



Perspektiven für CO₂-Abscheidung und -Speicherung in Deutschland – eine systemanalytische Betrachtung bis 2050

Peter Viebahn

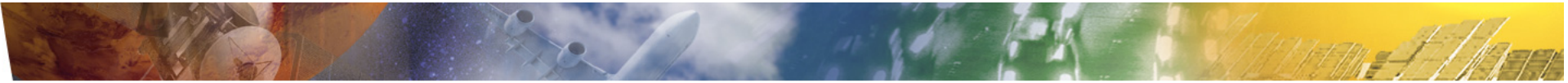
DPG-Frühjahrstagung Regensburg 2007

Arbeitskreis Energie

peter.viebahn@dlr.de

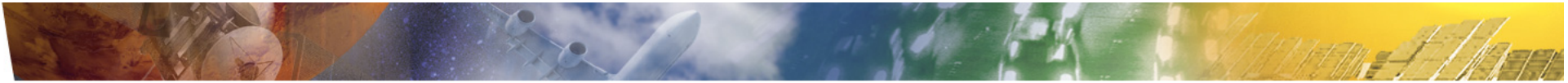
www.DLR.de/TT/CCS/

Regensburg, 26. März 2007



Inhalt

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



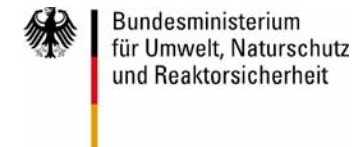
1. Überblick über das Projekt

RECCS

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

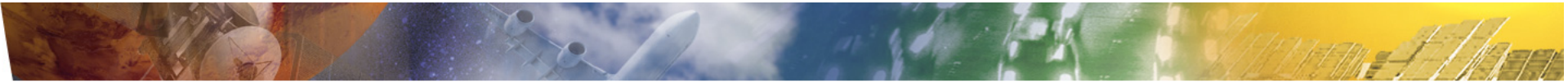
(August 2004 bis Oktober 2006)

Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU



Arbeitsgemeinschaft





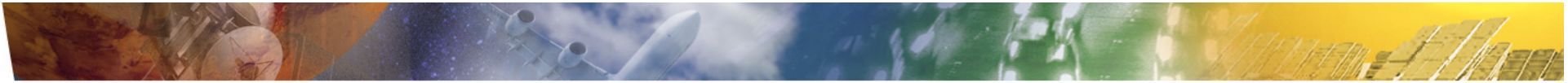
1. Überblick über das Projekt

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 CO₂ 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

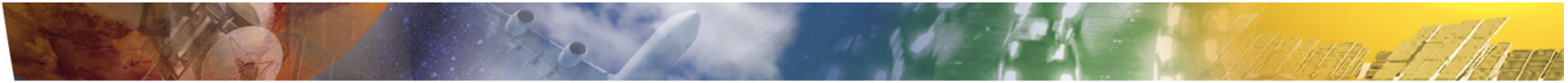
Ökologische und ökonomische Bewertung

➤ **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

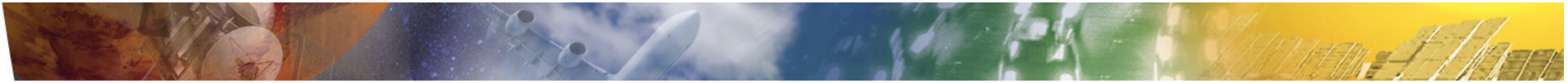
Fossile Kraftwerke



Figure: Photo Disc

- Annahmen für zukünftige Bedingungen
 - höhere Wirkungsgrade für Kraftwerke in 2020
 - Sensitivitätsanalyse für Schlüsselparameter (Methan-Emissionen bei der Steinkohleförderung, CO₂-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

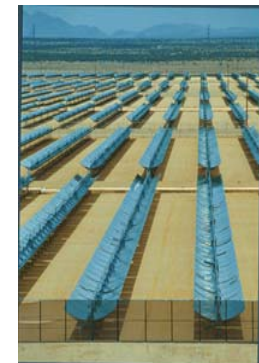
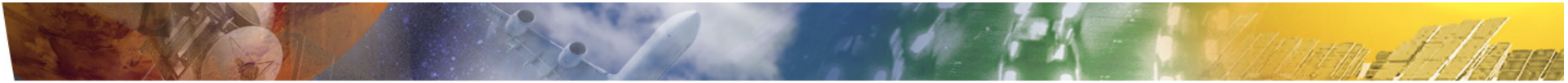
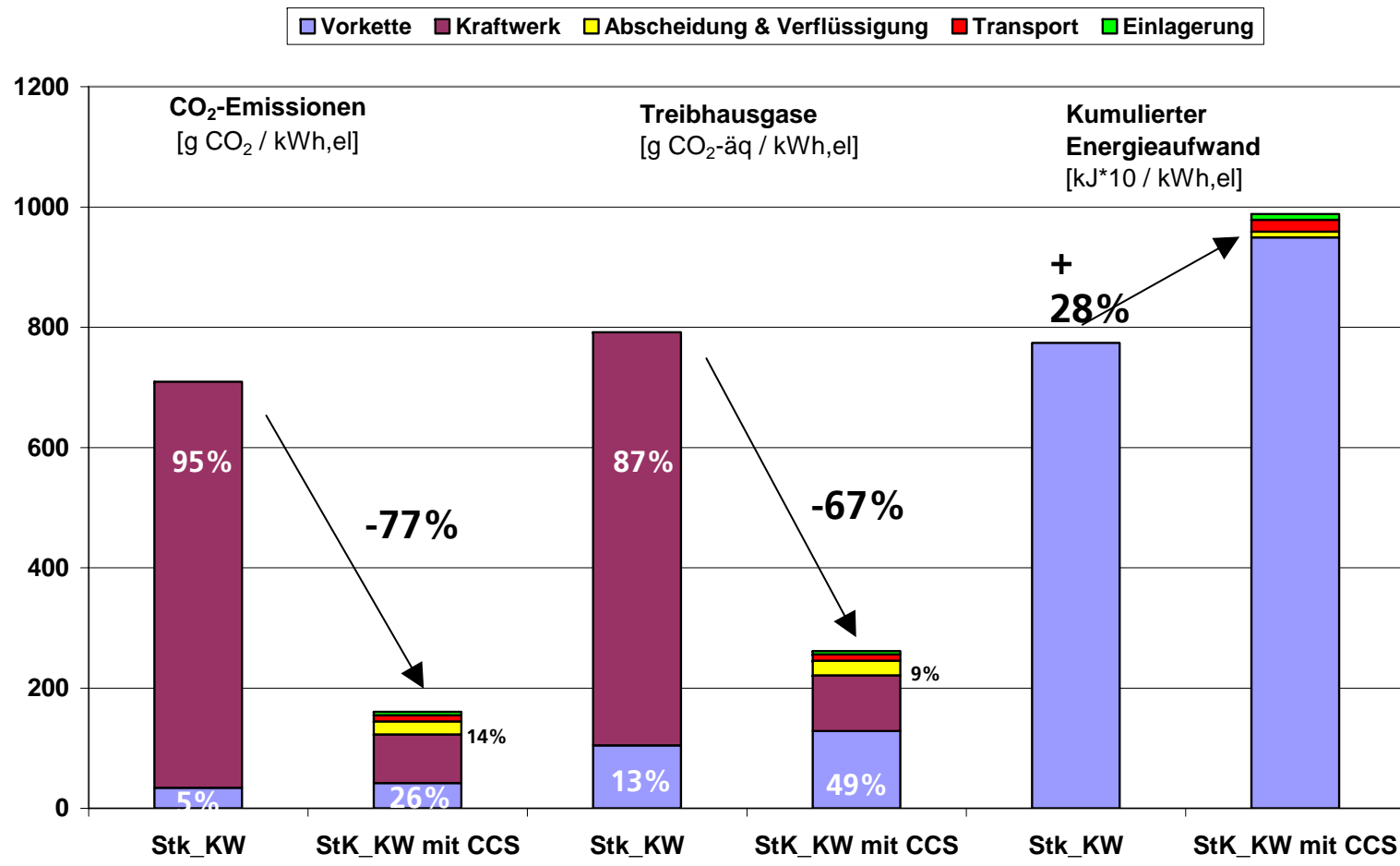


Figure: Photo Disc



3. Ökobilanzen (LCA)

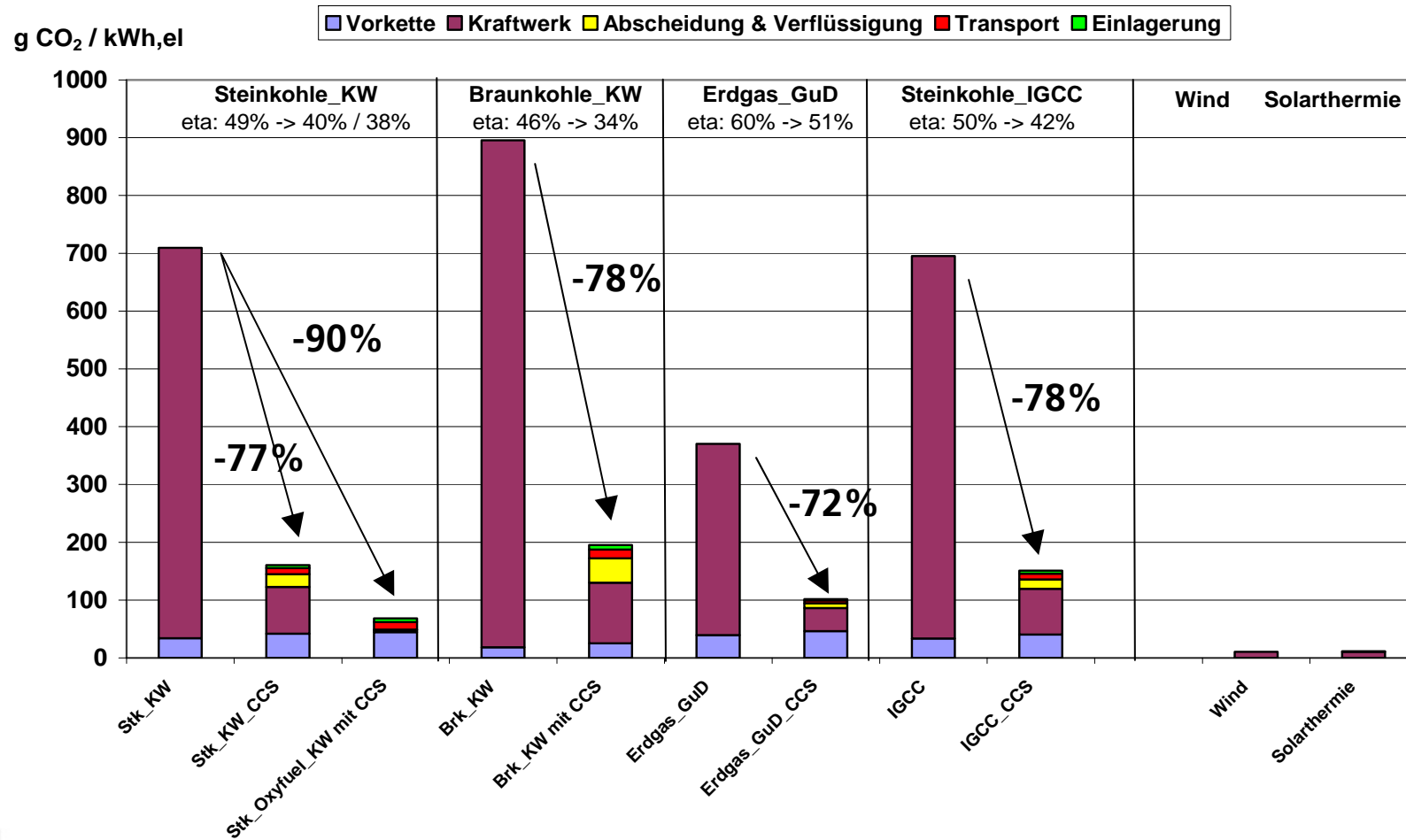
CO₂, THG und KEA am Beispiel des Steinkohle-Kraftwerks





3. Ökobilanzen (LCA)

