

**Wissenschaftszentrum
Nordrhein-Westfalen**

Institut Arbeit
und Technik



Kulturwissenschaftliches
Institut

**Wuppertal Institut für
Klima, Umwelt, Energie
GmbH**

Anforderungen an einen zukunftsfähigen Strom- /Energiemix in Nordrhein- Westfalen

Möglichkeiten und Grenzen

Dr.-Ing. Manfred Fishedick

Vizepräsident

Pulheim

September 2006

Erwartungen an die Energieversorgung der Zukunft

Fokus Stromerzeugung

- **Zuverlässigkeit (bedarfsgerechte Versorgung)**
- **Versorgungssicherheit (Diversifizierung des Brennstoffmix, zunehmende Integration erneuerbarer Energien, dezentraler Energietechnologien)**
- **Effiziente Ressourcennutzung (hohe Wirkungsgrade)**
- **Umwelt- und Klimaverträglichkeit (inkl. klimaverträgliche Kompensation des Kernenergieausstiegs)**
- **Wirtschaftlichkeit (Wettbewerbsfähigkeit der Verbraucher)**
- **Sozialverträglichkeit (↑ ökonomisch tragfähig)**
- **Risikoarmut**
- **Industriepolitische Impulse (Technologietransfer, Exportchancen)**
- **Geringe Systemverletzlichkeit (technisch, Angriffsziel von Außen)**
- **Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Rahmenbedingungen (Demographie, Klimawandel etc.)**

NRW als Energieland Nr. 1 steht vor besonderen Herausforderungen

NRW als Energieland Nr. 1 in Deutschland

- hat die höchste installierte Kraftwerksleistung
- erzeugt im Bundesländervergleich die größte Menge an Strom
- weist im Strommix den höchsten Kohleanteil auf
- ist aufgrund der industriellen Struktur der größte Energie- und Stromanwender in Deutschland
- hat eine ausgewiesene Kompetenz im Bereich des Energieanlagenbaus und der Energieforschung (Energie ist ein wichtiger Beschäftigungsfaktor)
- kommt vor diesem Hintergrund eine Vorreiterrolle zu

Übersicht über die allgemeine Stromerzeugung 2005

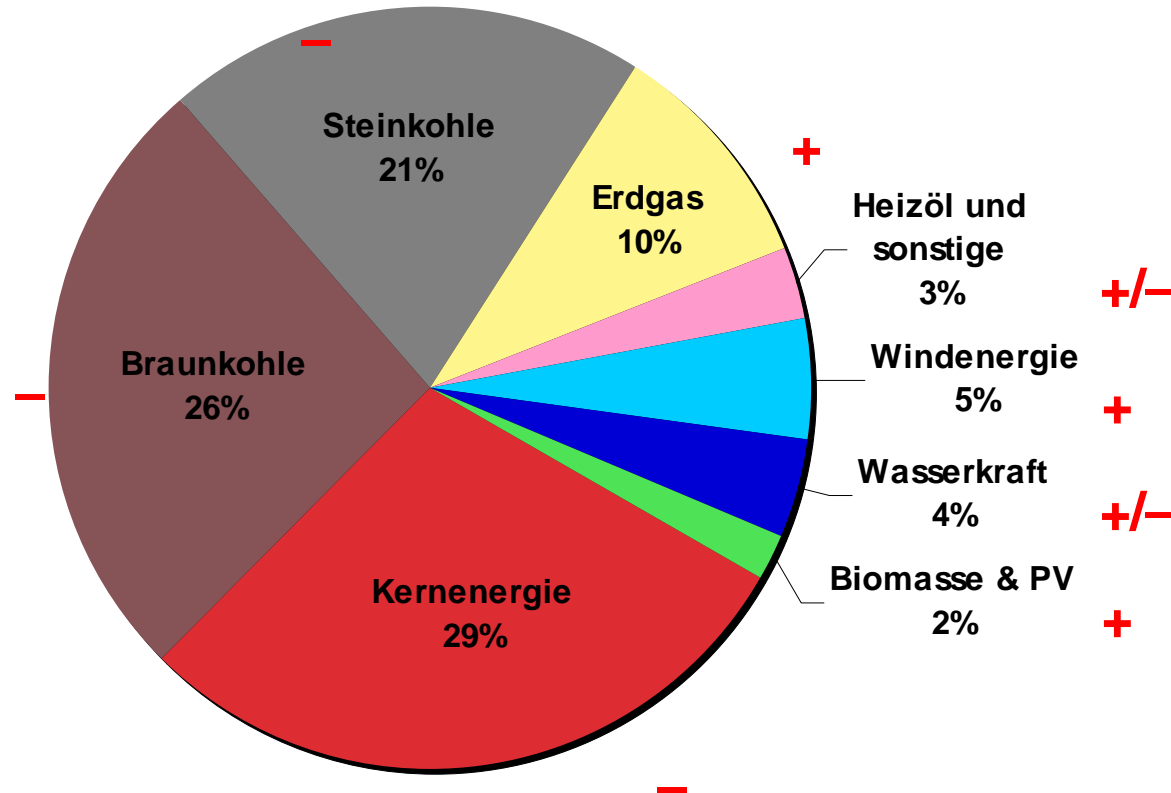
Stand und Tendenzen

Nettostromerzeugung 2005

gesamt: 536 Mrd. kWh

erneuerbar: 59 Mrd. kWh (= 11%)

Quelle: VDEW 2006



Klimaverträgliche Stromversorgung der Zukunft

Grundsätzliche Handlungsoptionen

- **Wirkungsgradsteigerung**
- **Brennstoffswitch (Kohle \Leftrightarrow Erdgas)**
- **Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung**
- **Erneuerbare Energien**
- **CO₂-Abtrennung und Speicherung**
- ***Ausschöpfung der nachfrageseitigen Effizienzpotenziale***

