

Nachhaltige Entwicklung: Energieoptionen auf dem Prüfstand

Alfred Voß

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)

Universität Stuttgart

www.ier.uni-stuttgart.de

Physiksommer 2002

18. September 2002 Ilmenau

Nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development)

Brundtland Kommission:

„Nachhaltige Entwicklung“ ist eine „Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“.

Ziel

Die Verbesserung der ökonomischen und sozialen Lebensbedingungen aller Menschen, der heute und zukünftig lebenden, mit der langfristigen Sicherung der natürlichen Lebensgrundlage in Einklang zu bringen.

Nachhaltigkeit – eine umfassende Sicht

Im Verständnis der Rio-Deklaration, wie auch der Brundtland-Kommission, beinhaltet das Leitbild „nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung“ die Forderungen

- **nach schonender Nutzung und Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Life-Support-Systems),**
- **nach wirtschaftlicher Entwicklung und**
- **nach sozialer Entwicklung**

Diese drei Forderungen werden auch als die drei Dimensionen – Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft – einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung bezeichnet.

➤ **Nachhaltige Entwicklung - Konkretisierung des Leitbildes für den Energiebereich**

- Naturwissenschaftliche Grundlagen -
Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik
- Nachhaltige Energieversorgung und die Nutzung erschöpfbarer Energievorräte
- Energie und die Senkenfunktion der Umwelt
- Nachhaltige Entwicklung und das allgemeine ökonomische Prinzip

Orientierungs- und Handlungsregeln

1. Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen darf auf Dauer nicht größer sein als ihre Regenerationsrate.
2. Nicht-erneuerbare Energieträger und Rohstoffe sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger wirtschaftlich nutzbarer Ersatz verfügbar gemacht wird, in Form neu erschlossener Vorräte, erneuerbarer Ressourcen oder einer höheren Produktivität der Ressourcen.
3. Stoffeinträge in die Umwelt dürfen auf Dauer die Aufnahmekapazität bzw. Assimilationsfähigkeit der natürlichen Umwelt nicht überschreiten.
4. Die Gefahren und Risiken der Bereitstellung von Energiedienstleistungen für die menschliche Gesundheit müssen kleiner sein als die durch sie vermiedenen natürlichen Risiken.
5. Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen soll zu möglichst geringen gesamtwirtschaftlichen Kosten (private plus externe Kosten) erfolgen.

