

„Energie und Nachhaltige Entwicklung“

Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)
Universität Stuttgart
www.ier.uni-stuttgart.de

HIN Kolloquium

4. Mai 2006

Herausforderungen

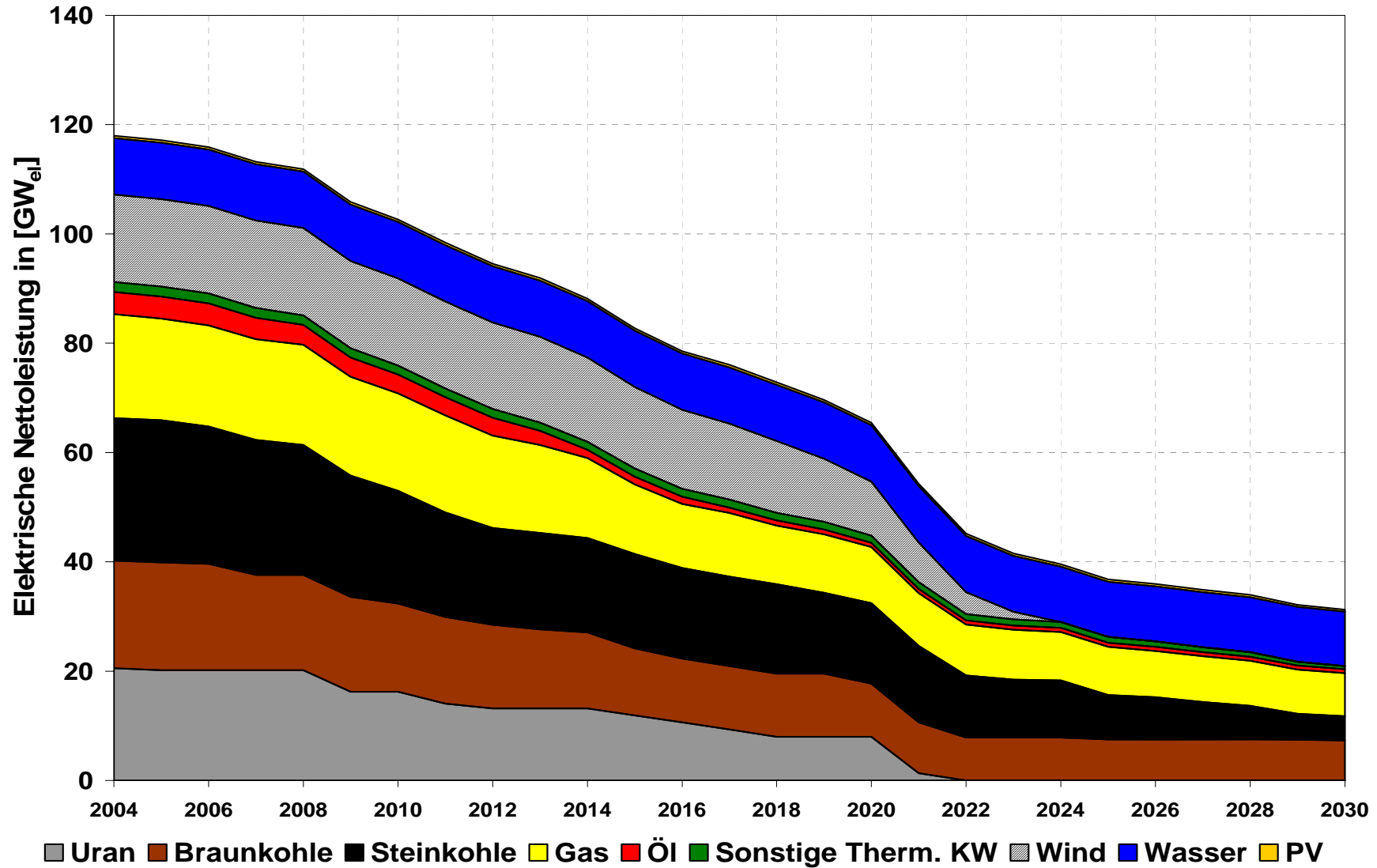
- Überwindung von Hunger und Armut, d. h. Schaffung humaner Lebensbedingungen für eine weiter wachsende Weltbevölkerung
- Vermeidung anthropogener Umweltbelastungen und Klimaänderungen, die die natürlichen Lebensgrundlagen gefährden
- Sicherung der Zukunftsfähigkeit des Wirtschafts- und Lebensraumes Deutschland, insbesondere der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und von ausreichender Beschäftigung

