



Colloquium Fundamentale, SS 2008  
„Erleuchtung oder Blackout? Energieversorgung der Zukunft“  
Universität Karlsruhe, 29. Mai 2008

---

# Energie: Ressourcen, Bedarf und Innovationen

**Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich**



# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## *Inhaltsübersicht*



**Wir über uns**



**Potenziale und Grenzen**



**Bedarf**



**Innovationen**



**Steuerungsmöglichkeiten**



# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## *Inhaltsübersicht*



**Wir über uns**



**Potenziale und Grenzen**



**Bedarf**



**Innovationen**



**Steuerungsmöglichkeiten**



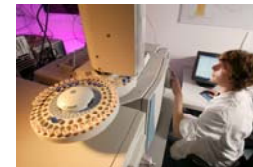
# Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)

- Unabhängiges, wissenschaftliches Beratungsgremium der Bundesregierung seit 1971, berufen durch das Bundeskabinett
- 7 Univ.-Prof. aus den Bereichen Naturwissenschaften, Technik, Ökonomie, Recht, Ethik, Politologie
- Umweltsituation, Entwicklungstendenzen und politische Fehlentwicklungen in Deutschland darstellen und begutachten



# Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie

- Verfahren und Methoden zur stofflichen und energetischen Nutzung von biogenen Roh- und Reststoffen, Analyse und Bewertung der relevanten Material- und Energieflüsse
  
- Lehre in den Studiengängen Resource Management, Forstwissenschaften, Bauingenieurwesen, Umweltingenieurwesen, Nachwachsende Rohstoffe
  
- 30 Mitarbeiter an den Standorten Straubing und Weihenstephan





- ❑ Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik, insbesondere Energie aus Biomasse und Abfall
- ❑ Beratung, Auslegung, Konstruktion, Fertigung, Inbetriebnahme, Pilotbetrieb
- ❑ 40 Mitarbeiter am Standort Sulzbach-Rosenberg, Oberpfalz





# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## *Inhaltsübersicht*



**Wir über uns**



**Potenziale und Grenzen**



**Bedarf**



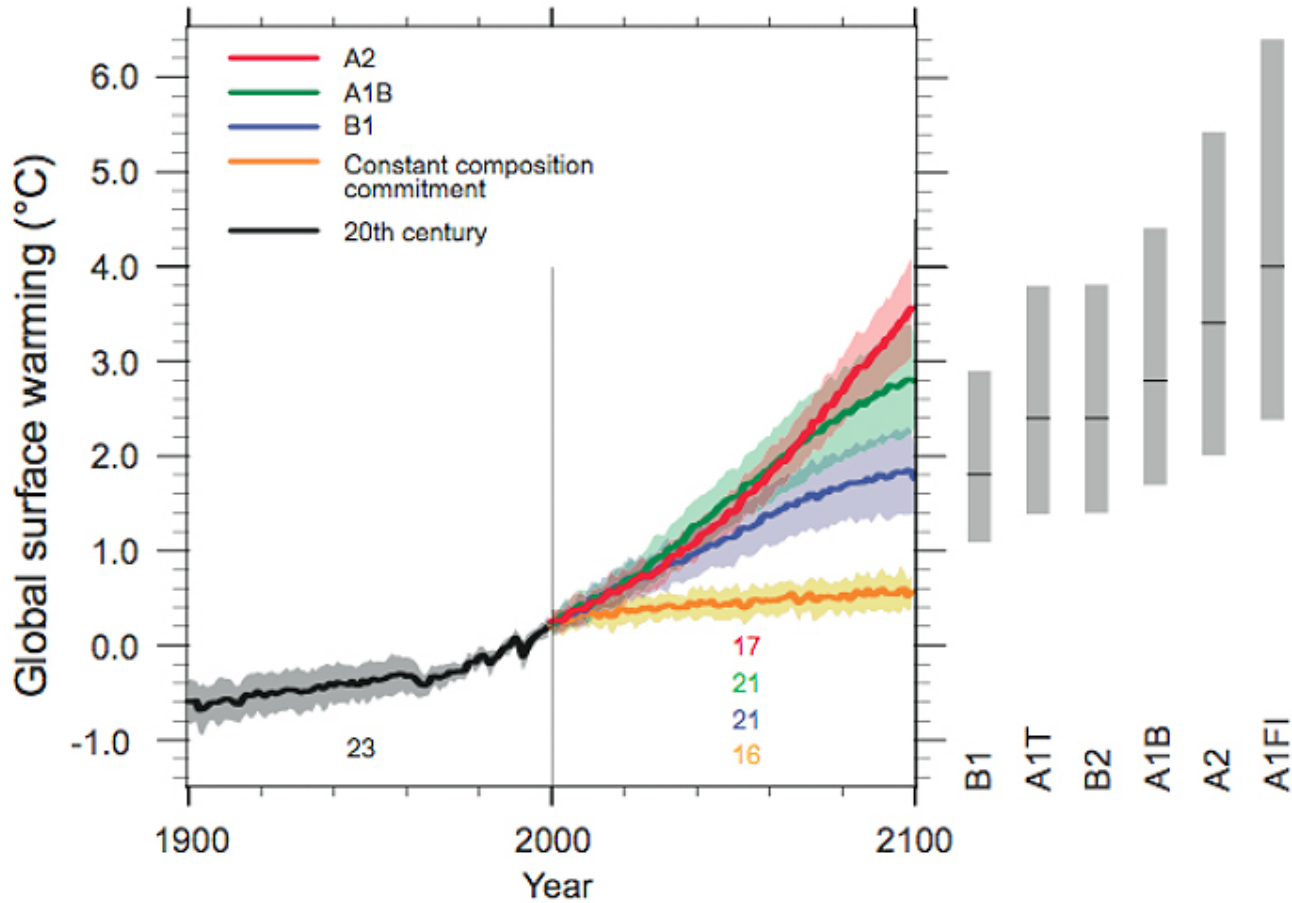
**Innovationen**



**Steuerungsmöglichkeiten**

# Potenziale und Grenzen

## Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur



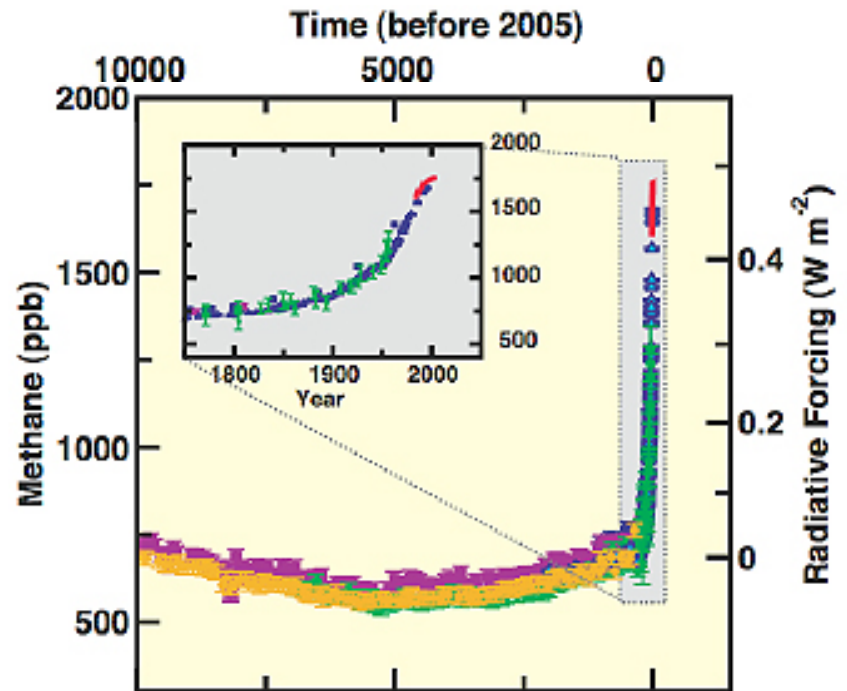
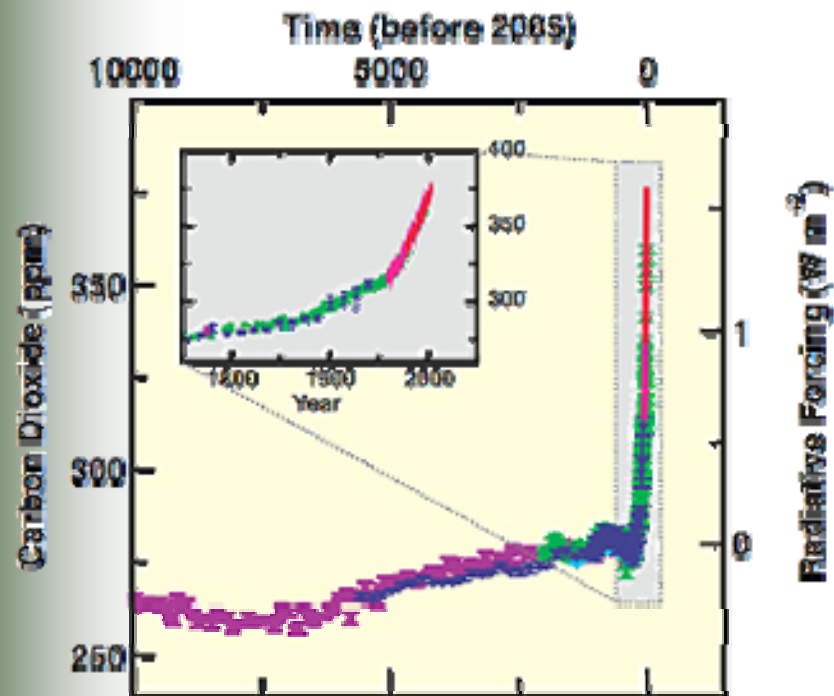
Quelle: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Climate change 2007"