- **Stromerzeugungssysteme auf dem Prüfstand der Nachhaltigkeit**

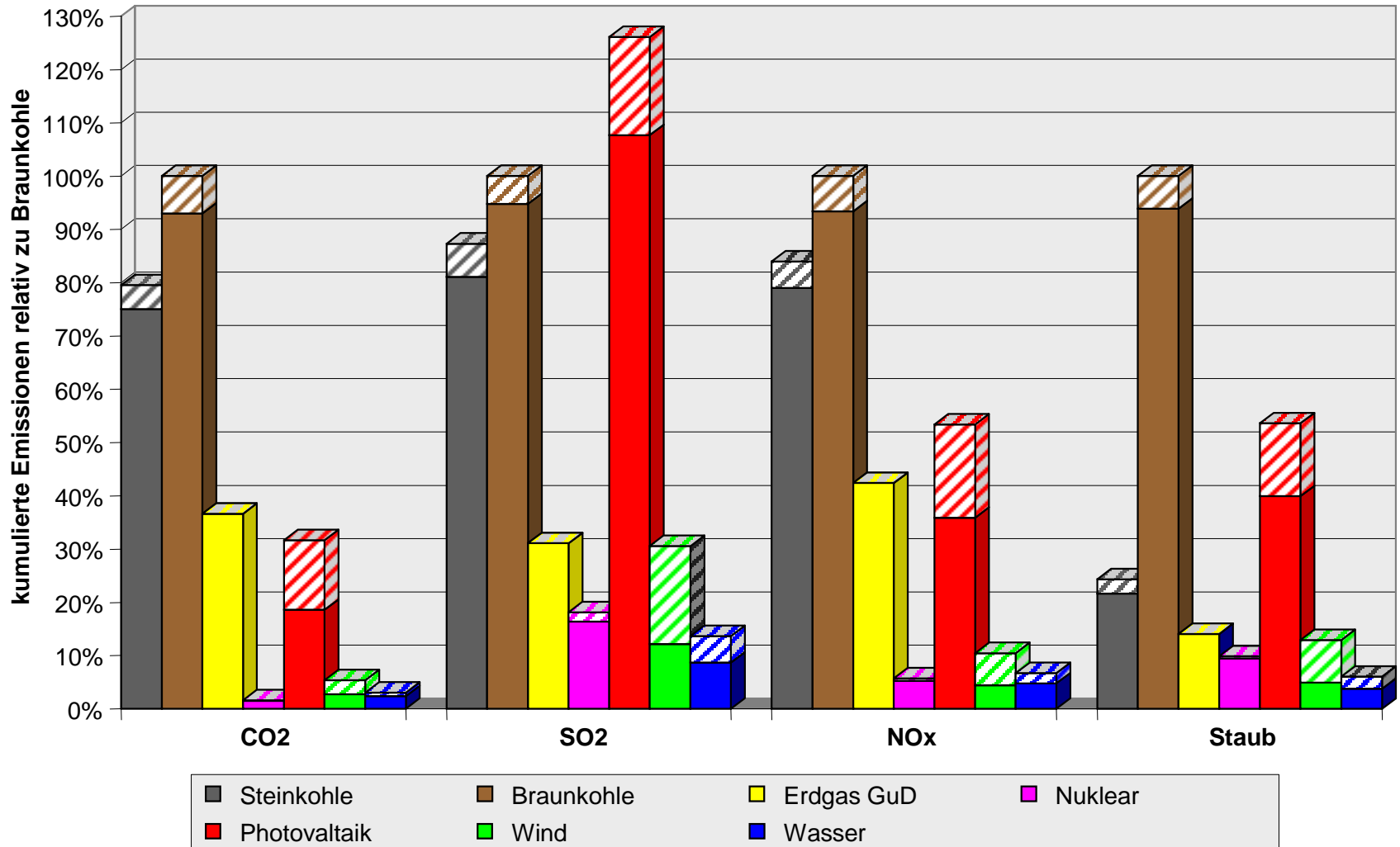
Kumulierter Energieaufwand und energetische Amortisationszeit

	KEA (ohne Brennstoff) [kWh _{Prim} / kWh _{el}]	EAZ [Monate]
Steinkohle D	0,28 - 0,30	3,2 - 3,6
Braunkohle	0,16 - 0,17	2,7 - 3,3
Erdgas GuD	0,17	0,8
Nuklear	0,07 - 0,08	2,9 - 3,4
Photovoltaik	0,62 - 1,24	71 - 141
Wind	0,05 - 0,15	4,6 - 13,7
Wasser	0,03 - 0,05	8,2 - 13,7