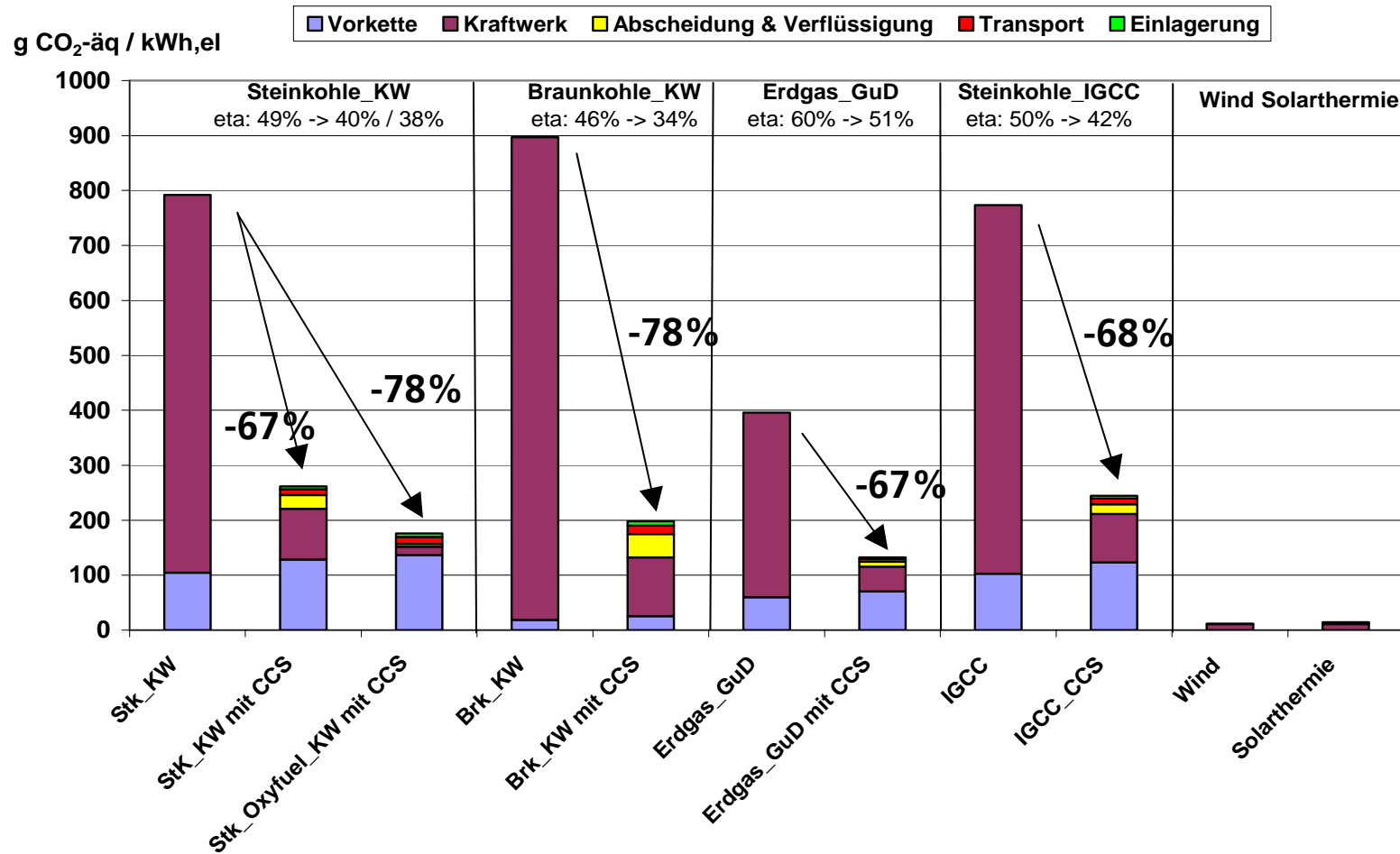
CO₂ Emissionen (alle Kraftwerke im Vergleich)

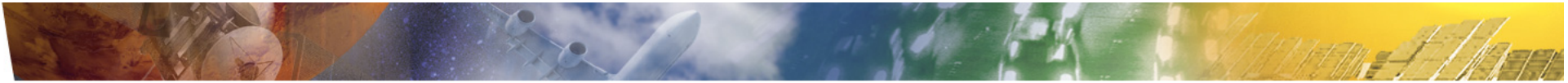




3. Ökobilanzen (LCA)

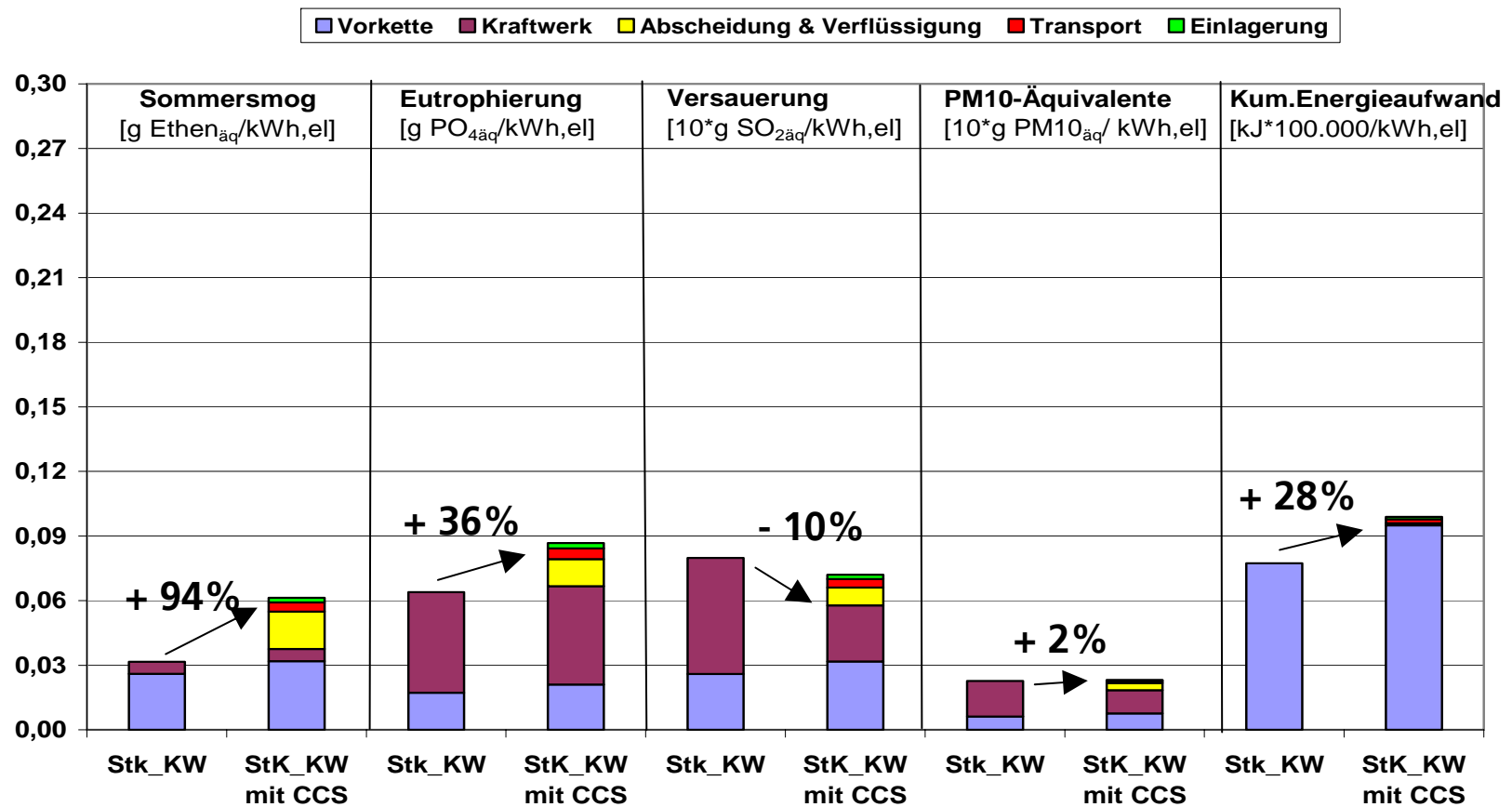
Treibhausgase (GWP100 - global warming potential)

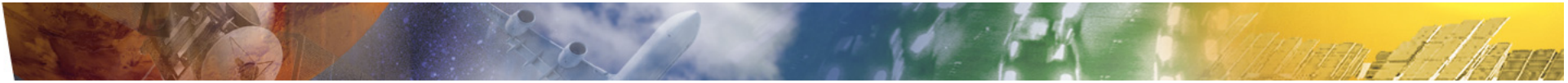




3. Ökobilanzen (LCA)

Weitere Umweltwirkungen am Beispiel des Steinkohle-KW

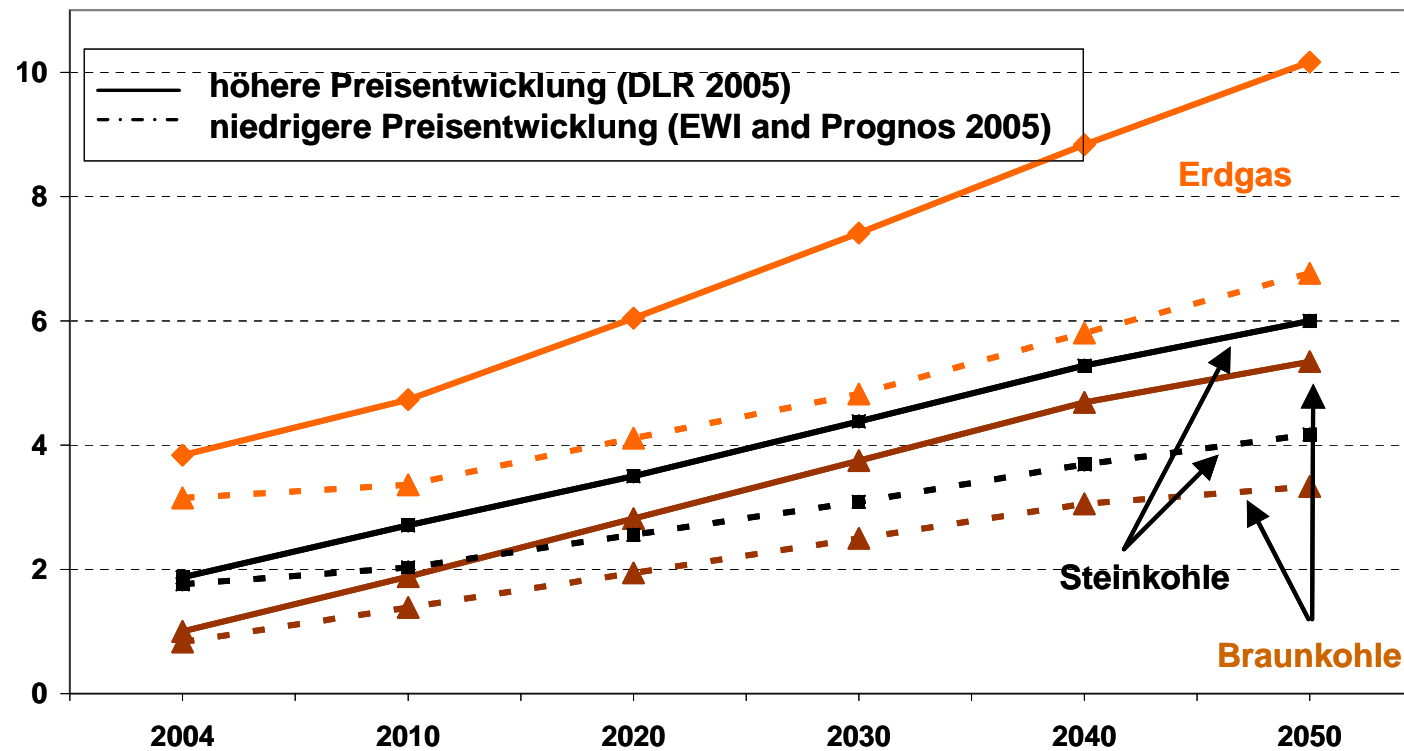


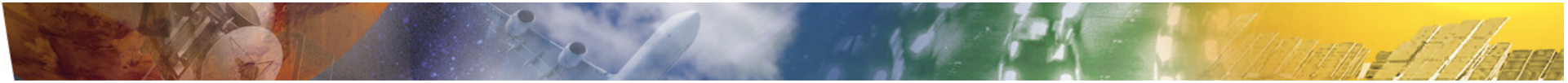


4. Kostenanalyse

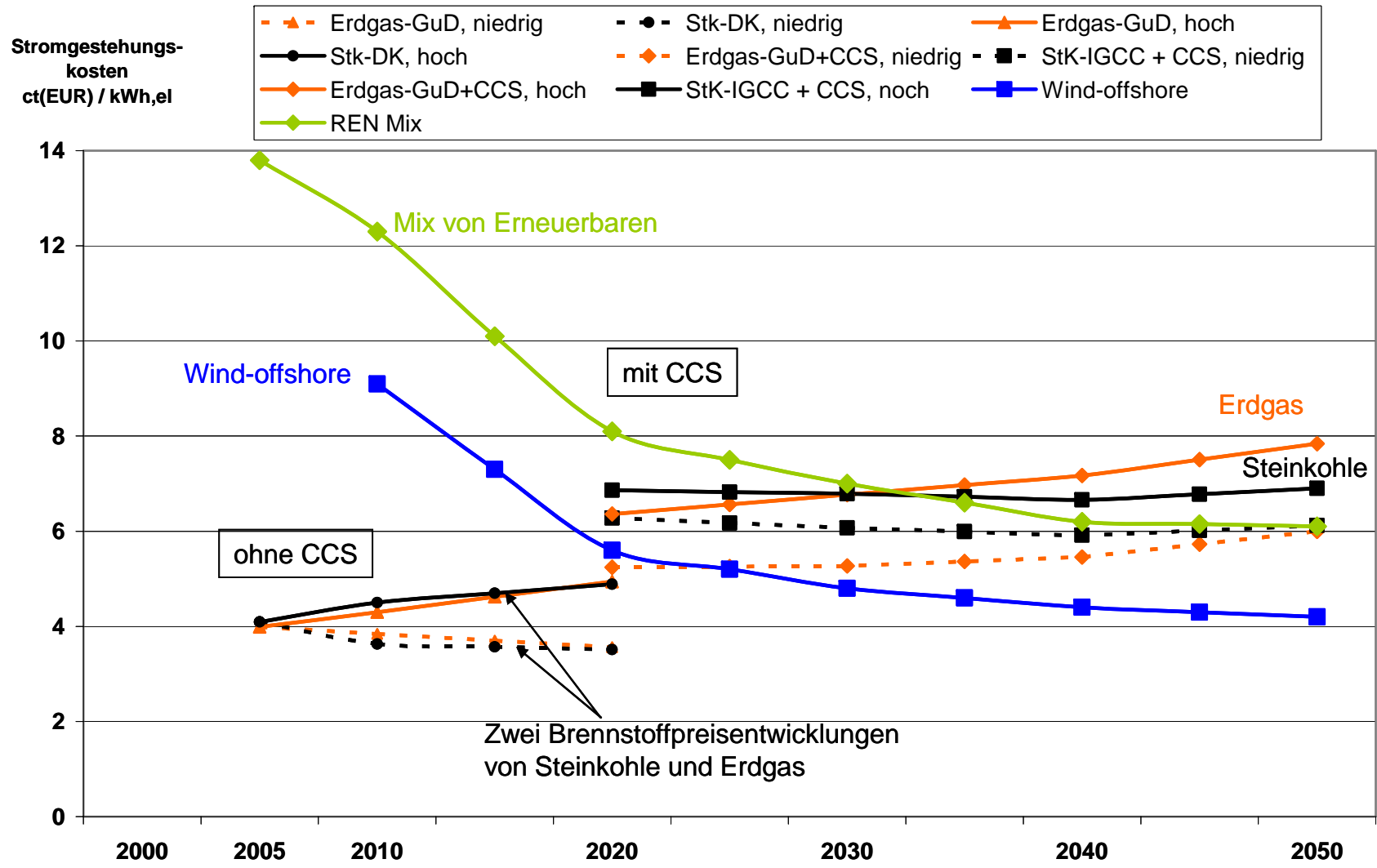
Zukünftige Brennstoffpreisentwicklung (mit CO₂ Aufschlag)

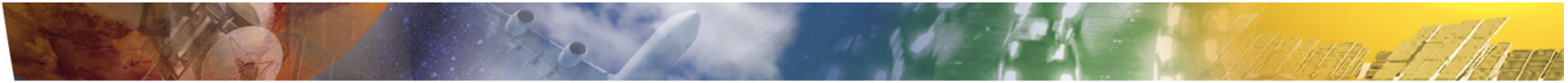
Brennstoffpreis
[EUR₂₀₀₀ / GJ]





4. Kostenanalyse





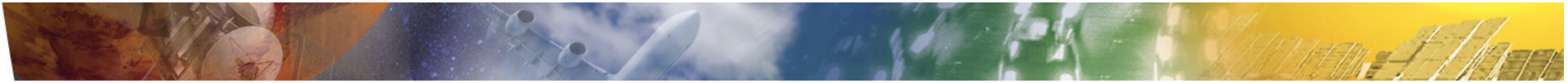
5. Szenarienanalyse

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

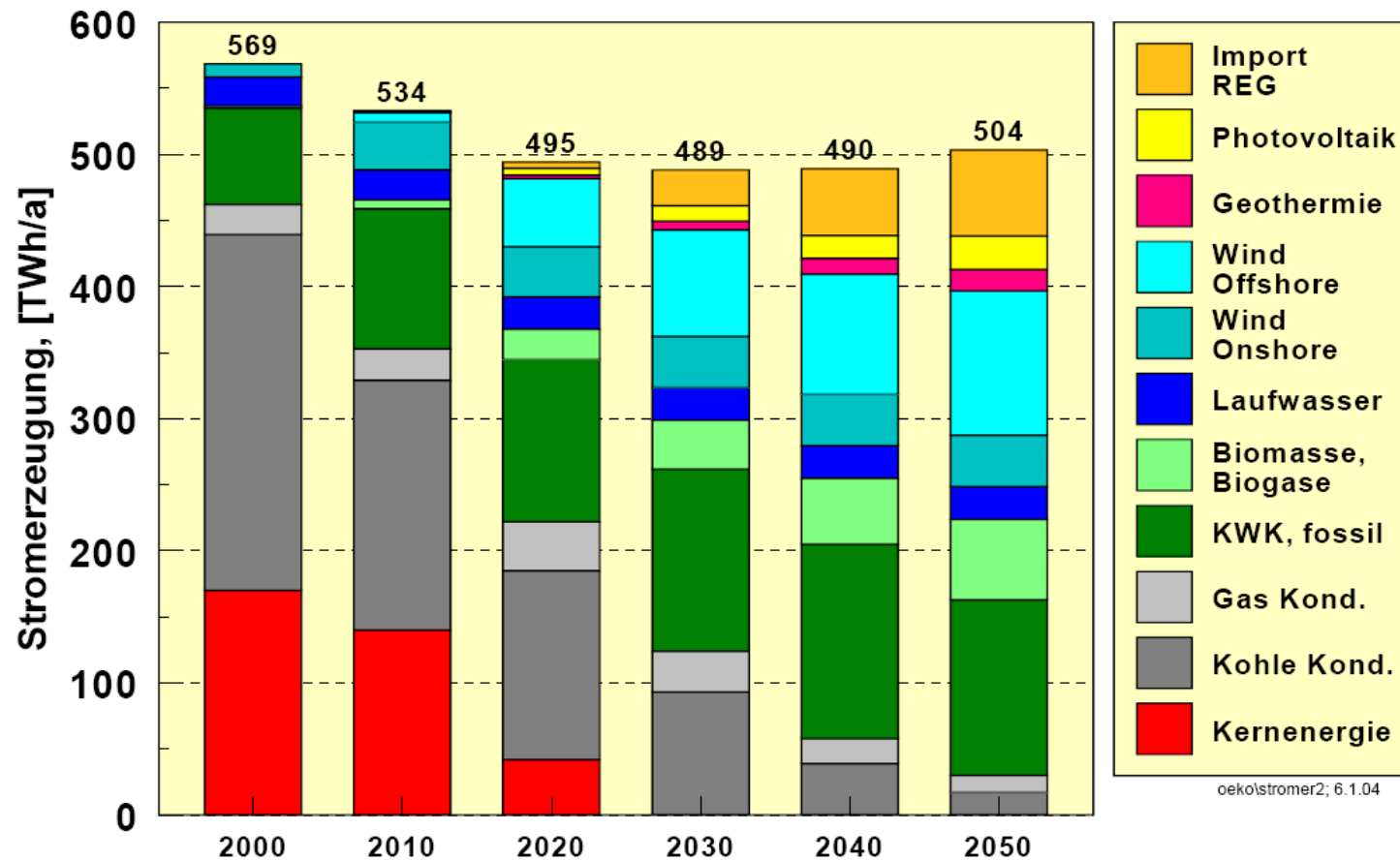
unter der Zielbedingung:

Reduktion der CO₂-Emissionen um 80% bis 2050

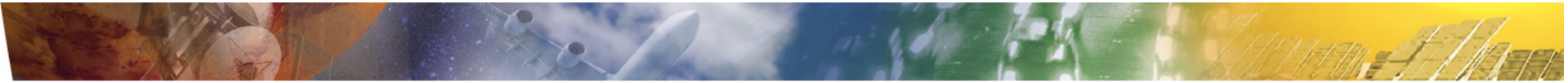


5. Szenarienanalyse

Nachhaltigkeitsszenario Stromerzeugung (NATP)



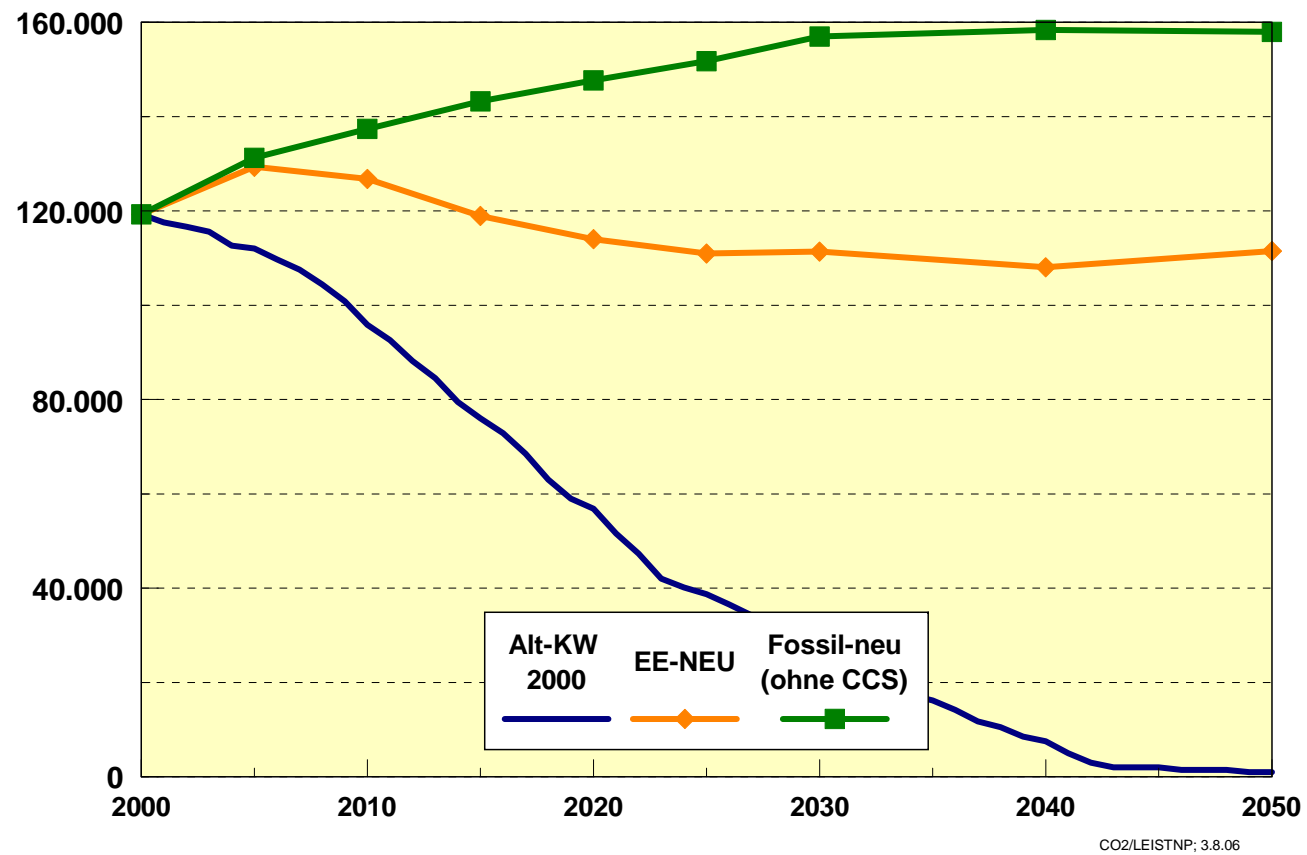
oeko/stromer2; 6.1.04



5. Szenarienanalyse

Leistungsverlauf Alt- und Neukraftwerke (Szenario NATP)

Installierte Leistung, MW (Szenario NP)