# Potenziale und Grenzen

## Zunahme von Spurengasen in der Atmosphäre

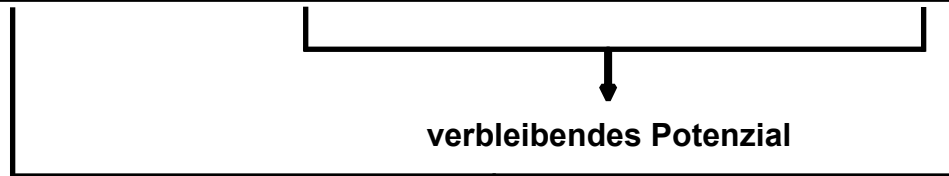
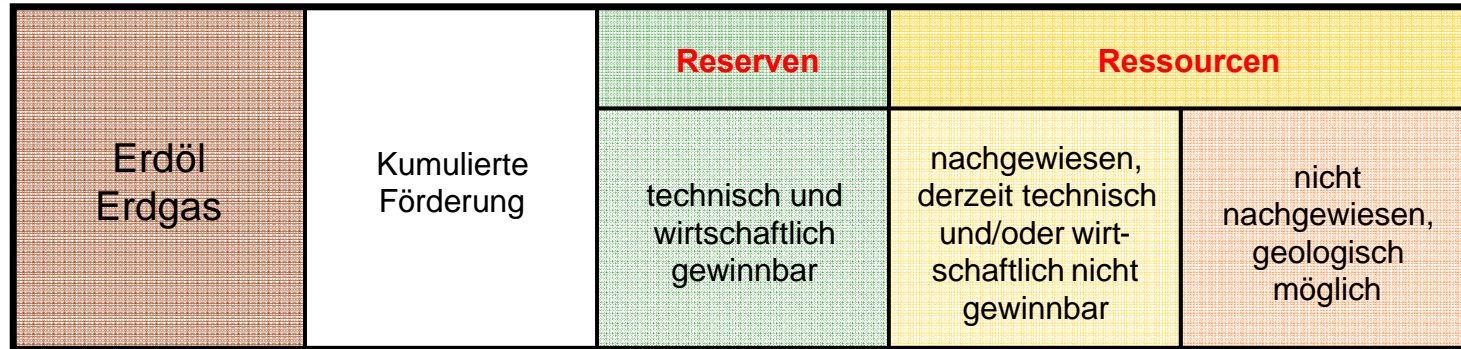


Quelle: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Climate change 2007"

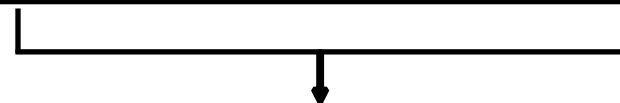
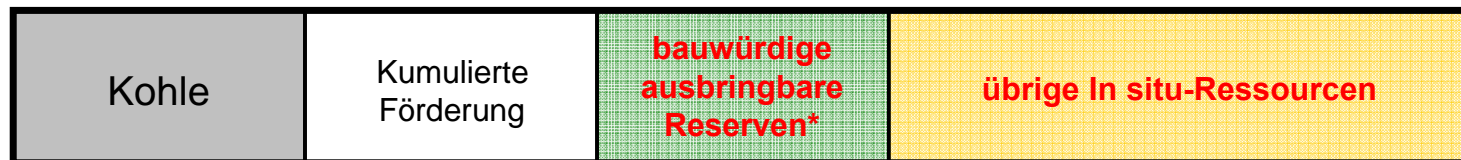


# Potenziale und Grenzen

## Reserven und Ressourcen



Gesamtpotenzial, Estimated Ultimate Recovery (EUR)



