



# Perspektiven für CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung in Deutschland – eine systemanalytische Betrachtung bis 2050

Peter Viebahn

DPG-Frühjahrstagung Regensburg 2007

Arbeitskreis Energie

[peter.viebahn@dlr.de](mailto:peter.viebahn@dlr.de)

[www.DLR.de/TT/CCS/](http://www.DLR.de/TT/CCS/)

Regensburg, 26. März 2007



# Inhalt

1. Überblick über das Projekt
2. Methodik
3. Ökobilanzen (LCA)
4. Kostenanalyse
5. Szenarienanalyse
6. Schlussfolgerung



# 1. Überblick über das Projekt

## RECCS

### Strukturell - ökonomisch - ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage (CCS)

(August 2004 bis Oktober 2006)

Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU



#### Arbeitsgemeinschaft





# 1. Überblick über das Projekt

## Ausgangslage

- Langfrist-Energieszenarien vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele: Notwendigkeit, die Kohlenutzung einzuschränken
- andererseits: energiewirtschaftliche Situation zunehmend auf vermehrte Kohlenutzung ausgerichtet
- Ist CCS *DIE* Lösung zur Kombination von beidem?

## Ziele des Projektes

- systemanalytische Betrachtung von CCS und Vergleich mit anderen CO<sub>2</sub> Vermeidungsmaßnahmen
  - a) ökologische und ökonomische Analyse von CCS
  - b) strukturelle Analyse: CCS als Brücke oder als Hindernis für ein nachhaltiges Energiesystem in Deutschland?
  - c) Szenarioanalyse mit verschiedenen Entwicklungspfaden bis 2050



## 2. Methodik

### Ökologische und ökonomische Bewertung

#### ➤ **Ökobilanzen (life cycle assessment = LCA)**

- in Anlehnung an ISO 14.040 ff
- „screening LCA“ anstatt kompletter LCA
- zukunftsorientiert („prospective LCA“)
- Fokus der Umweltwirkungsanalyse: Treibhauseffekt
- Räumliche Grenze: Deutschland im Jahr 2020

#### ➤ **Kosten: Erfahrungskurve und Lernraten**

- Fossile Kraftwerke (ohne CCS): nur geringe Lernraten (ausgereift ab 2020)
- CCS-Kraftwerke: Lernrate von 12%
- Erneuerbare Energien: Lernraten zwischen 5 und 15%



## 2. Methodik

### Fossile Kraftwerke



Figure: Photo Disc

- Annahmen für zukünftige Bedingungen
  - höhere Wirkungsgrade für Kraftwerke in 2020
  - Sensitivitätsanalyse für Schlüsselparameter (Methan-Emissionen bei der Steinkohleförderung, CO<sub>2</sub>-Abscheiderate, Leckagerate)

Kraftwerk	Brennstoff	Abscheidemethode	Rückgang Wirkungsgrad (%)
Kohle-DT	Steinkohle	Chem. Wäsche (MEA)	49 > 40
Kohle-DT	Braunkohle	Chem. Wäsche (MEA)	46 > 34
Erdgas GuD	Erdgas	Chem. Wäsche (MEA)	60 > 51
IGCC (Vergasung)	Steinkohle	Physikal. Absorption (Rectisol)	50 > 42
Kohle-DT (Sauerstoff)	Steinkohle	Kondensation	49 > 38

## 2. Methodik

### Erneuerbare Energien

- Kraftwerke in 2020
  - Wind-offshore Anlagen (5 MW) in der Nordsee
  - Solarthermische Kraftwerke (400 MW) in Nordafrika
  - Stromtransport bis zum Ruhrgebiet via HGÜ (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung)
  - Wettbewerbsfähigkeit beider Technologien bis 2020/2025 erwartet
- für Kostenbetrachtungen:  
Mix von Erneuerbaren Energien