Herausforderungen

Die Herausforderungen haben einen direkten Bezug zur Energieversorgung, da

- die Verfügbarmachung von mehr bezahlbarer arbeitsfähiger Energie eine notwendige Bedingung zur Überwindung von Hunger und Armut, d. h. zur Schaffung humaner Lebensbedingungen sowie zur humanen Begrenzung des Wachstums der Weltbevölkerung ist,
- der überwiegende Teil der Treibhausgas- und anderer Schadstoffemissionen aus der Energieversorgung stammen,
- die Sicherung des Wirtschaftsstandortes Deutschland ohne eine leistungsfähige Energieinfrastruktur und ohne wettbewerbsfähige Energiepreise nicht gelingen kann.

Verbleibende Kapazität des Kraftwerkbestandes 2004



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“.

„Im Wesentlichen ist nachhaltige Entwicklung ein Wandlungsprozess, in dem die Nutzung von Ressourcen, das Ziel von Investitionen, die Richtung technologischer Entwicklung und institutioneller Wandel miteinander harmonisieren und das derzeitige und künftige Potential vergrößern, menschliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen.“

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.

"Nachhaltige Entwicklung" Konkretisierung des Leitbildes für den Energiebereich

- **Naturwissenschaftliche Grundlagen**
- **Nachhaltigkeit und die Nutzung vorratsbegrenzter Ressourcen**
- **Nachhaltigkeit und Ökonomie**