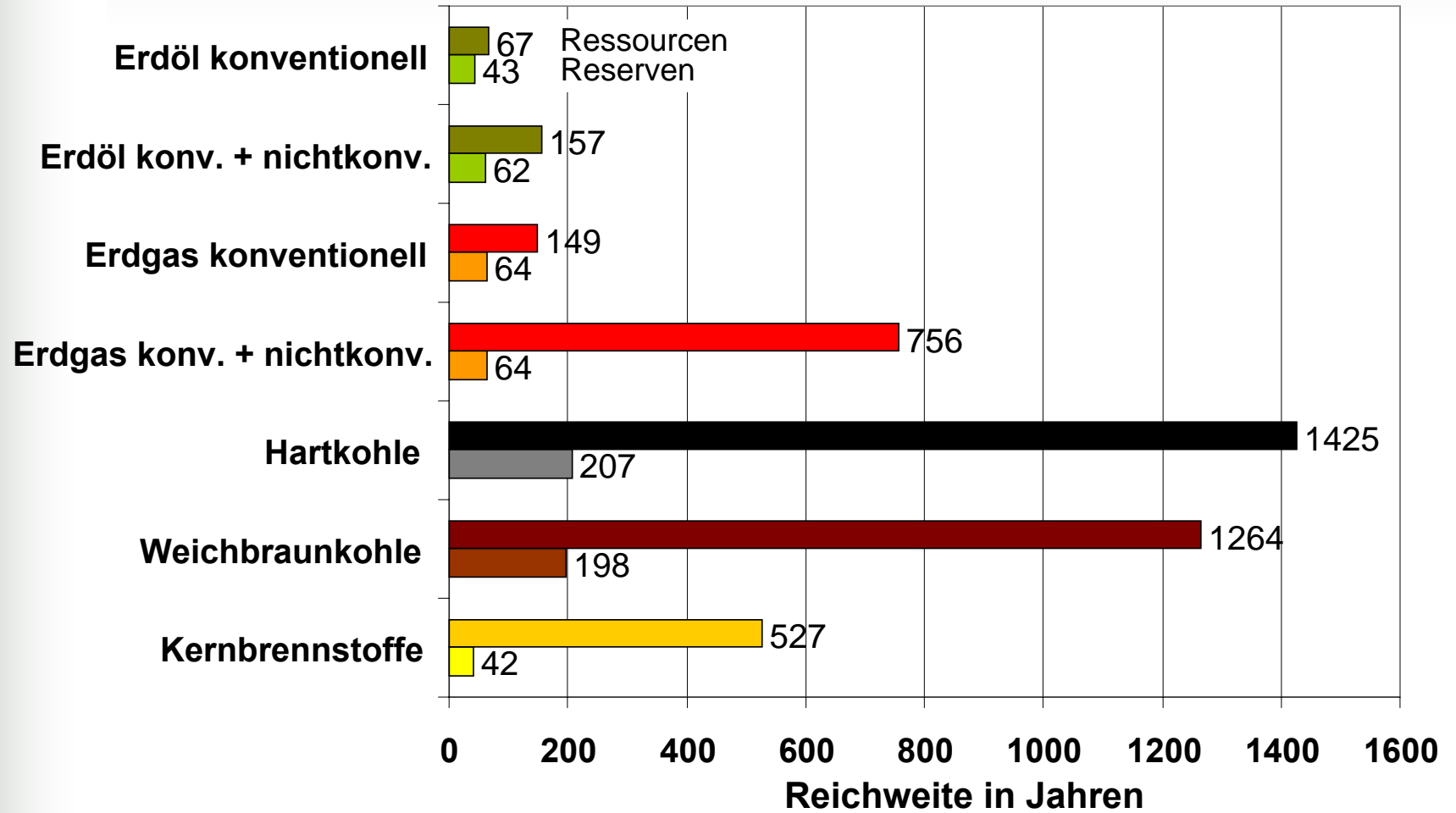
Gesamtressourcen

Quelle: BGR 2005



# Potenziale und Grenzen

## Reichweite fossiler Rohstoffe



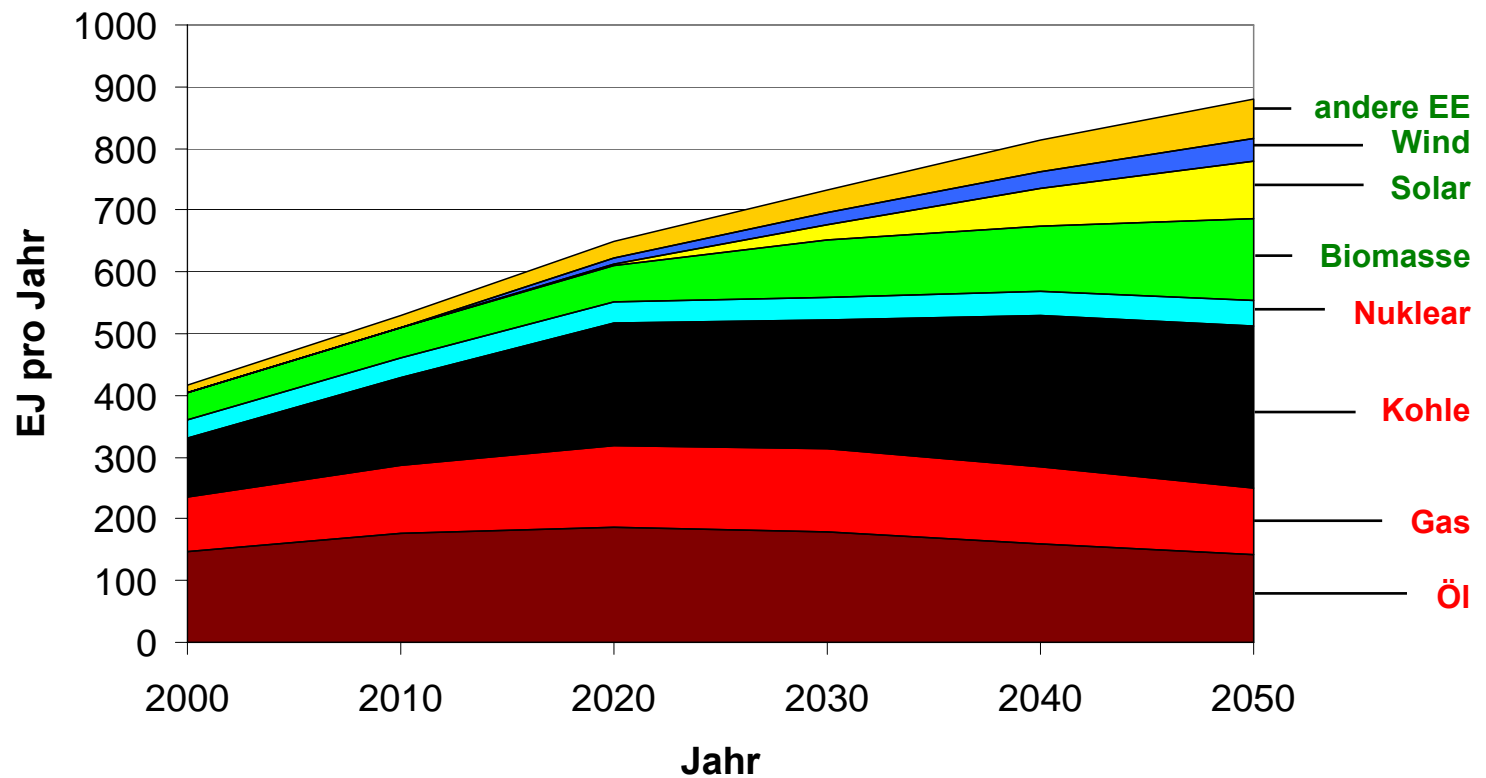
Quelle: Eigene Darstellung nach BGR



# Potenziale und Grenzen

## Struktur globale Energienutzung bis 2050

### „Scramble-Szenario“



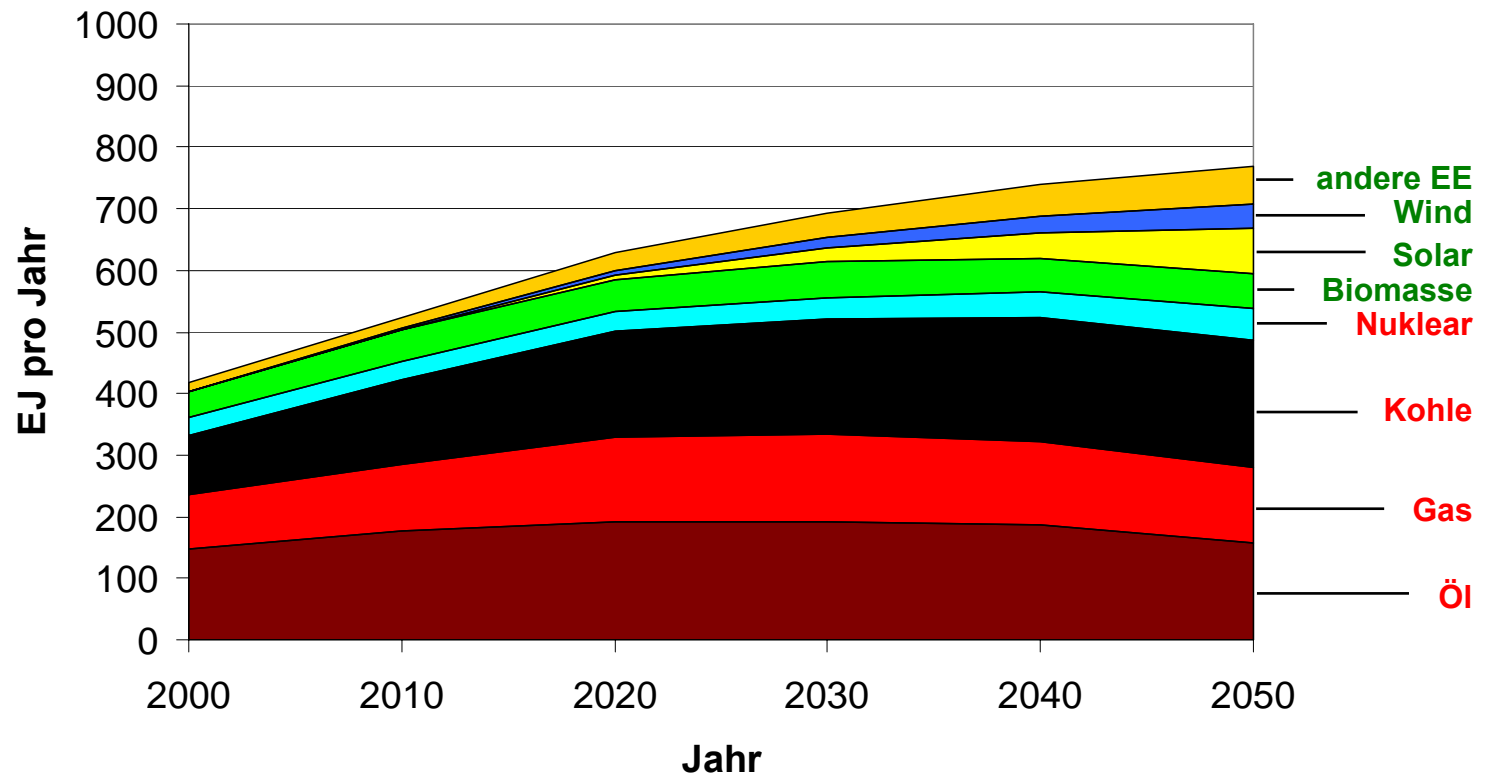
Quelle: Eigene Darstellung nach Shell 2008



# Potenziale und Grenzen

## Struktur globale Energienutzung bis 2050

### „Blueprint-Szenario“



Quelle: Eigene Darstellung nach Shell 2008



# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## *Inhaltsübersicht*



Wir über uns



Potenziale und Grenzen



**Bedarf**



Innovationen

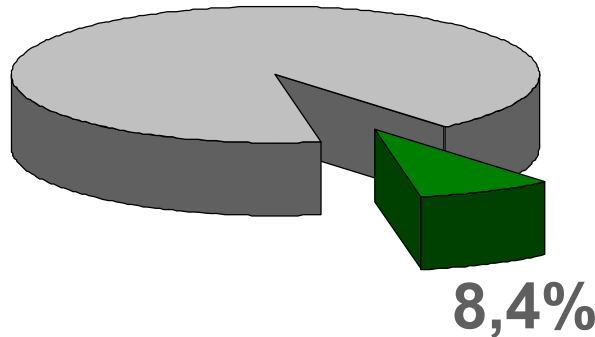


Steuerungsmöglichkeiten

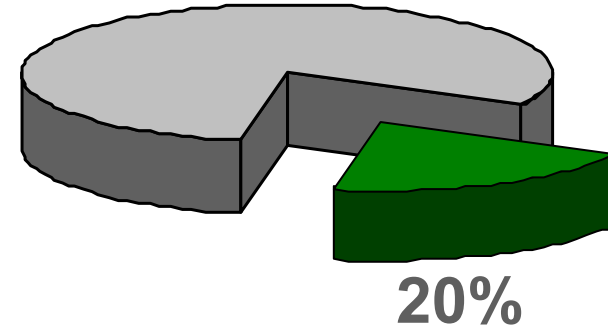


**Hauptziel: 40% CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 einsparen**  
**Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch:**

Stand 2007



Ziel 2020



Ziele Meseberg



**Strom**  
25 - 30%



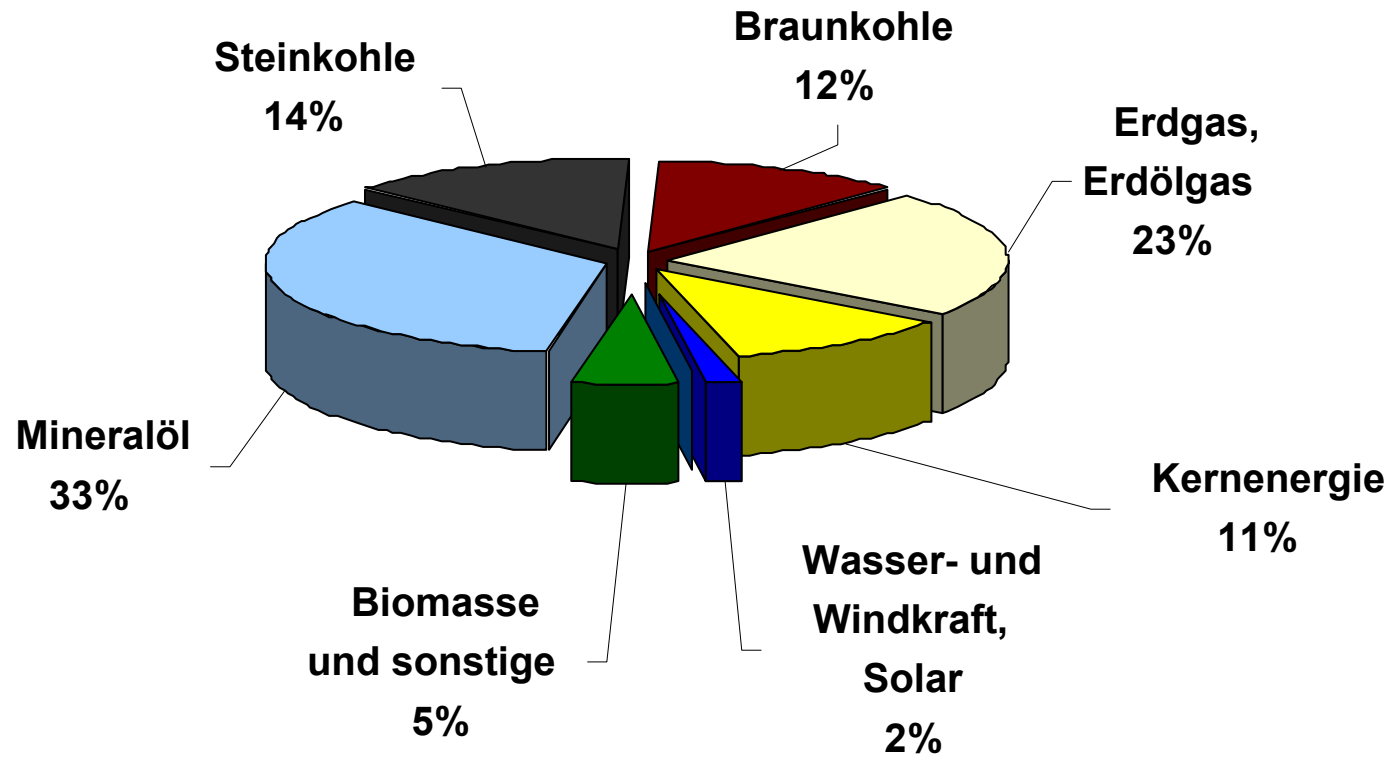
**Kraftstoff**  
17% (20% vol.)