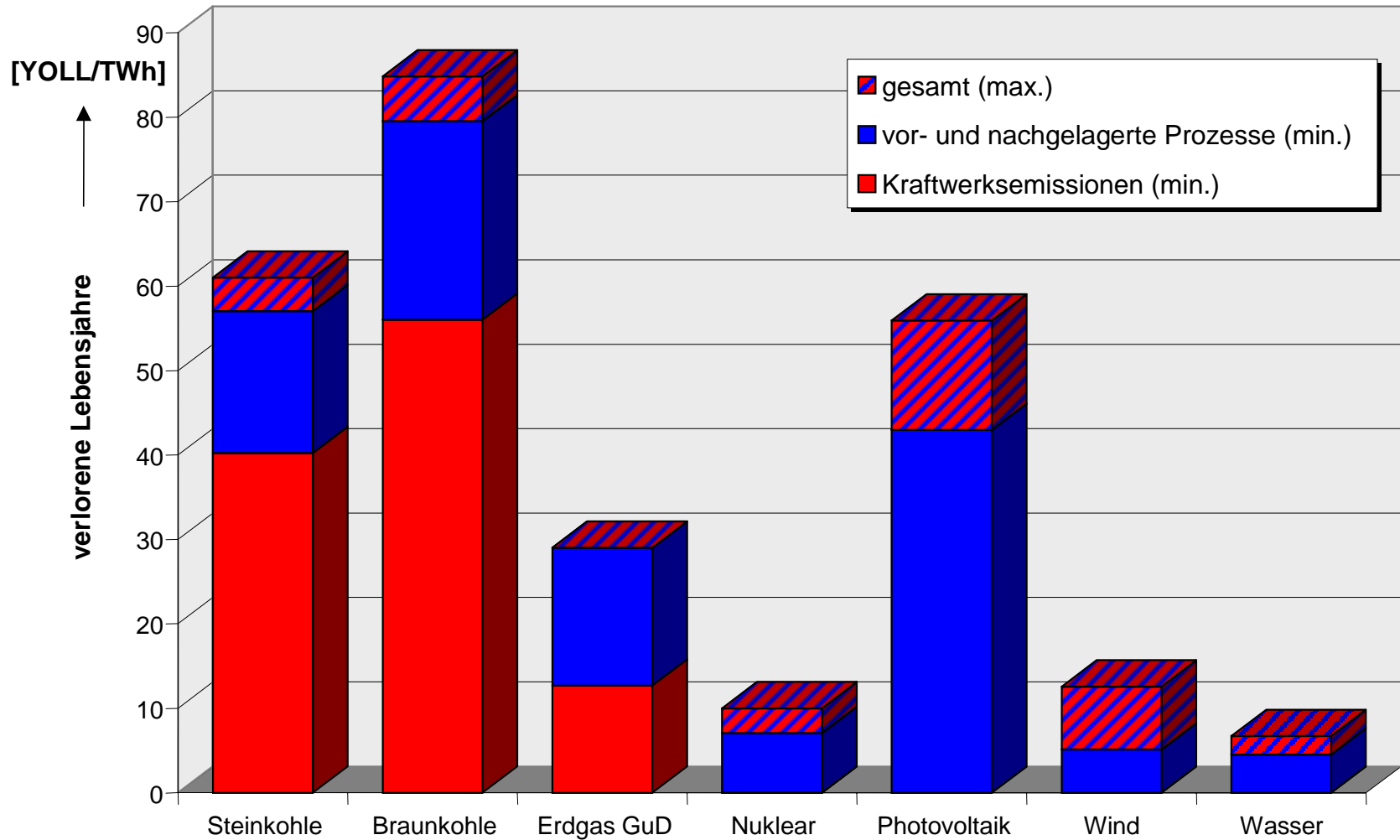
Gesamter Rohstoff- und Materialaufwand

	Eisen [kg / GWh _{el}]	Kupfer [kg / GWh _{el}]	Bauxit [kg / GWh _{el}]
Steinkohle D	1.750 - 2310	2	16 - 20
Braunkohle	2.100 - 2.170	7 - 8	18 - 19
Erdgas GuD	1.207	3	28
Nuklear	420 - 490	6 - 7	27 - 30
Photovoltaik	3.690 - 24.250	210 - 510	240 - 4.620
Wind	3.700 - 11.140	47 - 140	32 - 95
Wasser	1.560 - 2.680	5 - 14	4 - 11

Kumulierte Emissionen



Gesundheitsrisiken *)