Figure: Schüwer

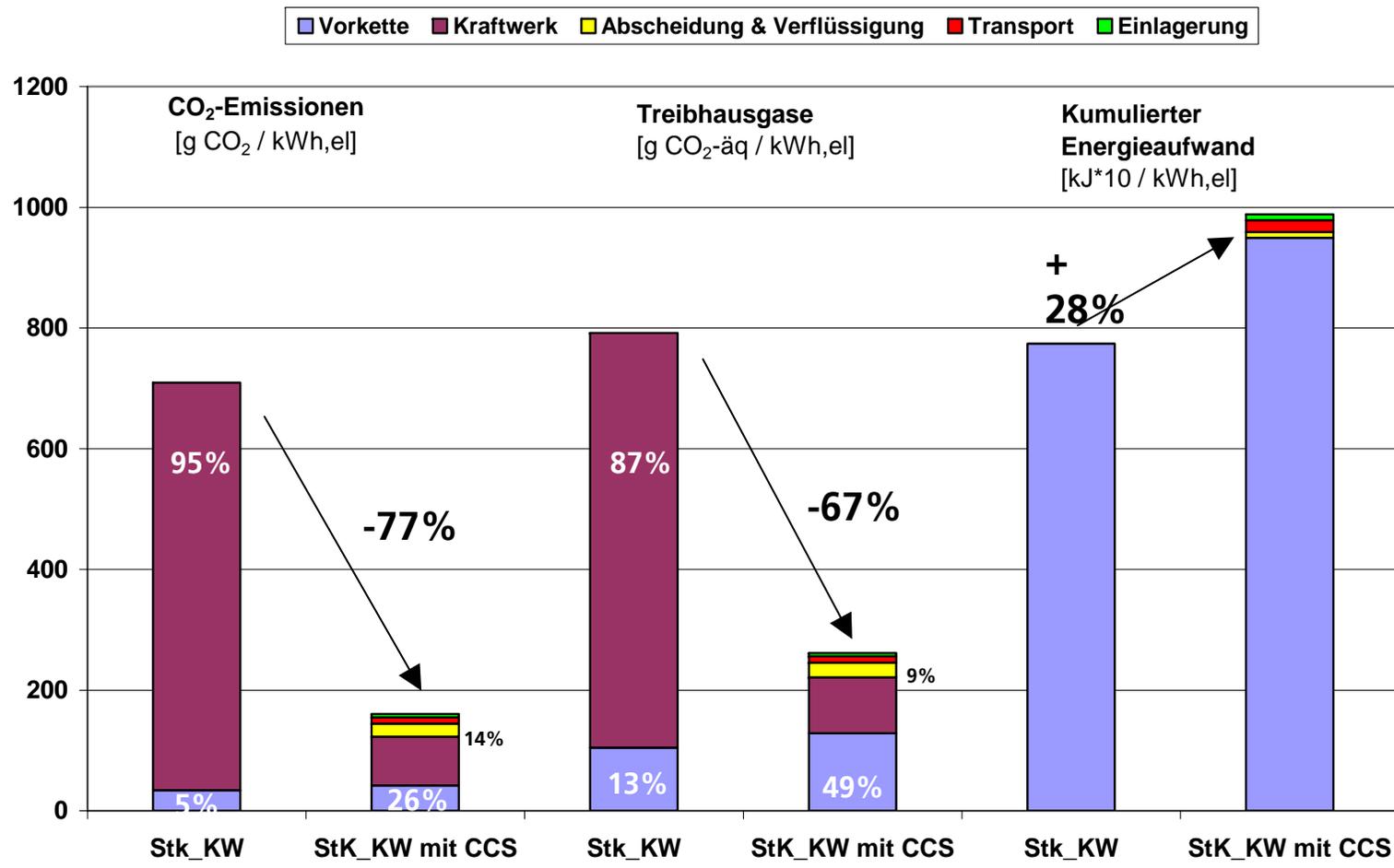


Figure: Photo Disc



### 3. Ökobilanzen (LCA)

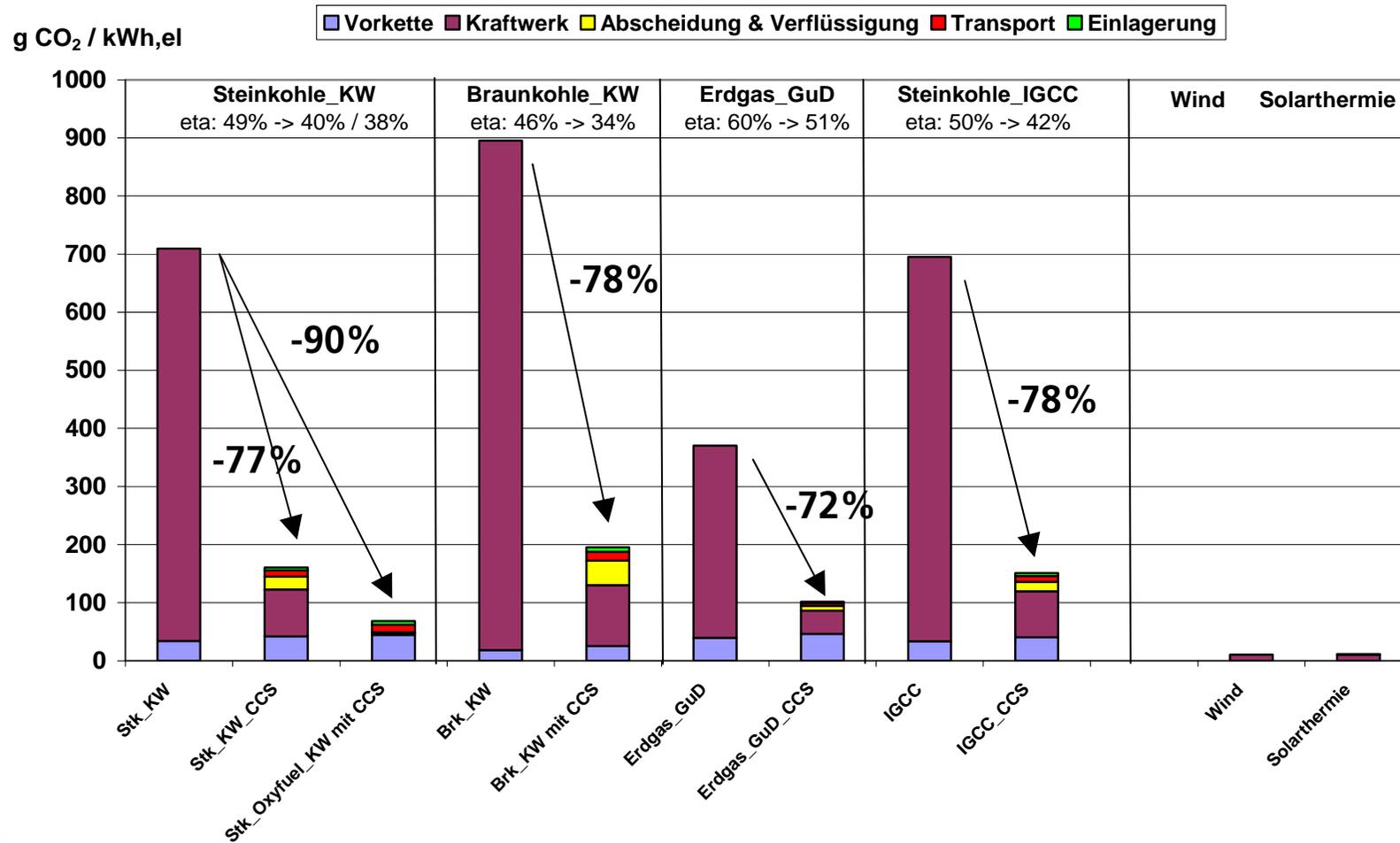
#### CO<sub>2</sub>, THG und KEA am Beispiel des Steinkohle-Kraftwerks