**Wärme**  
14%

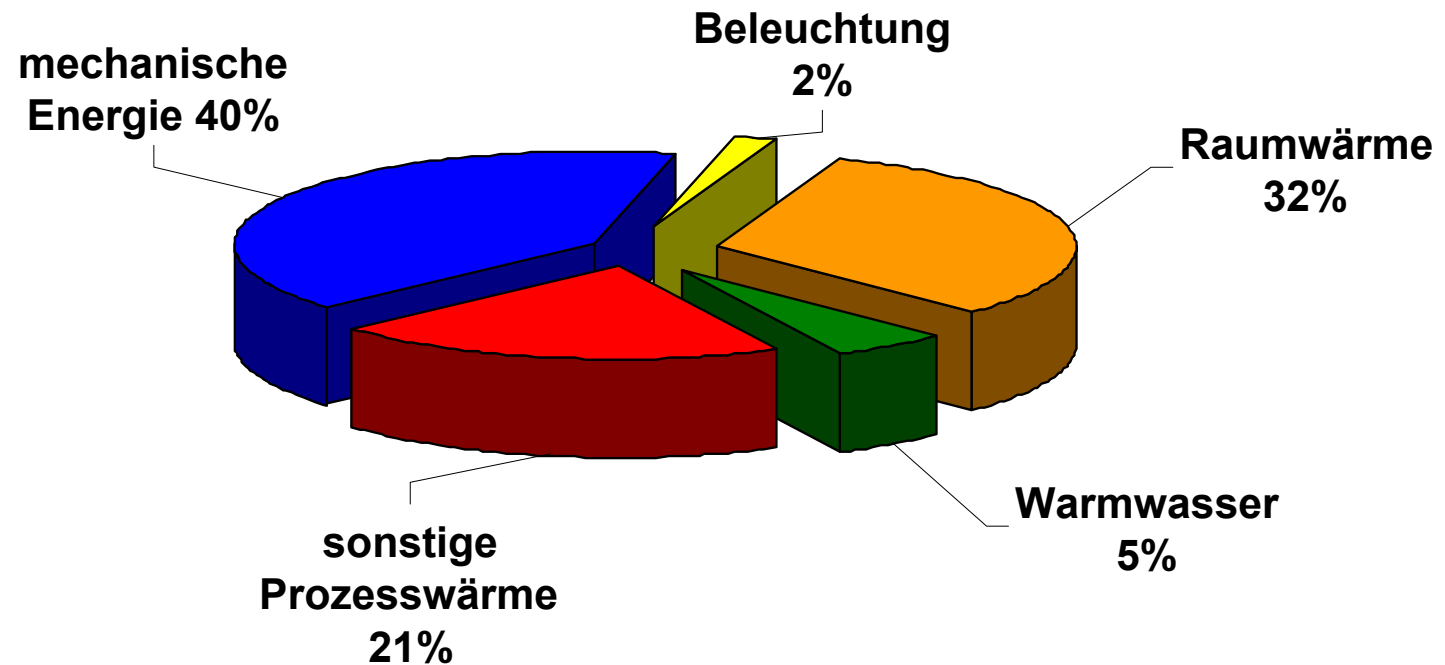
## Primärenergieverbrauch Deutschland 2007: 13.842 PJ

### ► Energieträger



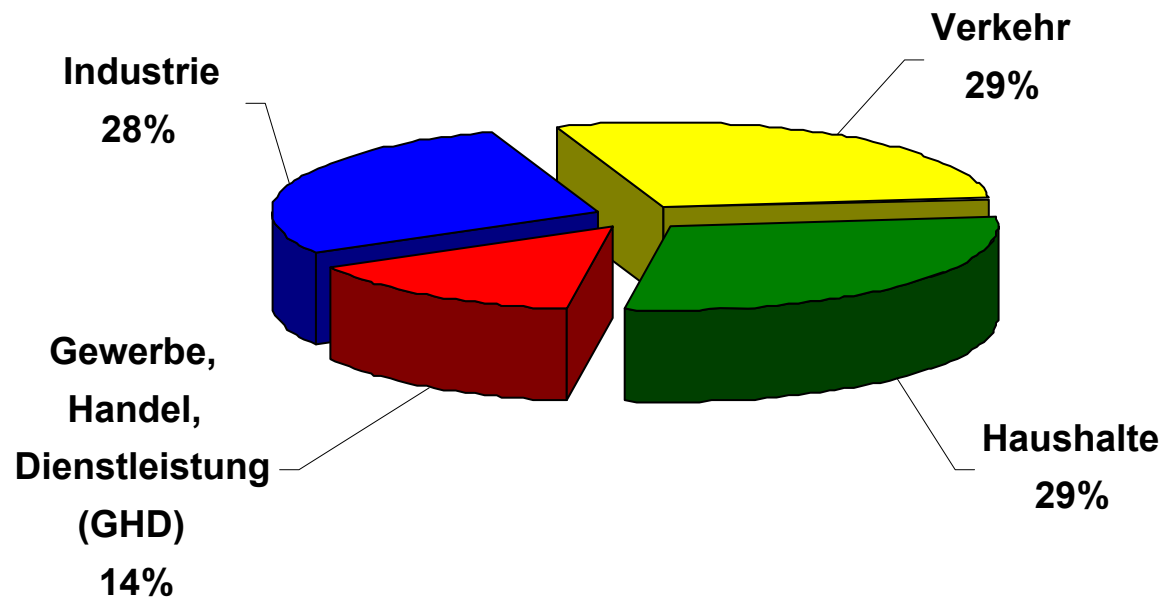
## Endenergieverbrauch Deutschland 2005: 9.173 PJ

### ► Energieformen



## Endenergieverbrauch Deutschland 2006: 9.261 PJ

### ► Nutzerformen





# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## *Inhaltsübersicht*



**Wir über uns**



**Potenziale und Grenzen**



**Bedarf**



**Innovationen**



**Steuerungsmöglichkeiten**



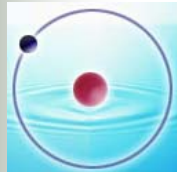
# Innovationen *Heilsbringer?*







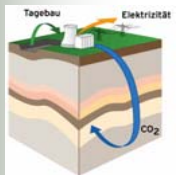
**Biomasse**



**Wasserstoff**



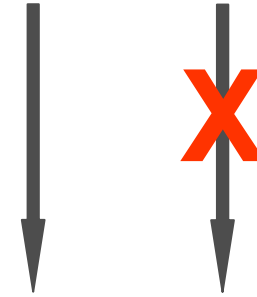
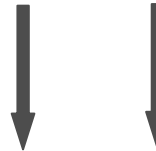
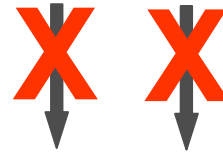
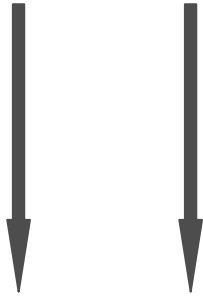
**Elektromobilität**



**CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung**



**Energiespeicherung**





# Innovationen

## *Ausgewählte Beispiele*



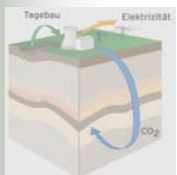
**Biomasse**



**Wasserstoff**



**Elektromobilität**



**CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung**



**Energiespeicherung**

### Rohstoffe



### Reststoffe



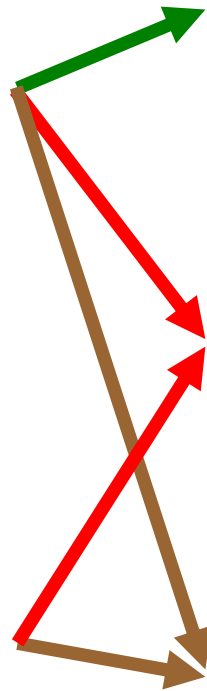
### Nahrungsmittel



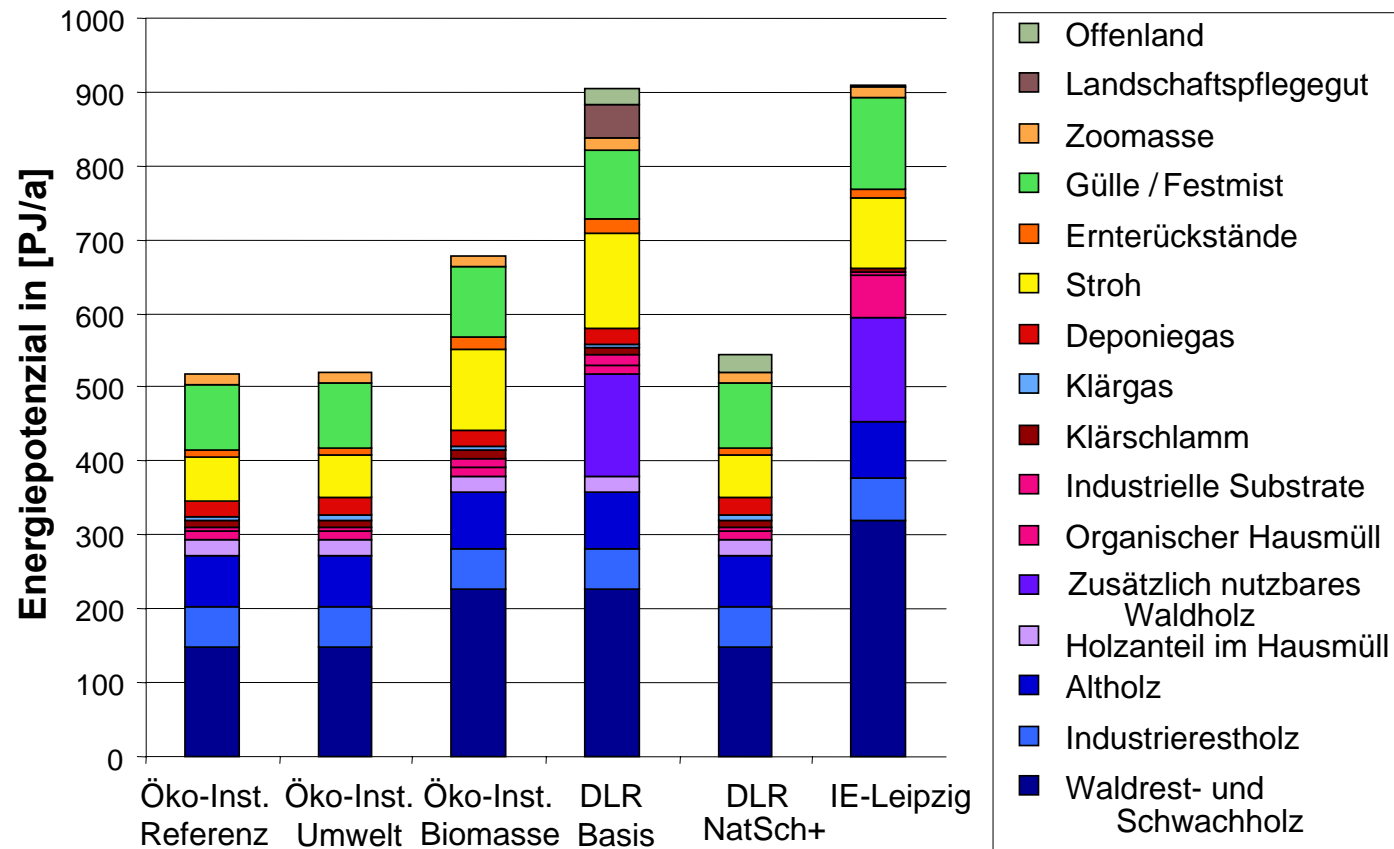
### Energie



### Stoffe

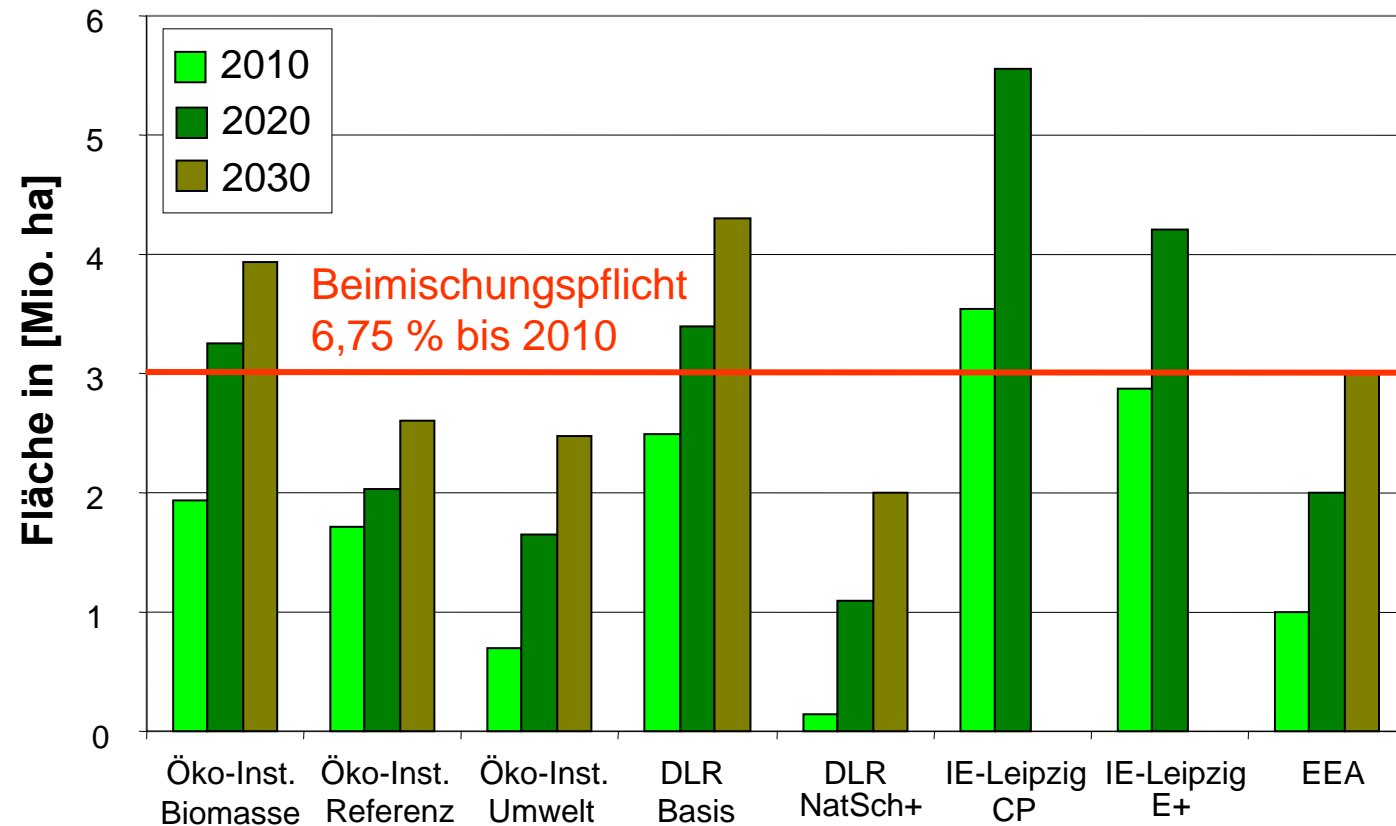


### Reststoffpotenziale in verschiedenen Studien für Deutschland



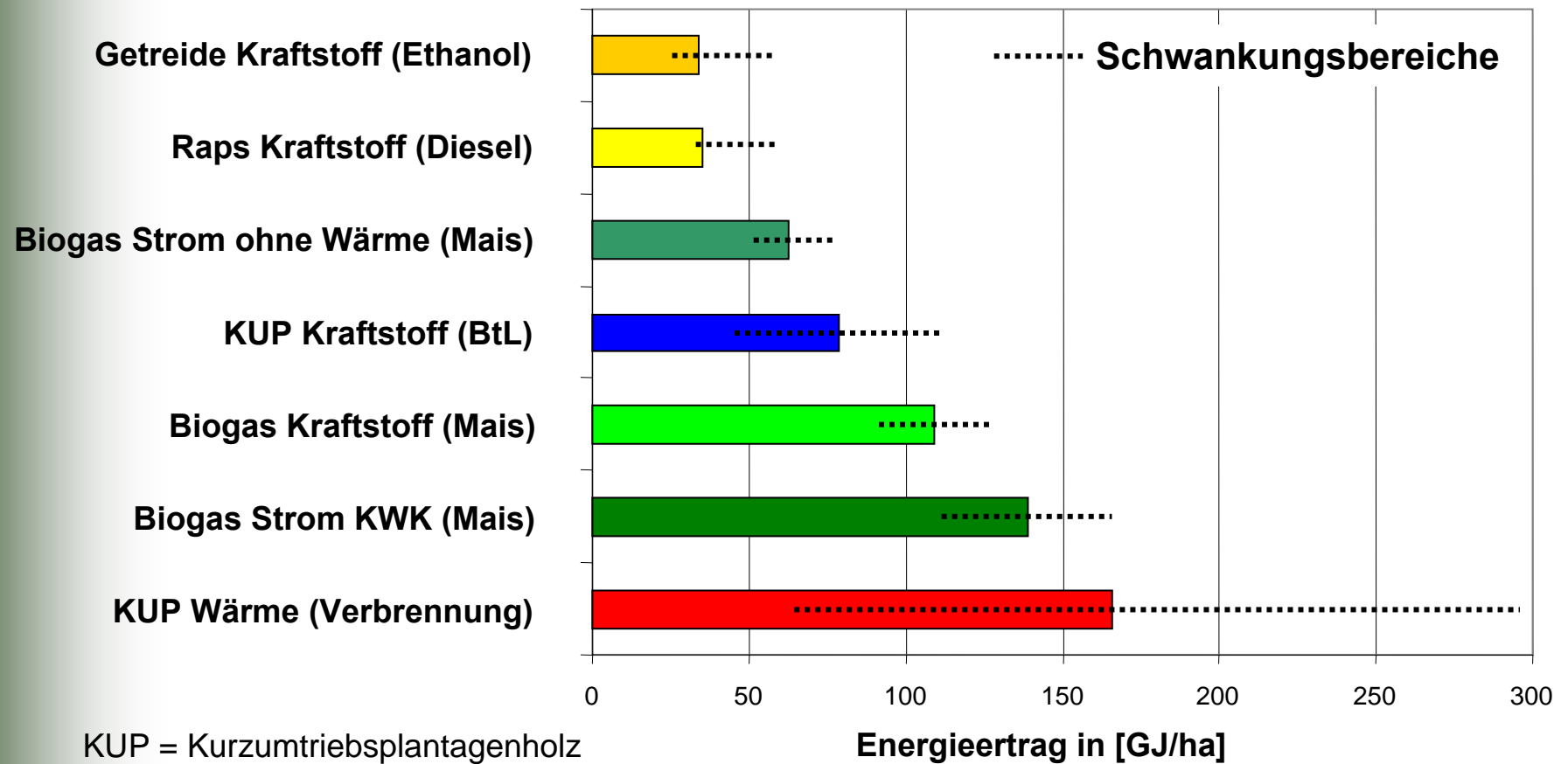
Quelle: nach FRITSCHKE et al. 2004, NITSCH et al. 2004, THRÄN et al. 2005