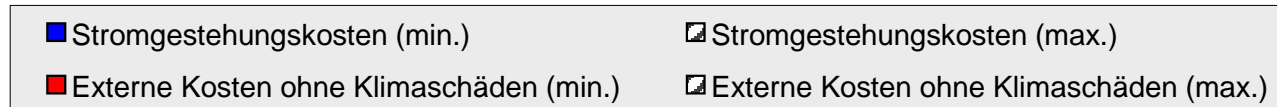
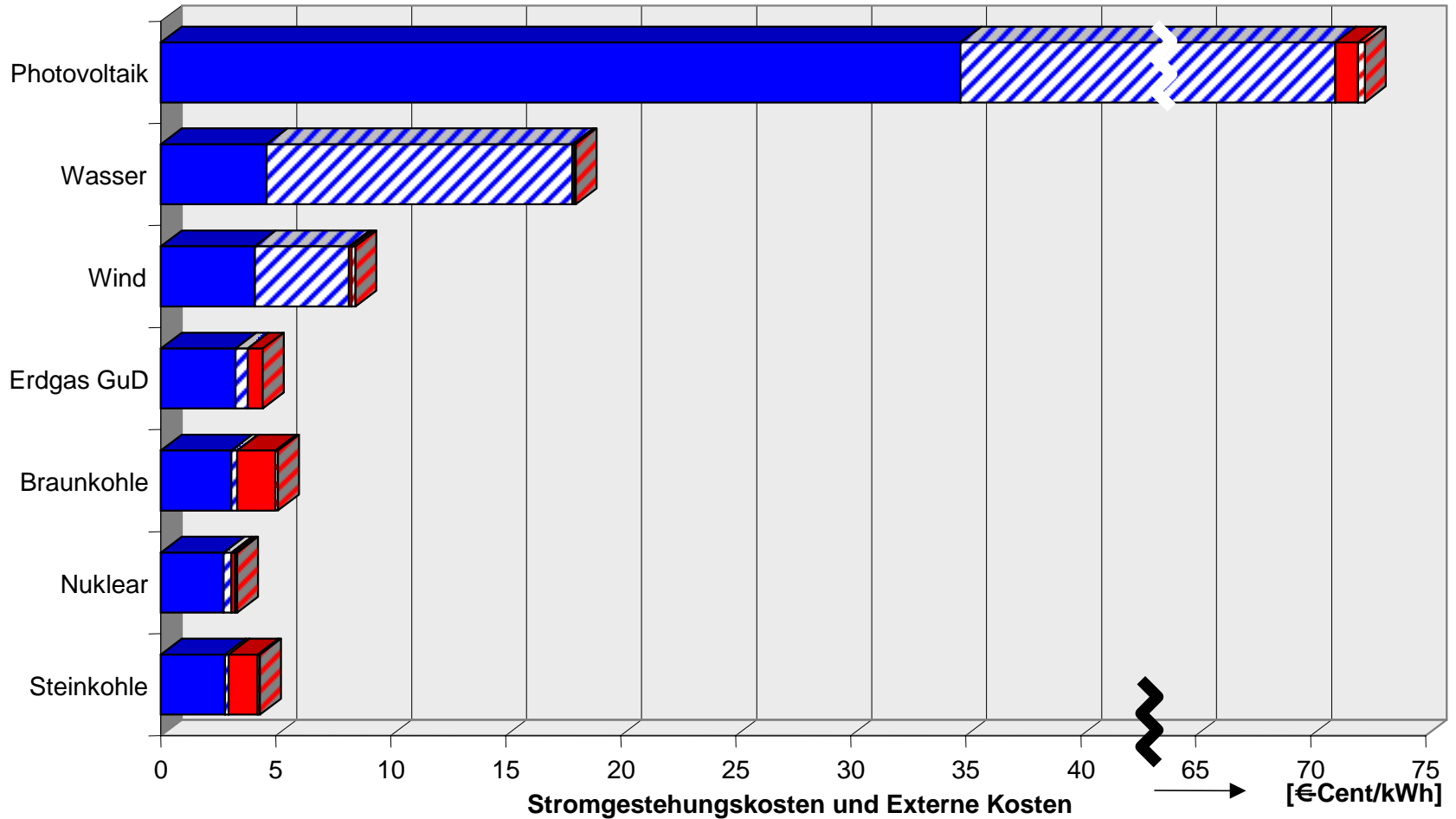
*) durchschnittliche spezifische Gesundheitsrisiken für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Externe Kosten *)