# 3. Ökobilanzen (LCA)

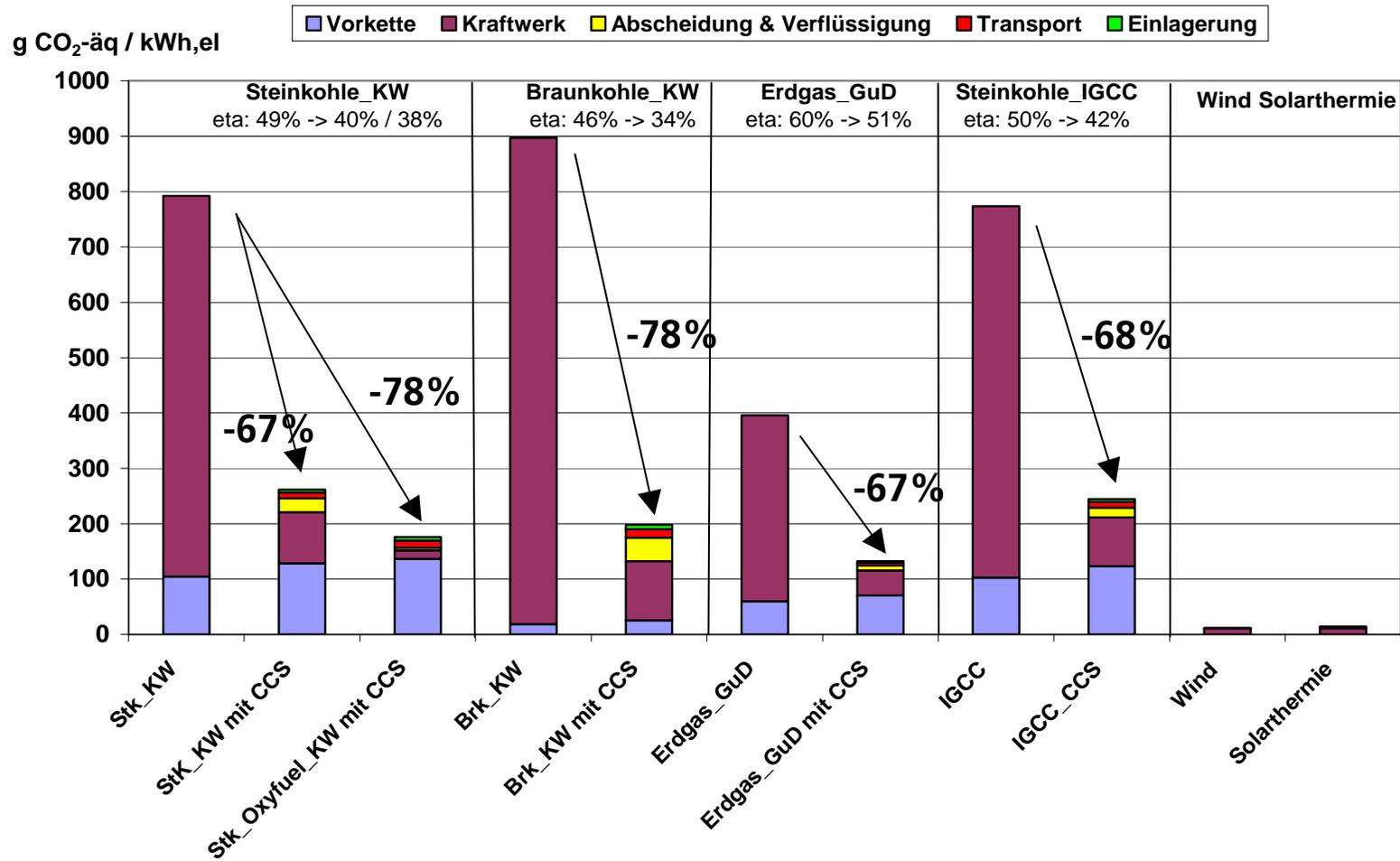
## CO<sub>2</sub> Emissionen (alle Kraftwerke im Vergleich)





# 3. Ökobilanzen (LCA)

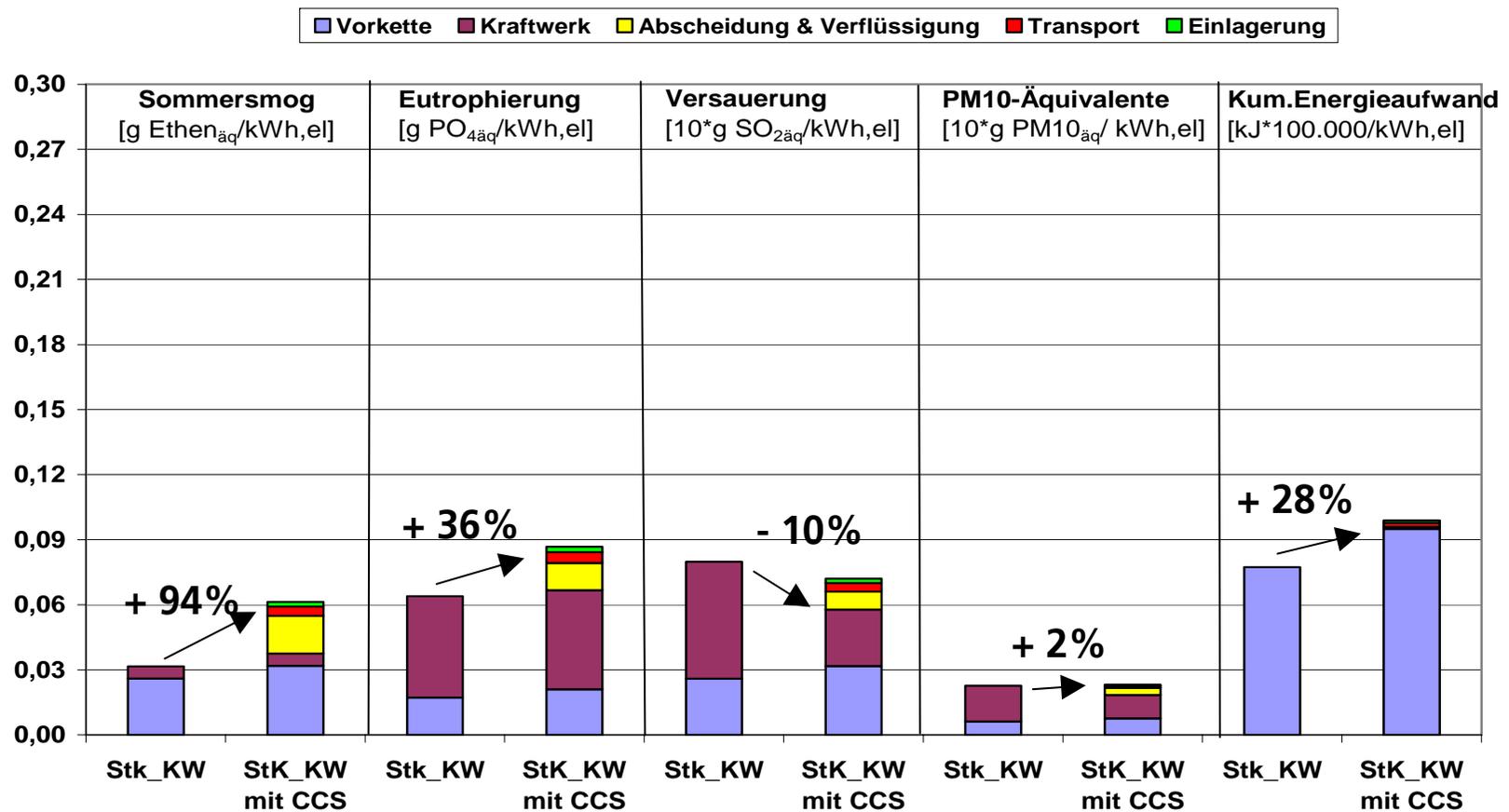
## Treibhausgase (GWP100 - global warming potential)