### Flächenpotenziale für nachwachsende Rohstoffe verschiedener Studien

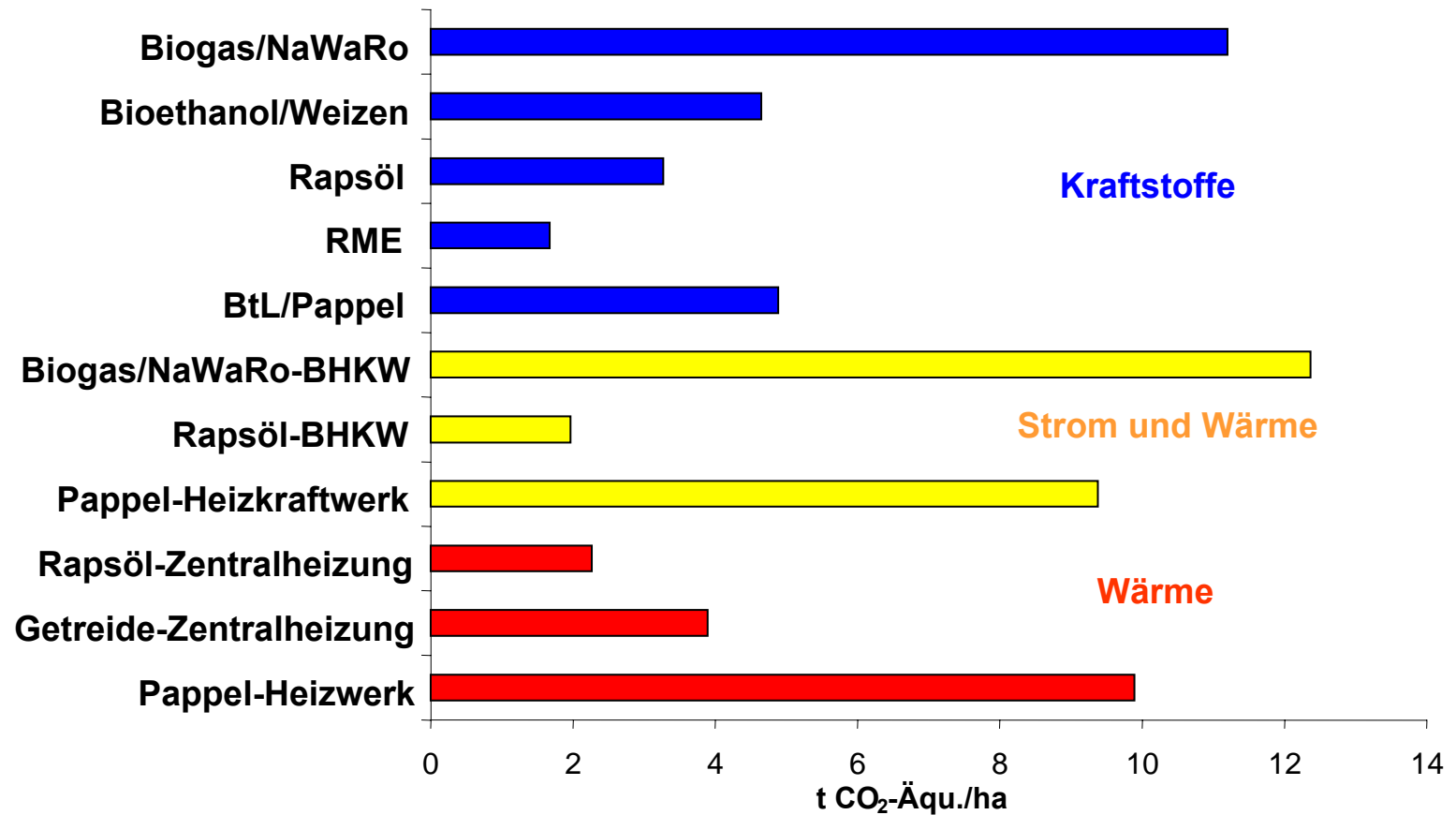




## Energieerträge pro Hektar von NaWaRo



## Potenziale zur Reduktion von Treibhausgasemissionen



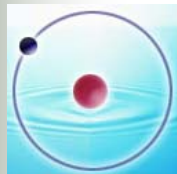


# Innovationen

## *Ausgewählte Beispiele*



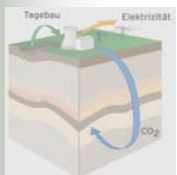
**Biomasse**



**Wasserstoff**



**Elektromobilität**



**CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung**



**Energiespeicherung**



# Wasserstoff

## Gewinnung und Einsatzfelder

**Erdöl / Erdgas  
Kohle**



**Kernkraft**



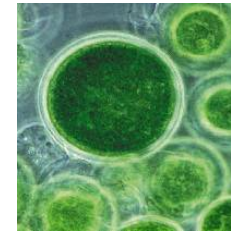
**Wind**



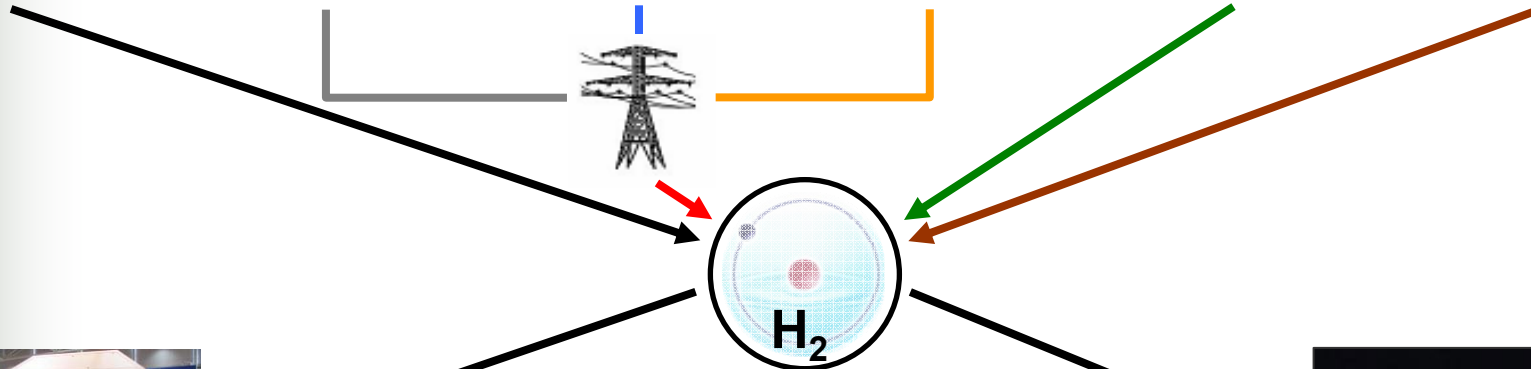
**Sonne**



**Mikroalgen**



**Biomasse**



**Stromerzeugung**

Quelle: MTU Friedrichshafen GmbH



**Fahrzeuge**

Quelle: [www.diebrennstoffzelle.de](http://www.diebrennstoffzelle.de)



**Kleinverbraucher**

Quelle: [www.diebrennstoffzelle.de/h2projekte/portabel/index.shtml](http://www.diebrennstoffzelle.de/h2projekte/portabel/index.shtml)