[€Cent/kWh]	Steinkohle	Braun- kohle	Erdgas GuD	Nuklear	Photo- voltaik	Wind	Wasser
Schadenskosten¹⁾							
Gesundheit	0,81 - 0,87	1,13 - 1,20	0,41	0,10 - 0,11	0,61 - 0,79	0,07 - 0,18	0,06 - 0,10
Getreide	0,01 - 0,02	-0,002	0,031	0,000	-0,003	-0,001	0,000
Material	0,01	0,01 - 0,02	0,006	0,002	0,01	0,002	0,001
Treibhauseffekt	0,19 - 0,20	0,24 - 0,25	0,09	0,004	0,05 - 0,08	0,01	0,007
Vermeidungskosten²⁾							
Vers., Eutroph.	0,44 - 0,47	0,52 - 0,55	0,20	0,06	0,39 - 0,48	0,04 - 0,11	0,04 - 0,06
Treibhauseffekt	1,50 - 1,59	1,86 - 2,00	0,73	0,03	0,37 - 0,63	0,06 - 0,11	0,05 - 0,06
Gesamt	1,45 - 2,96	1,89 - 3,77	0,74 - 1,38	0,16 - 0,29	1,05 - 1,92	0,13 - 0,40	0,11 - 0,21
1) durchschnittliche spezifische Schadenskosten für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland 2) nach Standard-Preis-Ansatz							

*) durchschnittliche spezifische Externe Kosten für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Gestehungskosten und Externe Kosten der Stromerzeugung



Die Szenarien der Enquete-Kommission (1)

- Referenzszenario
 - Fortschreibung der derzeitigen Energiepolitik
 - Auslaufen der Kernenergienutzung
 - Keine Vorgabe von Klimaschutzzielen

Zielszenarien: Reduktion der THG Emissionen um 50 % bis 2030 bzw. 80 % bis 2050 gegenüber 1990