### 3. Ökobilanzen (LCA)

#### Weitere Umweltwirkungen am Beispiel des Steinkohle-KW

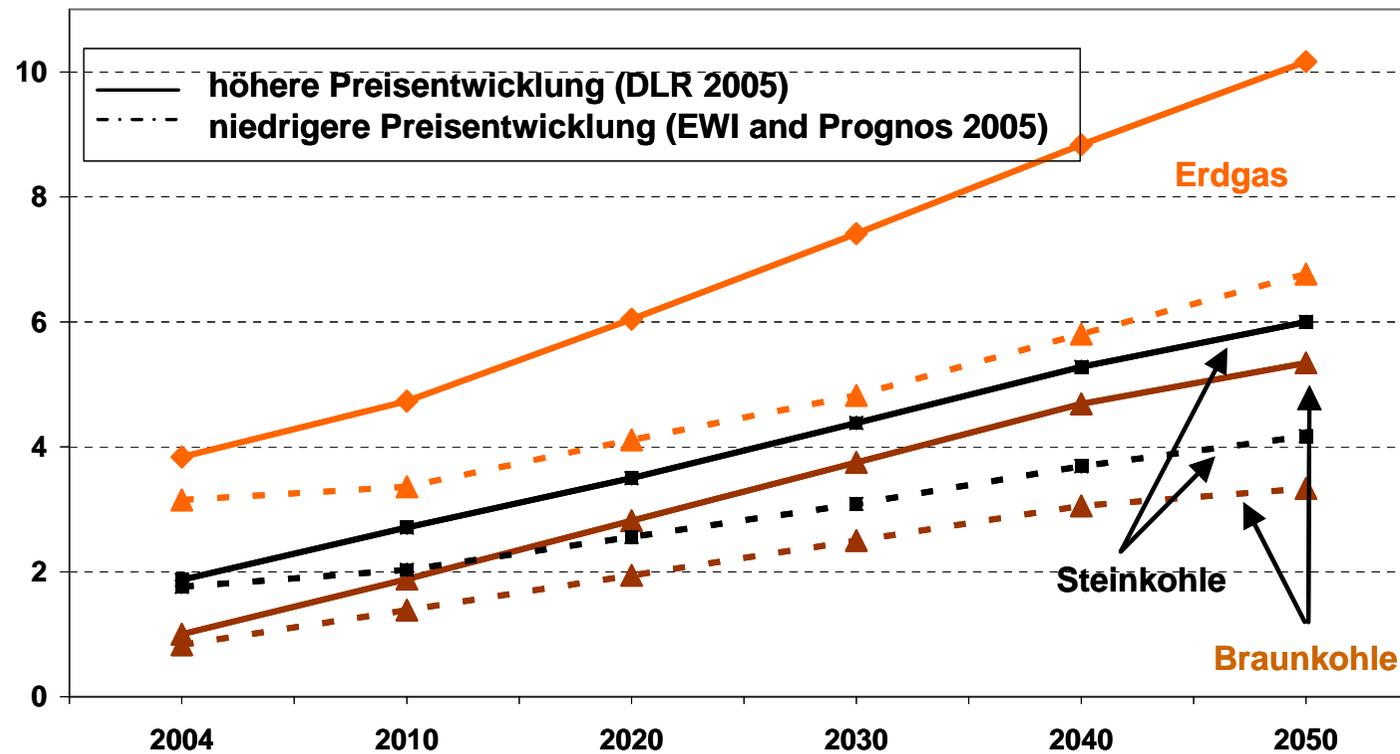




## 4. Kostenanalyse

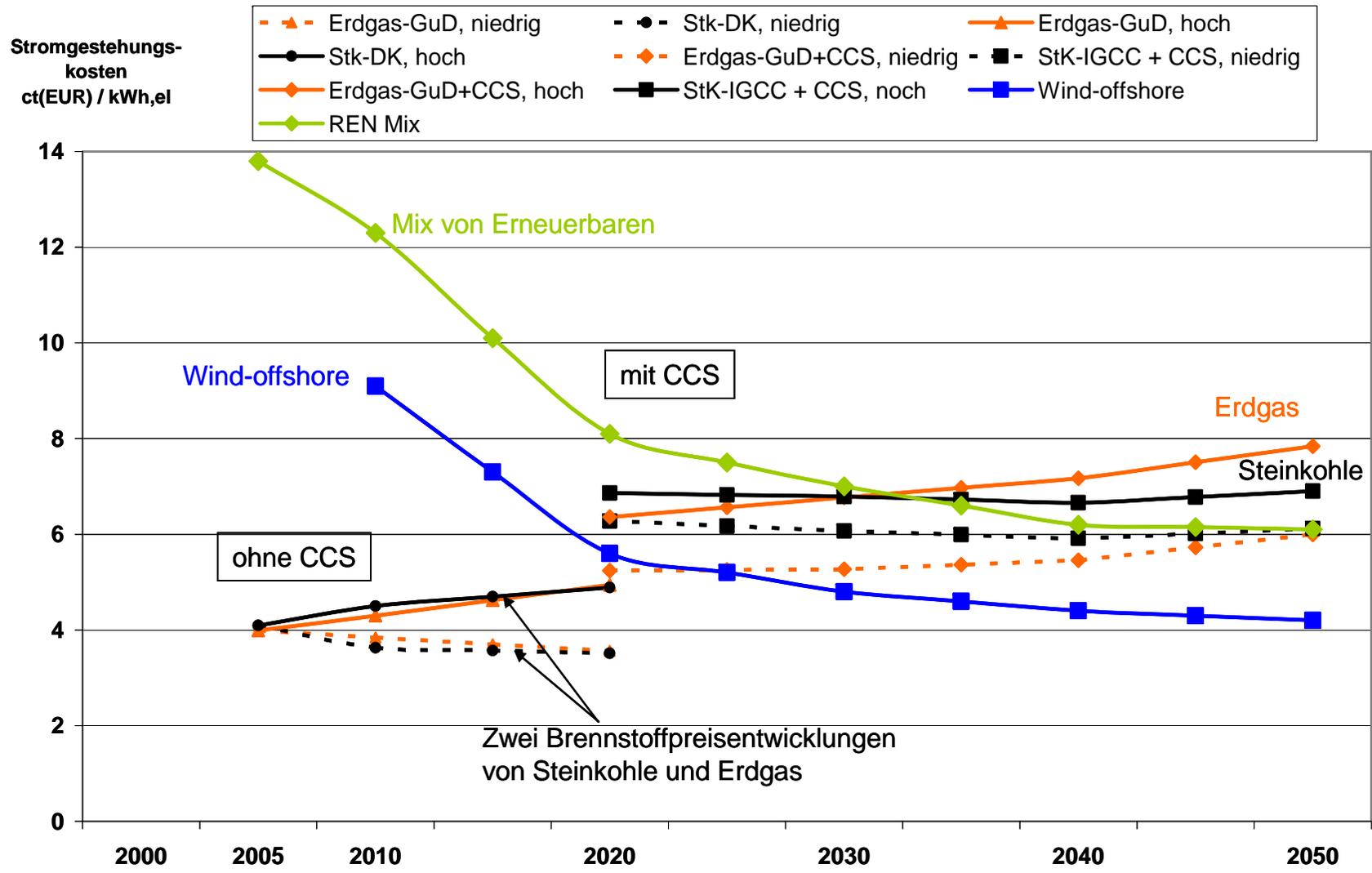
### Zukünftige Brennstoffpreisentwicklung (mit CO<sub>2</sub> Aufschlag)