**Verfügbarkeit von Wasserstoff aus regenerativen Quellen**



**Hohe Kosten der Produktion aus regenerativen Quellen**



**Speicherung / Transport**



**Entwicklungsstand der Brennstoffzellentechnologie**



**Implementierung einer Infrastruktur**



# Innovationen

## *Ausgewählte Beispiele*



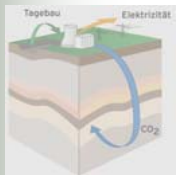
**Biomasse**



**Wasserstoff**



**Elektromobilität**

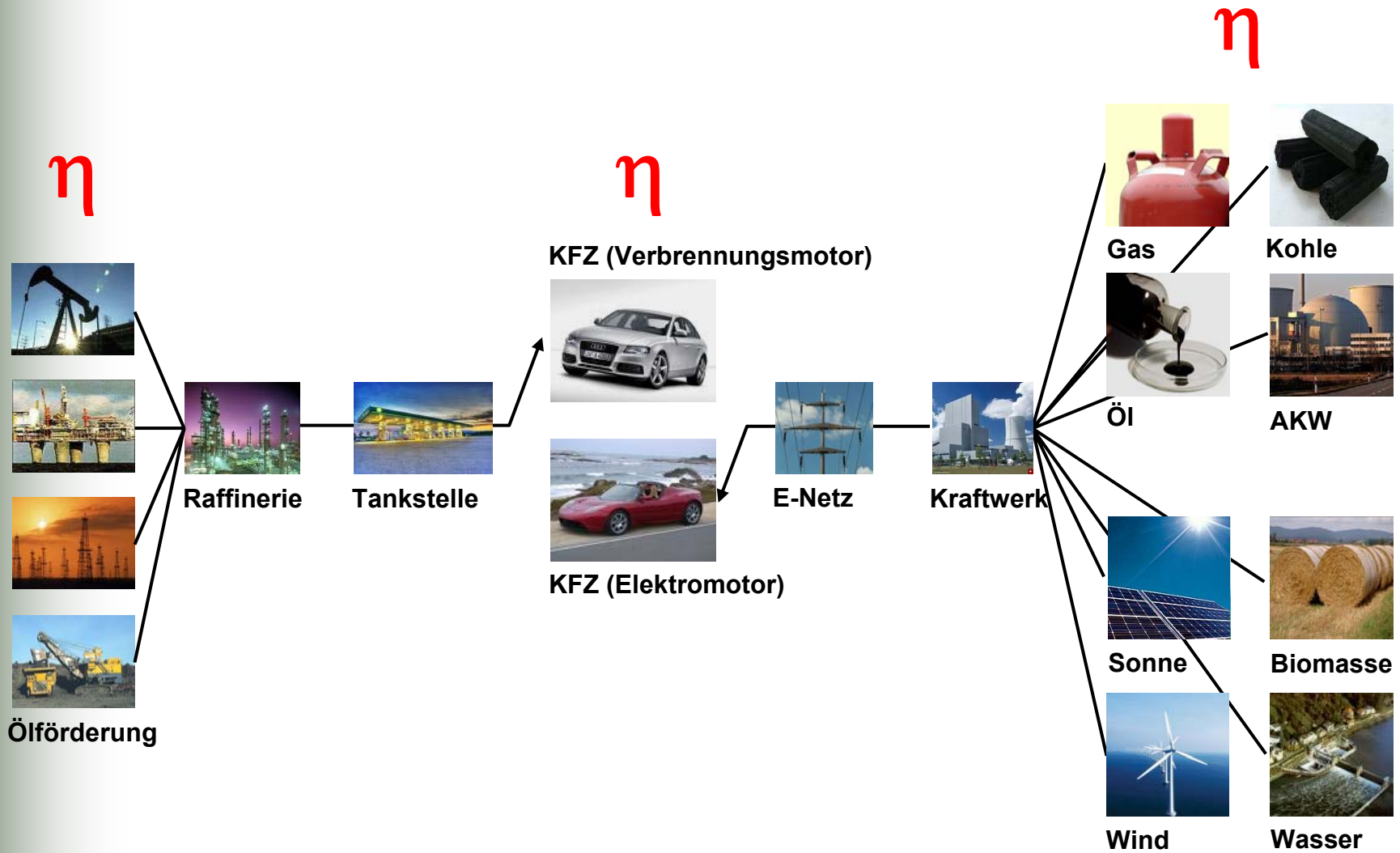


**CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung**



**Energiespeicherung**



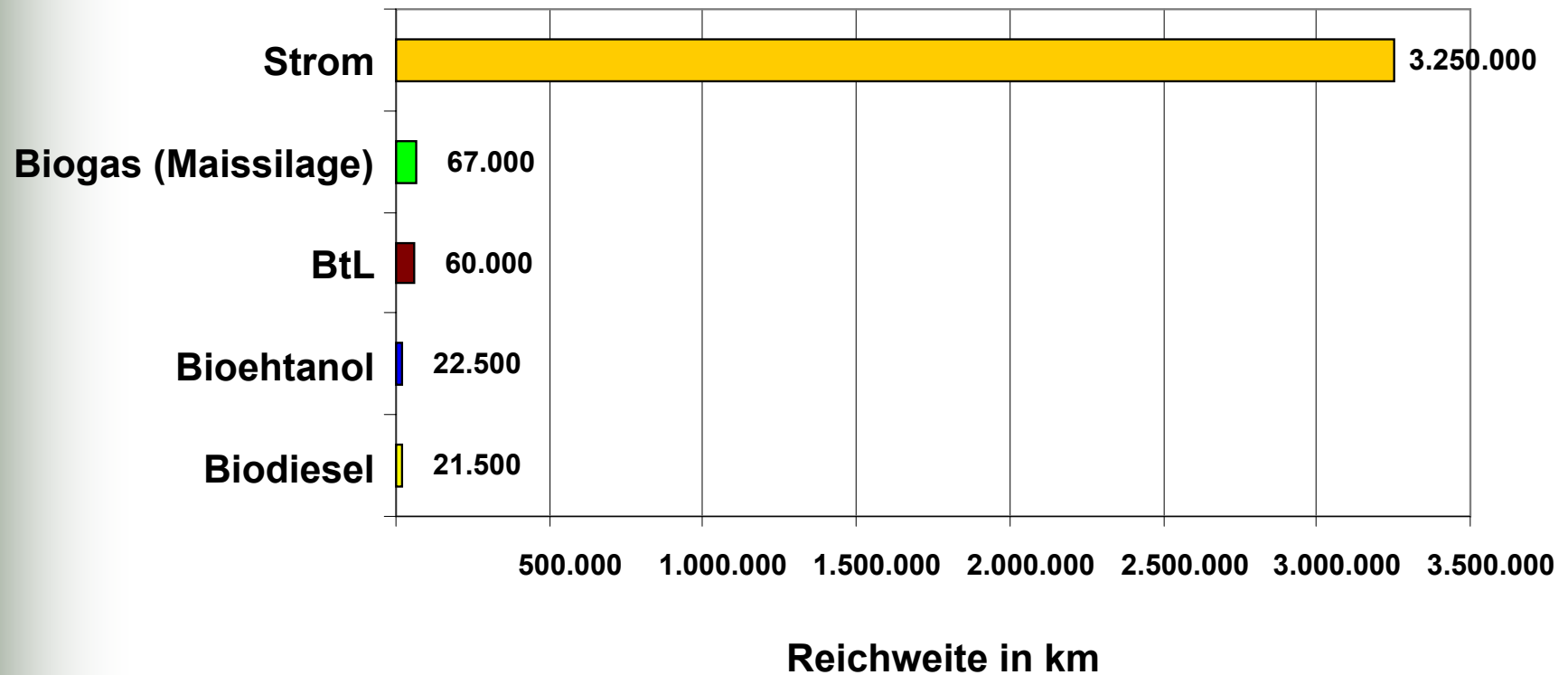




# Elektromobilität

## Reichweite

### Vergleich Reichweite: ein Hektar Energiepflanzen einem Hektar PV-Freiflächenanlage



Quelle: Podewils 2007



# Innovationen

## *Ausgewählte Beispiele*



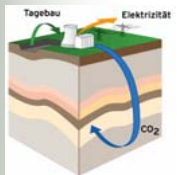
**Biomasse**



**Wasserstoff**



**Elektromobilität**



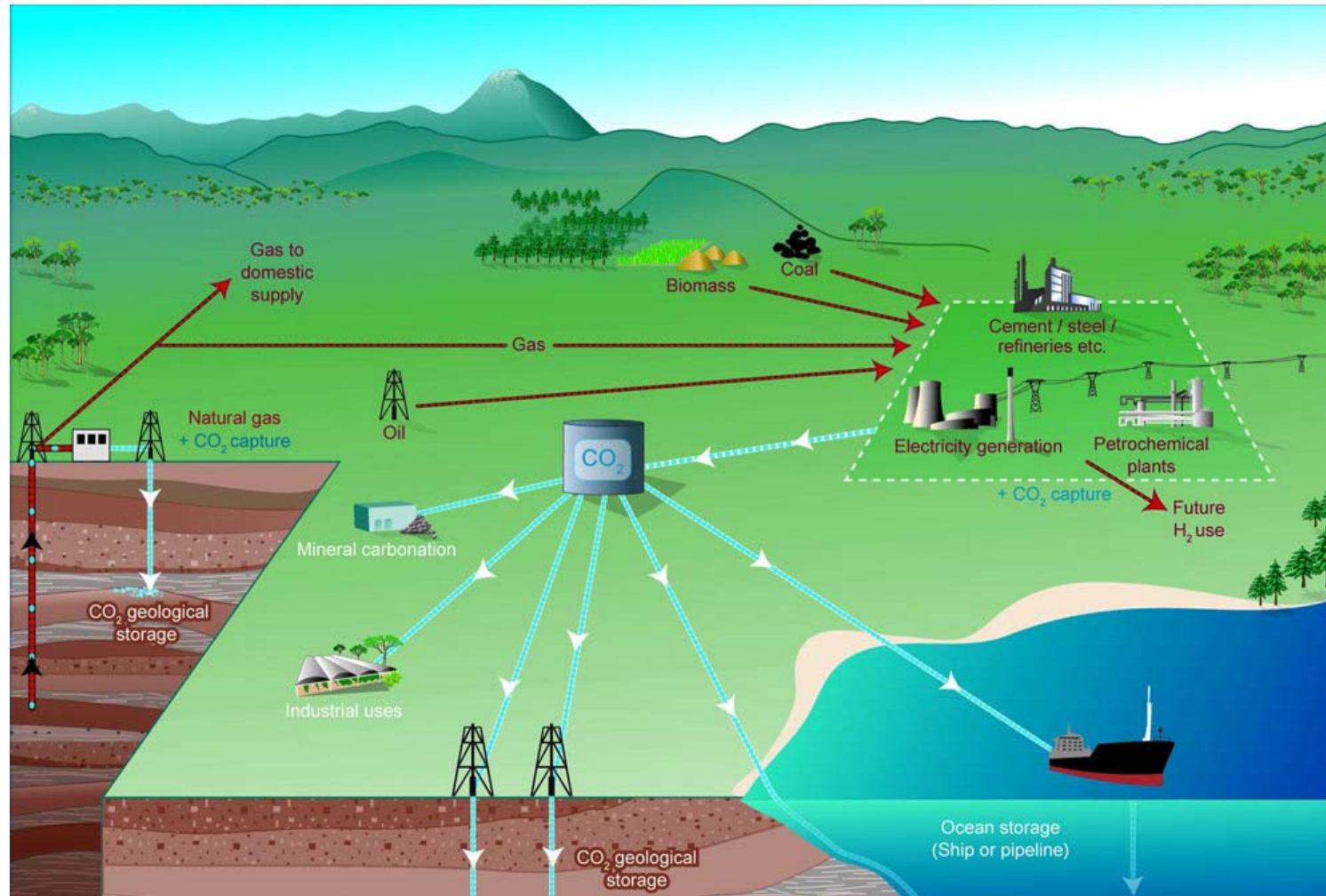
**CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung**



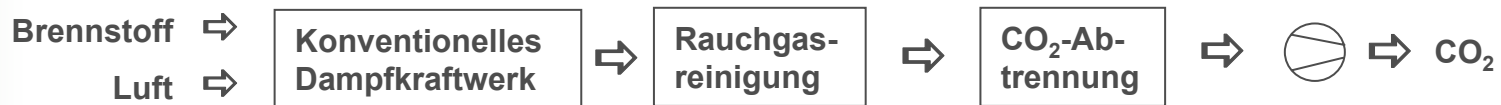
**Energiespeicherung**

# CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung

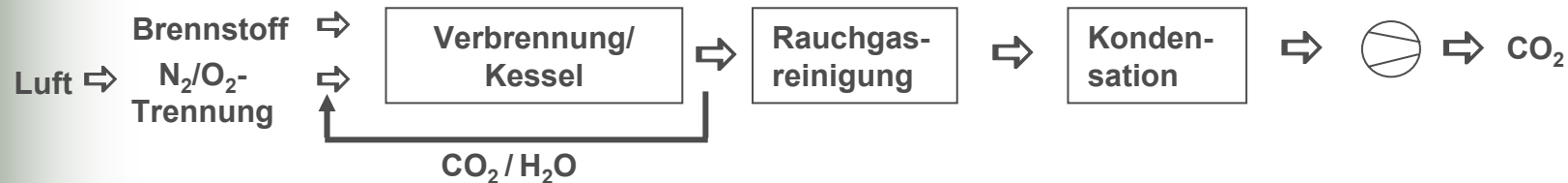
## Prinzip



### Post-Combustion: CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus dem Rauchgas



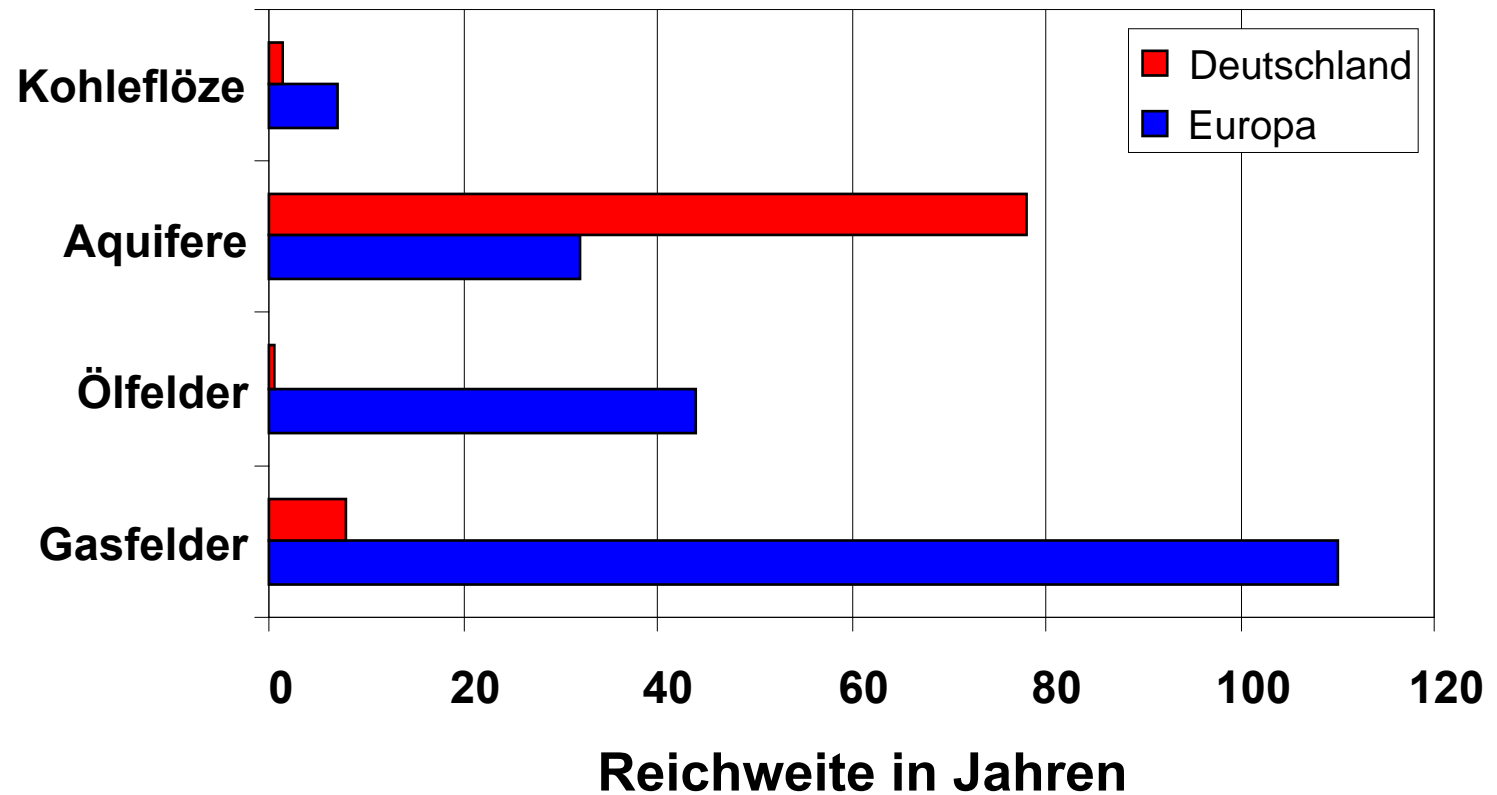
### Oxyfuel: CO<sub>2</sub>-Aufkonzentration im Rauchgas