Wirkungsgradsteigerung

Stand der Technik für fossilbefeuerte Kraftwerke

Einsatzbereit: **Moderne Kohle- und Gaskraftwerkstechnik**

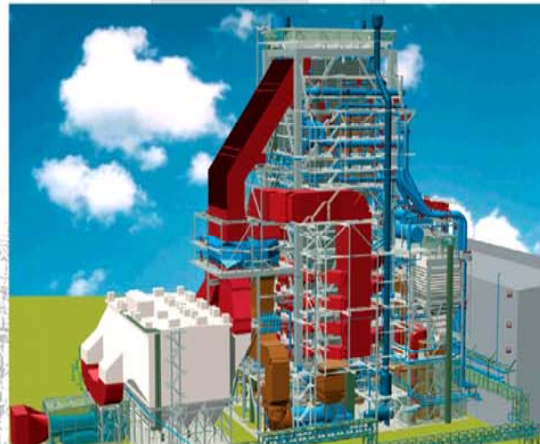
Braunkohle




BoA Niederaußem

 > 43 %

Steinkohle



Referenzkraftwerk NRW

 46%

Gas



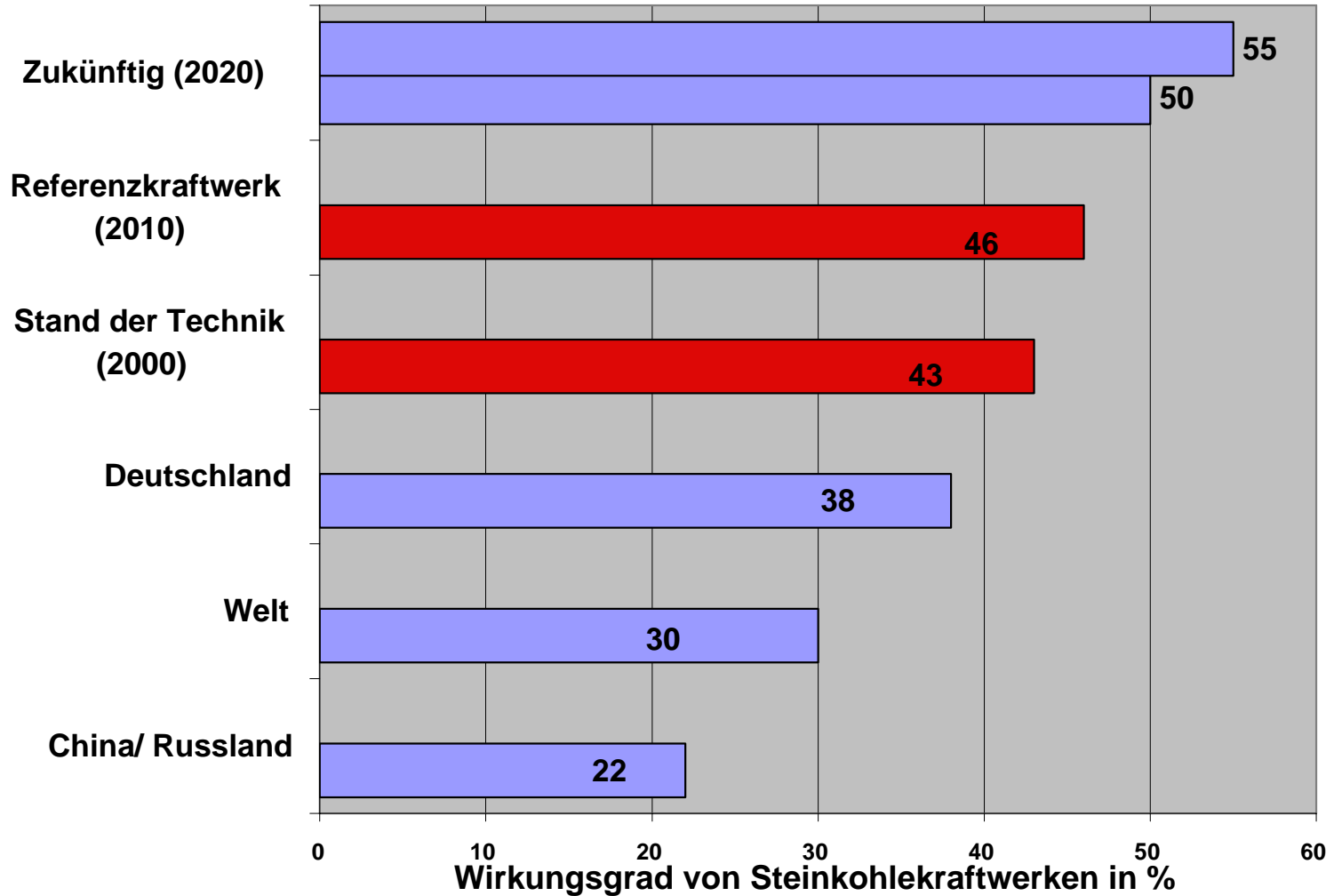
GuD Köln-Niehl

 > 58%

Quelle: VGB 2005

Kraftwerksstandard weltweit führend

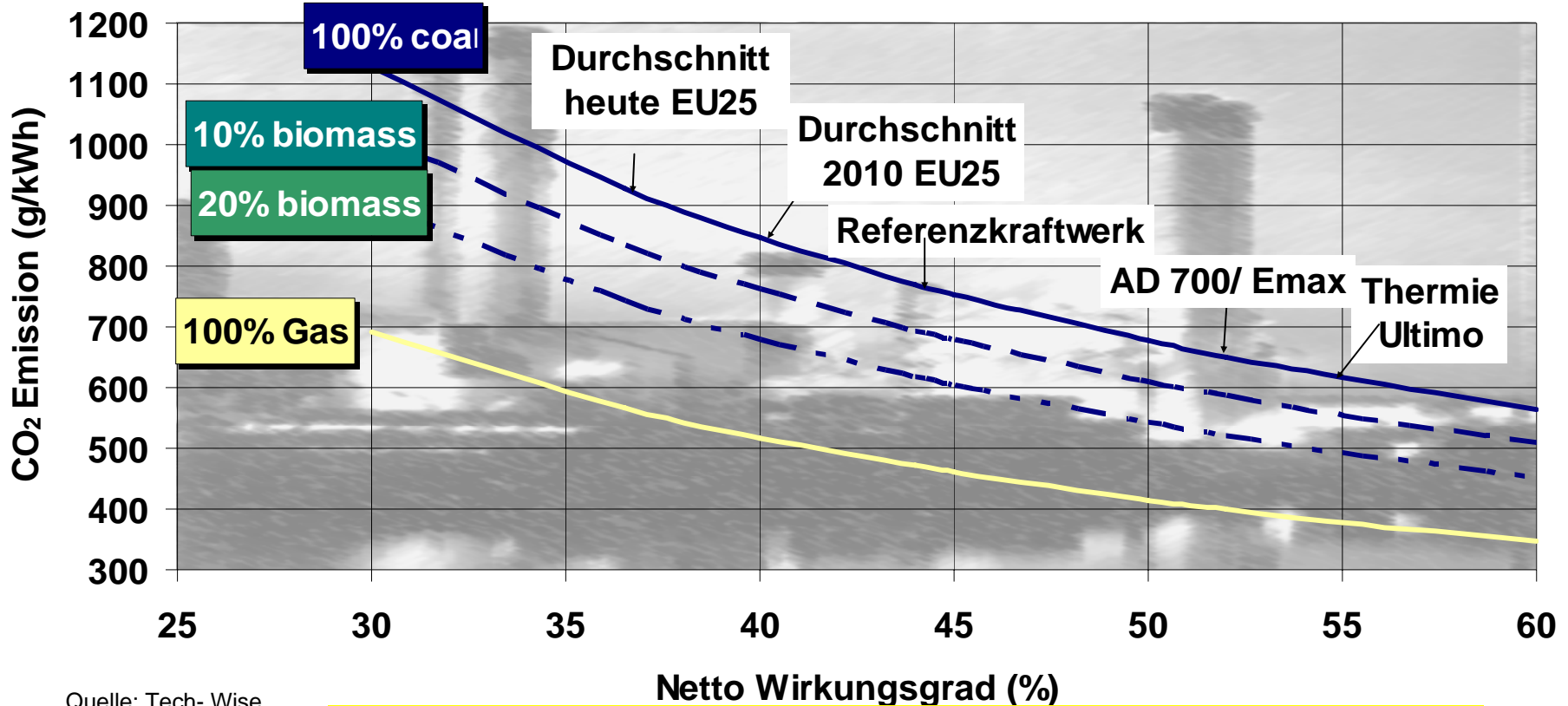
Globale CO₂- Minderungsimpulse durch moderne Kohlekraftwerke



Wirkungsgradperspektiven und Brennstoffswitch

Weitere Perspektiven für sinkende CO₂-Emissionen

Entwicklungsperspektiven



Quelle: Tech- Wise

Sinkende CO₂-Emissionen mit natürlichen Grenzen

Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung

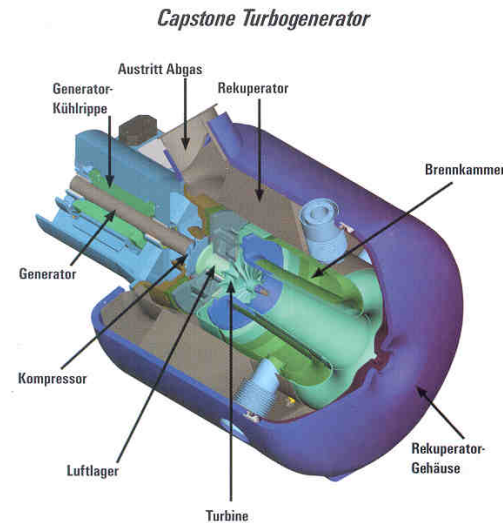
Bandbreite der Optionen

Erprobte Technologien

- Gasturbinen
- Dampfturbinen
- GuD-Anlagen
- Motor-BHKW

„Neue“ Technologien

- Mikro-Gasturbinen
- Dampfmotoren
- Stirling
- Brennstoffzelle



250 kW_{el} Hot Module (MTU)



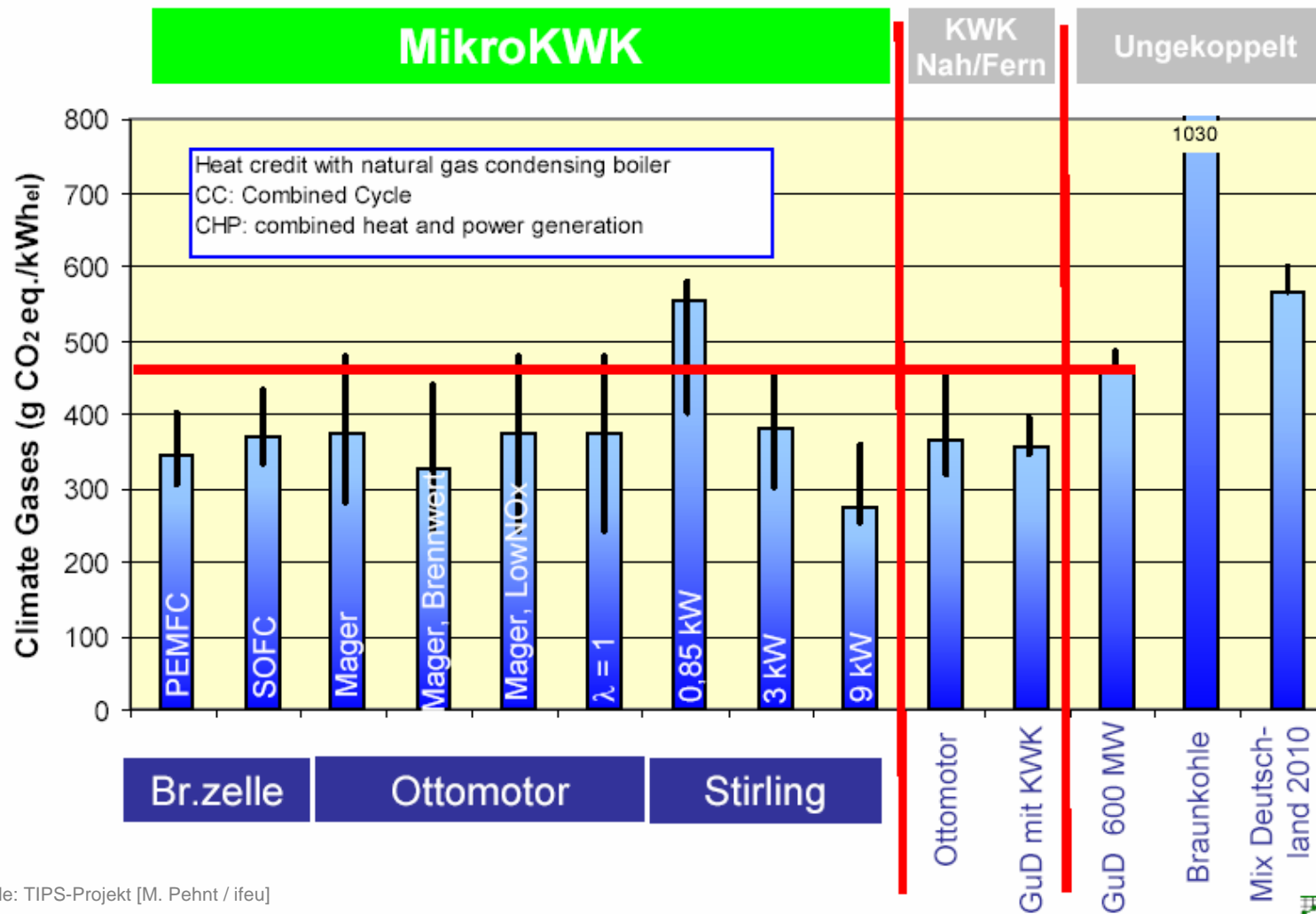
SenerTec Dachs
5,5 kW_{el}
12,5 kW_{th}



800 kW_{el} Dampfturbinenrotor (P. Brotherhood Ltd.)

Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung

Treibhausgasbilanz in der Regel positiv gegenüber den ungekoppelten Alternativen



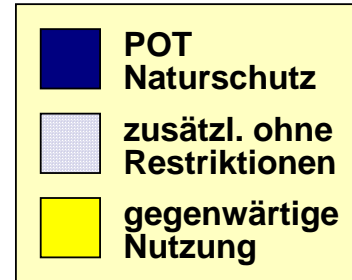
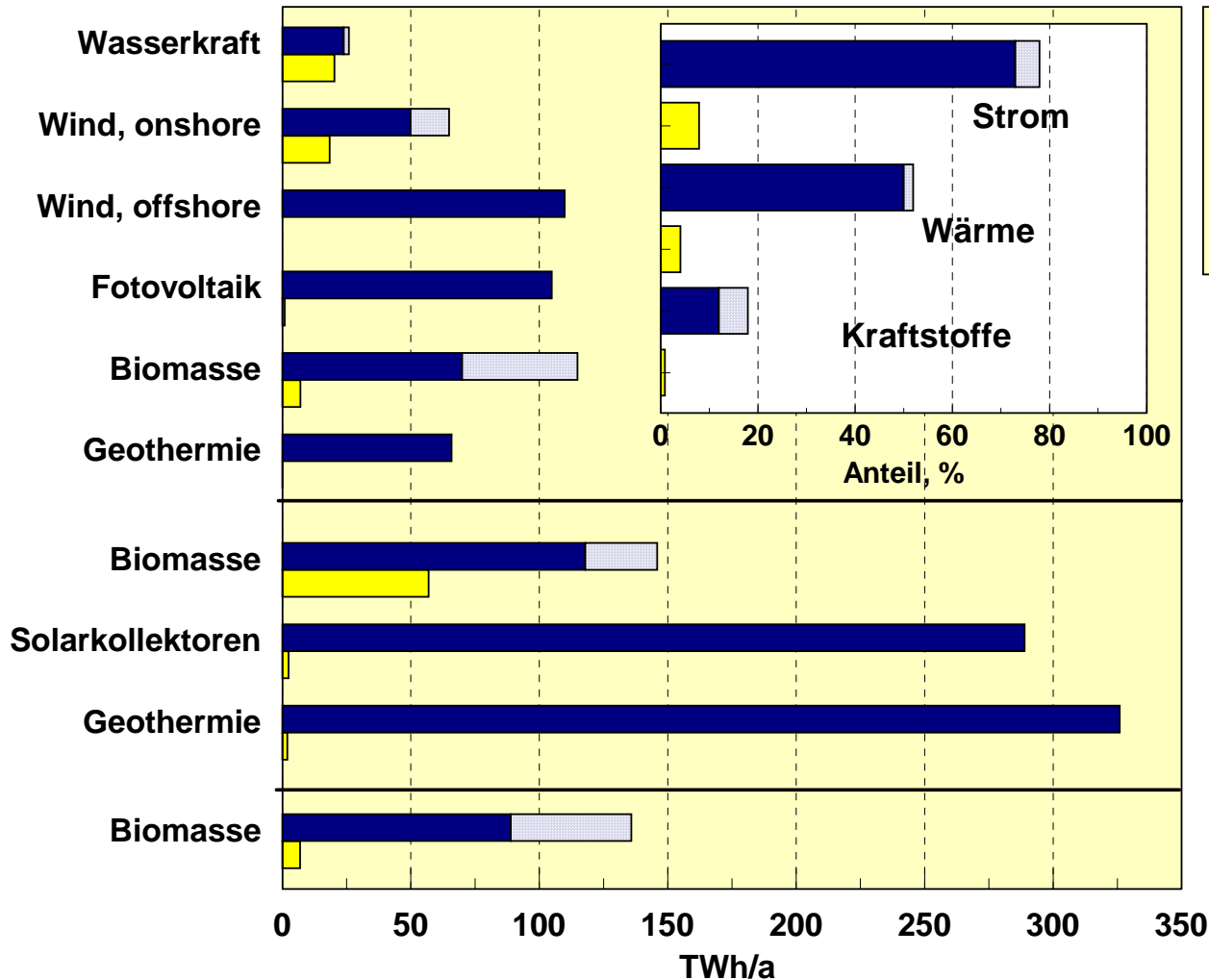
Quelle: TIPS-Projekt [M. Pehnt / ifeu]



Erneuerbare Energien

Weit gehend unterschätzte Potenziale, aber zunehmende Nutzungskonkurrenz beachten

- Endenergie, Szenario B -



Randbedingung:

Biogene Reststoffe für stationäre Nutzung (KWK, direkt)

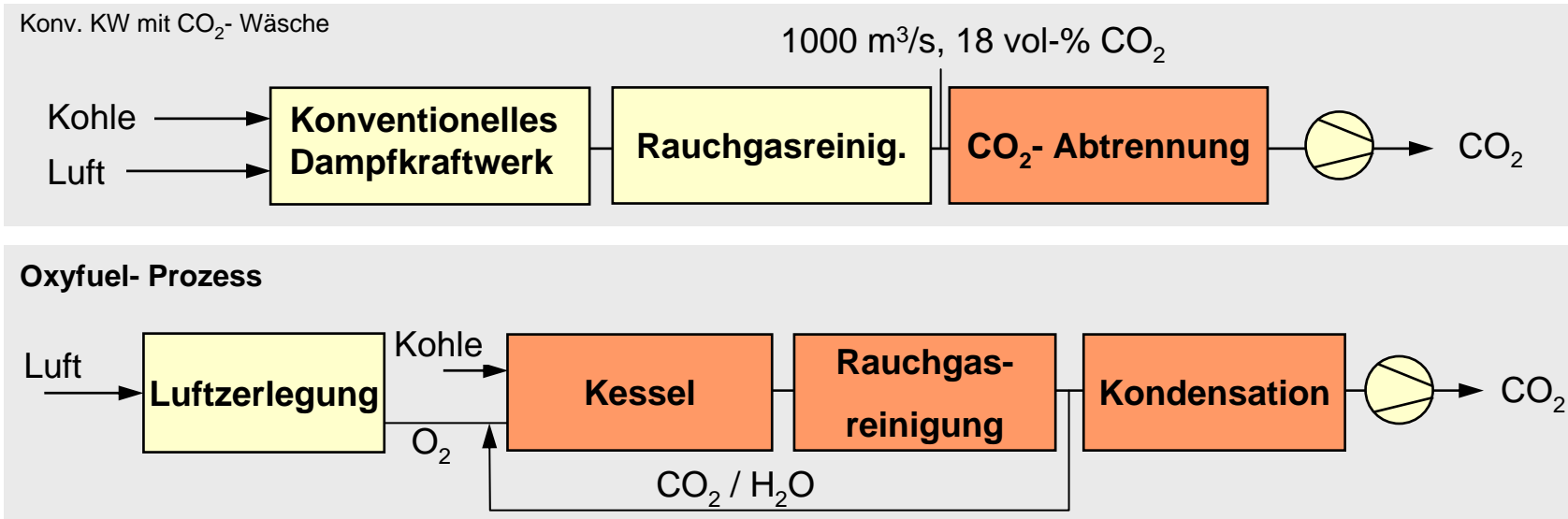
Energiepflanzen für Kraftstoffe (4,1 bzw. 6,0 Mio. ha in 2050)

CO₂-Abtrennung und Speicherung

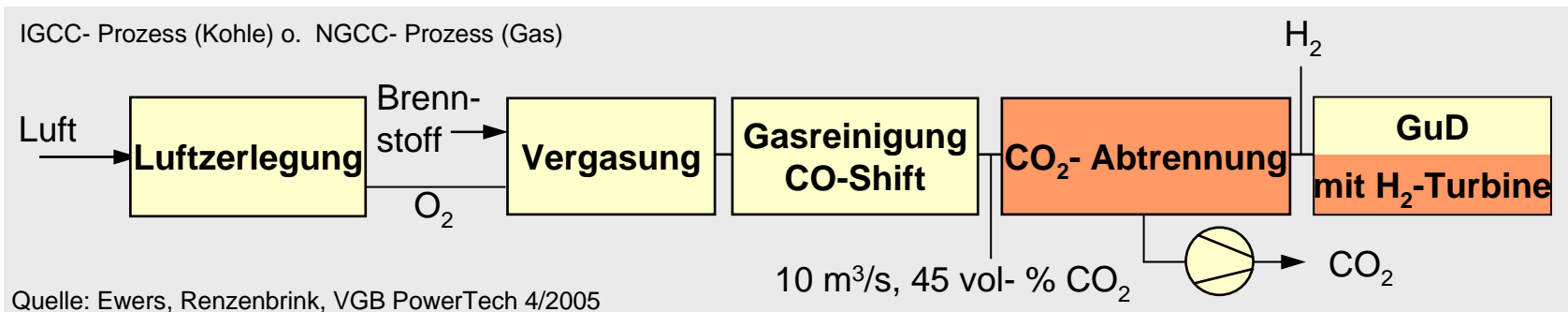
Technologische Optionen

CO₂- Abtrennung nach der Verbrennung (Dampfkraftwerke)