Brennstoffpreis  
[EUR<sub>2000</sub> / GJ]





# 4. Kostenanalyse





## 5. Szenarienanalyse

Drei „Storylines“ für politikrelevante Szenarien

- **NATP** = „NaturschutzPlus“: Effizienz, Einsparung und Erneuerbare Energien (Nachhaltigkeitsszenario)
- **BRIDGE**: CCS als Brücke zu Erneuerbaren Energien
- **CCSMAX**: CCS als Hauptelement einer Klimaschutzstrategie unter Referenzbedingungen

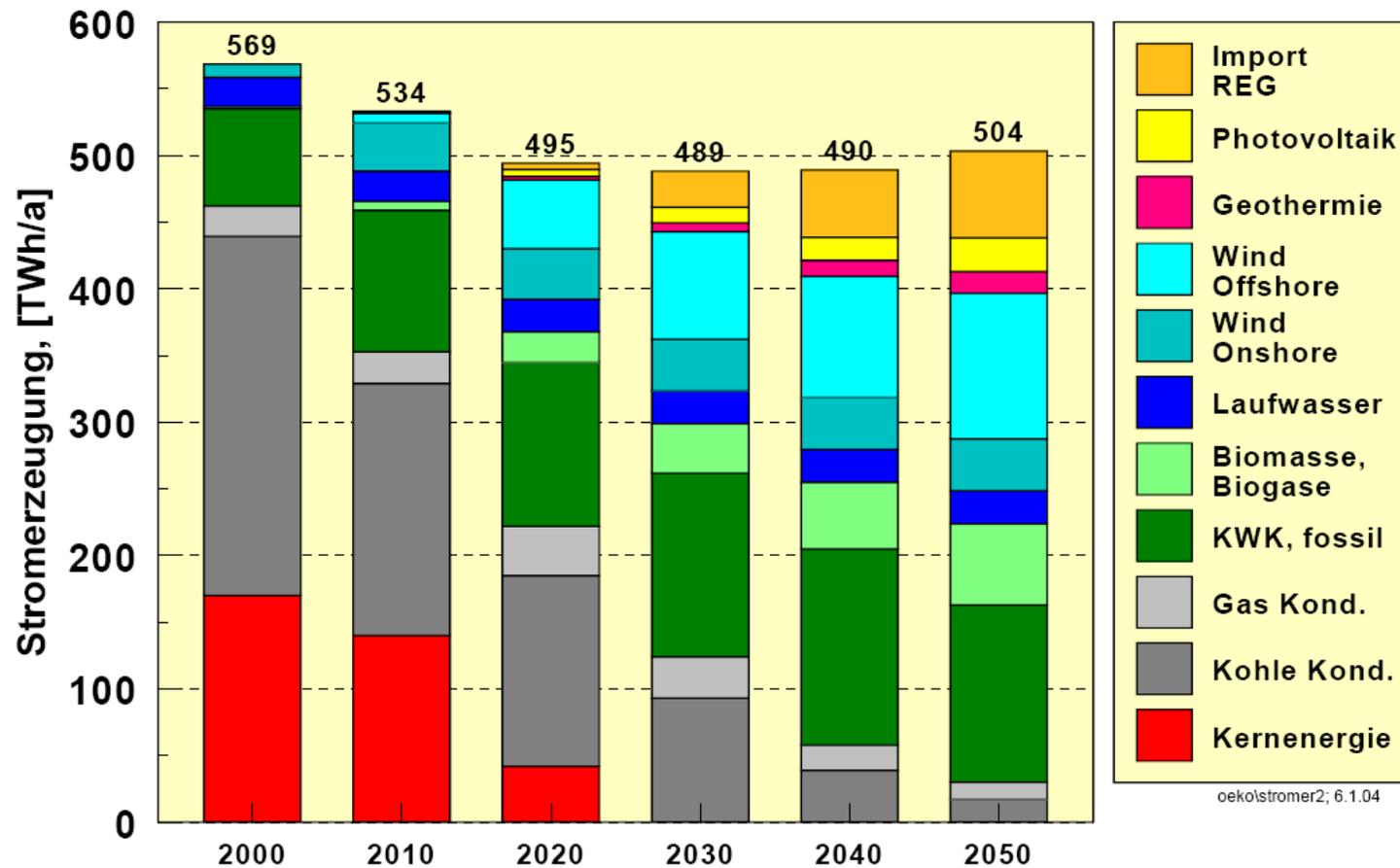
unter der Zielbedingung:

**Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80% bis 2050**



# 5. Szenarienanalyse

## Nachhaltigkeitsszenario Stromerzeugung (NATP)



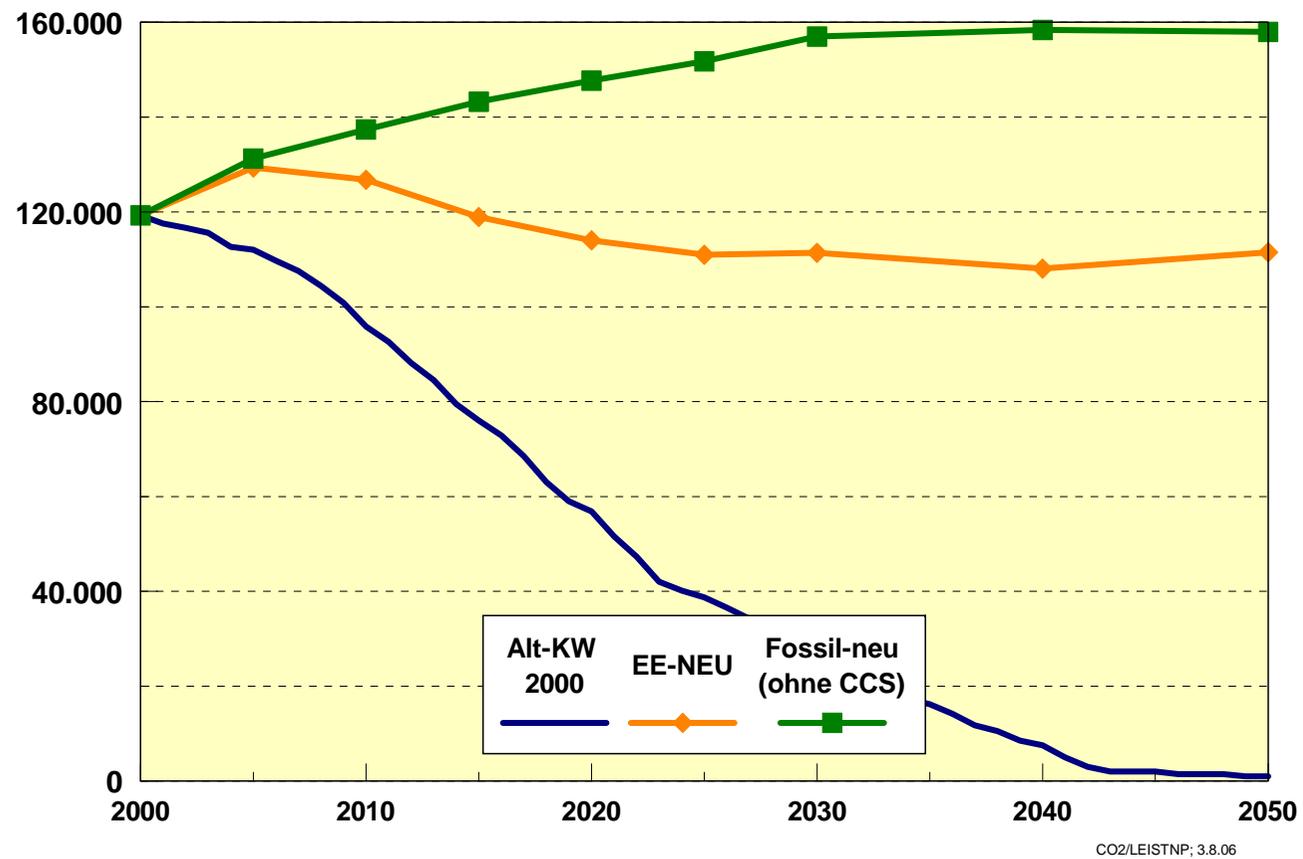
oeko\stromer2; 6.1.04



## 5. Szenarienanalyse

### Leistungsverlauf Alt- und Neukraftwerke (Szenario NATP)

Installierte Leistung, MW (Szenario NP)

