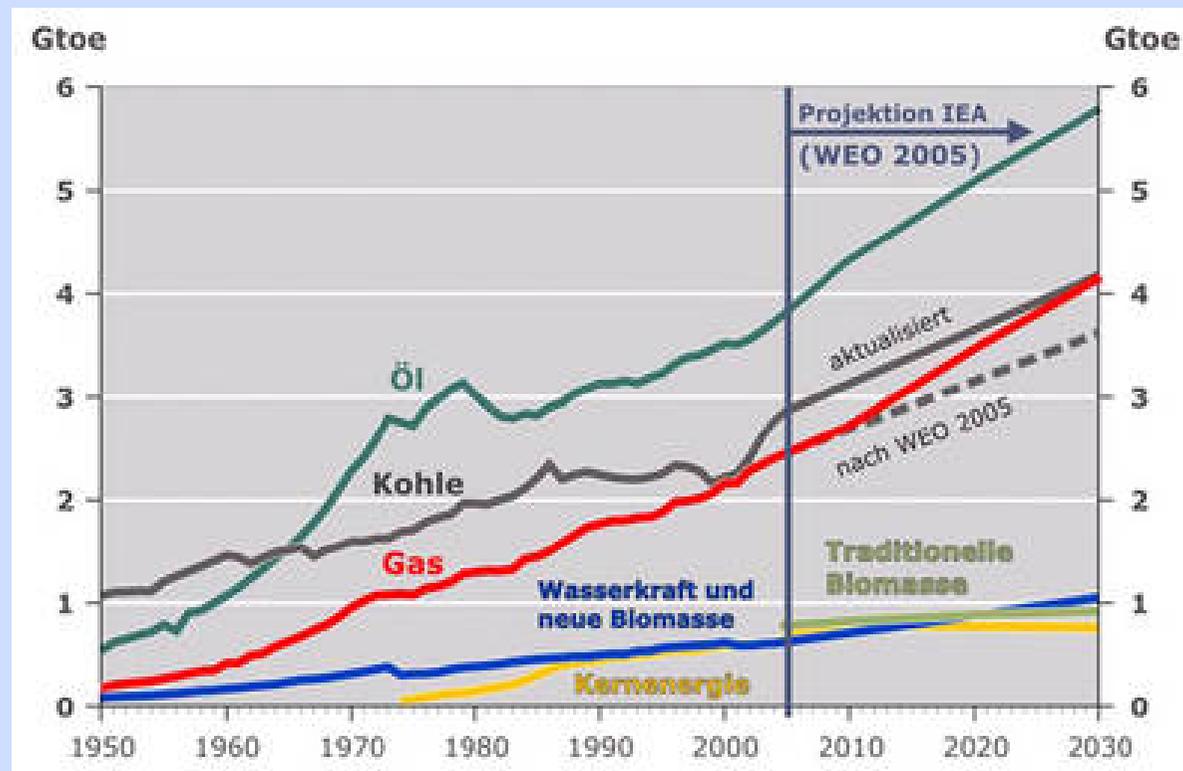
1971



2002

+ 83%

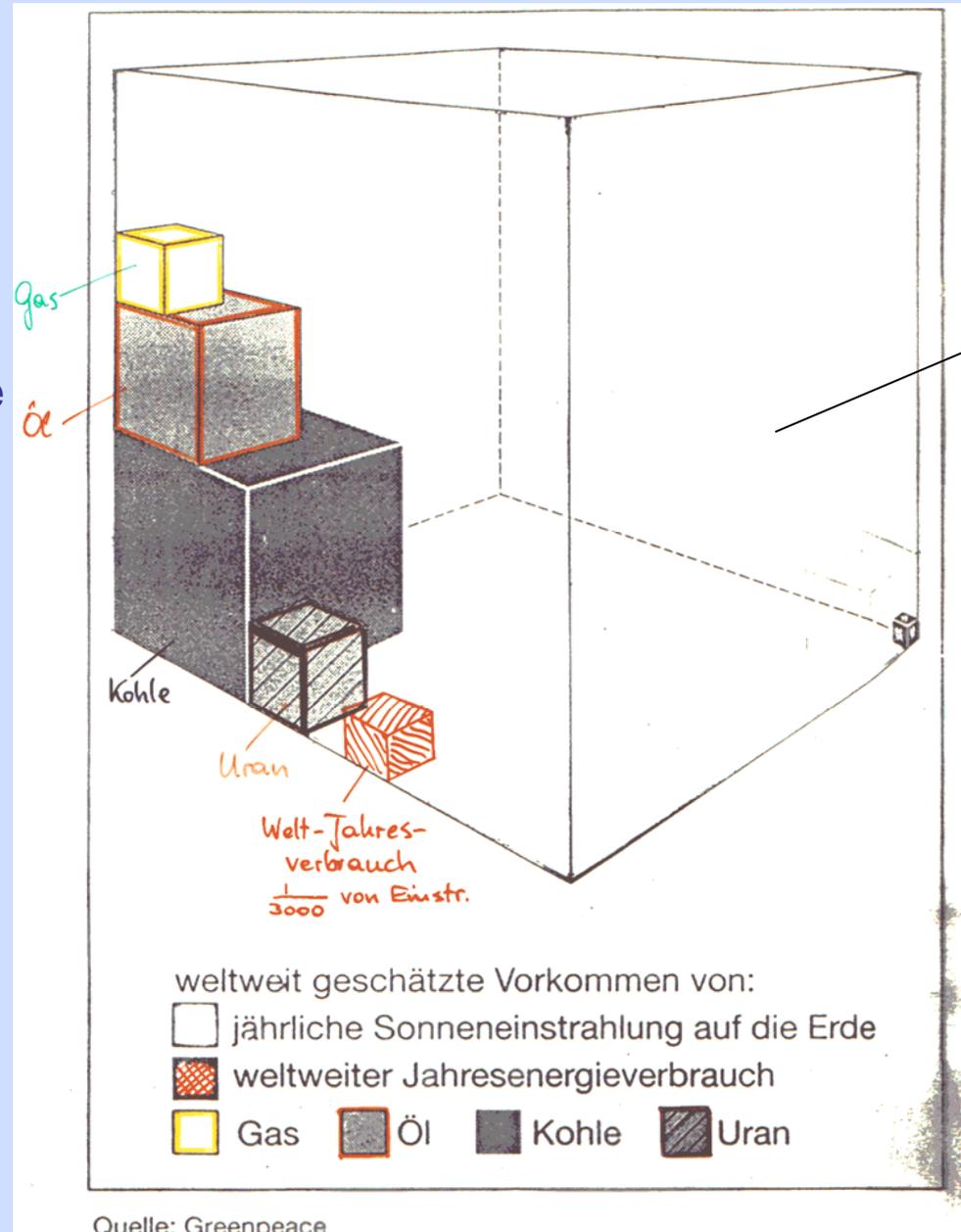




**Welt-Energieverbrauch 1950 bis 2030. BGR 2005**

# Erschöpfung der fossilen Reserven

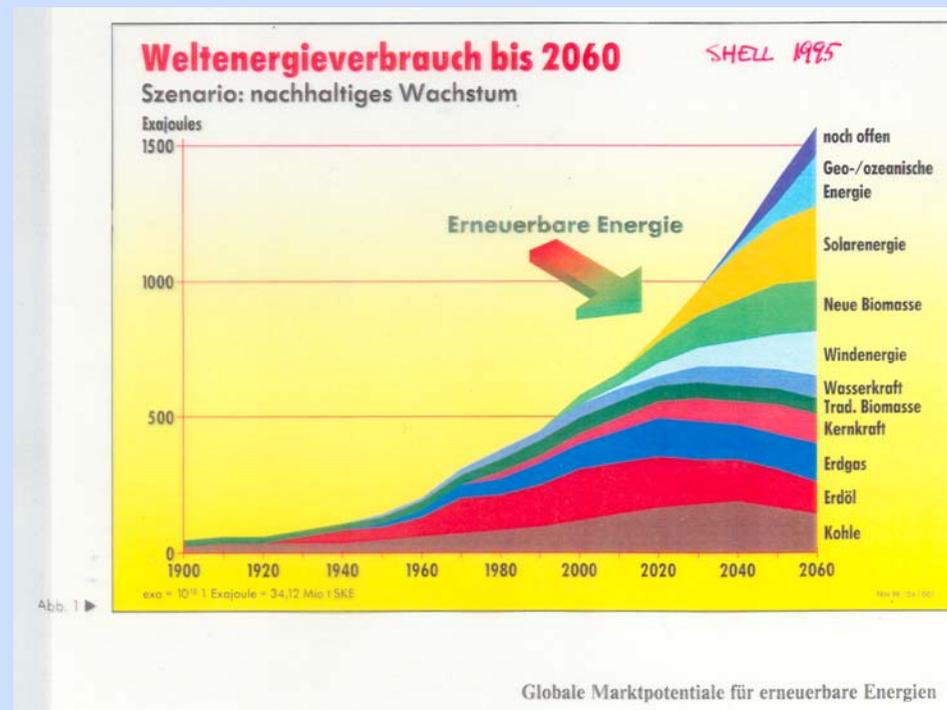
Geschätzte weltweite Reserven von ...