### Pre-Combustion: CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Synthesegas nach CO-Umwandlung



### Reichweite für abgeschiedene Kraftwerksemissionen





# Innovationen

## *Ausgewählte Beispiele*



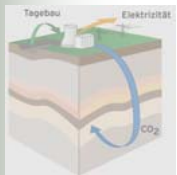
**Biomasse**



**Wasserstoff**



**Elektromobilität**



**CO<sub>2</sub>-Abscheidung & -Speicherung**



**Energiespeicherung**



# Energiespeicherung

## Möglichkeiten

### Energie zur falschen Zeit am falschen Ort

### Speicherung des Energieträgers



#### Stromspeicherung

⇒ Bedeutung für Ausbau Erneuerbarer Energien

- ⇒ chemische Speicher
- ⇒ Pumpspeicherkraftwerke
- ⇒ Druckluftspeicherkraftwerke



#### Wärmespeicherung

- ⇒ Kurzzeitspeicher (bereits in Anwendung)
- ⇒ saisonale Speicher
- ⇒ mobile Speicher (erste Entwicklungen)



### Speicher für sensible Wärme



- ⇒ Wärmemenge proportional zur Temperaturerhöhung
- ⇒ z. B. Wasser-, Feststoffwärmespeicher
- ⇒ Energiedichte: 60 kWh/m<sup>3</sup>
- ⇒ Temperaturniveau: < 100 °C

### Latentwärmespeicher



- ⇒ Wärmespeicherung bei Phasenübergang (enges T-Intervall)
- ⇒ z.B. Salzhydrate, Paraffine
- ⇒ Energiedichte: bis 120 kWh/m<sup>3</sup>
- ⇒ Temperaturniveau: entsprechend Schmelzbereich

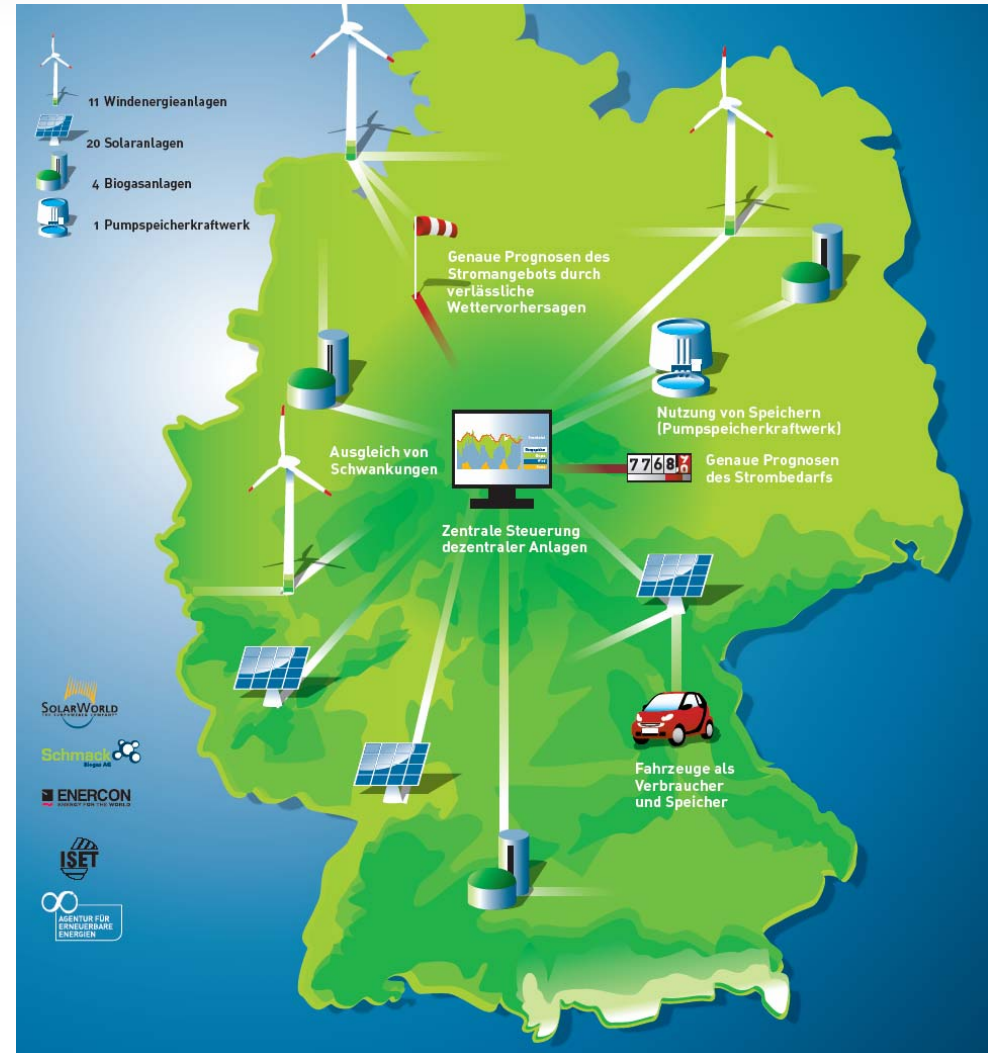
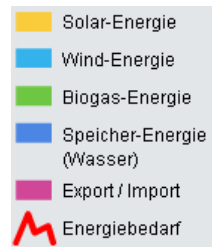
### Thermochemische Speicher



- ⇒ Wärmespeicherung bei Sorptions- und Desorptionsprozessen
- ⇒ z.B. Zeolithe, Silicagele
- ⇒ Energiedichte: 200 - 500 kWh/m<sup>3</sup>
- ⇒ Temperaturniveau: 40 - 300 °C

### „Energiespeicherung“ durch Lastmanagement: Großversuch Kombikraftwerk

Beispiel:  
Verlauf im Mai 2006





# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## *Inhaltsübersicht*



**Wir über uns**



**Potenziale und Grenzen**



**Bedarf**



**Innovationen**



**Steuerungsmöglichkeiten**

### Beispiel: Japanisches Top-Runner-Programm

Energie-Effizienzstandards für 21 Produktgruppen

→ Orientierung am effizientesten Produkt am Markt

### Einsparungen



**78%**

1997 – 2001



**83%**

1997 – 2001



**23%**

1995 – 2006



**55%**

1998 – 2004

### Grundprinzip des Emissionshandels



Verbriefung der insgesamt zulässigen CO<sub>2</sub>-Emissionen für einen Sektor in Form frei handelbarer Emissionsrechte

#### Vorteil gegenüber Ordnungsrecht:



⇒ Realisierung des gesetzten Reduktionsziels zu minimalen Gesamtkosten (ökonomische Effizienz)

#### Vorteil gegenüber einer Abgabenlösung:



⇒ Punktgenaue Realisierung des gesetzten Reduktionsziels (ökologische Effektivität)



# Steuerungsmöglichkeiten

## Emissionshandel

### Derzeitiger Stand auf EU-Ebene

#### Einführung: 01.01.2005

Erste Handelsperiode: 2005-2007

Zweite Handelsperiode: 2008-2012



#### Einbezogene Emittenten:

Energie- und Industriesektor – ca. 10.000 Anlagen

⇒ verantwortlich für ca. 50% der EU-weiten  
CO<sub>2</sub>-Emissionen



#### Cap und Nationaler Allokationsplan:

Genehmigung durch die EU-Kommission





### Revision der Handelsrichtlinie



**Ausweitung der dritten Handelsperiode:**  
von 5 auf 8 Jahre (2013-2020)



**EU-weites Cap: statt 27 nationaler Caps**  
⇒ jährliche lineare Absenkung um **1,74 %**



**Energieerzeuger** ⇒ ab 2013 Versteigerung von  
Emissionsrechten



**Sonstige Emittenten** ⇒ ab 2020 Versteigerung

**Zukunft:**

**→ Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe**



**Ansatz:** beim Inverkehrbringen fossiler Brennstoffe



**Miteinbeziehen:** Nutzung fossiler Energie bei  
Produktion von erneuerbaren Energien



**z.B. Landwirtschaftliche Produktion bei  
Biomasse mit einbeziehen**

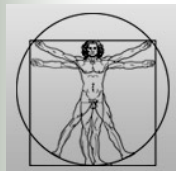




Fossile Energien → endlich



Erneuerbare Energien → begrenzt



Innovationen → grenzenlos



Steuerung → global



# Energie: Ressourcen, Bedarf, Innovationen

## Lifestyle



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



[www.fh-hannover.de](http://www.fh-hannover.de)



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



[www.plicht-und-schatten.de](http://www.plicht-und-schatten.de)



[www.geomix.at](http://www.geomix.at)



[www.holidaycheck.ch](http://www.holidaycheck.ch)



[www.swissmilk.ch](http://www.swissmilk.ch)



[www.labamba.biz](http://www.labamba.biz)



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



[www.taller.info](http://www.taller.info)



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



[www.tuning-blog.net](http://www.tuning-blog.net)



**Energie:**

**Ressourcen, Bedarf  
und Innovationen**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**