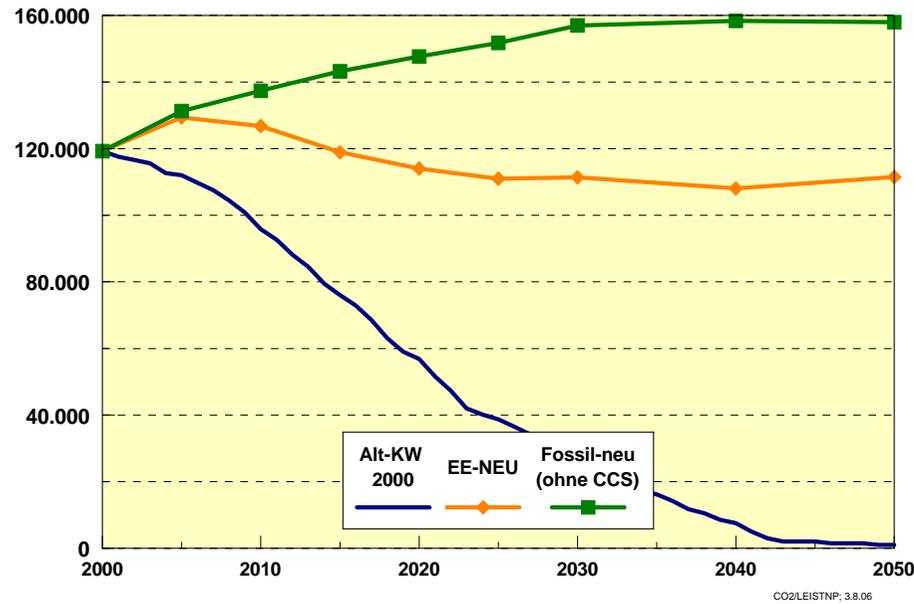




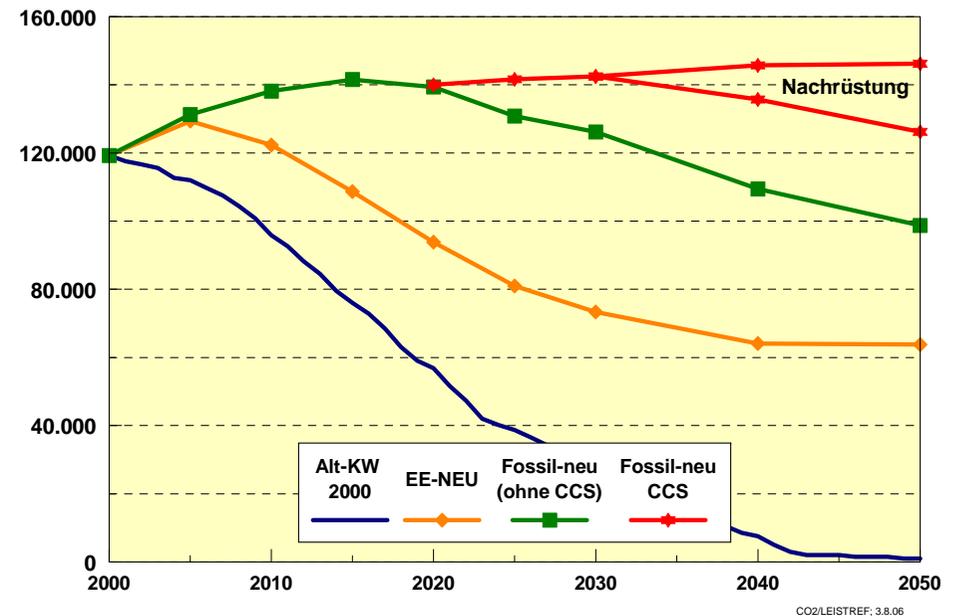
# 5. Szenarienanalyse

## Leistungsverlauf Alt- und Neukraftwerke (Szenario NATP vs. CCSMAX)

Installierte Leistung, MW (Szenario NP)



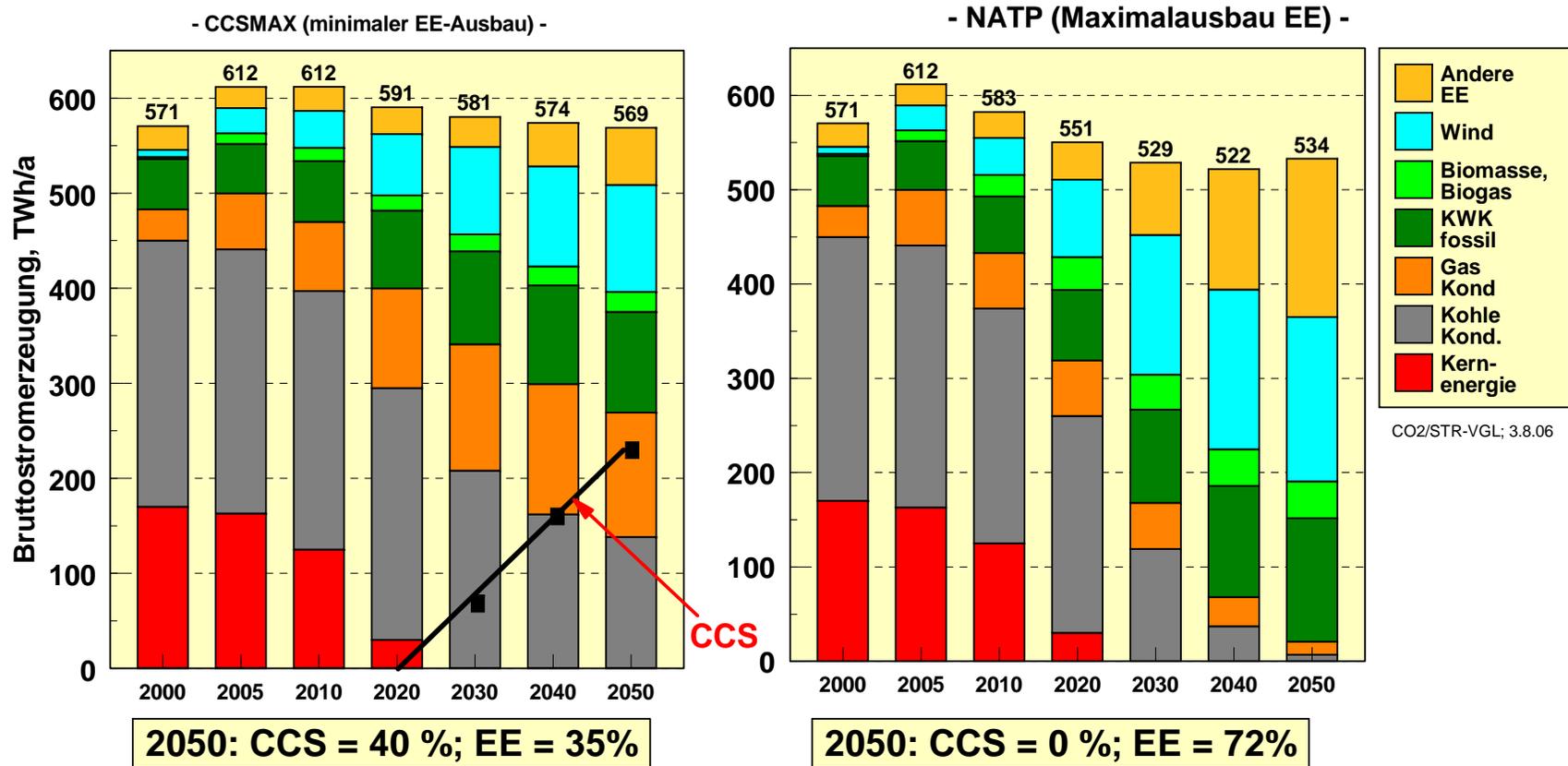
Installierte Leistung, MW (Szenario CCSMAX)