Quelle: Greenpeace

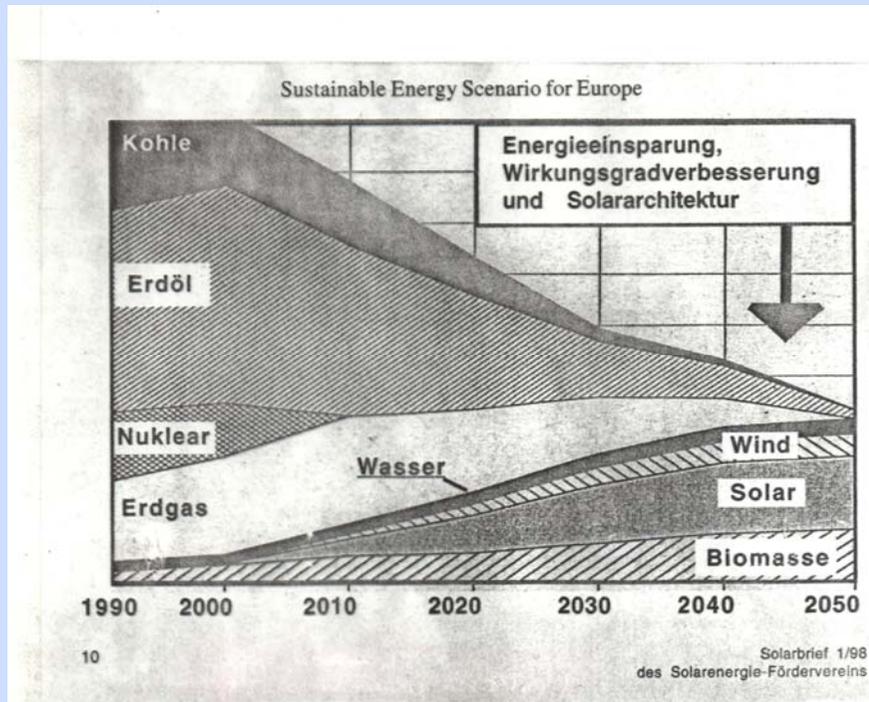
# Energie-Szenarien 1

Shell-Studie 1995



# Energie-Szenarien 2

Eurosolar-Studie 1998



## Enquête Studie des deutschen Bundestages 2002

Energie-Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages:

„Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien bis 2050 ist möglich“

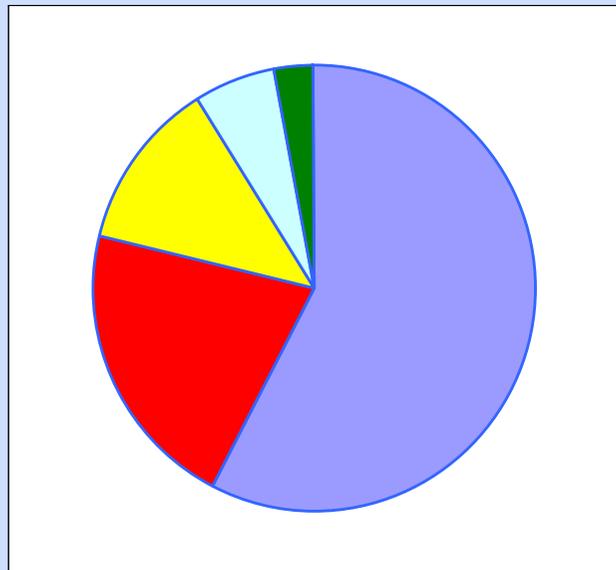
... Die Szenarien haben gezeigt, dass bei der dafür notwendigen forcierten Einführung Erneuerbarer Energien und Nutzung der Energieeinsparpotenziale der Energiekostenanteil am inzwischen gestiegenen Bruttosozialprodukt sogar stabil bleiben.

... Die Kommission stellt fest, dass die Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien die beste Option für eine nachhaltige Entwicklung darstellt.

Berlin, 3. Juli 2002  
Hermann Scheer, MdB, Präsident von EUROSOLAR, Harry Lehmann, Vize-Präsident von EUROSOLAR und  
Hans-Josef Fell, MdB, Vorsitzender der EUROSOLAR-Sektion Deutschland:

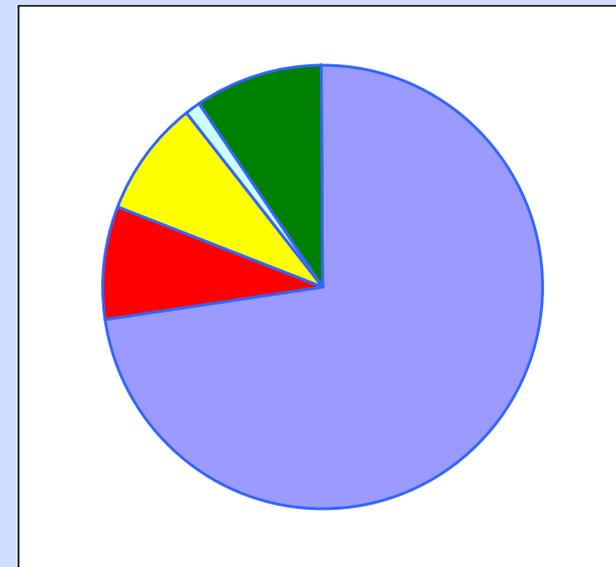
# Deutschland und die Welt

Energienachfrage Welt 2007

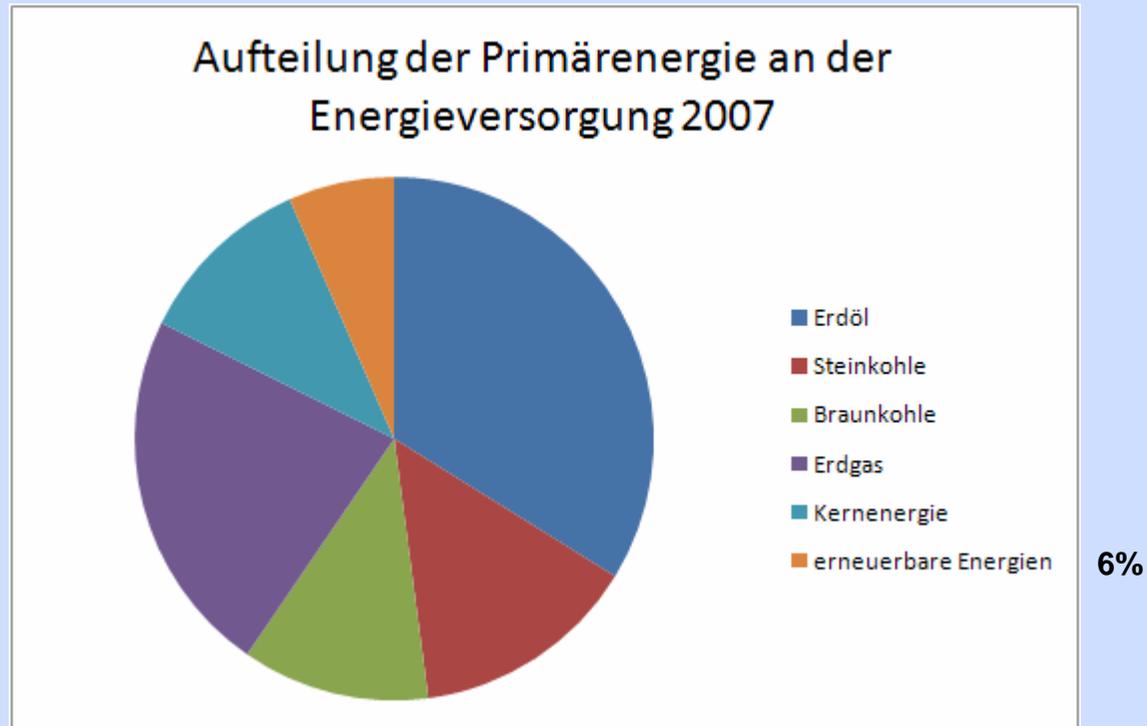


6 t pro Bundesbürger

Export Welt 2007



## Deutschland Primärenergie 2007



## Deutschland Strom 2007

erneuerbare Energien 14%

Windenergie 6,4%

Biomasse 3,7%,

Wasserkraft 3,4%

Photovoltaik 0,5%,

# Erneuerbare Energien = Solarenergie

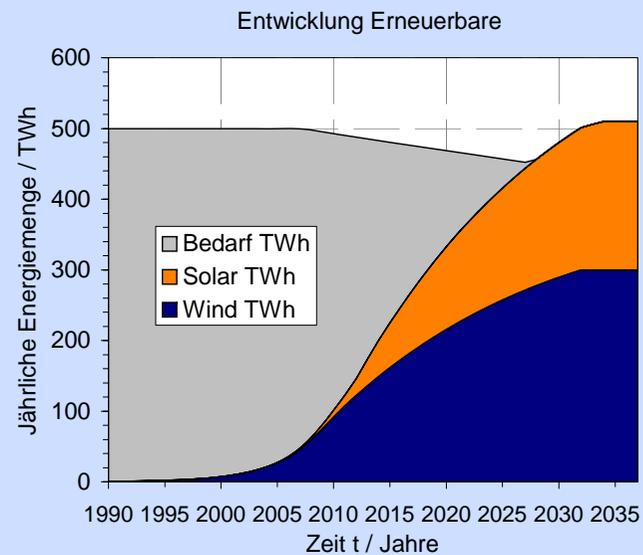
## Strom

- Wind
- Solarstrom (PV)
- Wasser (Fließwasser, Gezeiten, Wellen)
- Bioenergie

## Wärme

- Solarwärme (Solarthermie)
- Passive Solarnutzung
- Bioenergie
- Oberflächenwärme
- Tiefenwärme (Geothermie)

# Wege zu 100% Erneuerbaren Energien



nach: E. Waffenschmidt Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V., 2007

# Wofür „verbrauchen“ wir Energie?



## Elektrische Anwendungen

- Licht
- Maschinen
- Information



## Verkehr

- Autos
- Lastwagen
- Eisenbahn
- Flugzeuge
- Schiffe



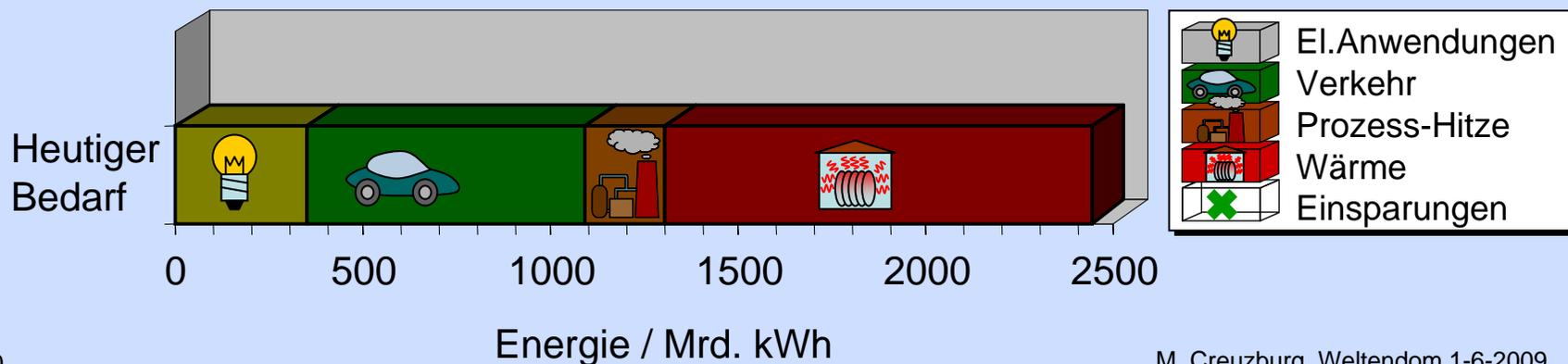
## Prozess-Hitze

- Temperaturen > 200°C
- Überwiegend in der Industrie
- Bsp: Glasherstellung, Metalle Schmelzen, Backen



## Wärme

- Hauswärme
- Warmwasser
- Niedertemperatur Prozesse, z.B. Trocknen

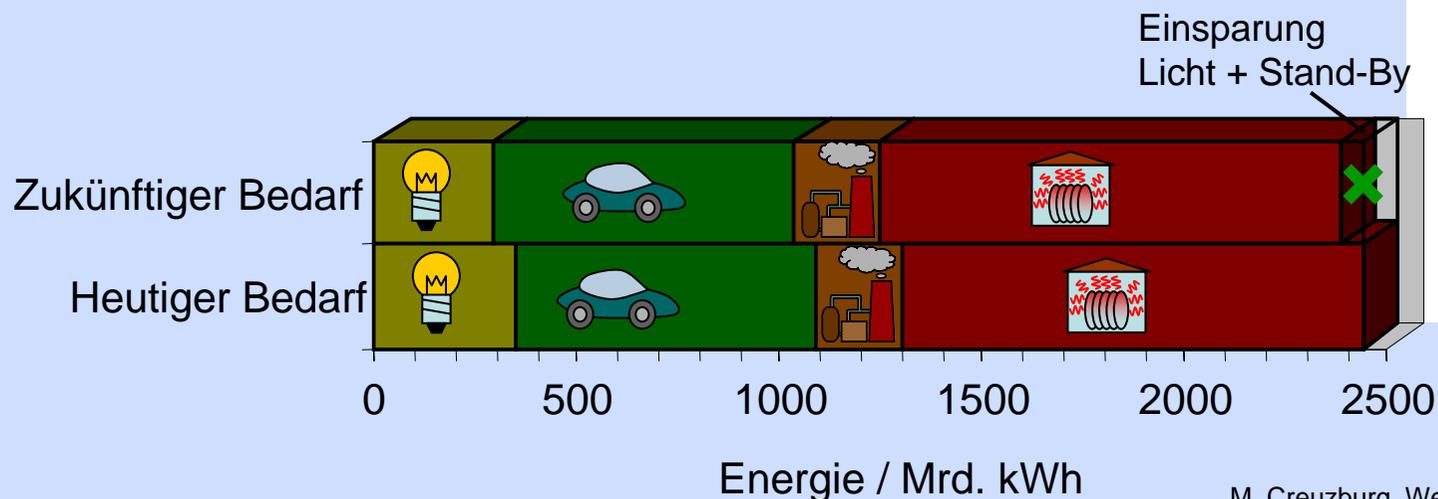


# Einsparung 1: Strom-Sparen



- Alle Glühbirnen durch Energiesparlampen bzw. Diodenlampen ersetzen  
*und*
- Stand-By-Schaltungen an Consumer-Geräten werden abschaffen

=> ca.10% des Stromverbrauchs vermieden

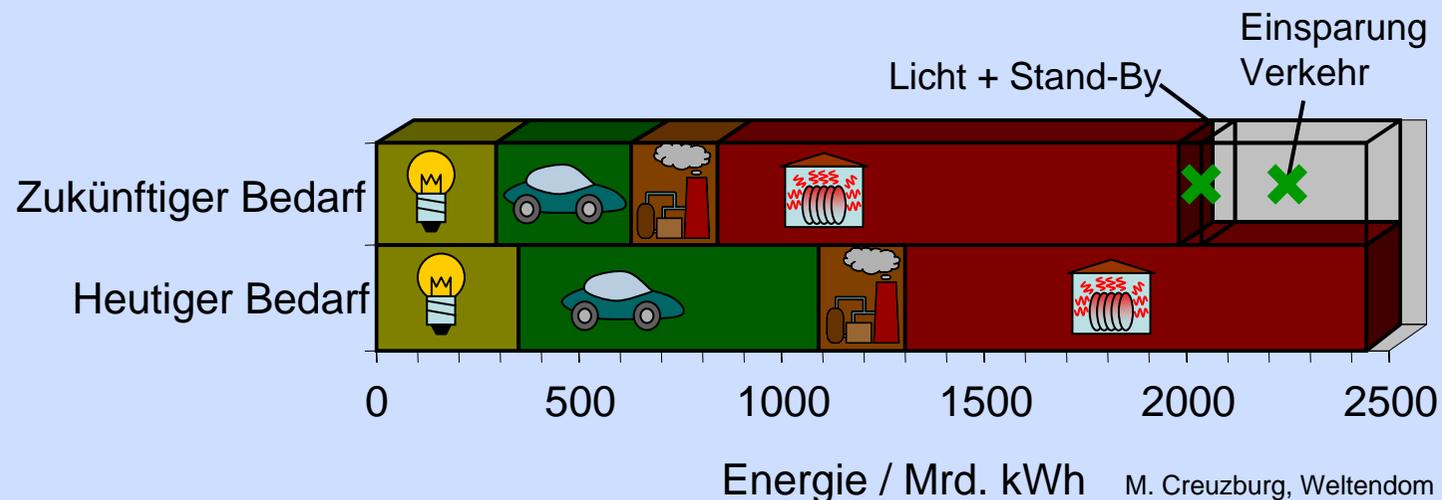


# Einsparung 2: Effizienz im Verkehr

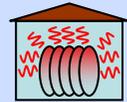


- Autos verbrauchen durchschnittlich nur 3 l/100km (statt heute 6 bis 8) und fahren größtenteils mit Biogas
- 1/6 der Autos fährt mit Wasserstoff-Brennstoffzelle
- 1/6 der Autos fahren elektrisch (dreimal höhere Energie-Effizienz)
- 2/3 der Güter für den Fernverkehr werden auf der Schiene transportiert (6 mal weniger Energie)

=> Kraftstoffverbrauch halbiert



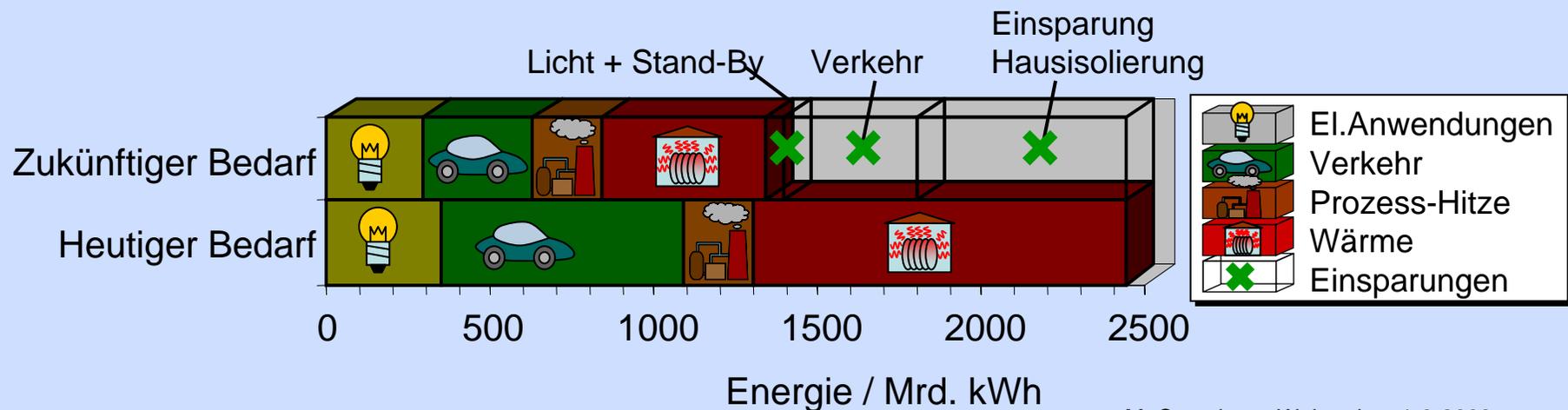
# Einsparung 3: Hausisolierung



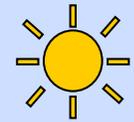
- 75% der heutigen Bausubstanz in 2050 noch vorhanden
- Einsparpotenzial bei Altbauten bis zu 70%
- Bei Neubauten 80% bis 100% (Passivhäuser, Plus-Energiehäuser)

Alle Häuser werden vernünftig isoliert

=> 2/3 des Wärmeverbrauchs von Häusern gespart



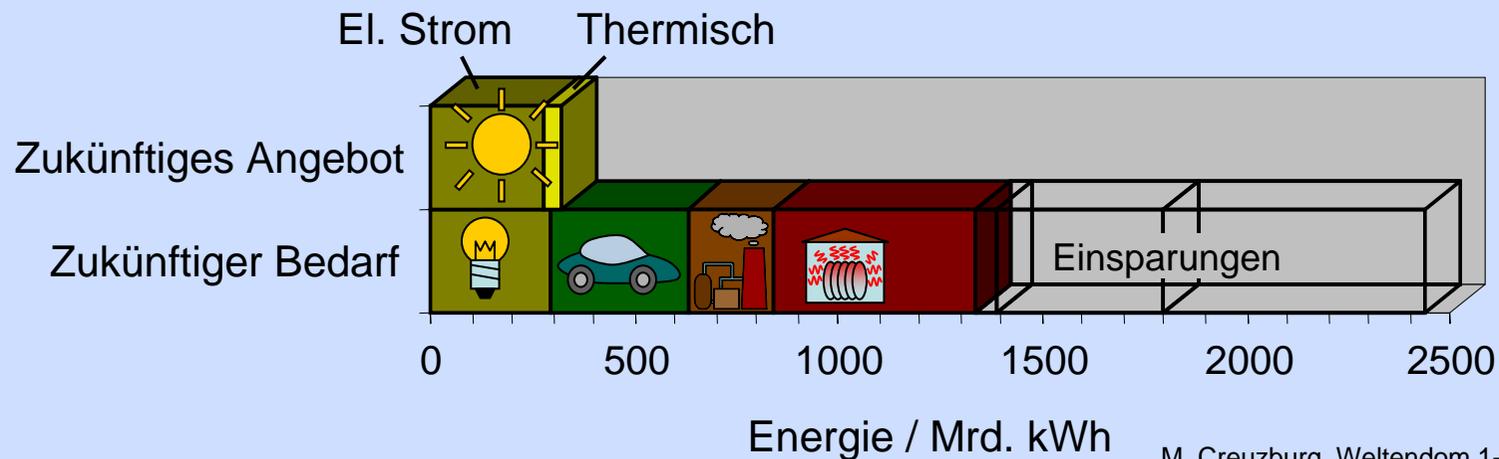
# Neue Quelle 1: Solarenergie



2100 km<sup>2</sup> Solarfläche auf geeigneten Dächern und Fassaden

Solaranlage für elektrischen Strom: 100 kWh pro m<sup>2</sup>

=> fast die Hälfte des heutigen Stromverbrauchs



# Neue Quelle 2: Windkraft

---



Generatorgröße jetzt typisch

3 MW Spitzenleistung und 20% mittlere Auslastung

pro Windrad: ca. 5 Mio. kWh pro Jahr => 1000 Haushalte



# Neue Quelle 2: Windkraft



## Heute

- 20000 Windräder in Deutschland
- 1MW mittlere Leistung

7 / 100km<sup>2</sup>  
x 1 MW:  
33 Mrd kWh



## Morgen

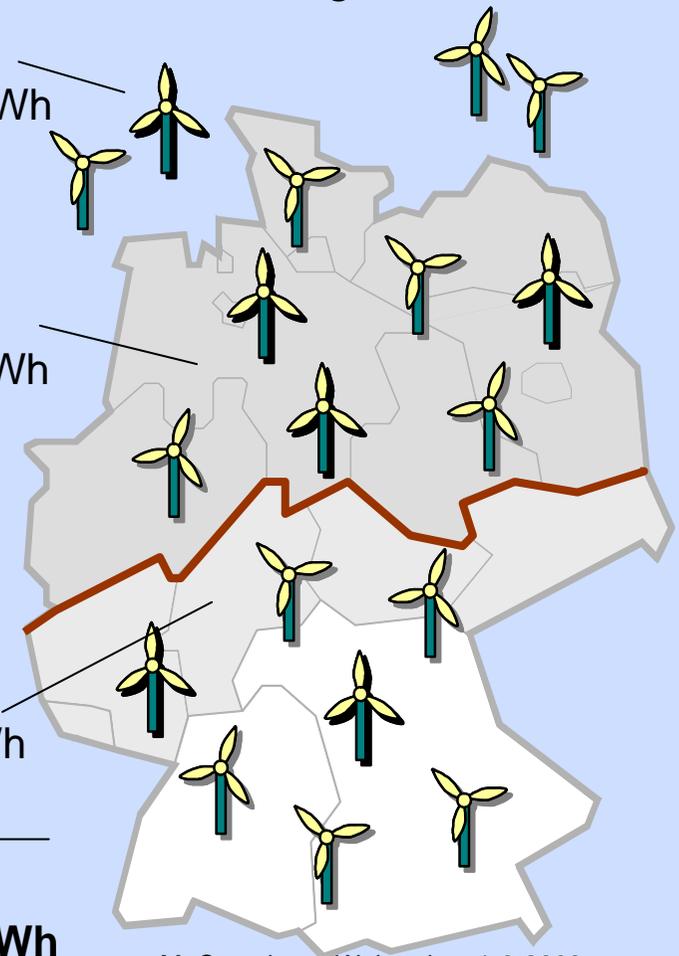
- 30000 Windräder + Offshore
- 3MW mittlere Leistung

Offshore  
110 Mrd kWh

7 / 100km<sup>2</sup>  
x 3 MW  
100 Mrd kWh

7 / 100km<sup>2</sup>  
x 3 MW  
60 Mrd kWh

Summe  
**270 Mrd kWh**

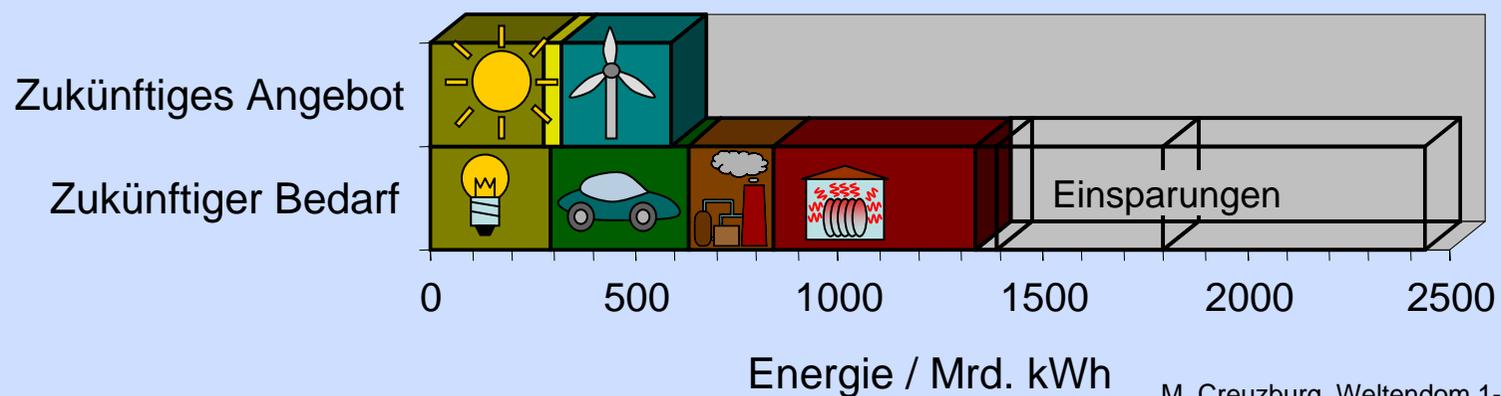


M. Creuzburg, Weltendom 1-6-2009

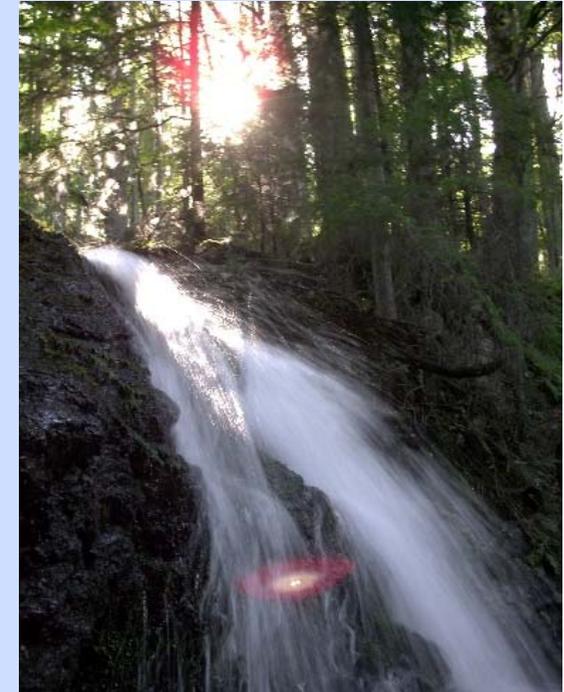
# Neue Quelle 2: Windkraft



Damit lässt sich mehr als die Hälfte des heutigen Stromverbrauchs decken



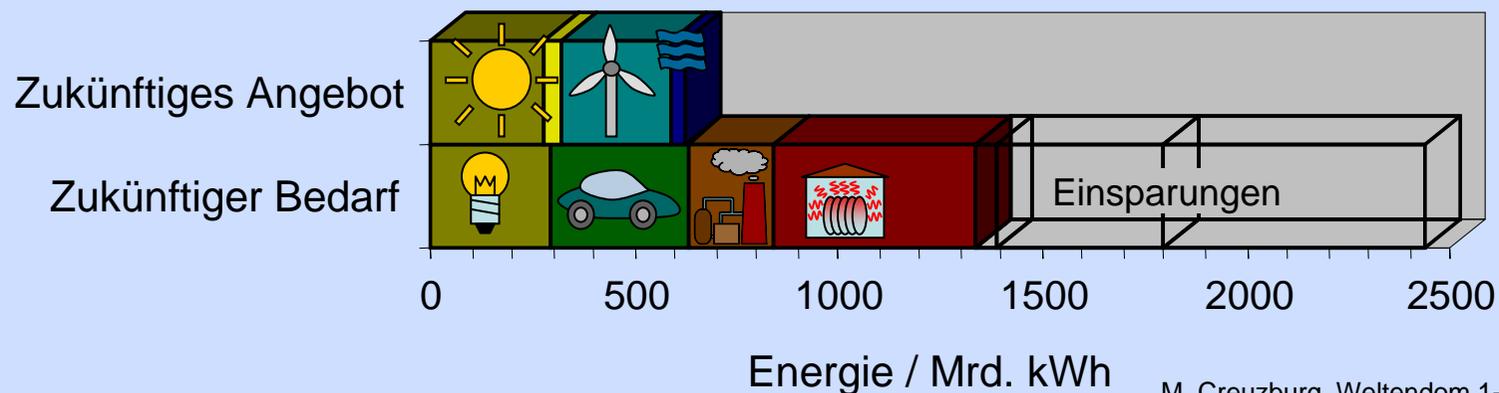
# Neue Quelle 3: Wasserkraft



alte Wasserkraftwerke reaktivieren

=> Energieerzeugung mit Wasserkraft um die Hälfte erhöht

Dann hat die Wasserkraft einen Anteil von 7% an der elektrischen Stromerzeugung

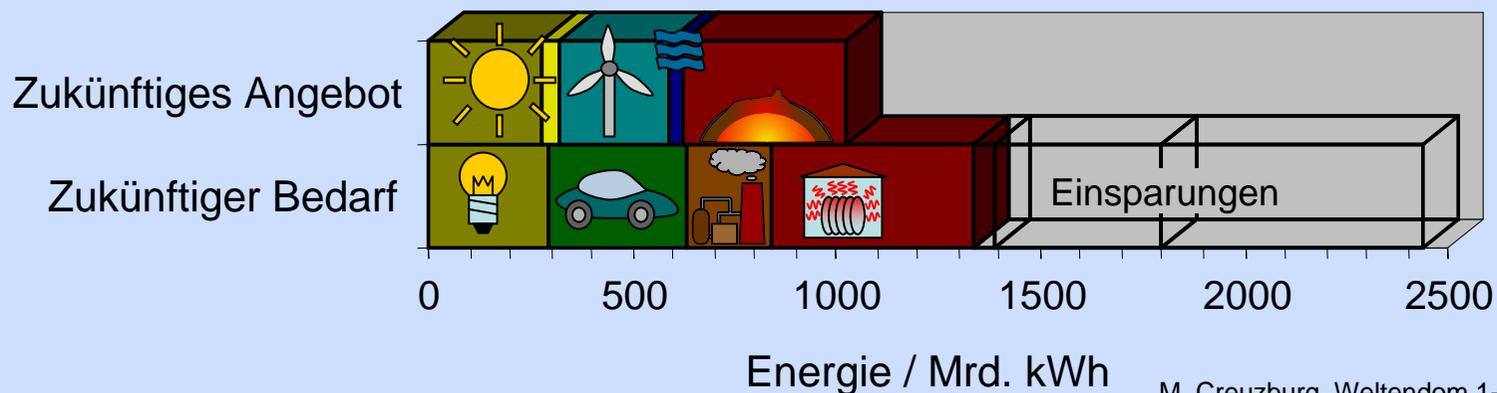


# Neue Quelle 4: Erdwärme



vorhandene Tiefenwärme entspricht Energiemenge für gesamten Strom und mehr als Niedertemperatur-Wärmebedarf in Deutschland für 450 Jahre.

- aber nur 5% technisch nutzbar. Bei dichter Besiedlung mittels Fernwärmenetzen
- => etwa die Hälfte des Wärmebedarfs in Haushalten, Gewerbe und Industrie
- => etwa 1/6 des heutigen Stromverbrauchs

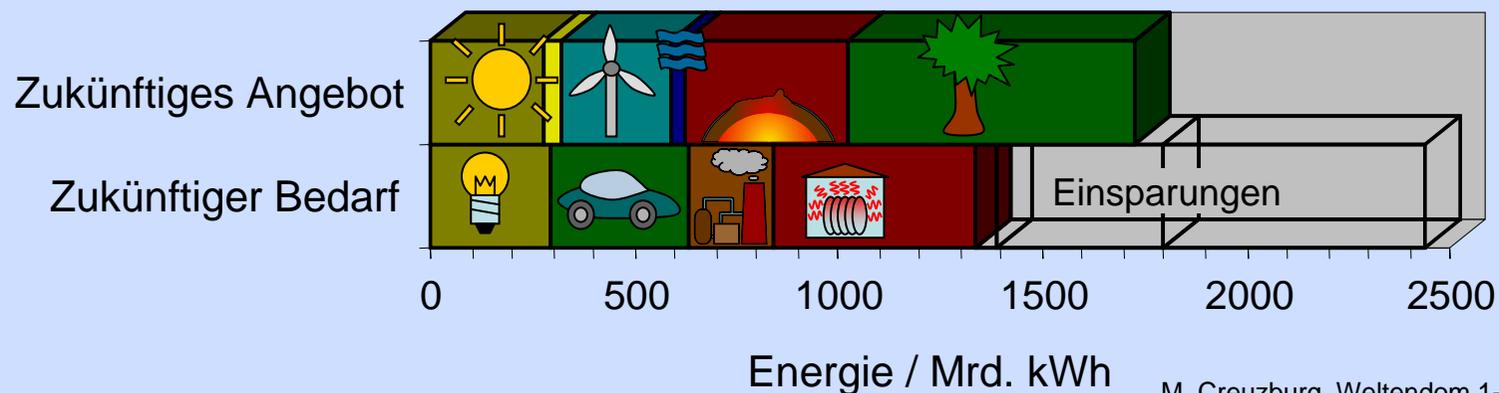


# Neue Quelle 5: Biomasse



- nachhaltige Nutzung der Wälder
- Nutzung von 20% der landwirtschaftlichen Fläche für „Energiepflanzen“
- effektive Nutzung aller organischen Reststoffe (Stroh, Bio-, Klär- und Deponiegas)

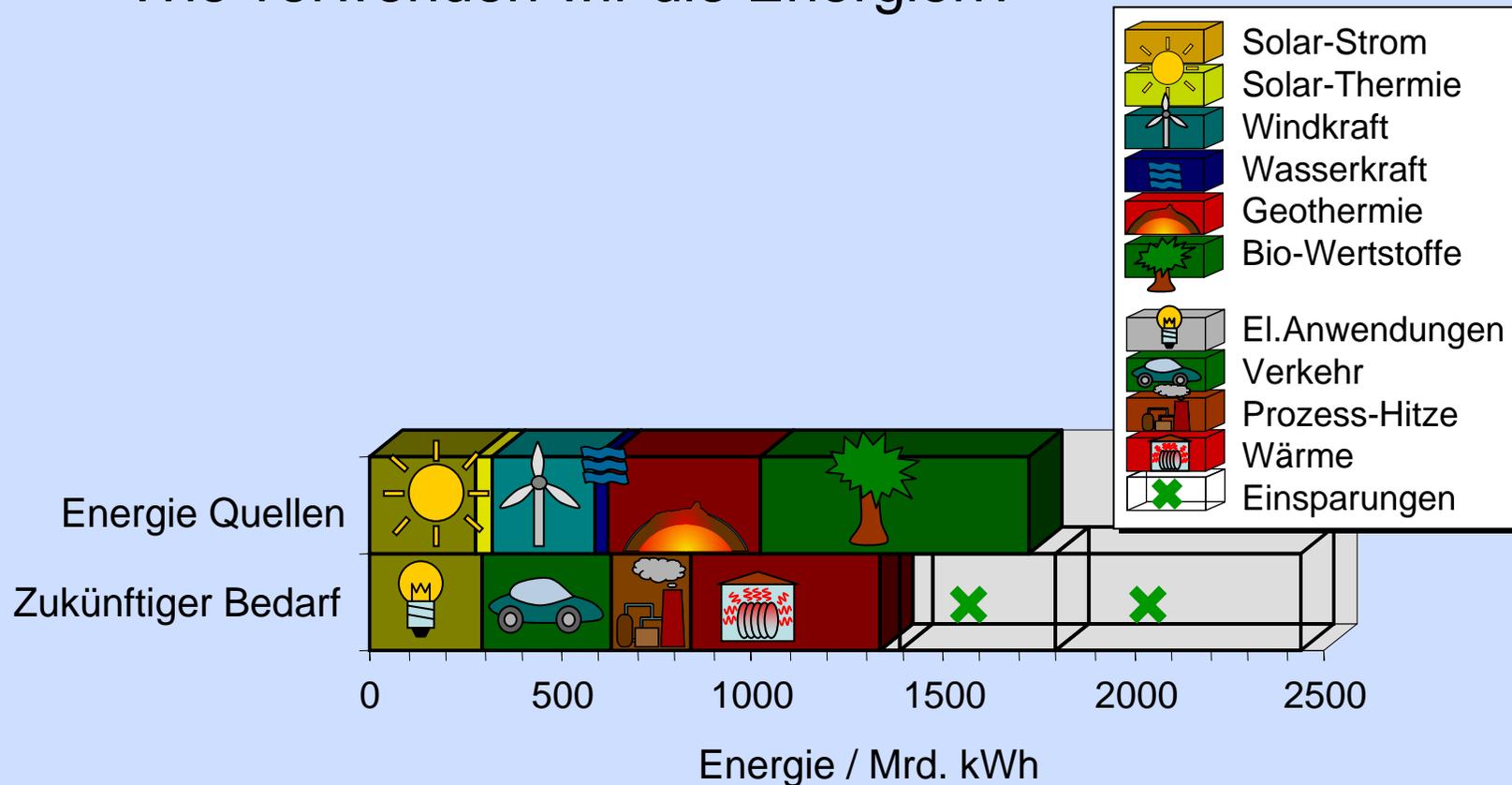
=> Deckung von etwa der Hälfte des heutigen Energieverbrauchs im Verkehrssektor



# Verwendung

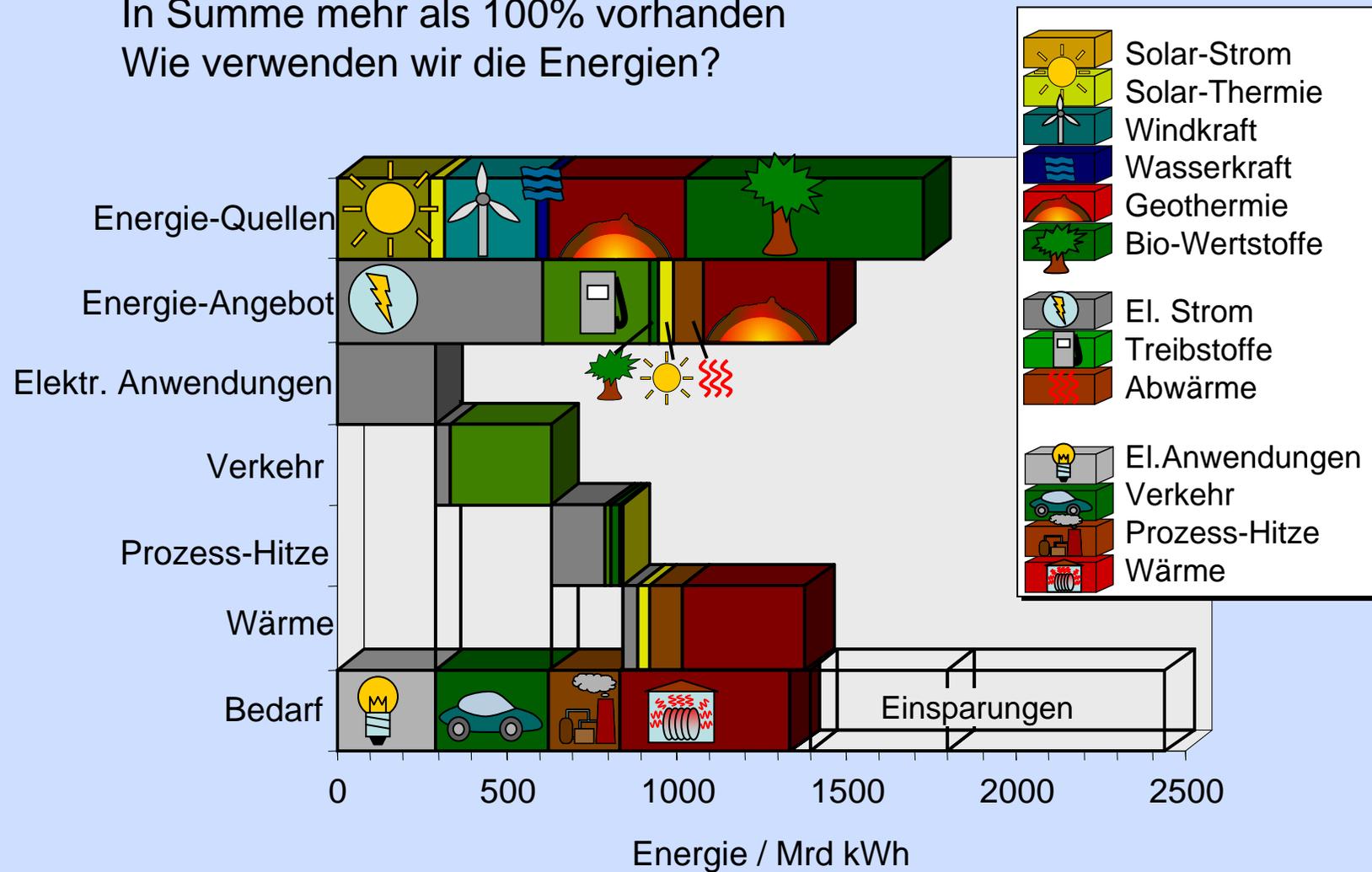
## Fazit:

- In Summe mehr als 100% vorhanden
- Wie verwenden wir die Energien?



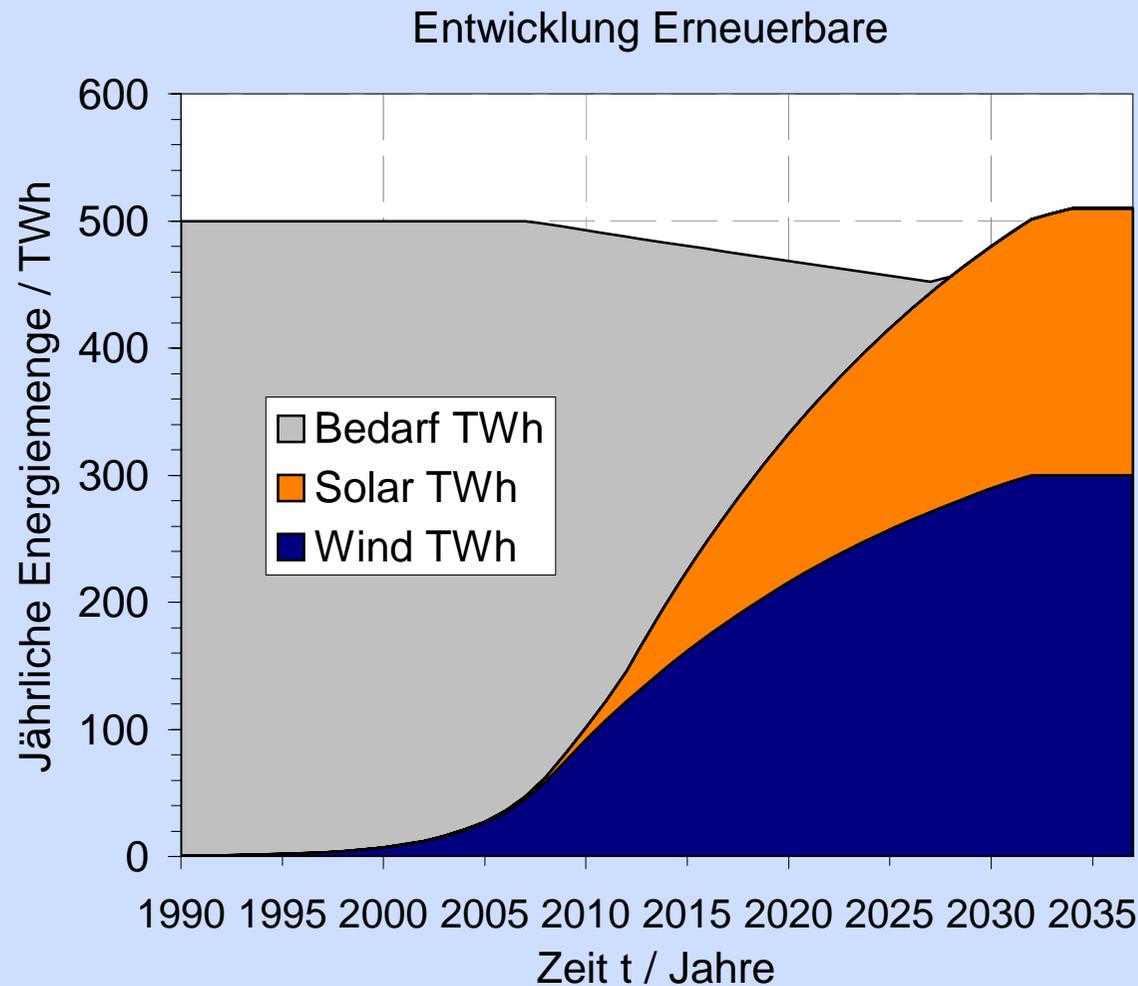
# Verwendung

In Summe mehr als 100% vorhanden  
Wie verwenden wir die Energien?



# Wie lange dauert es?

(nur Wind- und Solarstrom)



## Annahme

- Fortschreibung der Wachstumsraten der letzten 10 Jahre
- Limitierung:
  - Dachflächen
  - Windraddichte
  - Produktion nur wenig mehr als für Ersatz nötig

## Schlussfolgerung

- 50% Strom in 10 Jahren
- 100% in 20 Jahren
- Noch 10 Jahre Wachstum Solar-Produktion

# Was können wir tun?

Hohe Energiepreise helfen,  
mehr Energieverantwortung zu tragen:

- nach Energiefressern suchen
- höchstens 120 km/h fahren
- in Solaranlagen investieren
- Haus isolieren
- nur Nullenergiehäuser bauen
- das nächste Auto ist sparsam oder Elektro

Info bei: [www.waffenschmidt.homepage.t-online.de](http://www.waffenschmidt.homepage.t-online.de)

# Das Klimaproblem und unsere Antwort

100%

## 1. Das Klimaproblem

- Energiequelle Sonne
- Energiehaushalt Erde, Treibhauseffekt
- Kurze Klimageschichte

## 2. Energieverbrauch

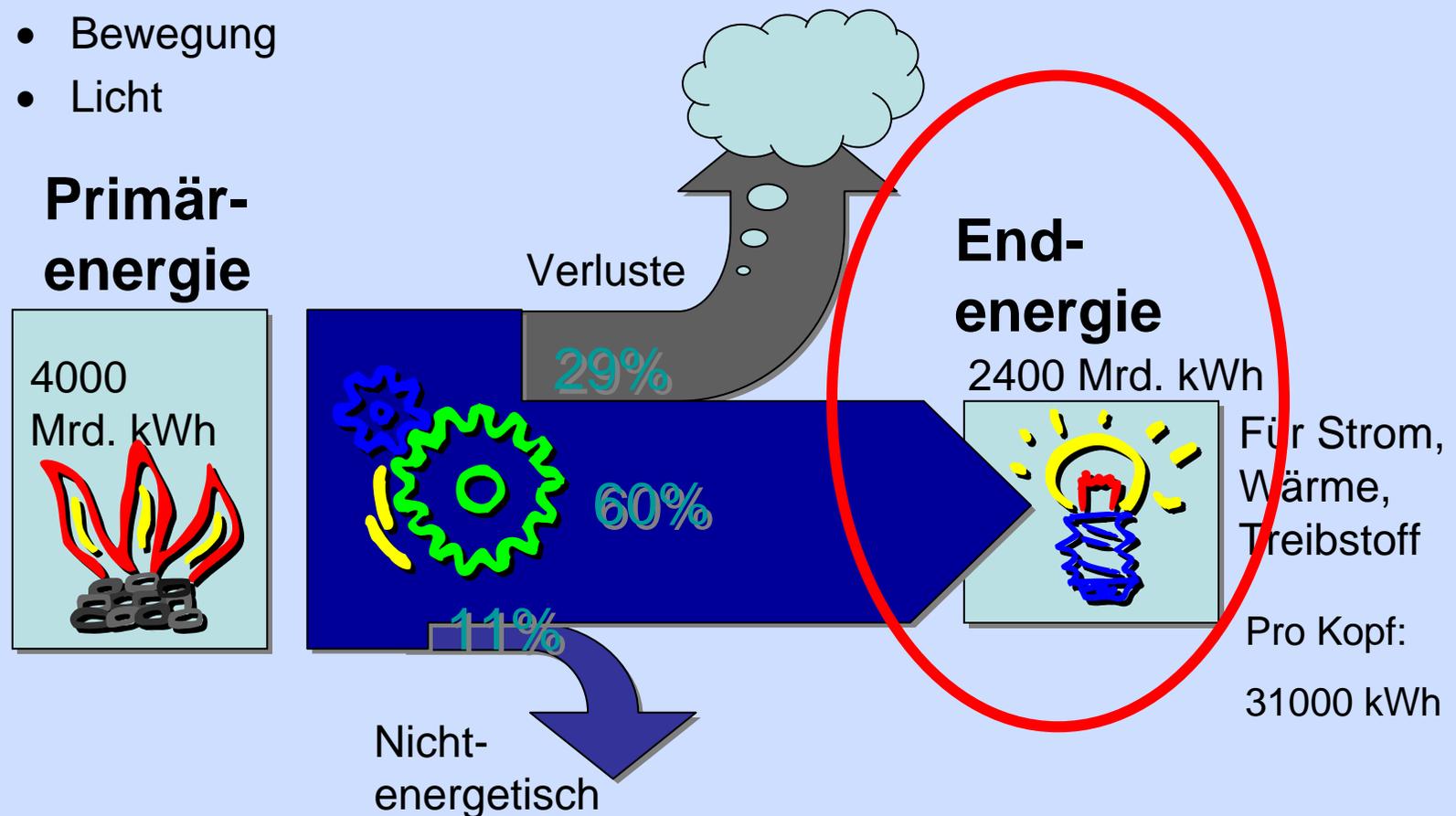
- Energie und CO<sub>2</sub>
- Energieverbrauch / Szenarien
- Energievorräte / Reichweite
- Wege zu 100% Erneuerbaren

# Anhang

# Begriffserklärungen

**Energie** als technischer Begriff, z.B. für:

- Wärme
- Bewegung
- Licht



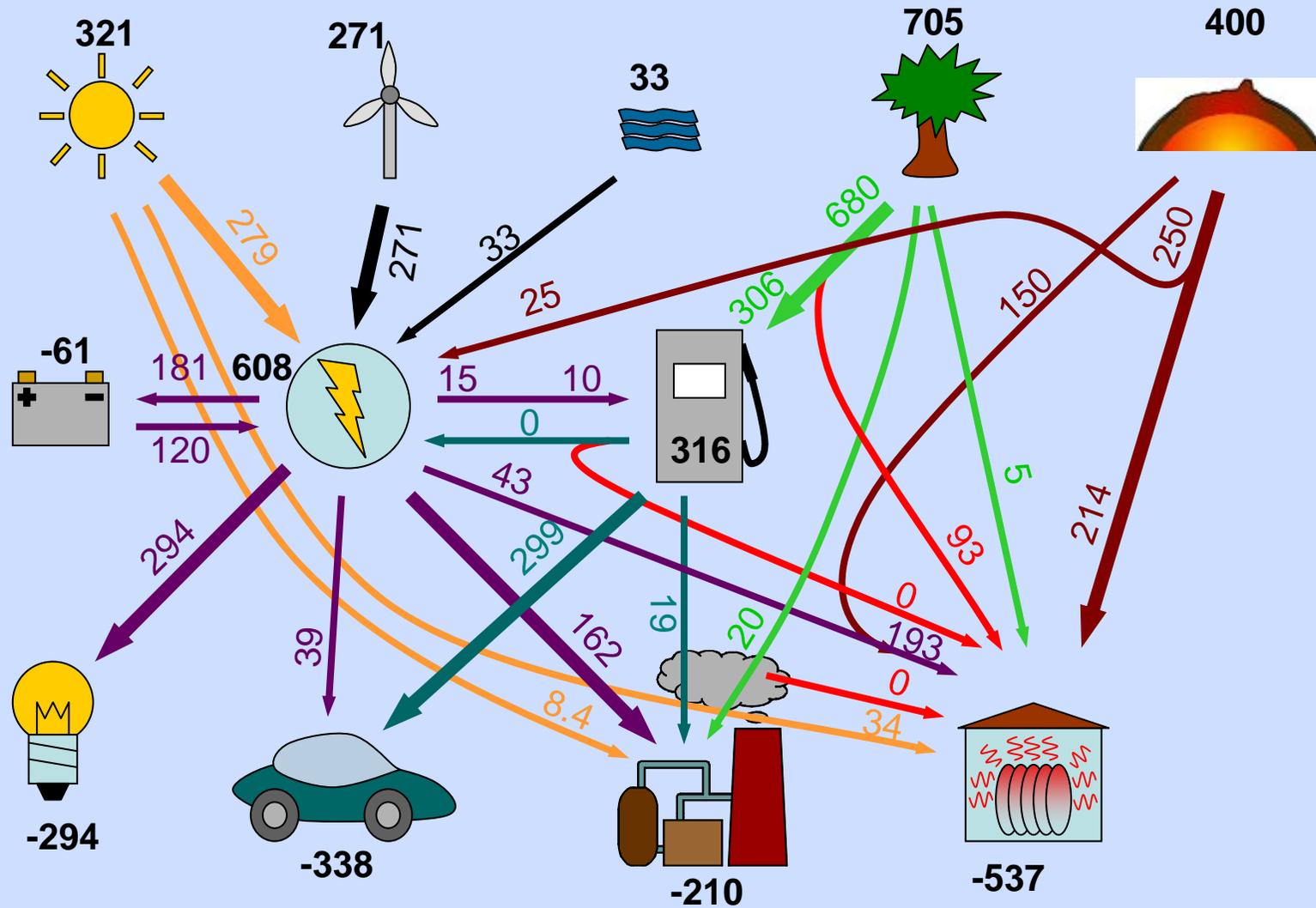
Aus: „Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., „Energiebilanz der Bundesrepublik 2002“,

37 <http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/inhalt1.php#>

M. Creuzburg, Weltendom 1-6-2009

# Energie-Ströme

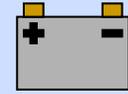
In Mrd. kWh



# Begriffserklärungen: Einheiten für Energie

<i>Einheit</i>		<i>Bedeutet</i>	<i>Zum Vergleich der Größenordnung</i>
J	Joule	Joule	1 Joule = 1 sec lang 1 Watt verbrauchen: z.B. Streichholz anzünden
kJ	Kilo-Joule	Tausend Joule	Batterie („Babyzelle“) (ca. 3 kJ)
MJ	Mega-Joule	Million Joule	Eine Stunde kochen 3.6 MJ = 1kWh
GJ	Giga-Joule	Milliarden Joule	Stromverbrauch einer Person im Jahr (ca. 3GJ)
TJ	Tera-Joule	Billionen Joule	Stromproduktion eines Kraftwerks pro Stunde (ca. 3 TJ)
PT	Peta-Joule	Billiarden Joule	Jahres-Stromproduktion eines Kraftwerks (ca. 30 PJ)

# Energie-Speicher

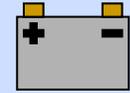


- Relevant für elektrische Energie
- Europäischer Stromverbund reduziert Speichergröße
- Zeitliche Verschiebung des Verbrauchs
- Speicher\*:
  - 3% der jährlich erzeugten Energie als Speichergröße
  - 16% der installierten Leistung als momentane Aufnahmeleistung
  - 18 % der jährlich erzeugten Energie wird zwischengespeichert

\* Nach: Volker Quaschnig, „Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung [...]“, VDI Verlag, 2000, ISBN 3-18-343706-6, <http://www.quaschnig.de/volker/publis/klima2000/index.html>

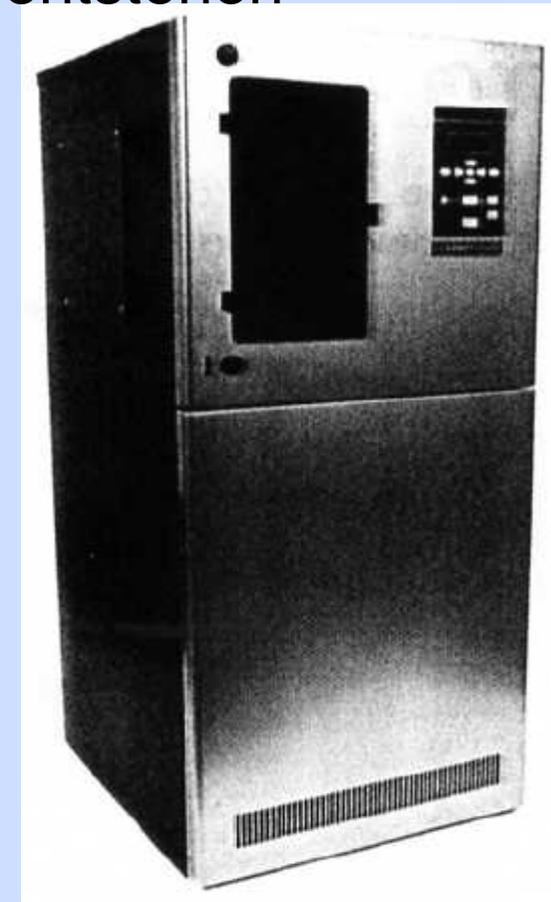


# Energie-Speicher

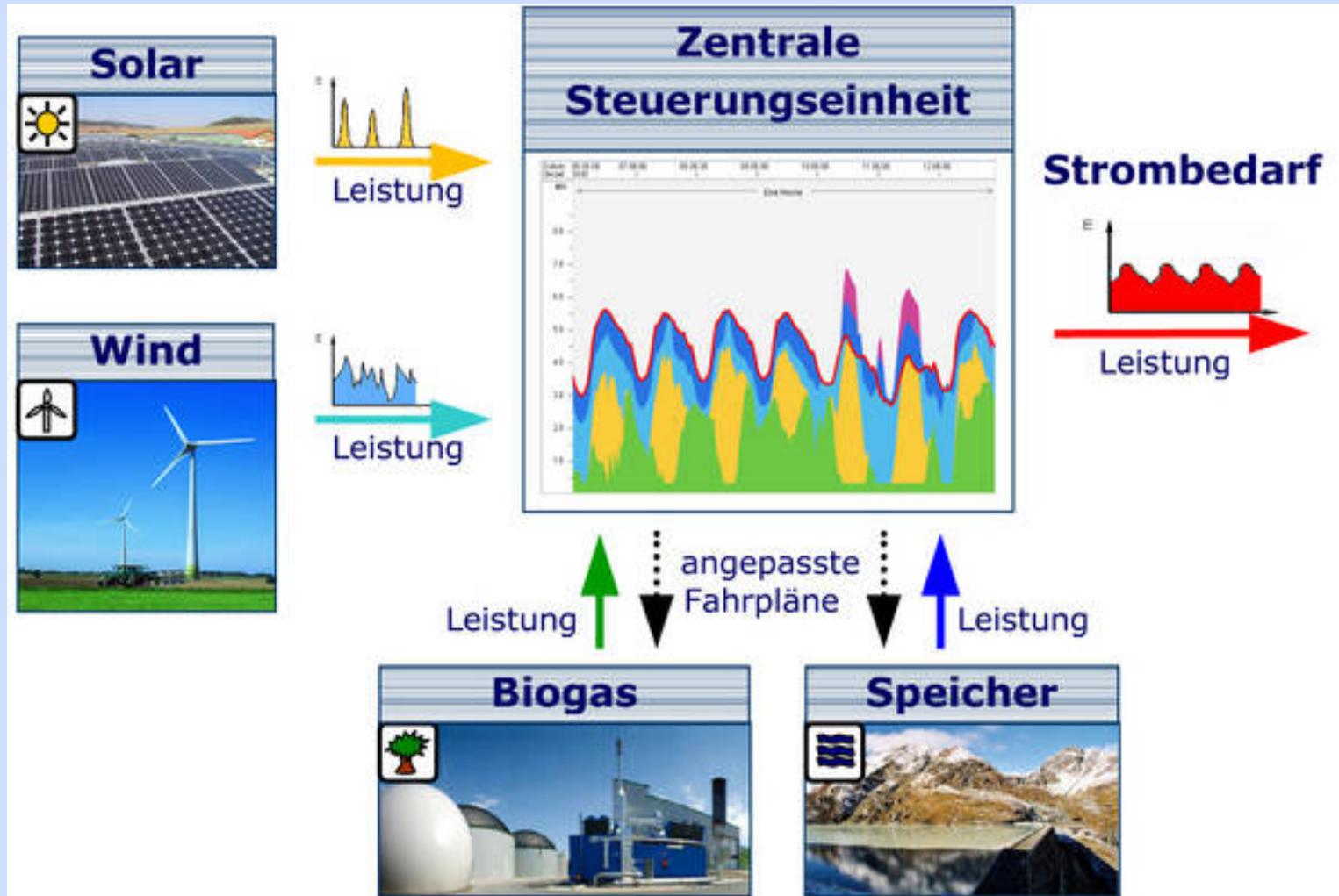


*Stell Dir vor:*

- Das europäische Stromverbundnetz wird ausgebaut
- Zusätzliche Großspeicher-Kraftwerke entstehen
- Kleinstanleger investieren in dezentrale Speicher
- Zu jeder Solaranlage wird eine Speicherbatterie von bis zu 3kWh pro m<sup>2</sup> Solarfläche installiert.

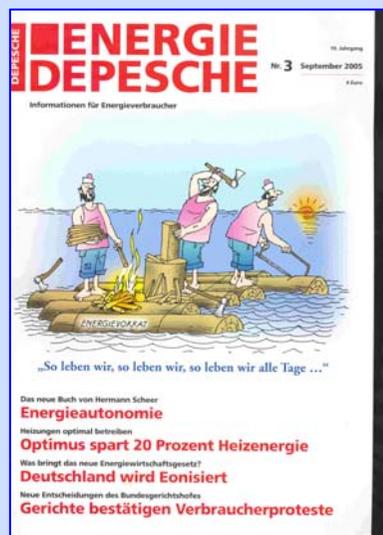
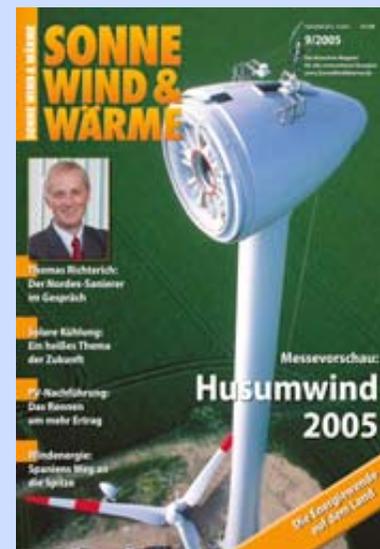


# Das regenerative Kombikraftwerk





# Lesestoff



[www.solarserver.de](http://www.solarserver.de)

[www.sonnenseite.com](http://www.sonnenseite.com)

[www.eurosolar.de](http://www.eurosolar.de)

[www.bmu.de](http://www.bmu.de)

[www.sfv.de](http://www.sfv.de)

[www.samos-ev.de](http://www.samos-ev.de)

[www.buergerkraftwerk.com](http://www.buergerkraftwerk.com)

# Biomasse als Treibstoff



## Rapsöl

- ca. 1700l Treibstoff pro Hektar im Jahr ( $\cong 1.7 \text{ kWh/m}^2$ )
- Nur ca. 10% des Treibstoffbedarfs auf 20% der landw. Fläche
- Hoher Energieaufwand zur Erzeugung
- Nachhaltige Bodenbewirtschaftung schwierig

## BTL

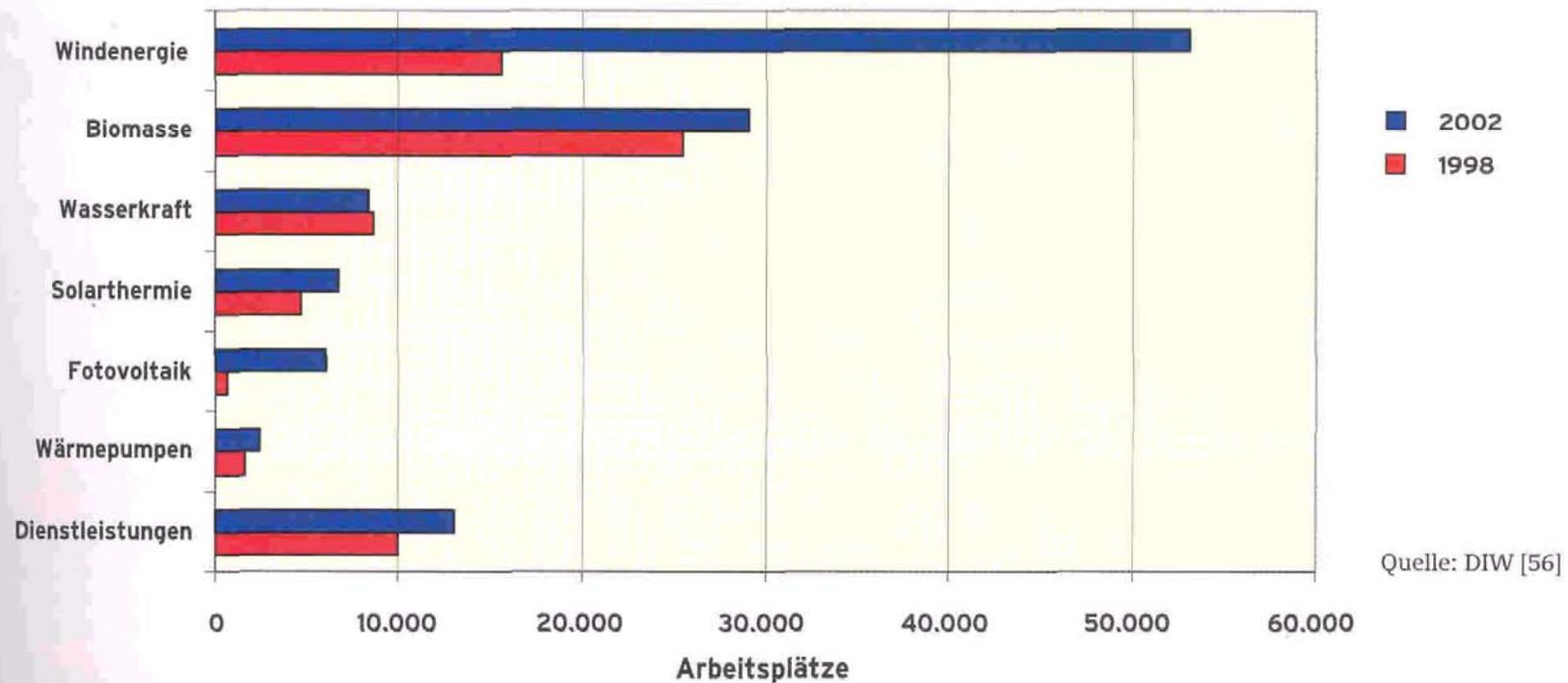
- ca. 2000-4000l Treibstoff pro Hektar im Jahr ( $\cong 2...4 \text{ kWh/m}^2$ )
- Mäßige Energie-Effizienz (10...40%), keine Kraft-Wärme-Kopplung
- Zentrale Großanlagen -> Transportaufwand
- Keine nachhaltige Bodenbewirtschaftung

## Biogas

- ca. 5500l Treibstoffäquivalent pro Hektar im Jahr ( $\cong 5.5 \text{ kWh/m}^2$ )
- Akzeptable Energie-Effizienz (50%), Kraft-Wärme-Kopplung möglich
- Dezentrale Anlagen -> geringer Transportaufwand
- Nachhaltige Bodenbewirtschaftung vorstellbar

# Arbeitsplätze

## Beschäftigungswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien



# Energie-Szenarien

## Shell-Studie 1995

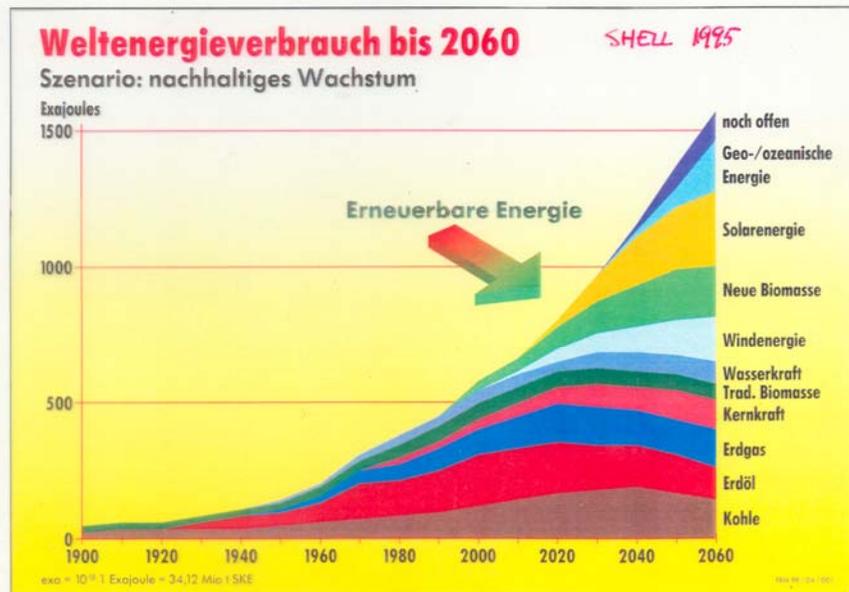
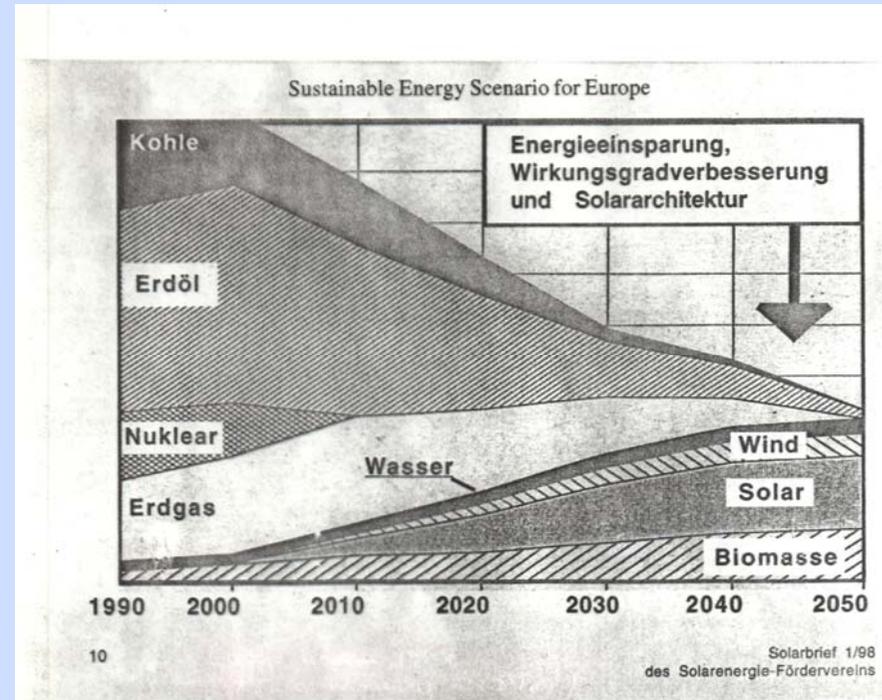


Abb. 1 ▶

Globale Marktpotentiale für erneuerbare Energien 5

## Eurosolar-Studie 1998



Enquête Studie des deutschen Bundestages 2002 :  
„Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien bis 2050 ist möglich“