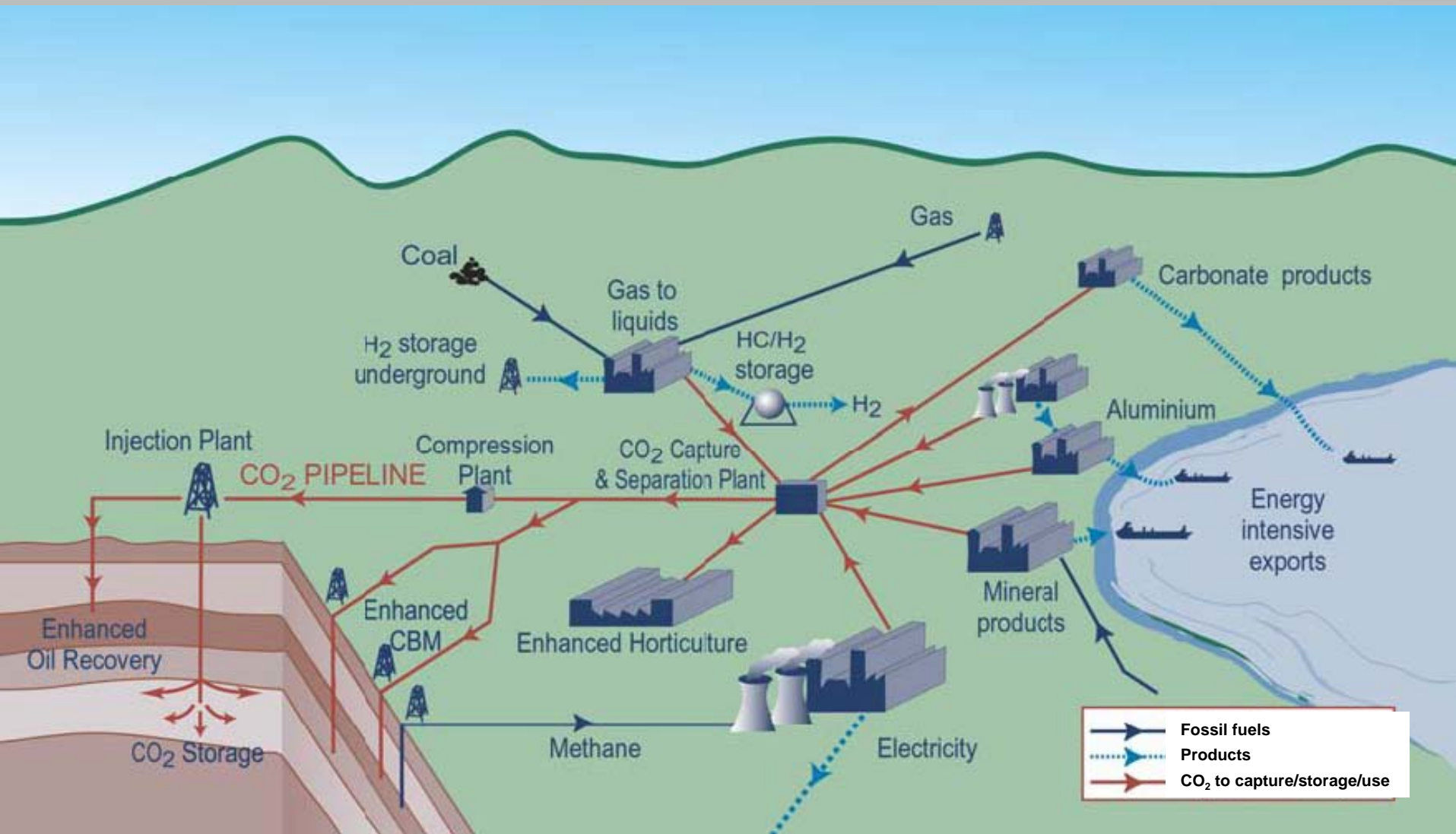
Forschungsbedarf



CO₂- Abtrennung vor der Verbrennung (Kombikraftwerke)



A fossil fuel based low emission vision for the future - is that feasible?

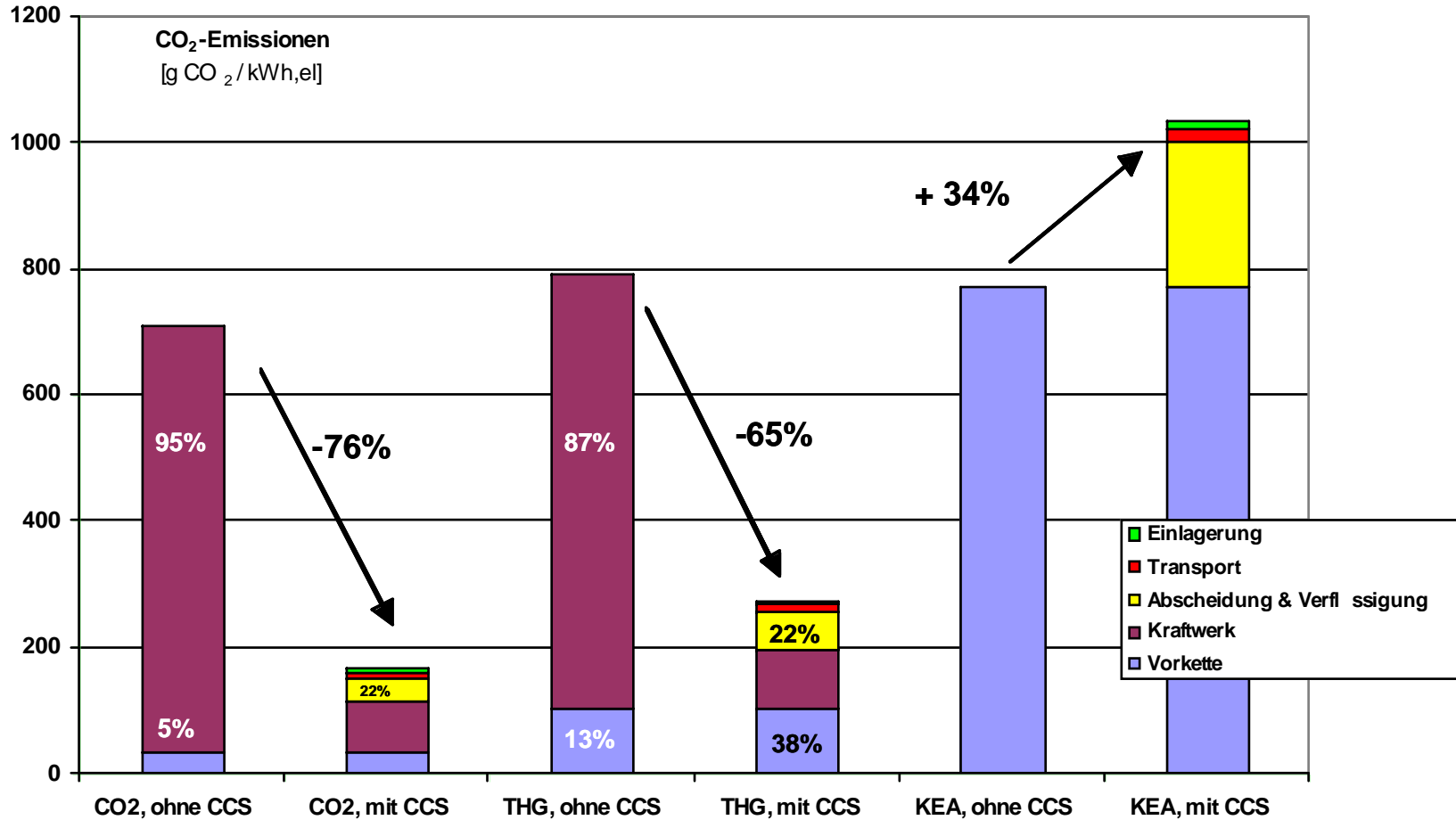


Source: Technology Roadmap Australia 2004

CO₂-Abtrennung und Speicherung

CO₂-arm ja, CO₂-frei nein (Bilanz über die Prozesskette)

CO₂-Emissionen, Treibhausgas-Emissionen und KEA des Steinkohle-Kraftwerks
(CO₂-Abscheidegrad: 88%, Leckagerate: 0%, Eff = 49% ohne / 40% mit CCS)



Effizienzsteigerung im Bereich der Stromnachfrage

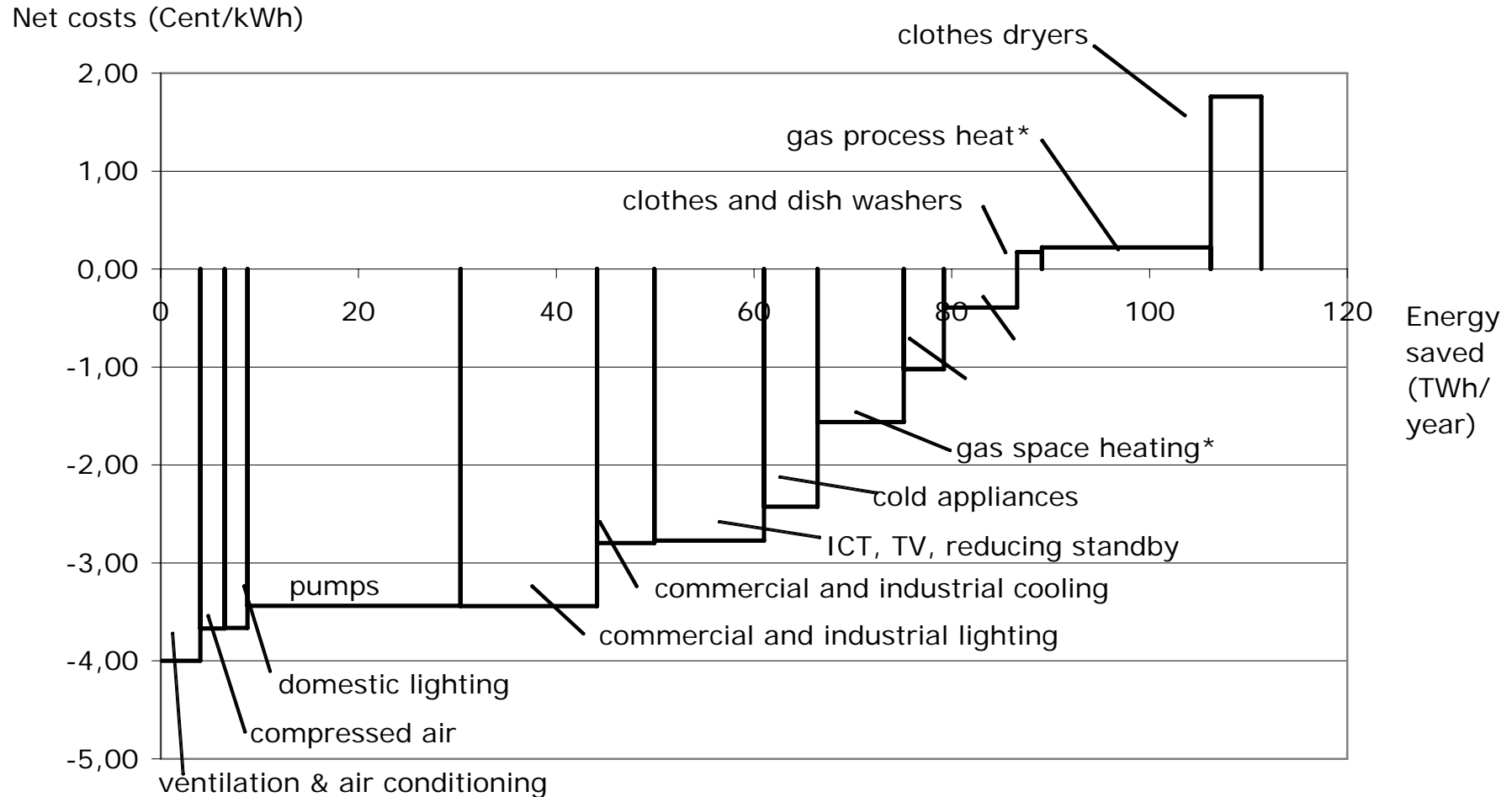
Eine aktuelle Untersuchung in Zusammenarbeit mit E.ON