# 5. Szenarienanalyse

## Vergleich der Stromerzeugungsstrukturen in den Szenarien



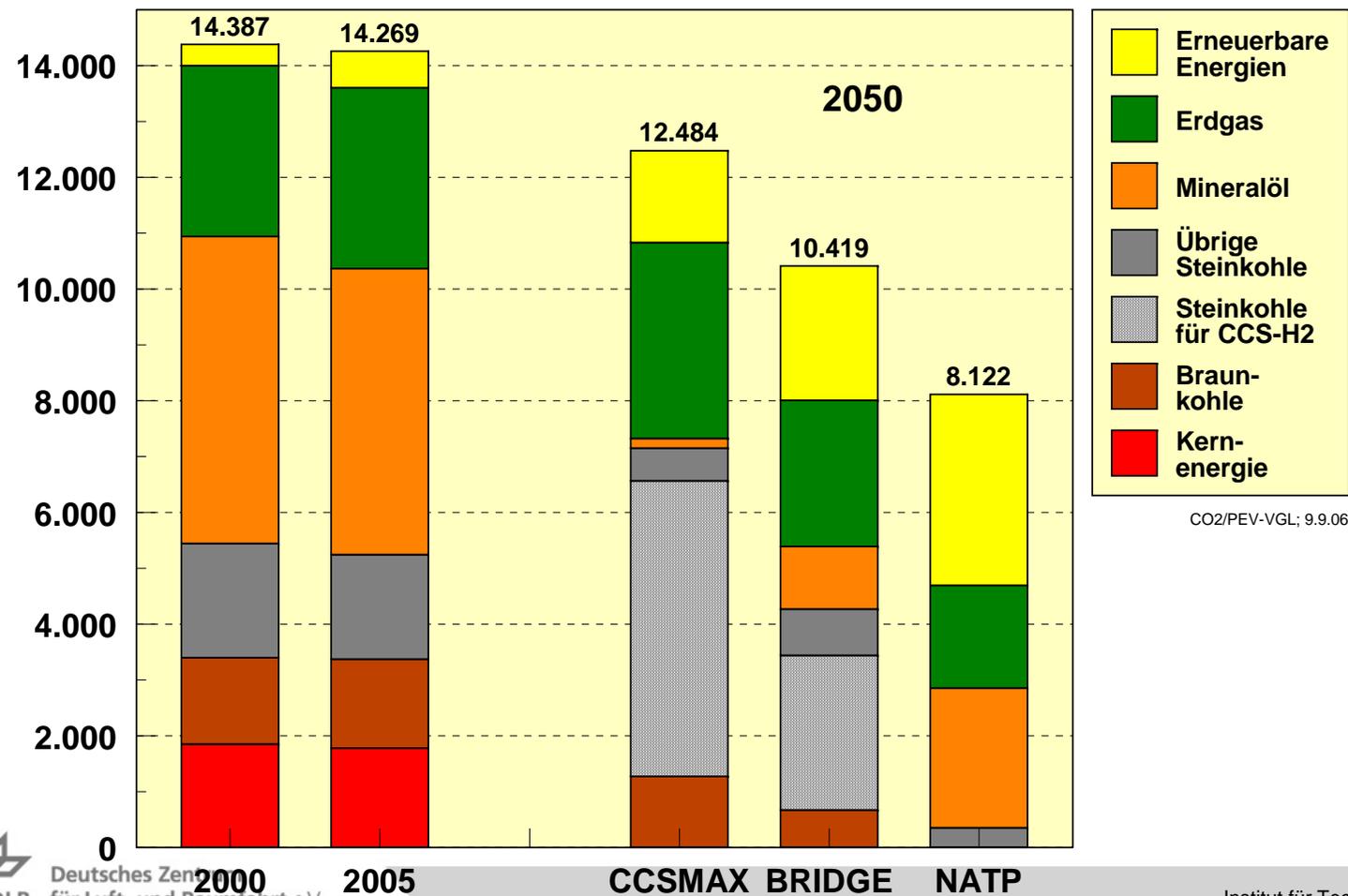
**BRIDGE: 2050: CCS = 27 %; EE = 45%**



# 5. Szenarienanalyse

## Primärenergiestruktur aller Szenarien in 2050

Primärenergie, PJ/a



CO2/PEV-VGL; 9.9.06



## 6. Zusammenfassung (1)

### Ökobilanzen

- CCS-Kraftwerke können Treibhausgas-Emissionen nur teilweise reduzieren und daher nur eine Chance für die „CO<sub>2</sub>-arme“ Nutzung fossiler Kraftwerke sein
- Strom aus Erneuerbaren Energien hat erheblich weniger CO<sub>2</sub>- und Treibhausgas-Emissionen
- erhöhter Brennstoff-Mehraufwand (und damit auch Anstieg anderer Umweltwirkungskategorien) nicht nachhaltig



## 6. Zusammenfassung (2)

### Kostenverlauf

- CCS ermöglicht Kostenvergleich fossiler Energiebereitstellung mit erneuerbaren Energie bei gleicher CO<sub>2</sub>-Intensität der Stromerzeugung
- Stromerzeugung mit CCS liegt im Bereich zukünftiger Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, wenn Brennstoffpreise langfristig *nur moderat* steigen
- sowohl für CCS als auch für Erneuerbare sind deutliche bis sehr deutliche Lerneffekte zu erwarten, die bei CCS-Kraftwerken jedoch von Brennstoffpreis-Steigerungen überlagert werden



## 6. Zusammenfassung (3)

### Szenarienanalyse

- für die erste Erneuerungswelle des Kraftwerksparks kann CCS noch keinen Beitrag leisten (Nachrüstung!)
- in den nächsten 15-20 Jahren müssen daher Effizienzsteigerung und der Einsatz von Erneuerbaren Energien voran getrieben werden
- CCS ist im Verhältnis zu anderen Klimaschutzoptionen zu sehen und kann diese ggf. mittel- bis langfristig ergänzen
- als Hauptstrategieelement einer Klimaschutzstrategie in Deutschland (CCS MAX) stößt CCS an strukturelle und potentialseitige Grenzen
- CCS könnte als Brückentechnologie zum Aufbau einer regenerativen Energiewirtschaft eine große Bedeutung zukommen



## 6. Zusammenfassung (4)

- Sowohl CCSMAX als auch Brückenszenario bedingt Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft
- Nachrüstung („capture ready“) kommt signifikante Bedeutung zu

### Offene Fragen

- alle Betrachtungen stehen unter dem Vorbehalt von ausreichendem und leckagefreiem Speicherpotential
- Die Speicherung von CO<sub>2</sub> kann nicht langzeitstabil garantiert werden (CCS verschiebt Risiken auf nachkommende Generationen - sicheres und vertrauenswürdiges Monitoring notwendig),
- bisher nur technische Aspekte untersucht - stärkerer Fokus auch auf nicht-technische Aspekte erforderlich (z.B. Akzeptanzfragen, Risiken, Infrastrukturanalysen, ...)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

- [peter.viebahn@dlr.de](mailto:peter.viebahn@dlr.de)
- [www.DLR.de/TT/CCS/](http://www.DLR.de/TT/CCS/)

**Forschungsvorhaben**

Wissenschaftszentrum  
Nordrhein-Westfalen  
Institut Arbeit  
und Technik

Kulturwissenschaftliches  
Institut  
Wuppertal Institut für  
Klima, Umwelt, Energie  
cwbi

 DLR

 ZSW

 PIK

**RECCS**  
Strukturell-ökonomisch-ökologischer  
Vergleich regenerativer Energie-  
technologien (RE) mit Carbon Capture  
and Storage (CCS)

Forschungsvorhaben  
gefördert vom  Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit