

„Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“

(Teil-) Ergebnisse einer Untersuchung im Auftrag des BMU, April 2004

Dr. Joachim Nitsch, DLR Stuttgart

2. Konferenz der Elektrizitätswirtschaft „Regenerative Energien – Mut zum Wandel“ 6. und 7. April, Stuttgart

Die Studie wurde bearbeitet von:

- DLR-Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart
Abt. Systemanalyse und Technikbewertung;
- Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg;
- Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt und Energie, GmbH.

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Zielsetzung der Untersuchung:

- **Ermittlung zweckmäßiger Ausbaupfade der EE bis zum Jahr 2050**
Wechselwirkungen der Strategien „Nutzungseffizienz“, „Umwandlungseffizienz“ und „Ausbau Erneuerbarer Energien“ abbilden; Entwicklung der EE-Beiträge und der strukturelle Veränderungsnotwendigkeiten getrennt nach Strom-, Wärme- und Kraftstoffmarkt darstellen
- **Ökologische Bewertung der Ausbauszenarien**
Strukturelle Wirkungen der aus Naturschutzsicht reduzierten Potenziale darstellen; Wesentliche Indikatoren, wie vermiedene Klimagasemissionen, erforderlicher Ressourceneinsatz, Flächenbedarf nach Sektoren u. a. ermitteln
- **Ökonomisch - strukturelle Bewertung der Ausbauszenarien**
Ermittlung ausgewählter volkswirtschaftliche Wirkungen: Spezifische Kosten der Stromerzeugung und Gesamtkosten der Stromnutzung, spezifische Wärme- und Kraftstoffkosten; Investitionsvolumina und Differenzkosten des Ausbaus aller erneuerbarer Energien

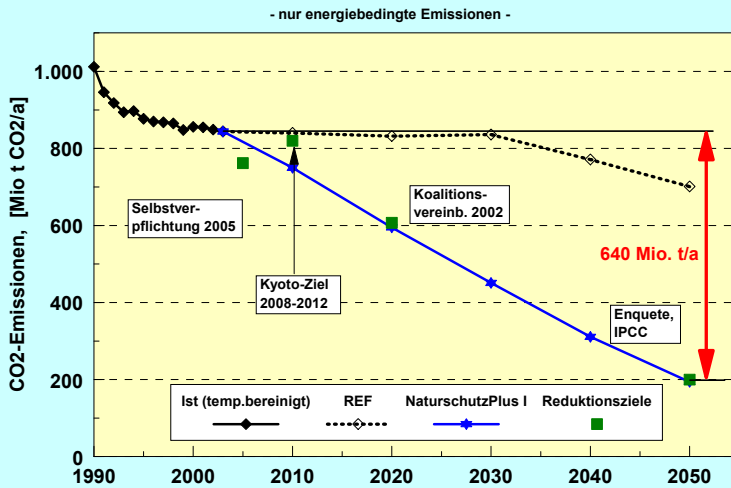


Strategievorschlage fur einen „ökologische optimierten“ Ausbaupfad erneuerbarer Energien unter Beachtung volkswirtschaftlicher und sozialer Aspekte und Empfehlungen fur seine Umsetzung.

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Angestrebter Beitrag Deutschlands zum globalen Klimaschutz bis 2050



Quellen Ist: DIW-Bericht 10/2004; Reduktionspfad: BMU 2004

oeko/c02deu.ppt:3.1.04

Minderung von CO₂ und weiteren Treibhausgasen (gegenüber 1990):

- 21 % bis 2008/2012;

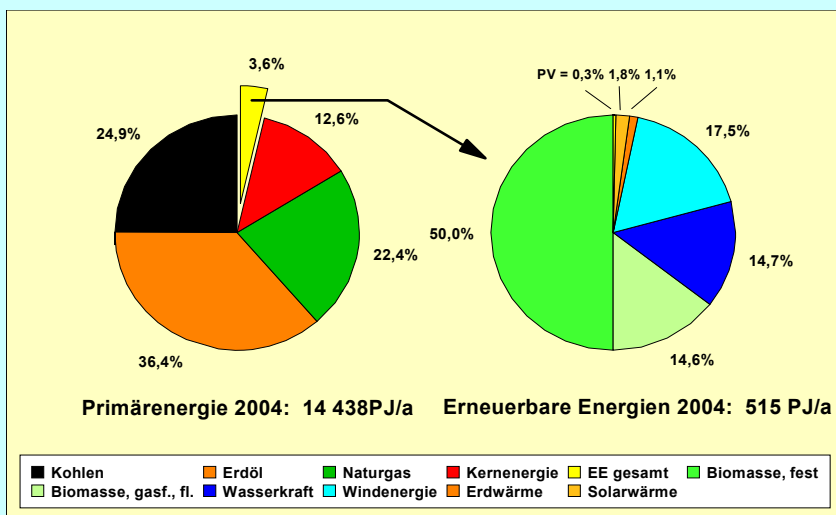
- 40% bis 2020;

- 80% bis 2050

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



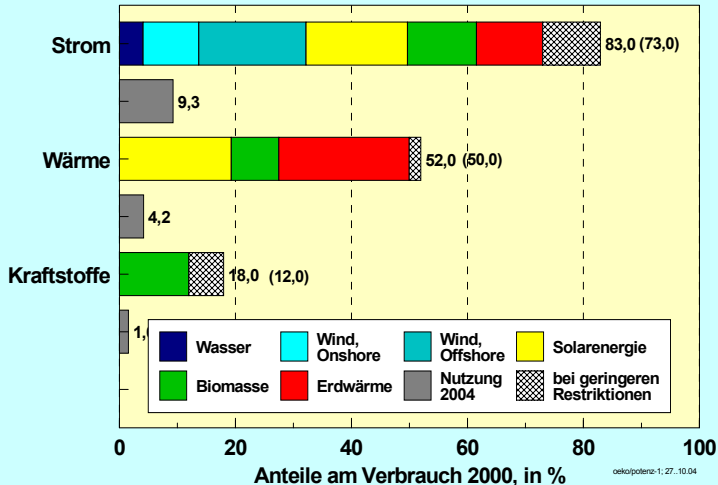
Beitrag erneuerbarer Energien zur Primärenergie 2004 - Anstieg von 2,6% in 2000 auf 3,6 % in 2004 -



Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Heimische Potenziale erneuerbarer Energien unter anspruchsvollen Auflagen des Naturschutzes



Aufteilung Biomasse:
 Anbauflächen 2050 (4,1 Mio. ha) zu 100% für Kraftstoffe;
 Reststoffe 100% stationäre Nutzung mit 75% KWK

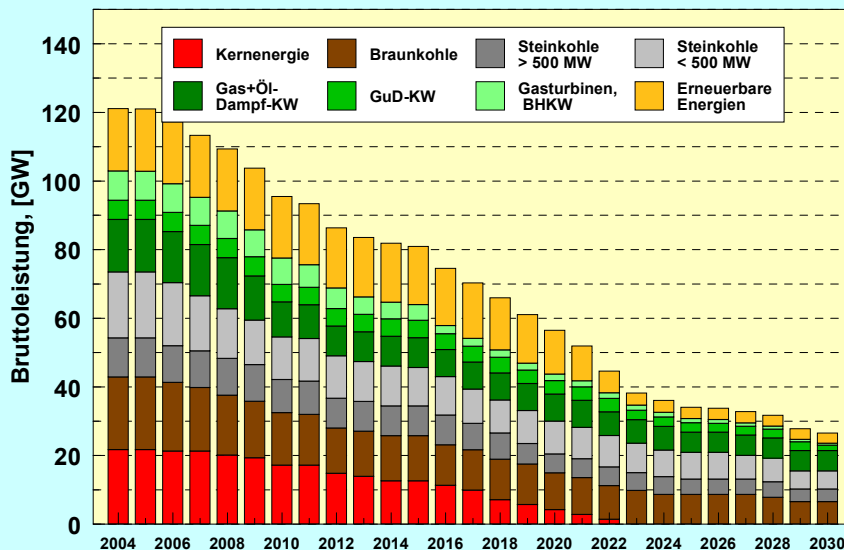
Zusätzlich „Import-potenzial“ Strom in der Größenordnung der gesamten heutigen Stromerzeugung.

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Leistungsverlauf der bestehenden Kraftwerke (2003) bis 2030

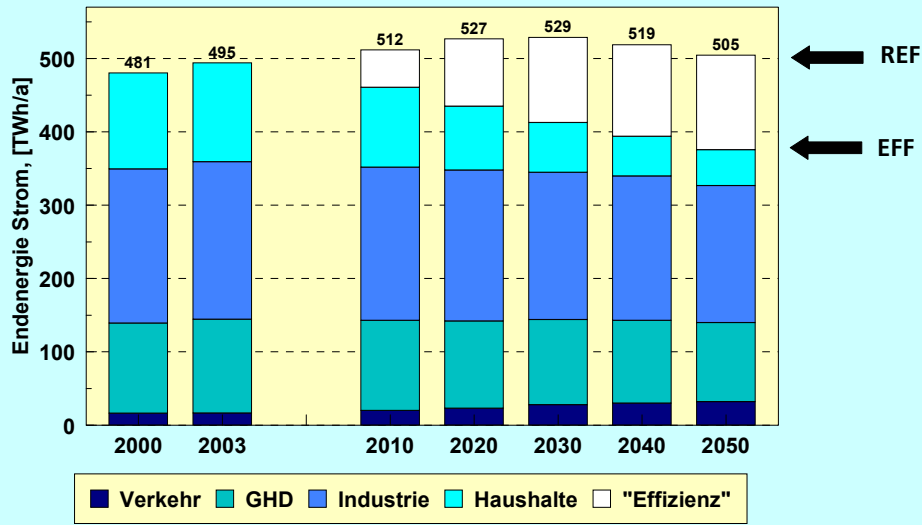
- Großkraftwerke 40a; einschließlich BKWK und EE -



Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Stromverbrauch bei verstärkter „Nutzungseffizienz“

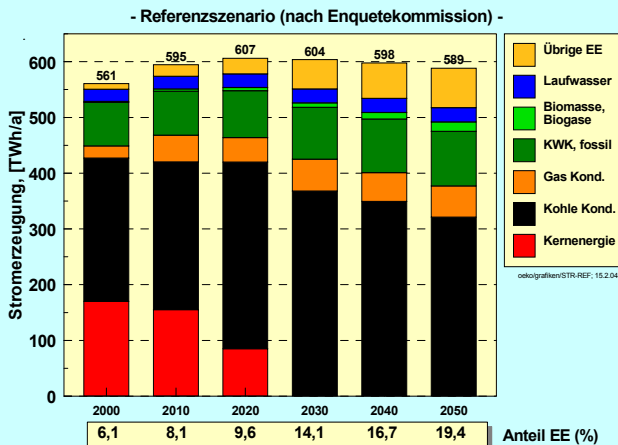


oeko/stromver.3.1.04

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Veränderung der Stromerzeugungsstrukturen im Referenzszenario und im Szenario „NaturschutzPlus I“



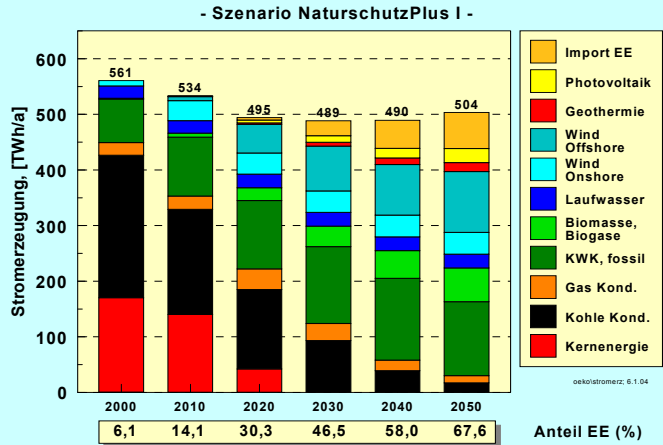
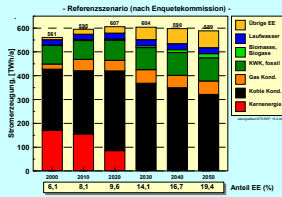
oeko/grafikenSTR-REF: 15.2.04

CO₂ von 335 auf 330 Mio. t/a

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Veränderung der Stromerzeugungsstrukturen im Referenzszenario und im Szenario „NaturschutzPlus I“



CO₂ von 335 auf 75 Mio. t/a

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Kraftwerksneubauten (Ersatz und Zubau) im Zeitraum 2000 bis 2020

- Basis: Alterstruktur 2000; Abbau Kernenergie, Szenario Naturschutzplus I -

Bruttoleistung (GW)	Kohlen	Erdgas	EE	Gesamt
Kondensations – Kraftwerke	5,1	6,9		12,0
Öffentliche Heizkraftwerke	6,2	3,3		9,5
Industrielle Heizkraftwerke (> 10 MW)	3,3	2,9		6,2
Dezentrale Block-Heizkraftwerke		7,0	4,7	11,7
Summe thermische Kraftwerke	14,6	20,1	4,7	39,4
Windenergie			32,2	
Übrige Erneuerbare Energien			7,4	
Gesamte Leistung	14,6	20,1	44,3	79,0
Stromerzeugung 2020 (TWh/a)	192	111	150	495*)
Stromerzeugung 2000 (TWh/a)	297	60	34	561*)
Differenz 2020 – 2000 *) (TWh/a)	- 105	+ 51	+ 116	

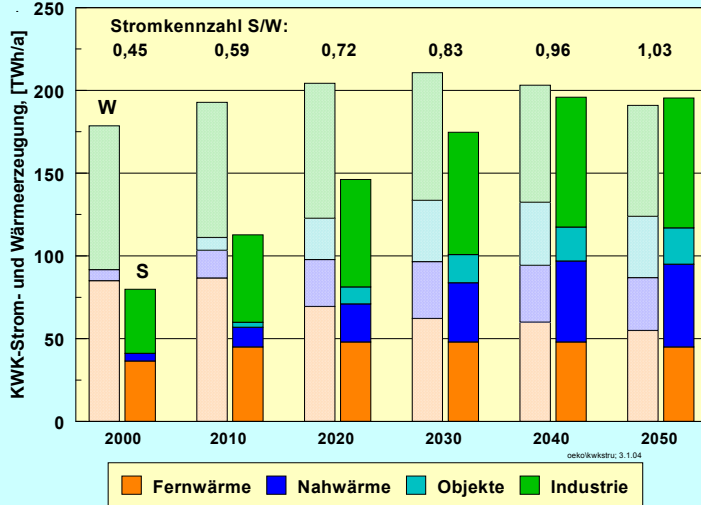
*) - 128 TWh/a Kernenergie; 66 TWh/a vermieden wegen erhöhter Nutzungseffizienz

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Wirkungen der Teilstrategie „Steigerung der Umwandlungseffizienz“

Ausbau und Modernisierung der KWK



Brennstoffersparnis durch KWK

(% von PEV):
 2000 = 3,2%
 2050 = 13,1%

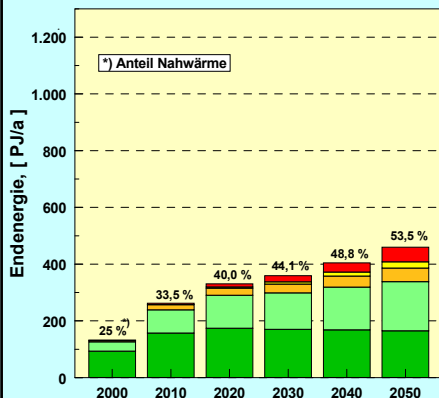
CO₂-Vermeidung durch KWK bis 2050:
 60 Mio. t/a

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung

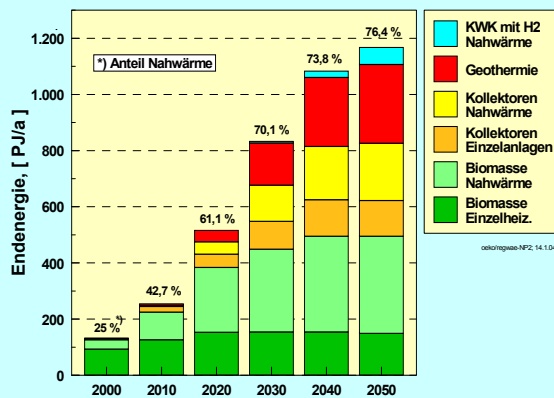


Beiträge erneuerbarer Energien im Wärmemarkt

- Szenario Referenz -



- Szenario NaturschutzPlus II -



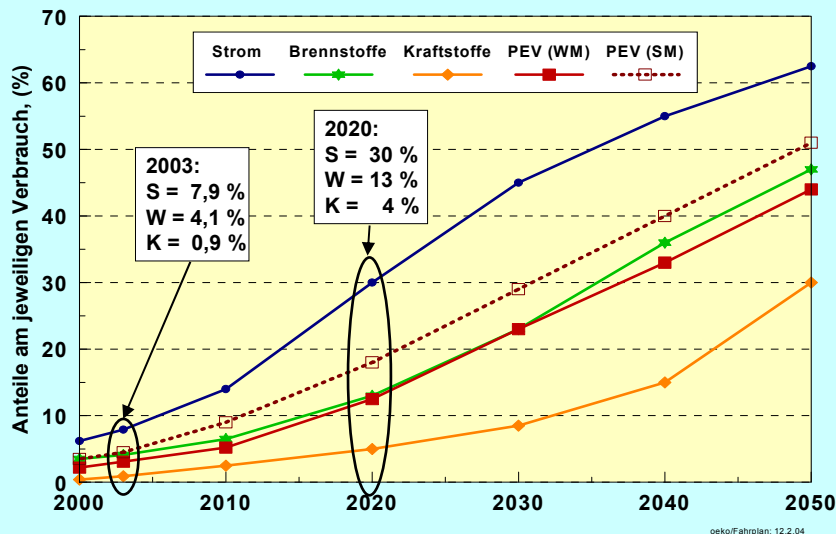
EE von 3% (2000) auf 8 % (2050)
 CO₂ von 340 auf 254 Mio. t/a

EE von 3% (2000) auf 42% (2050)
 CO₂ von 340 auf 87 Mio. t/a

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



„Fahrplan“ für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland



Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



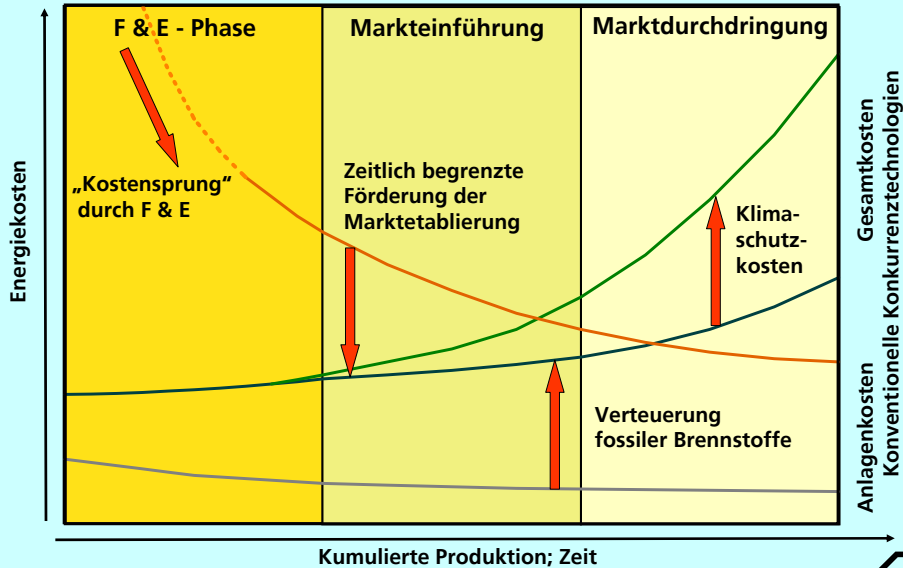
Schlussfolgerungen I: Strukturen und Technologien

- (1) Ohne deutliche Steigerung der Nutzungs- und Umwandlungseffizienz ist eine nachhaltige Energieversorgung nicht zu verwirklichen; Effizienzsteigerung und Ausbau erneuerbarer Energien (EE) müssen als gleichrangige Optionen behandelt werden.
- (2) Für jeden Energiesektor (Strom, Wärme, Kraftstoffe) ist ein eigener „Fahrplan“ für den EE-Ausbau erforderlich. Dieser ist in Verbindung mit Effizienzverbesserungen schrittweise zu optimieren nach dem Prinzip: „Je größer die Effizienzpotenziale, desto später sollten EE aufwachsen.“
- (3) Stärker als die Potenziale und ihre Begrenzungen bestimmen strukturelle Randbedingungen der Energieversorgung und der Verbrauchssektoren die erreichbare Ausbaugeschwindigkeit und den Ausbaugrad der EE.
- (4) Für eine zukunftsfähige Struktur der Stromversorgung ist eine „optimale“ Mischung von
 - „überregionaler, regionaler und dezentraler Erzeugung“ und von
 - verstärkter Nutzungseffizienz, Kraft-Wärme-Kopplung und Erneuerbaren Energien
 erforderlich. Fossile (Groß-) Kraftwerke und die jetzige Netzstruktur sind längerfristig daraufhin anzupassen. Der EE-Ausbau selbst bedarf einer „Harmonisierung“ hinsichtlich räumlicher Verteilung und Beitrag einzelner Energiequellen.

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Einführung neuer (Energie-)Technologien verlangt unternehmerischen Weitblick und gesellschaftliche Vorleistungen

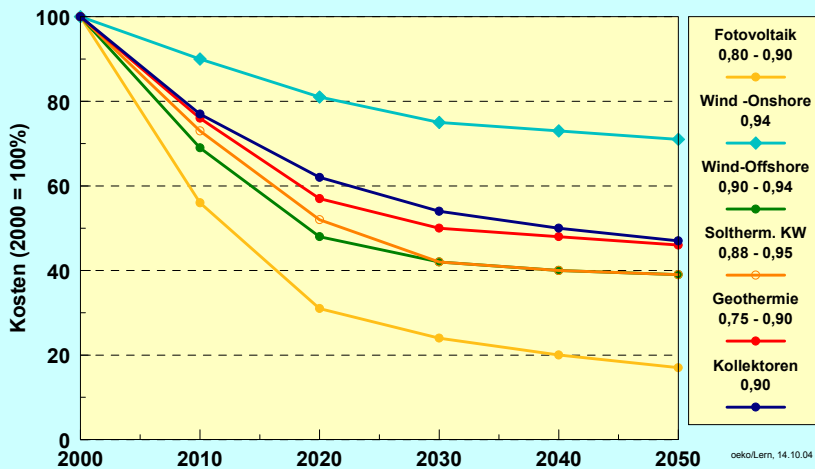


Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Neue Technologien durchlaufen „Lernkurven“; die Lernfaktoren sind anfänglich hoch und verringern sich mit zunehmender Reife; starkes Marktwachstum begünstigt schnelle Kostensenkung

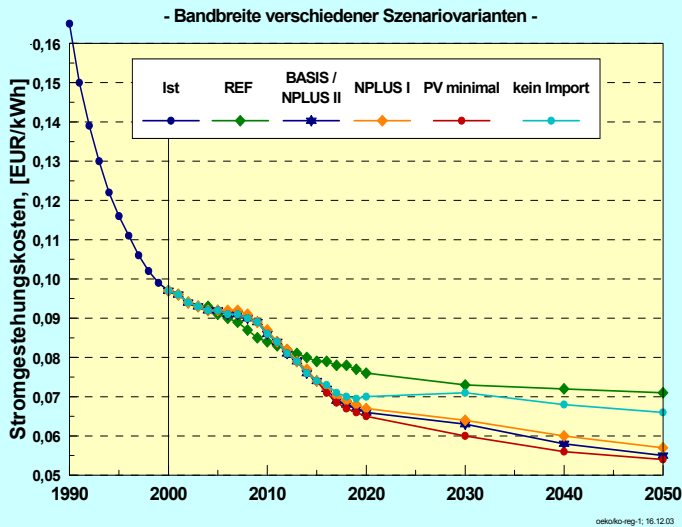
- EE- Wachstum entsprechend Szenario BASIS -



Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Bandbreiten zukünftiger Stromkosten des Mixes an EE (Neuanlagen)



Deutliche Kosten-
degression bereits
eingetreten und
weiterhin möglich.

1990 – 2000:
Von ca. 17 ct/kWh auf
knapp 10 ct/kWh

2000 - 2020:
von knapp 10 ct/kWh
auf 6,5 bis 7 ct /kWh

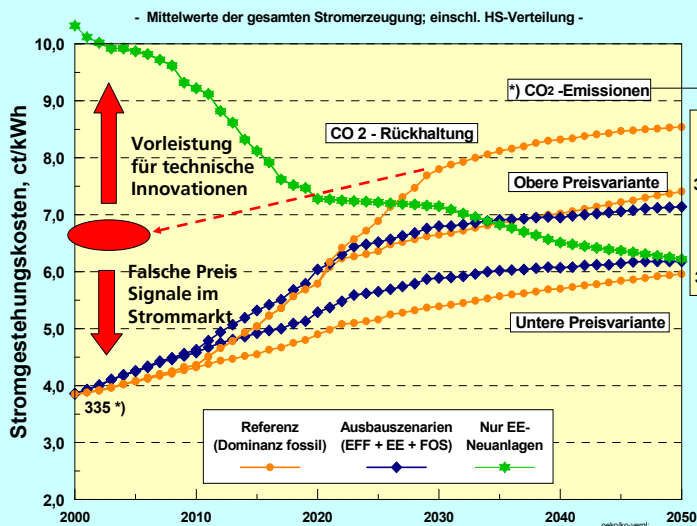
Bis 2050 : 5,5 ct/kWh
(nicht optimal nur bis
7 ct /kWh)

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Mittleren Stromkosten als Funktion der Brennstoffpreise

- jeweilige Gesamtsysteme bei gleicher Versorgungssicherheit -



Vier Preisvarianten

„unten“ und „mittel“:
Korridor zukünftiger
Brennstoffpreise

„oben“:
zusätzlich 15 €/t CO₂
ab 2010

„CO₂-Rückhaltung“ :
CO₂-freie Kohle -
Kond. -Kraftwerke
ab 2020

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



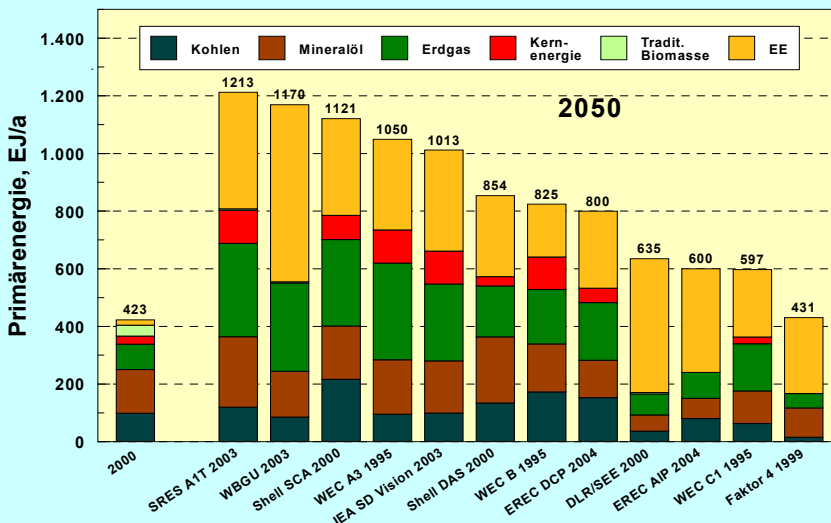
Schlussfolgerungen II: Markteinführung Erneuerbarer Energien

- (5) Eine sachgerechte Beurteilung zukünftiger Energiekosten muss zwingend die (wachsenden) Aufwendungen für den Klimaschutz einbeziehen, damit bereits jetzt die zweckmäßigsten Investitionen getätigt werden und sog. „Vorleistungen“ im richtigen Begründungs - zusammenhang gesehen werden.
- (6) Die erforderlichen Vorleistungen für den EE-Ausbau müssen für einen ausreichend langen Zeitraum erbracht werden (Lernkurven, Marktwachstum). Nur so kann „später“ ein beachtlicher volkswirtschaftlicher Nutzen eintreten.
- (7) Der Emissionshandel sollte nach 2012 zu einem wirksamen Klimaschutzinstrument ausgebaut werden (mit deutlichen Reduktionszielen), mittelfristig sollte das EEG darin aufgehen; nur die PV benötigt dann noch ein spezifisches Förderinstrument, das sich an industriepolitischen und exportmarktsichernden Gesichtspunkten ausrichten sollte.
- (8) Stromerzeugungstechnologien für Geothermie und Solarthermie müssen bis 2010 etabliert werden. Geothermie: Betrieb mehrerer Demonstrationsanlagen; Solarthermie: Merklicher Markteinstieg im Mittelmeerraum.
- (9) Die lokale und regionale Nutzung von EE muss bis etwa 2020 in ein System der überregionalen und transeuropäischen Nutzung von EE integriert werden zur optimalen Nutzung großer Potenziale und zur Erleichterung einer besseren Integration der EE.

Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung



Die globale Energieversorgung des Jahres 2050 kommt nicht ohne Erneuerbare Energien aus – in vielen Szenarien dominieren sie sogar



Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung