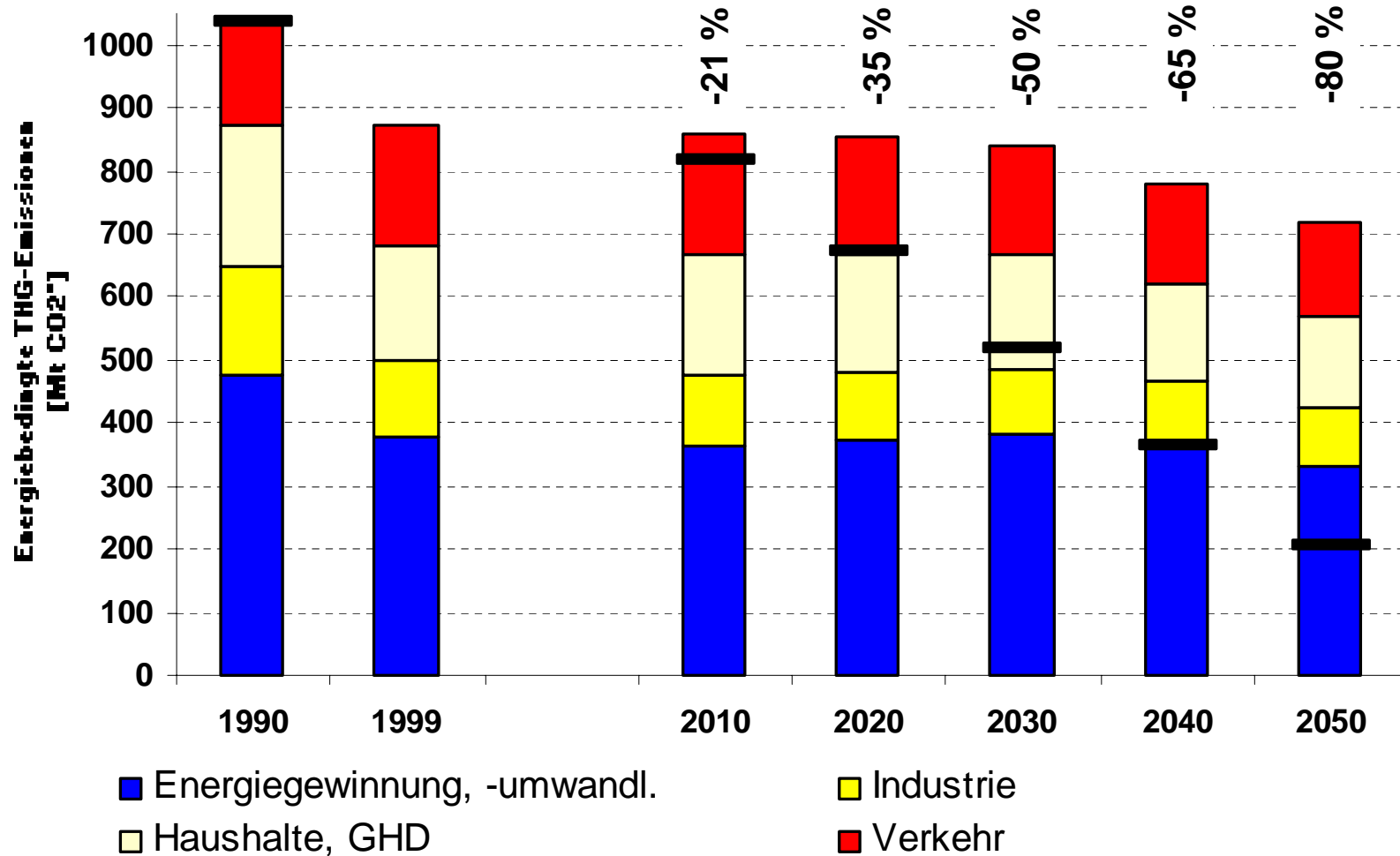
- Umwandlungseffizienz (UWE)
 - Effizienzsteigerung beim Einsatz fossiler Energieträger
 - Abtrennung und Deponierung von CO₂ möglich
 - Ausweitung KWK (40 % KWK-Strom in 2050)
 - Verstärkte Energieeinsparung
 - Auslaufen der Kernenergienutzung

Die Szenarien der Enquete-Kommission (2)