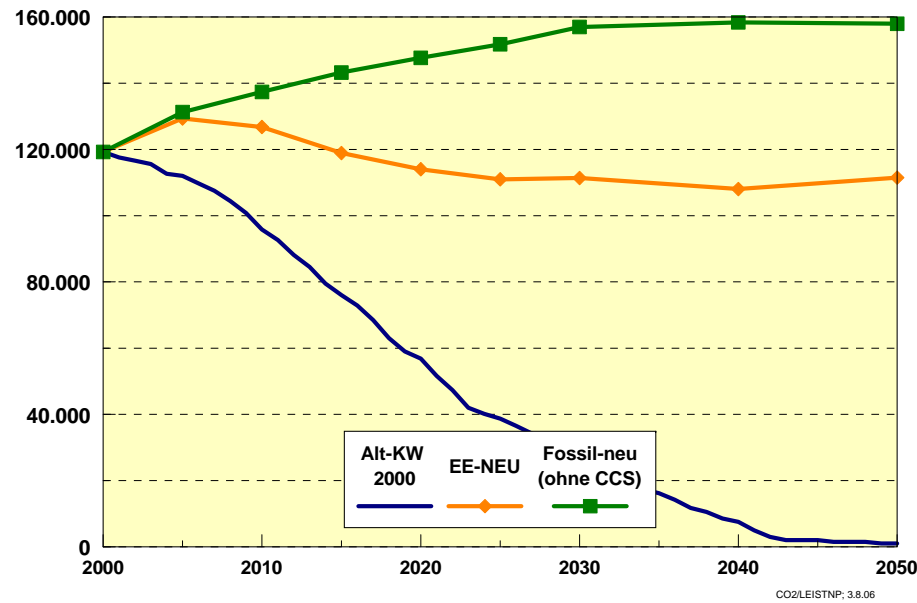




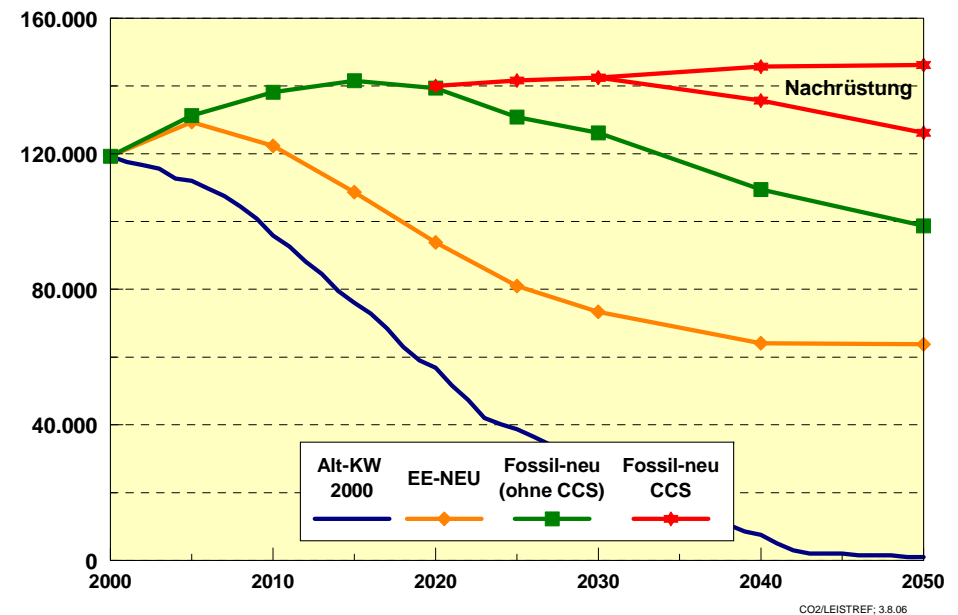
5. Szenarienanalyse

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

Installierte Leistung, MW (Szenario NP)



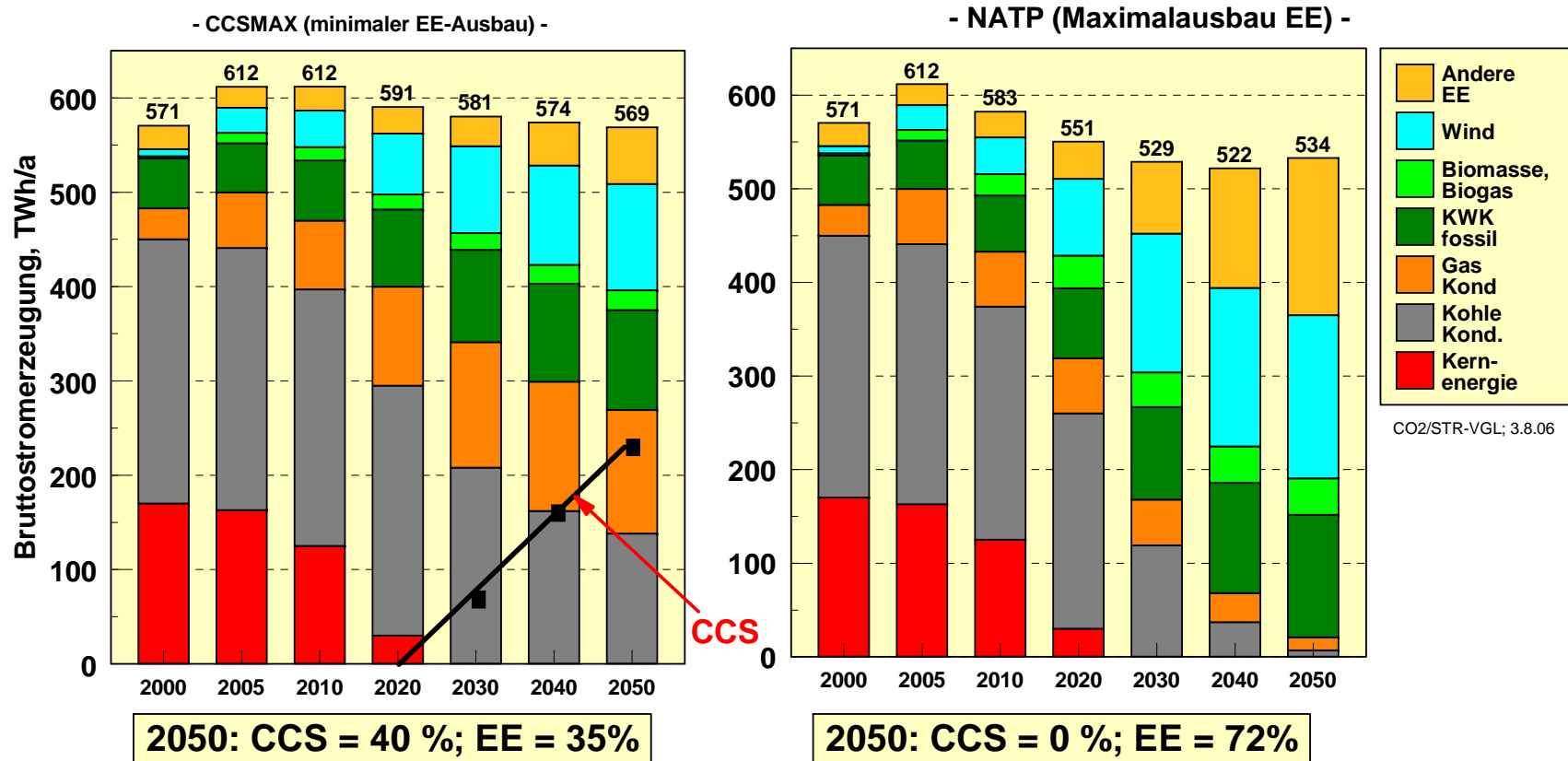
Installierte Leistung, MW (Szenario CCSMAX)



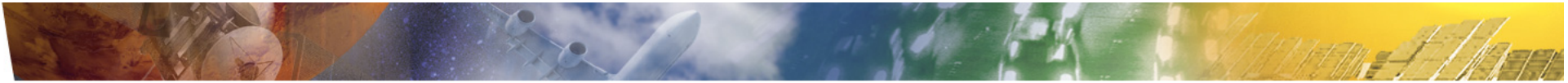


5. Szenarienanalyse

Vergleich der Stromerzeugungsstrukturen in den Szenarien



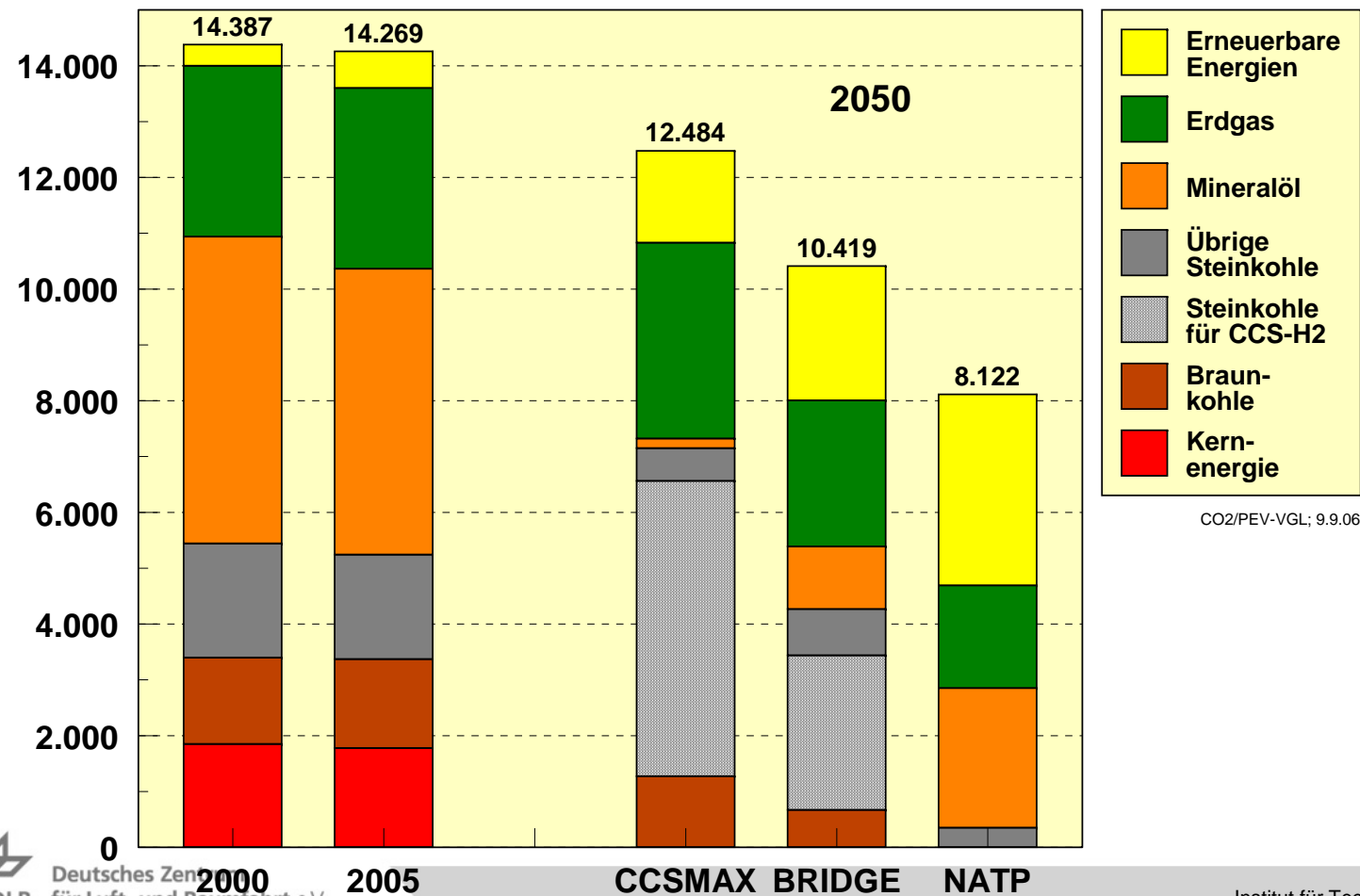
BRIDGE: 2050: CCS = 27 %; EE = 45%



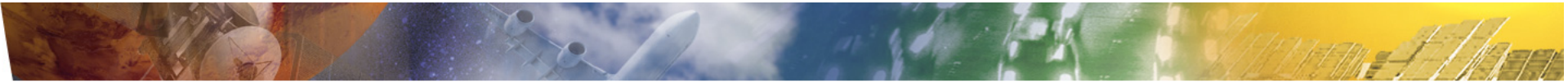
5. Szenarienanalyse

Primärenergiestruktur aller Szenarien in 2050

Primärenergie, PJ/a



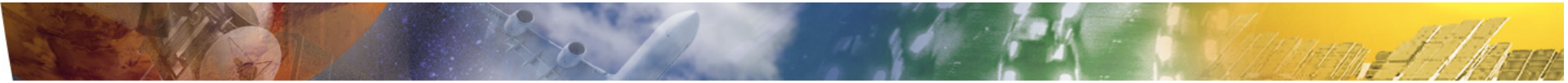
CO2/PEV-VGL; 9.9.06



6. Zusammenfassung (1)

Ökobilanzen

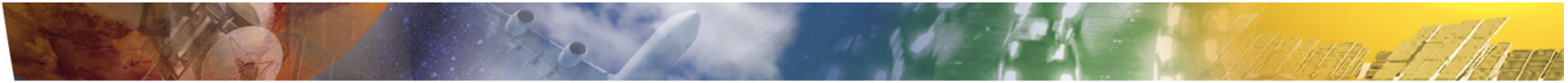
- CCS-Kraftwerke können Treibhausgas-Emissionen nur teilweise reduzieren und daher nur eine Chance für die „CO₂-arme“ Nutzung fossiler Kraftwerke sein
- Strom aus Erneuerbaren Energien hat erheblich weniger CO₂- und Treibhausgas-Emissionen
- erhöhter Brennstoff-Mehraufwand (und damit auch Anstieg anderer Umweltwirkungskategorien) nicht nachhaltig



6. Zusammenfassung (2)

Kostenverlauf

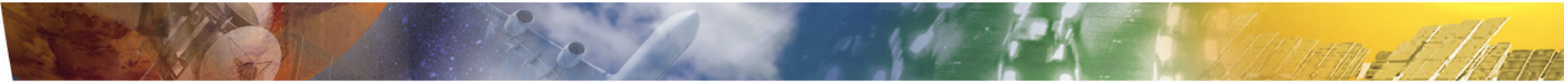
- CCS ermöglicht Kostenvergleich fossiler Energiebereitstellung mit erneuerbaren Energie bei gleicher CO₂-Intensität der Stromerzeugung
- Stromerzeugung mit CCS liegt im Bereich zukünftiger Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, wenn Brennstoffpreise langfristig *nur moderat* steigen
- 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

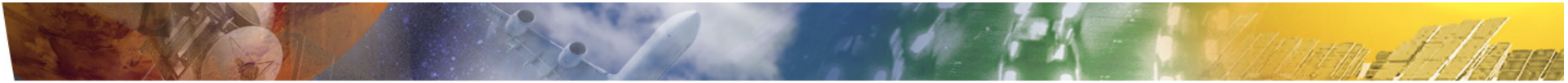


6. Zusammenfassung (4)

- 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 CO₂ kann nicht langfristig stabil 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
- 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