Analyse von Optionen, Potenzialen und Wirtschaftlichkeit

- 70 einzelne Maßnahmen
- Statisches Einsparpotenzial: was wäre, wenn alle Gebäude, Anlagen und Geräte mit einem Schlag dem besten Standard entsprächen?
- Dynamisches Einsparpotenzial im Vergleich zum Trend für 2010 und 2015: was kann bei normalen Erneuerungszyklen und beim Zuwachs im Bestand erreicht werden?
- Mehrkosten pro Maßnahme im Vergleich zur Trendtechnik
- Berechnung der Kosten einer eingesparten kWh aus *gesamtwirtschaftlicher* und *Kundenperspektive*
- Vergleich dieser Kosten mit langfristig vermeidbaren Systemkosten der Energiebereitstellung für die Gesamtwirtschaft und mit vermeidbaren variablen Bestandteilen der Energiepreise für die Kundinnen und Kunden
- Berechnung der Treibhausgas-Emissionsminderung und der CO₂-Vermeidungskosten

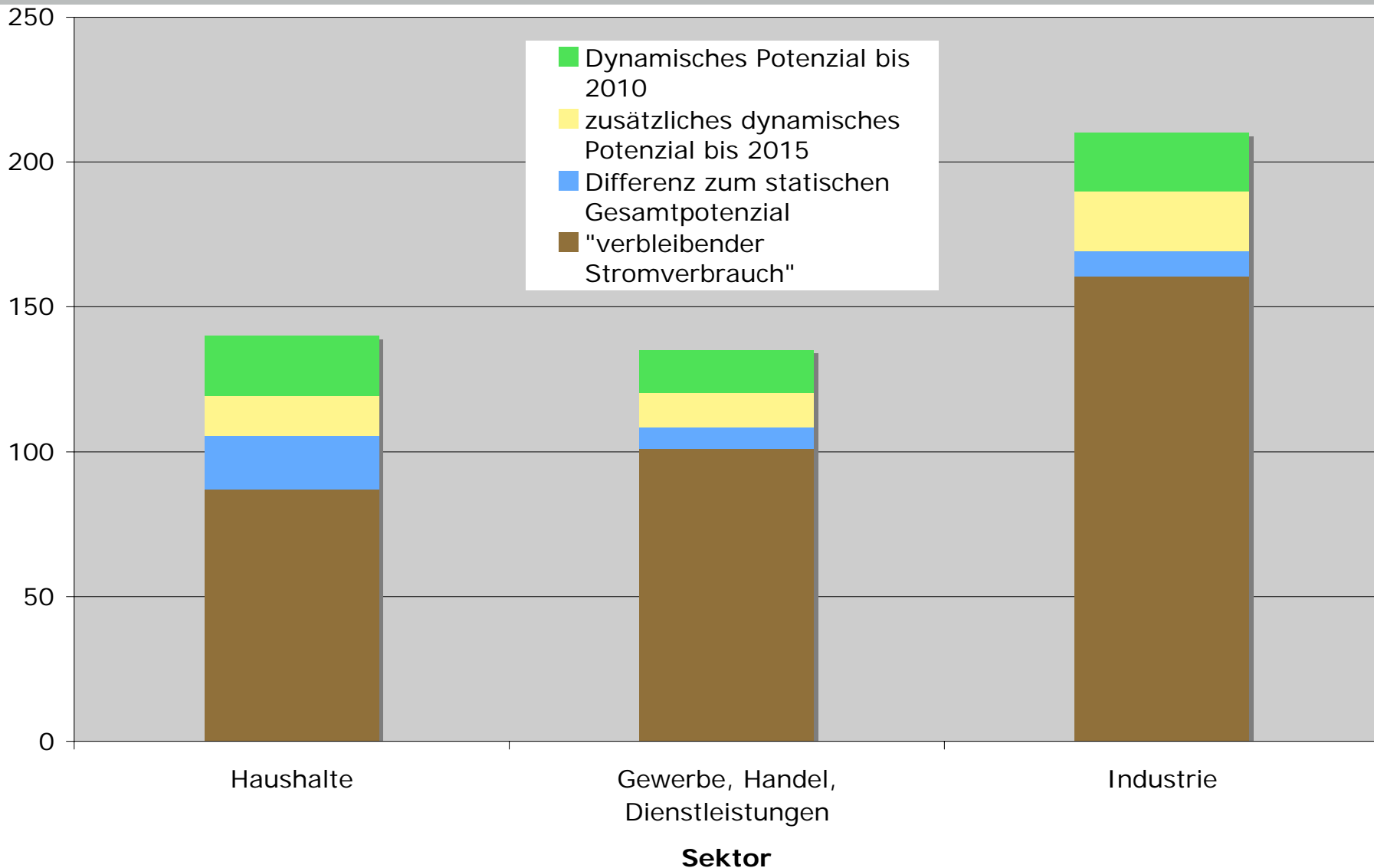
Effizienzsteigerung im Bereich der Stromnachfrage

Dynamisches Einsparpotenzial entspricht allein bis 2015 etwa 16% des Strombedarfs im Trendszenario



Effizienzsteigerung im Bereich der Stromnachfrage

Einsparungen sind in allen Sektoren möglich und umsetzbar



Potenziale der Effizienzsteigerung

Beispiel **Faktor-4-Pumpen**

- Stromeinsparpotenziale von **bis zu 80%** (Faktor 4) durch richtige Dimensionierung, integrierte Leistungsregelung (Frequenzumrichter), Permanentmagnetmotor und optimierte Hydraulik



WILO Stratos Eco
5,8 Watt

Grundfos Magna
min. 22 Watt

Biral MC 10
7 Watt

Energy label showing class A.

Potenziale der Effizienzsteigerung

Beispiel **Kühlgeräte**



Blomberg A
328 kWh/a



**Energieeinsparung
gegenüber
Energieeffizienzklasse A:**

**- 191 kWh/a
- 58 %**

Blomberg A++
137 kWh/a



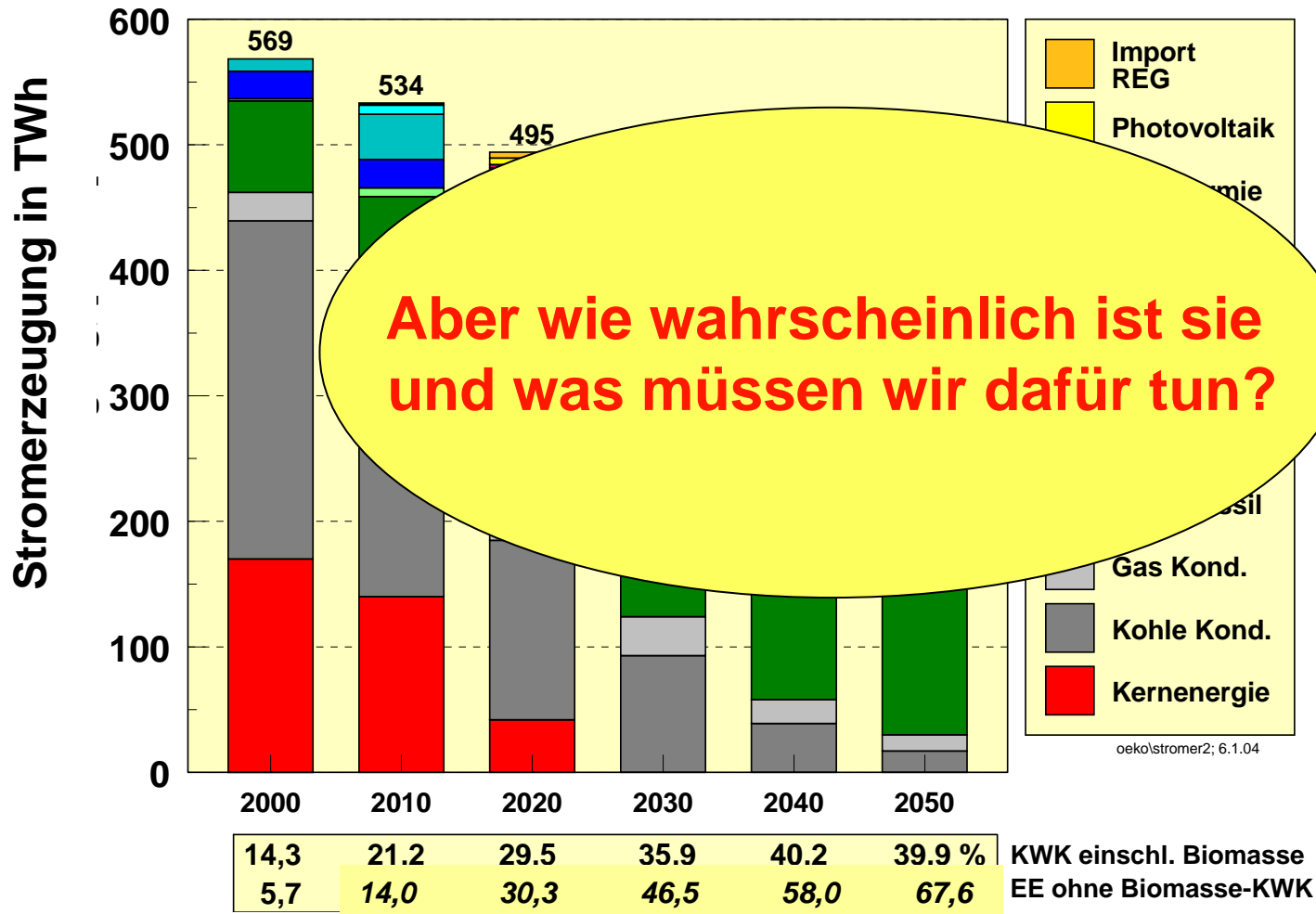
Effiziente Kühlgeräte haben ein **A+ oder A++ Label**

Kaufen Sie keine Kühlgeräte der Effizienzklasse A (oder schlechter)!!!

Eine klimaverträgliche Stromerzeugung auf der Basis REG/REN ist aus heutiger Sicht machbar

Diversifizierung, Effizienzsteigerung und erneuerbare Energien

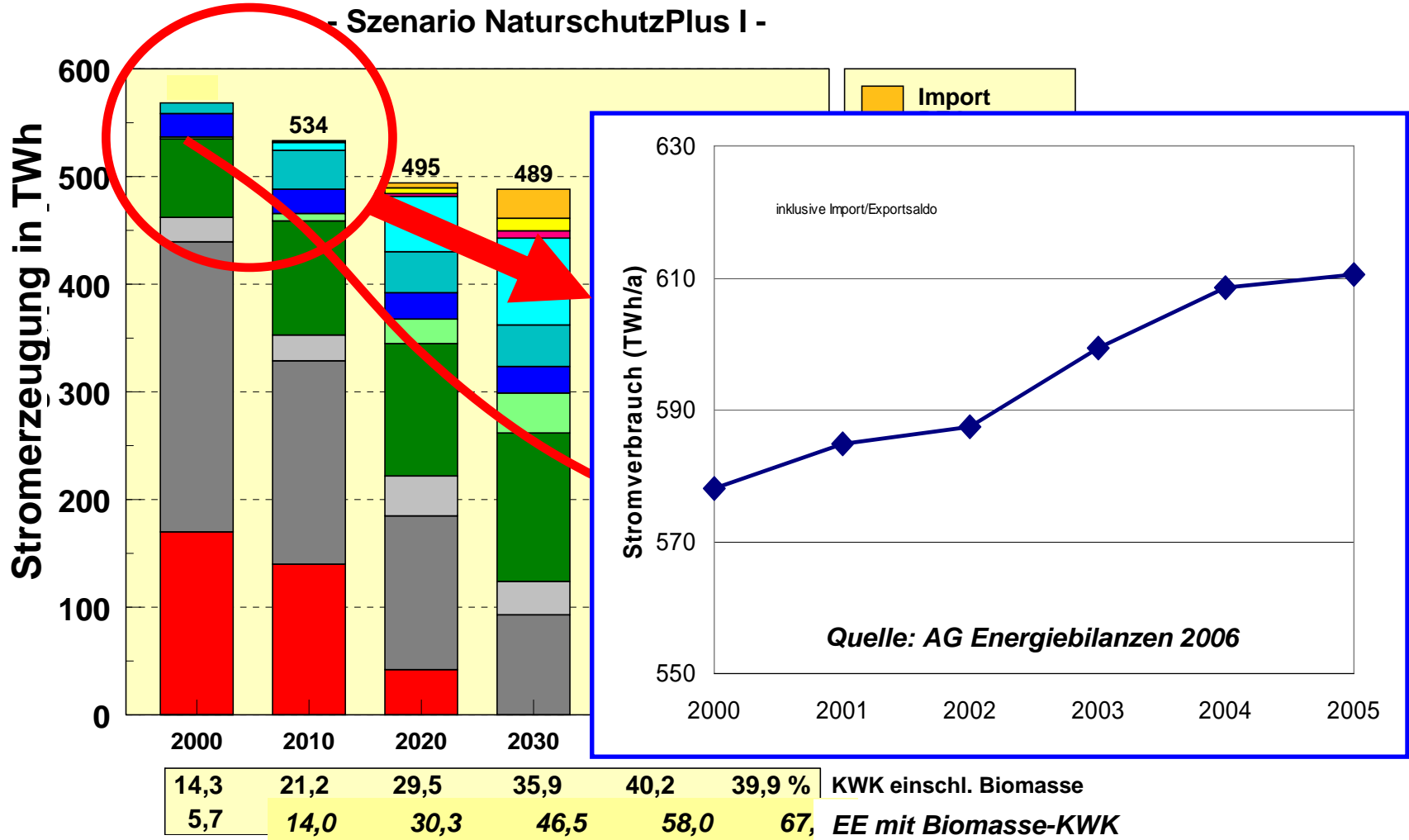
- Szenario NaturschutzPlus I -



Aber wie wahrscheinlich ist sie und was müssen wir dafür tun?

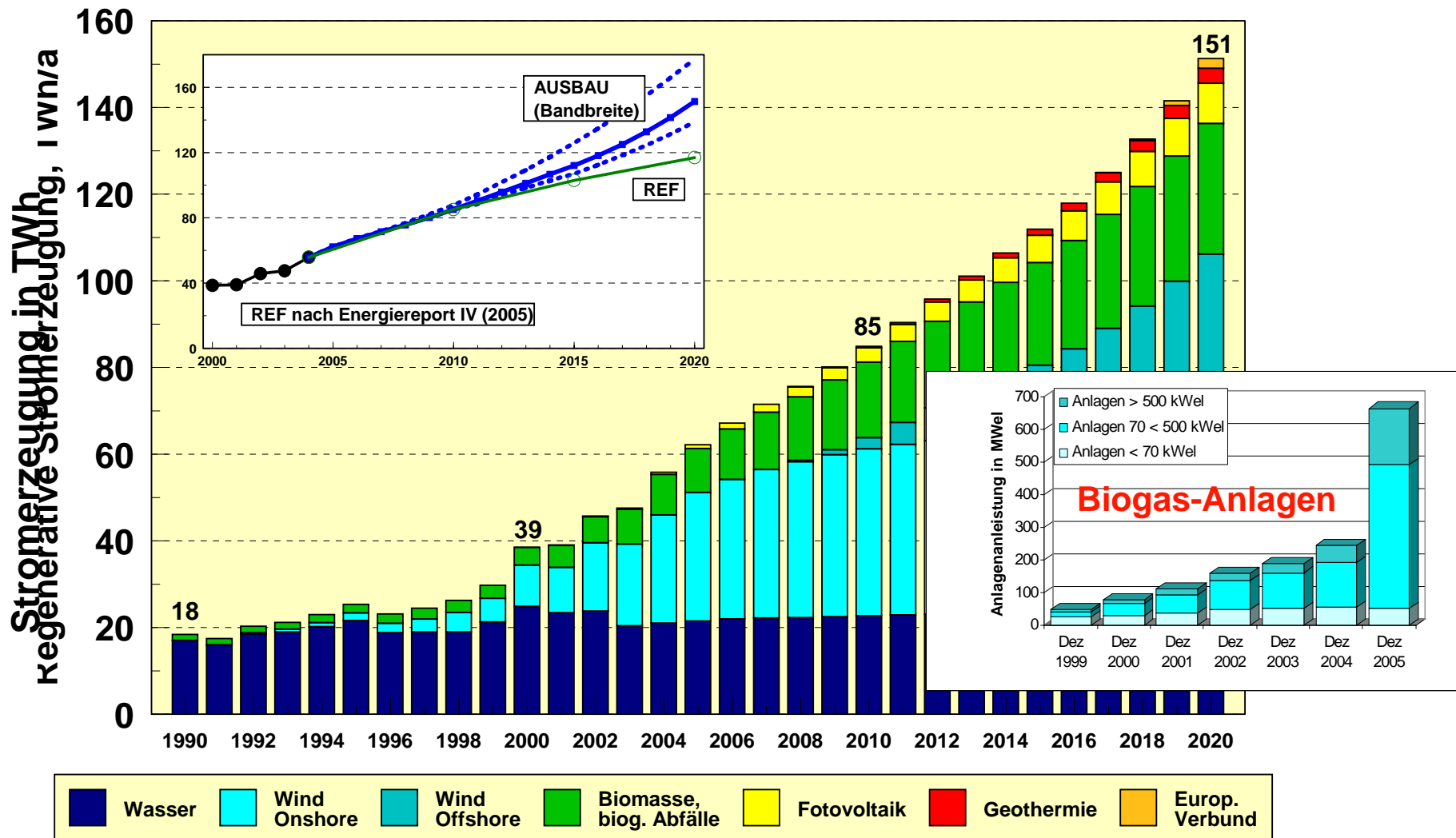
Stand der Entwicklung: Ziele und Realitäten

Stromerzeugung und Stromerzeugungsmix - Stromnachfrage
 moderat steigend statt sinkend



Stand der Entwicklung - Ziele und Realitäten

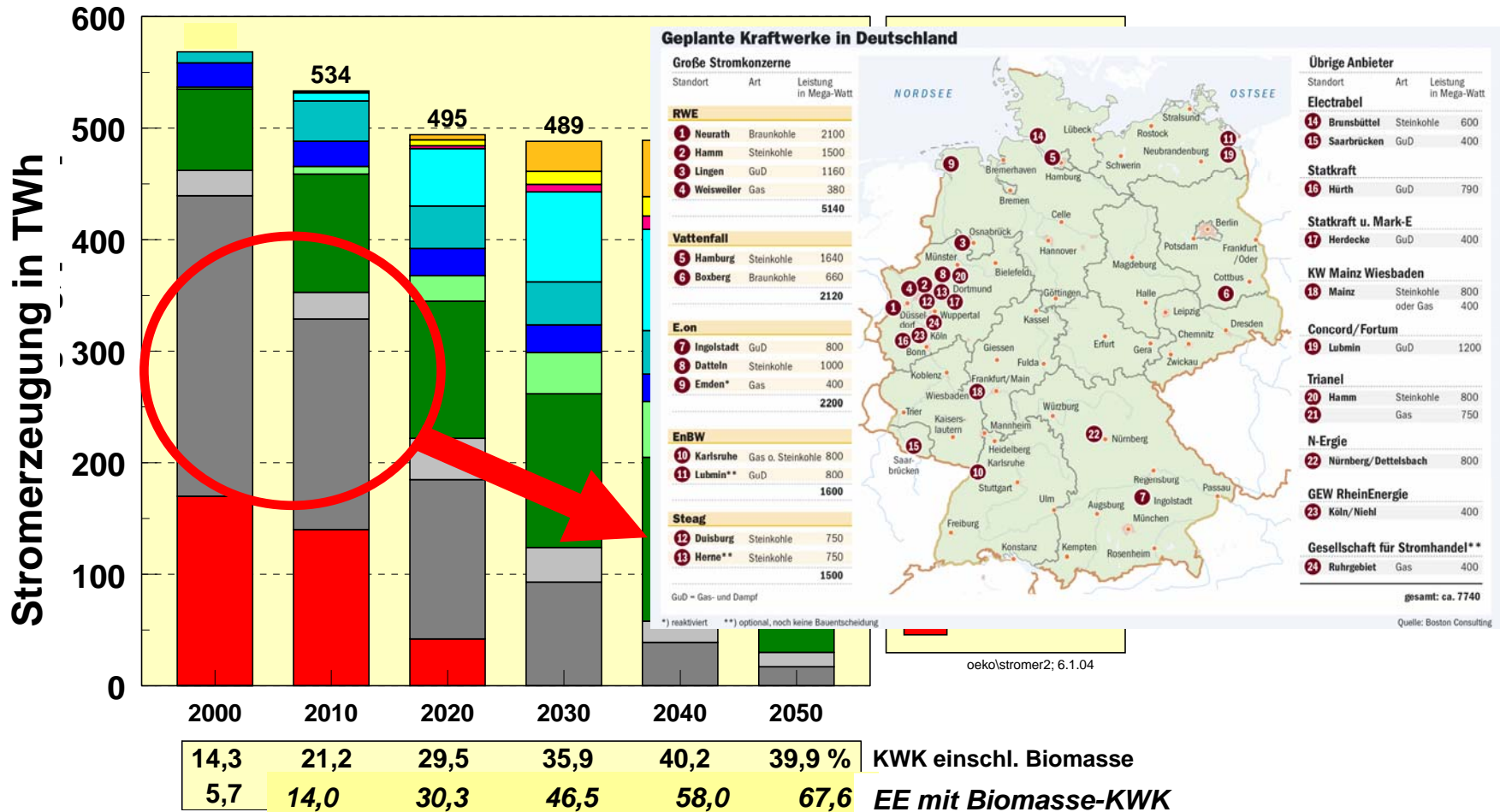
Erneuerbare Energien legen plangemäß zu - positive Perspektiven schon unter Referenzbedingungen



Stand der Entwicklung - Ziele und Realitäten

Geplante Kraftwerksneubauten (18 - 26 GW) lösen Investitionsstau auf, führen aber auch zu langfristigen strukturellen Festlegungen

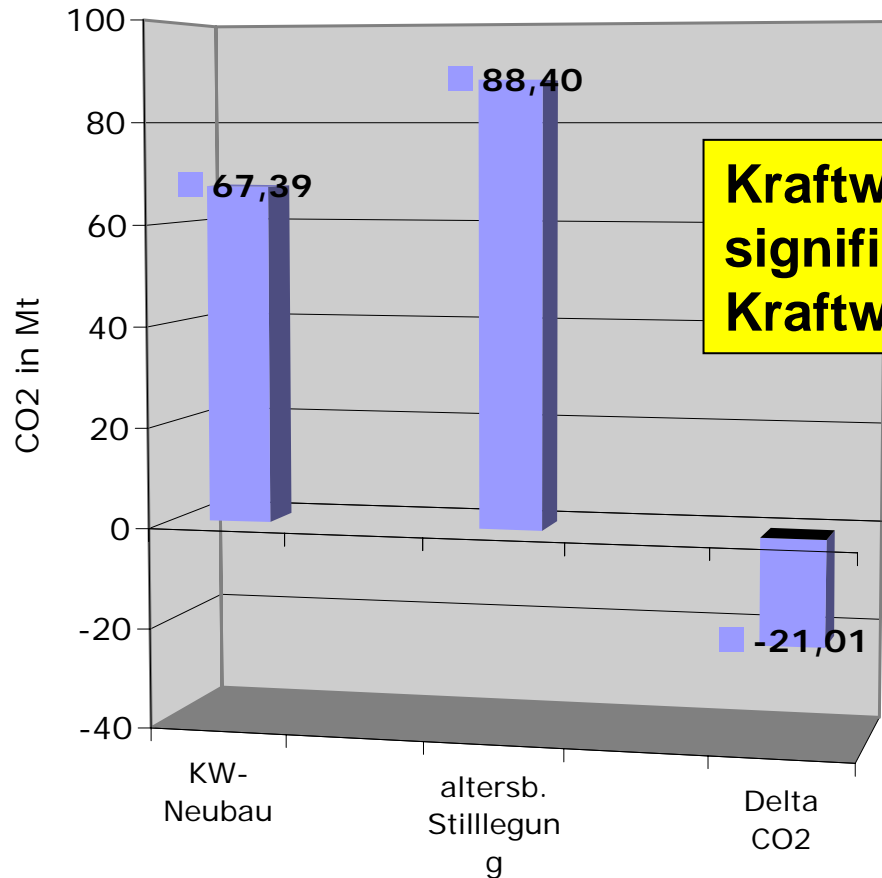
- Szenario NaturschutzPlus I -



Stand der Entwicklung - Ziele und Realitäten

Geplante Kraftwerksneubauten (18 GW) und resultierende Minderung der CO2-Emissionen

CO2-Emissionen Neubau vs. alterb. Stilllegung der KW in Deutschland



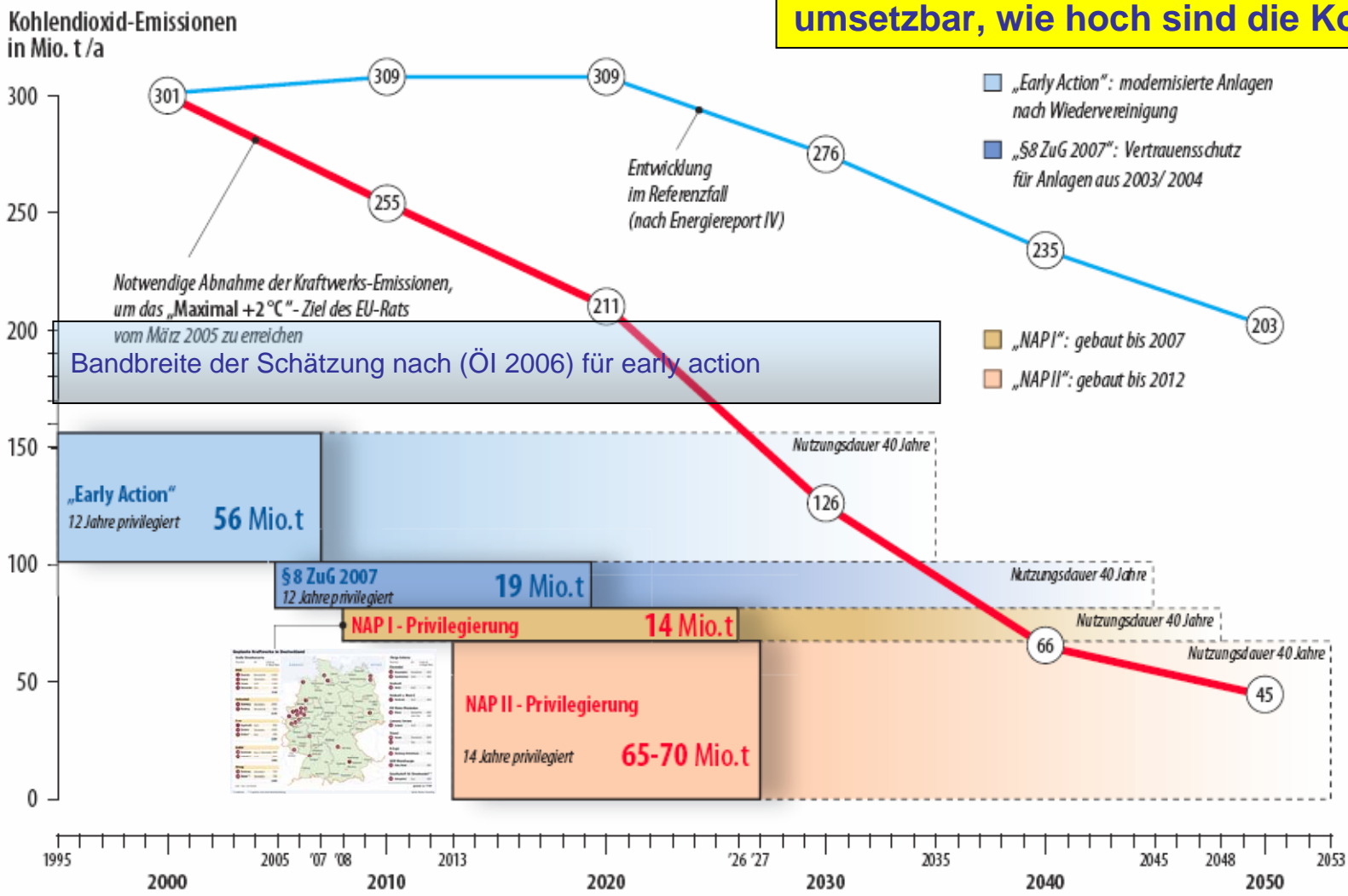
Kraftwerksneubauten führen zu signifikanter CO2-Minderung gg. Kraftwerksbestand von 24%



Stand der Entwicklung - Ziele und Realitäten

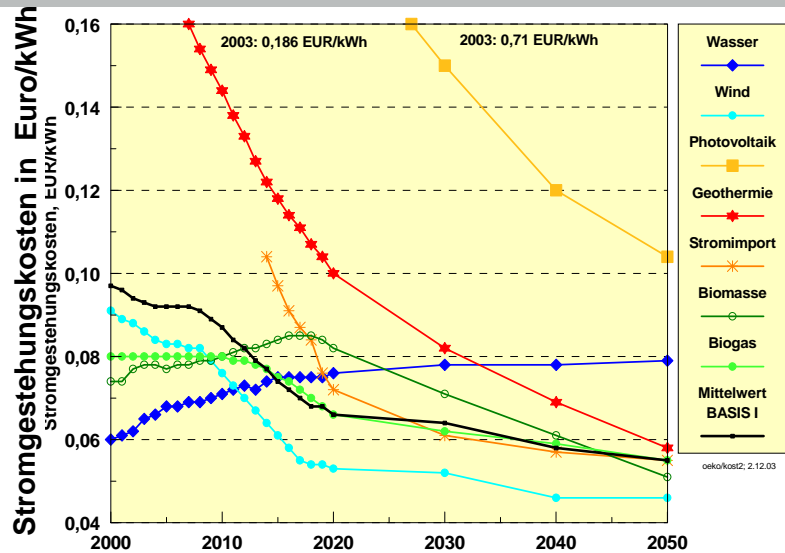
Geplante Kraftwerksneubauten (18 GW) stehen im Konflikt mit sehr ehrgeizigen Klimaschutzzielen

Wie gehen wir mit dem Konflikt um?
 Nachrüstung von CCS eine Option (ist dies umsetzbar, wie hoch sind die Kosten)?

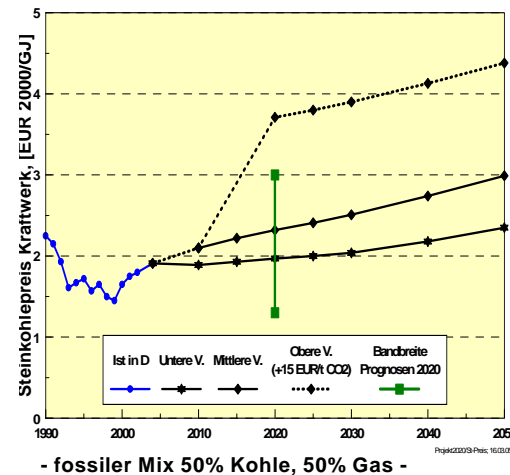


Alternative CO2-Abtrennung

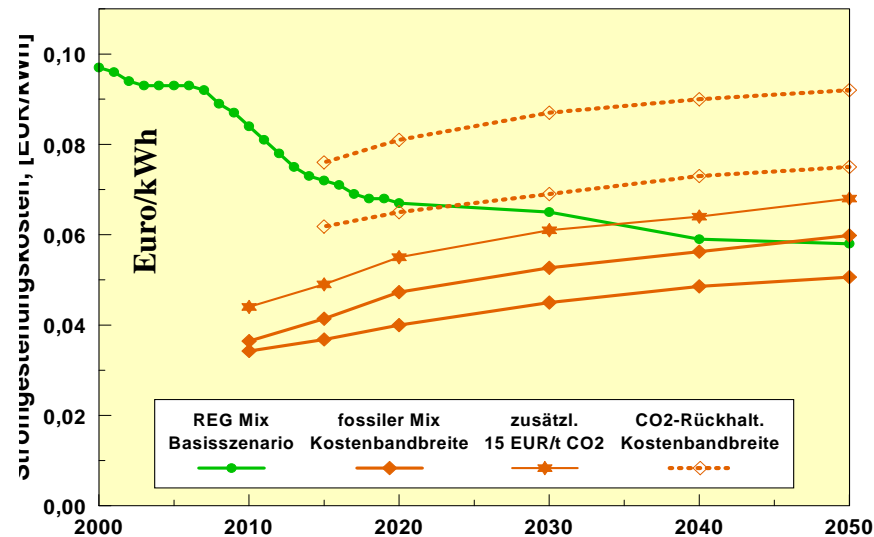
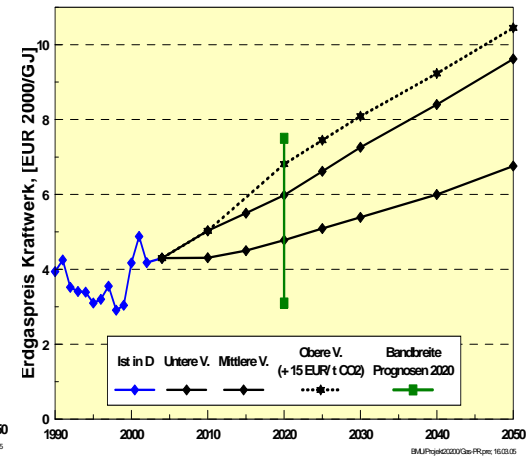
Kostenseitig mit hoher Wahrscheinlichkeit gegensätzliche Entwicklungen, Vergleich auf gleicher Augenhöhe (CO2-Emissionen)



Brennstoffpreis in Euro/GJ
Kohle



Erdgas

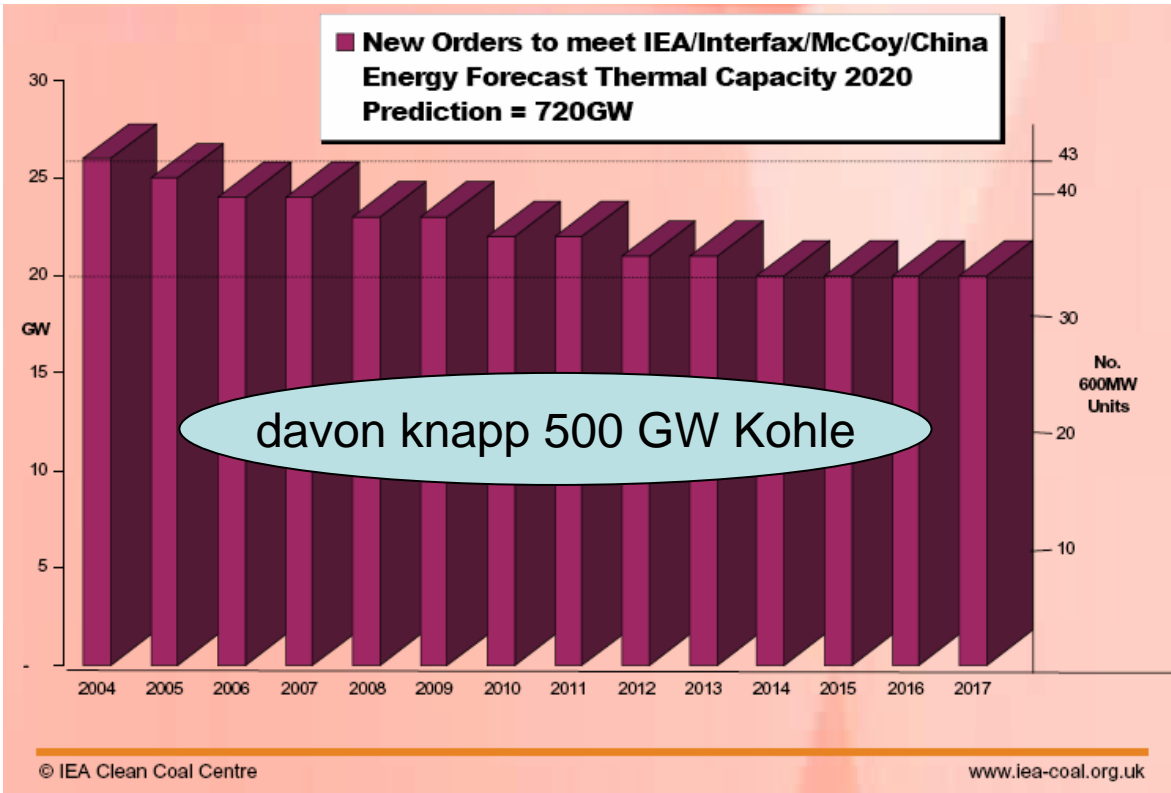


Schlussfolgerungen

- **Die Energie-/Stromversorgung der Zukunft ist durch hohe Anforderungen gekennzeichnet**
- **Für die Realisierung der Ziele stehen unterschiedliche Optionen zur Verfügung**
- **Im Bereich der Kohleverstromung sind signifikante Minderungen des spezifischen CO₂-Ausstoßes möglich - eine CO₂-freie Stromerzeugung kann nicht erreicht werden (auch mit CCS nicht!)**
- **Eine klimaverträgliche Energieversorgung ist ohne eine deutliche Erhöhung des Beitrages erneuerbarer Energien und eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz nicht möglich**
- **Klimaschutz ist kein Selbstläufer und erfordert in der Umsetzung engagiertes politisches und unternehmerisches Handeln**
- **Die Bedeutung von effizienten Kohlekraftwerkstechnologien mag national umstritten sein, aus globaler Sichtweise ist sie für den Klimaschutz essentiell.**

Anforderungen des globalen Klimaschutzes

Massiver Zubau von Kohlekraftwerkskapazitäten (Beispiel China) erwartet



Kraftwerksneubauten eingrenzen durch:

- Ausbau erneuerbarer Energien
- Umsetzung Stromeinsparpotenziale

Verbleibende fossile Stromerzeugung optimieren:

- Wirkungsgradsteigerung
- CCS prüfen

Die deutsche Kraftwerkstechnologie kann zur Eingrenzung des Klimabeitrages Impulse leisten

**Wissenschaftszentrum
Nordrhein-Westfalen**

Institut Arbeit
und Technik



Kulturwissenschaftliches
Institut

**Wuppertal Institut für
Klima, Umwelt, Energie**
GmbH



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:

**Dr. Manfred Fishedick
Wuppertal Institut**

**Döppersberg 19
42103 Wuppertal**

0202-2492-121

0202-2492-198 (FAX)

0202-2492-109 (Sekretariat)

Manfred.Fishedick@wupperinst.org