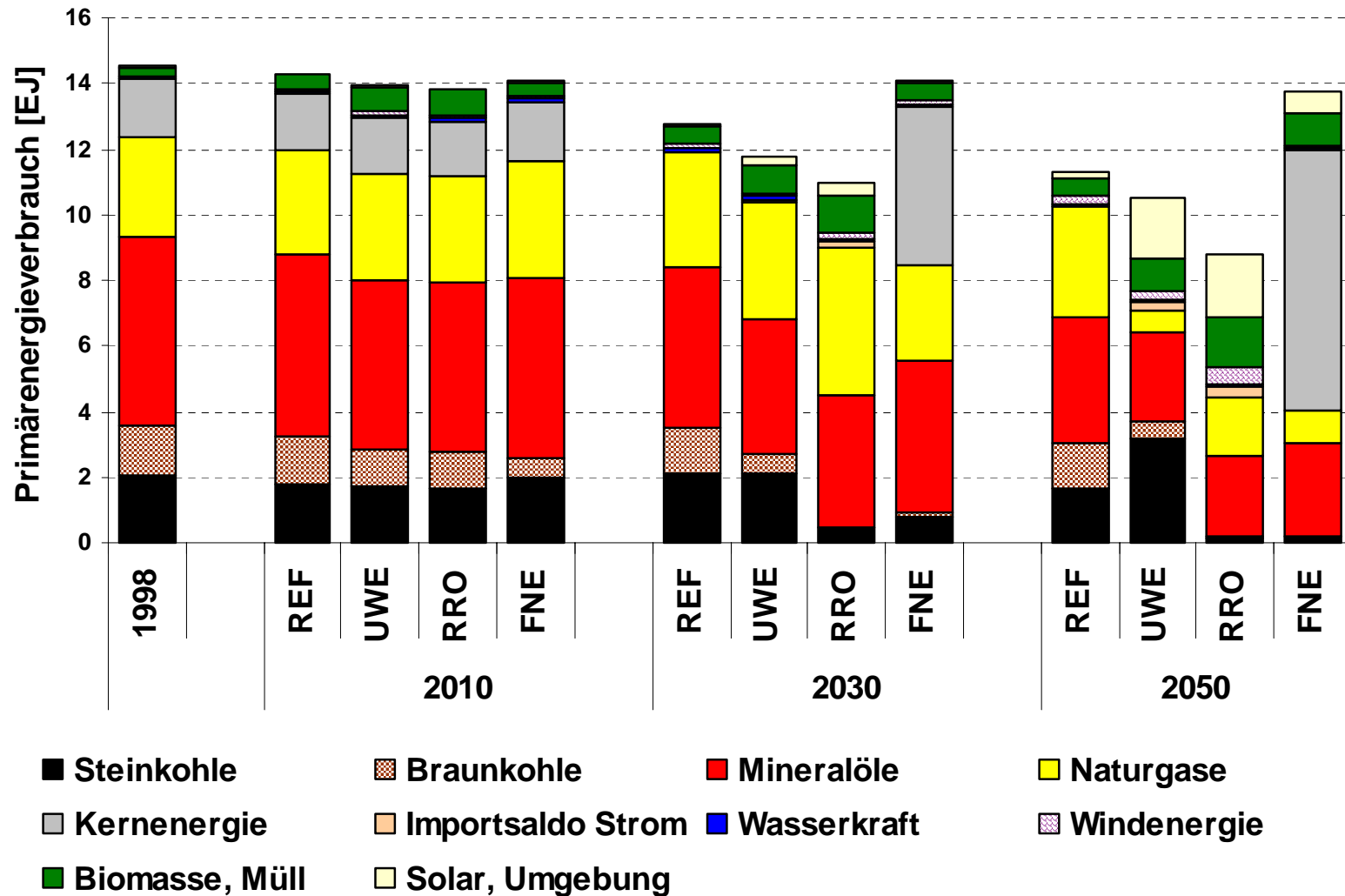
- REG/REN-Offensive (RRO)
 - Versorgung basiert auf Erneuerbaren Energien (mindestens 50 % der Stromerzeugung und des Energieverbrauchs im Jahr 2050)
 - Verstärkte Energieeinsparung
 - Zurückdrängung des motorisierten Straßengüter und -personenverkehrs
 - Auslaufen der Kernenergienutzung
- Fossil-nuklearer Energiemix (FNE) (Ressourcennutzungseffizienz)
 - Kosteneffiziente Erreichung der Reduktionsziele
 - Nutzung von Energieeinsparung und CO₂-Minderungsoptionen entsprechend ihrer Minderungseffizienz
 - Weitere Nutzung und Ausbau der Kernenergie möglich

Energiebedingte Treibhausgasemission im Referenzszenario

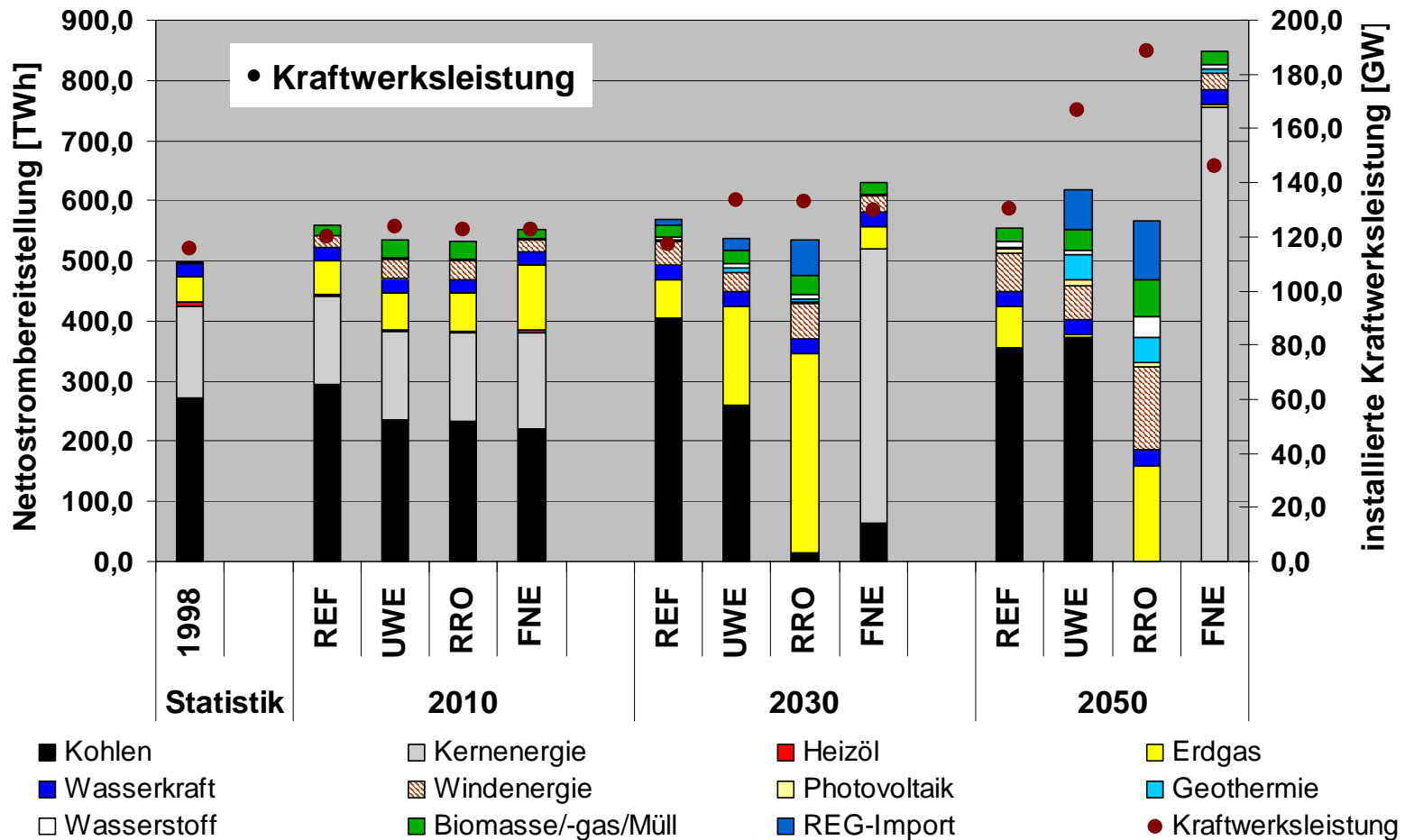
THG-Reduktionsziele



Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern



Klimaschutz und politische Rahmenbedingungen – Auswirkungen auf die zukünftigen Stromerzeugungsstrukturen



Energieseitige Kosten zur Erreichung der Treibhausgasminderungsziele

Kostendifferenz zum Referenzszenario in Mrd. Euro₉₈	
Szenario	Kumulierte Minderungskosten bis 2050
Umwandlungseffizienz (UWE)	593
REG/REN-Offensive (RRO)	1.279
Fossil-Nuklearer Energiemix (FNE)	-236