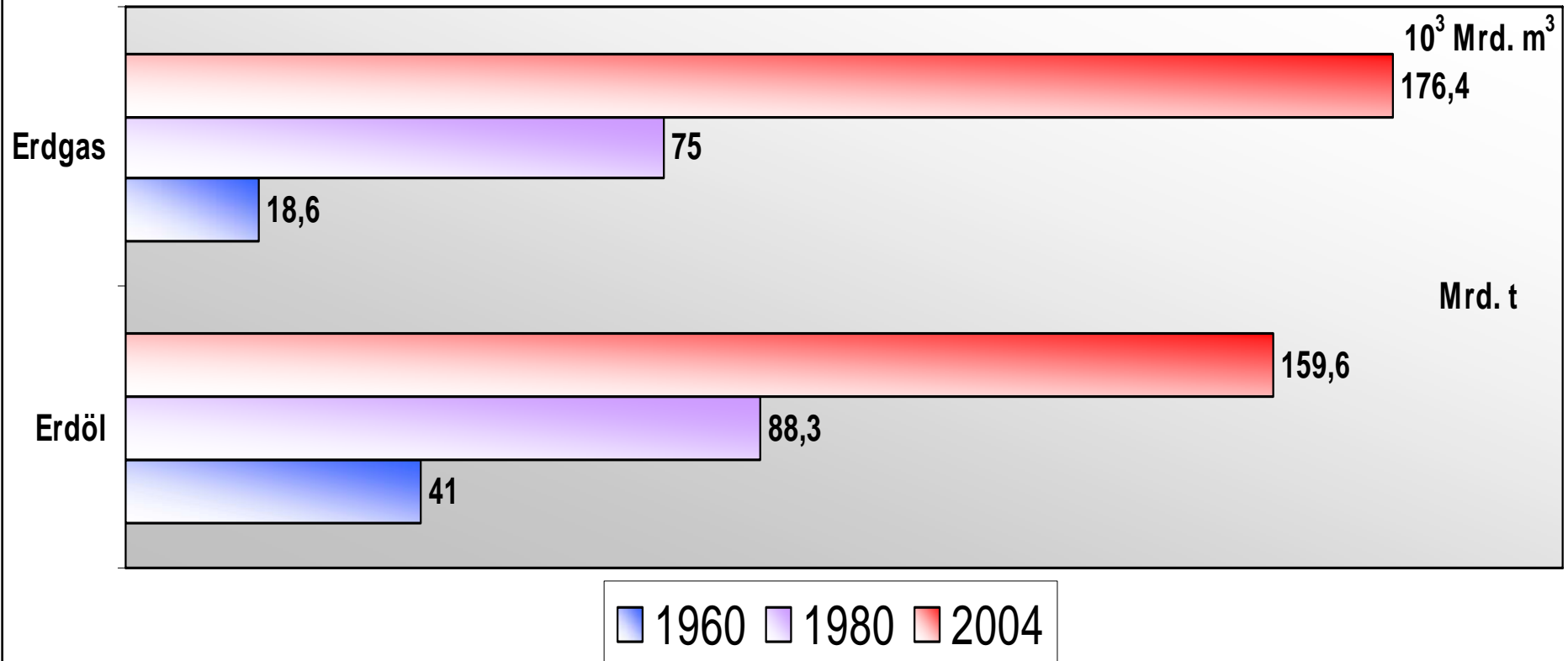
➤ **Naturwissenschaftliche Grundlagen**

- 2. Hauptsatz der Thermodynamik => Leben sowie die Entfaltung wirtschaftlicher und kultureller Leistungen bedürfen ständiger Zufuhr von arbeitsfähiger Energie und Materie.
- Umweltbelastungen resultieren aus der mit der Stoffentwertung verbundenen Stofffreisetzungen in die Umwelt, d.h. aus nicht geschlossenen Stoffkreisläufen.
- Wachsendes Wissen (Gestaltungsfähigkeit) und die damit mögliche Weiterentwicklung von Technik sind die Basis zur Erhaltung bzw. Erweiterung der Entfaltungsspielräume kommender Generationen.

➤ **Nachhaltigkeit und die Nutzung vorratsbegrenzter Ressourcen**

- Ist die Nutzung vorratsbegrenzter Ressourcen (z.B Erdöl und Kohle) mit dem Nachhaltigkeitsprinzip vereinbar ?
- Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen erfordert den Einsatz von Energieträgern, aber auch von nichtenergetischen Rohstoffen und Materialien.
- Eine Nutzung vorratsbegrenzter Ressourcen erfordert eine Gegenleistung => die Ausweitung der technisch-wirtschaftlich verfügbaren Ressourcenmenge.
- Stand der Technik bestimmt die technisch-wirtschaftlich verfügbare Energie- und Rohstoffbasis.

Entwicklung der sicher gewinnbaren Reserven



➤ **Nachhaltigkeit und Ökonomie**

- Haushälterischer Umgang mit knappen Ressourcen ist ein zentraler Aspekt von Nachhaltigkeit.
- Auch das allgemeine ökonomische Prinzip zielt auf die Minimierung des Ressourcenverbrauchs ab.
 - => Kosten und Preise dienen dabei als Maß für die Ressourceninanspruchnahme.
- Kosten sind aber nur dann ein Maß für die relative Nachhaltigkeit von Energiesystemen wenn alle Kosten, auch die der Umweltinanspruchnahme erfasst sind.
 - => Internalisierung externer Kosten

Nachhaltige Energieversorgung

wenn

- das Potenzial für die Bereitstellung von Energiedienstleistungen für die nächste Generation größer wird.
 - ➡ Ausweitung der wirtschaftlich nutzbaren Energie- und Ressourcenbasis
- die mit der Energienutzung verbundenen Stofffreisetzungen die Assimilationskapazität der Umwelt als Senke nicht überschreiten.
- die Energiedienstleistungen mit möglichst geringem Ressourcenaufwand, einschließlich der Ressource Umwelt bereitgestellt werden.
 - ➡ Relative Nachhaltigkeit von Energiesystemen lässt sich messen am gesamten Ressourcenverbrauch je Energieeinheit (Rohstoffe, Energie, Kapital, Arbeit, Umwelt)
- ➡ Vollkosten (inkl. externer Kosten) sind Maß für relative Nachhaltigkeit

➤ **Stromerzeugungssysteme auf dem Prüfstand der Nachhaltigkeit**

Referenzanlagen zur Stromerzeugung

Stromerzeugungstechnik	Technik	Anlagenleistung el (netto) [MW]	Wirkungsgrad el [%]	Lebensdauer [Jahre]
Steinkohle-Kraftwerk	Staubfeuerung	700	45,5	35
Braunkohle-Kraftwerk	Staubfeuerung	800	43	35
Erdgas GuD-Kraftwerk	GuD	777,5	57,5	35
DWR mit dir. Endl.	Druckwasserreaktor	1375	33	40
Holz-HKW	Hackschnitzelfeuerung	20	24	35
PV-Modul poly 5 kW	polykristallines PV-Modul	0,005	12,5 ¹⁾	25
WEA 1500 kW (5,5) ³⁾	Horizontalachsenkonverter	1,5	2450 h/a ²⁾	20
WEA 1500 kW (4,5) ³⁾		1,5	1680 h/a ²⁾	20
Laufwasserkraft 3,1 MW	Laufwasserkraft	3,1	90	60

¹⁾ Systemwirkungsgrad; Vollbenutzungsstunden: 880h/a

²⁾ Vollbenutzungsstunden

³⁾ mittlere Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe)

Quelle: IER 2005

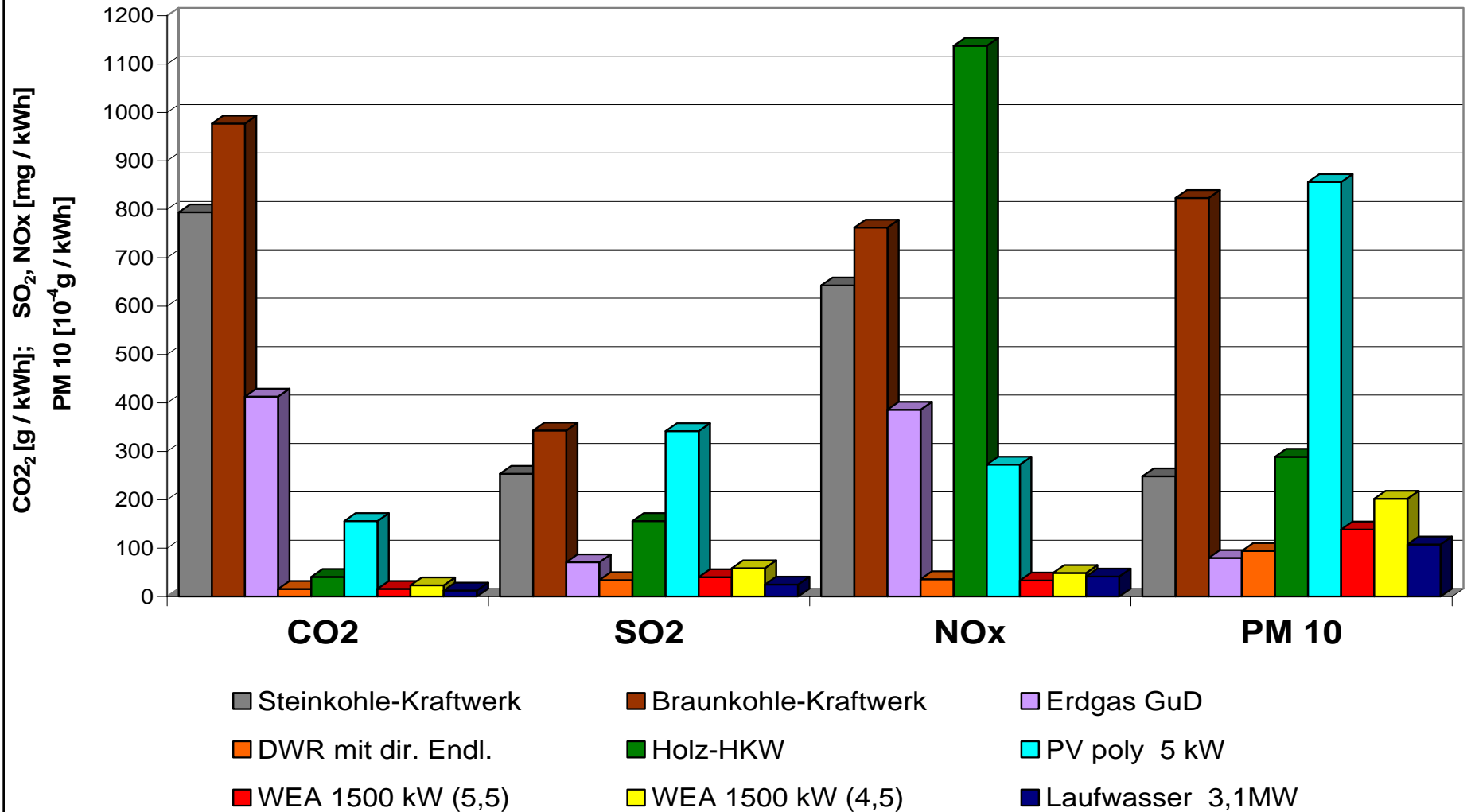
Spez. kumulierter nicht-regenerativer Energieaufwand (KEA) und energetische Amortisationszeit (EAZ)

	Kumulierter Energieaufwand (KEA) (ohne Brennstoff) [kWh _{Prim} / kWh _{el}]	Energetische Amortisationszeit (EAZ) [Monate]
Steinkohle-Kraftwerk	0,27	3,1
Braunkohle-Kraftwerk	0,16	3,2
Erdgas GuD	0,17	0,8
DWR mit dir. Endl.	0,07	2,8
Holz-HKW	0,08	13,2
PV poly 5 kW	0,61	66,3
WEA 1500 kW (5,5)	0,06	4,9
WEA 1500 kW (4,5)	0,08	7,2
Laufwasser 3,1 MW	0,04	11,0

Gesamter Rohstoff- und Materialaufwand

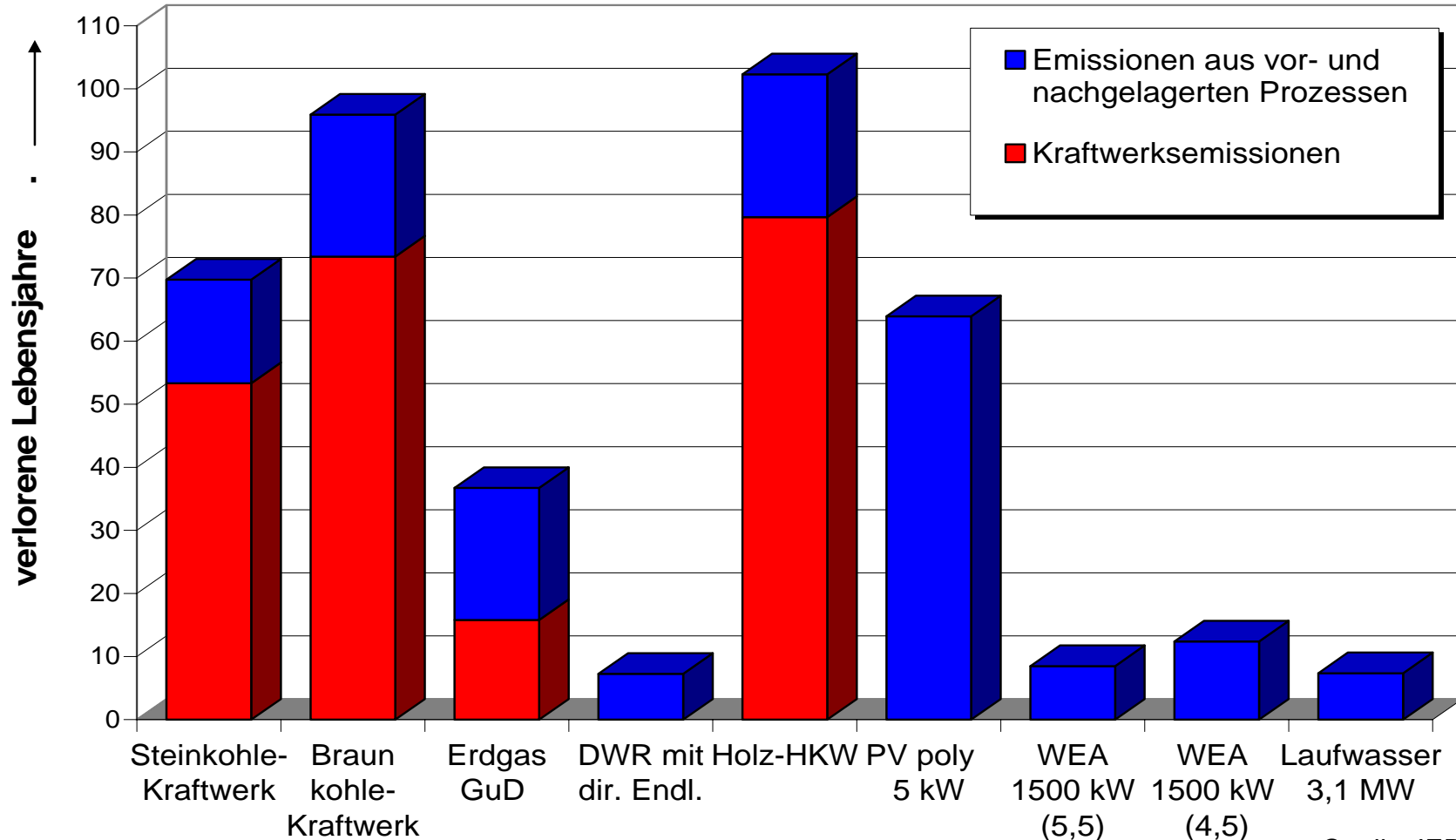
	Eisen [kg/GWh _{el}]	Kupfer [kg/GWh _{el}]	Bauxit [kg/GWh _{el}]
Steinkohle-Kraftwerk	1.700	8	30
Braunkohle-Kraftwerk	2.134	8	19
Erdgas GuD	1.239	1	2
DWR mit dir. Endl.	457	6	27
Holz-HKW	934	4	18
PV poly 5 kW	4.969	281	2.189
WEA 1500 kW (5,5)	3.066	52	35
WEA 1500 kW (4,5)	4.471	75	51
Laufwasser 3,1 MW	2.057	5	7

Kumulierte Emissionen



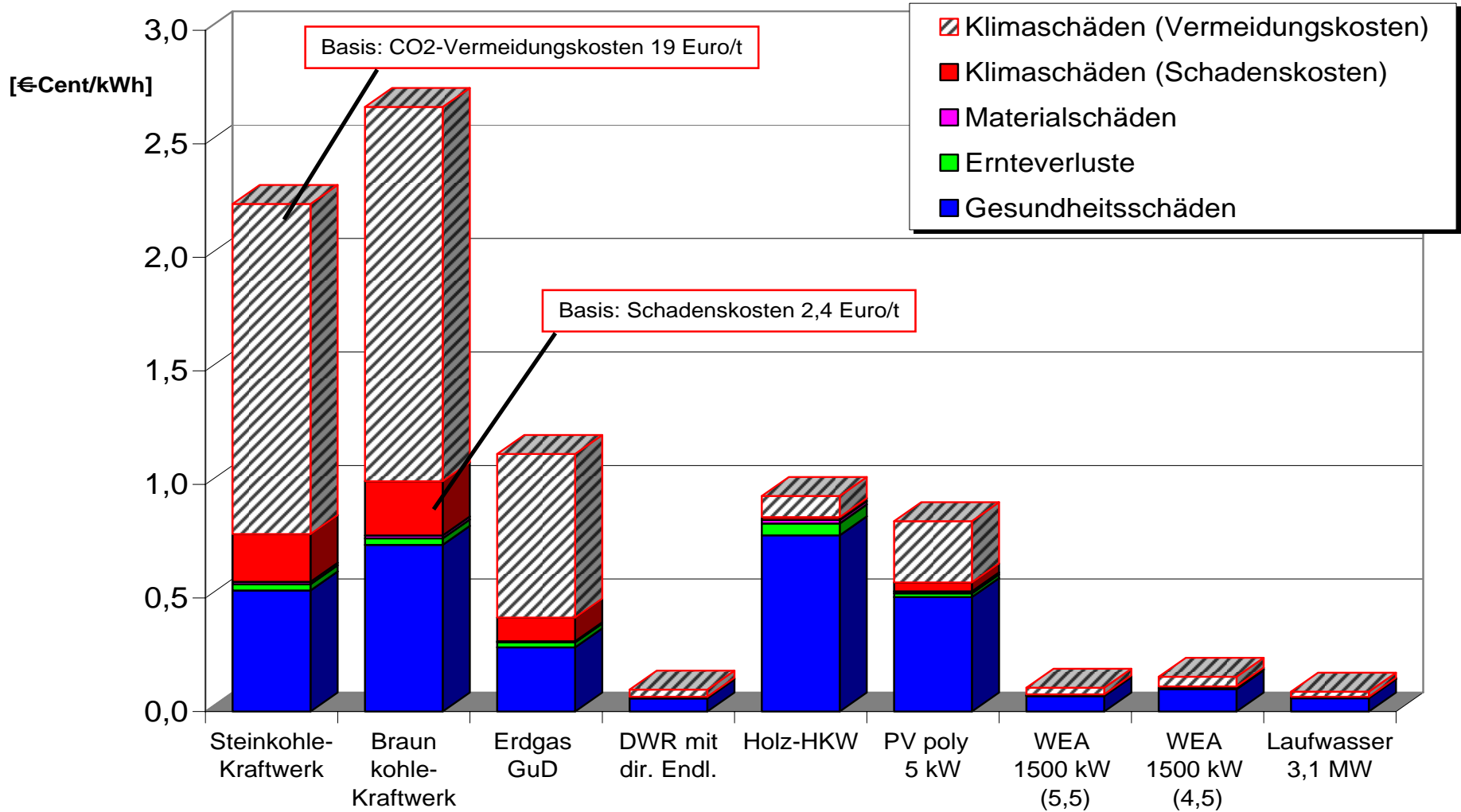
Gesundheitsrisiken

[YOLL/TWh]

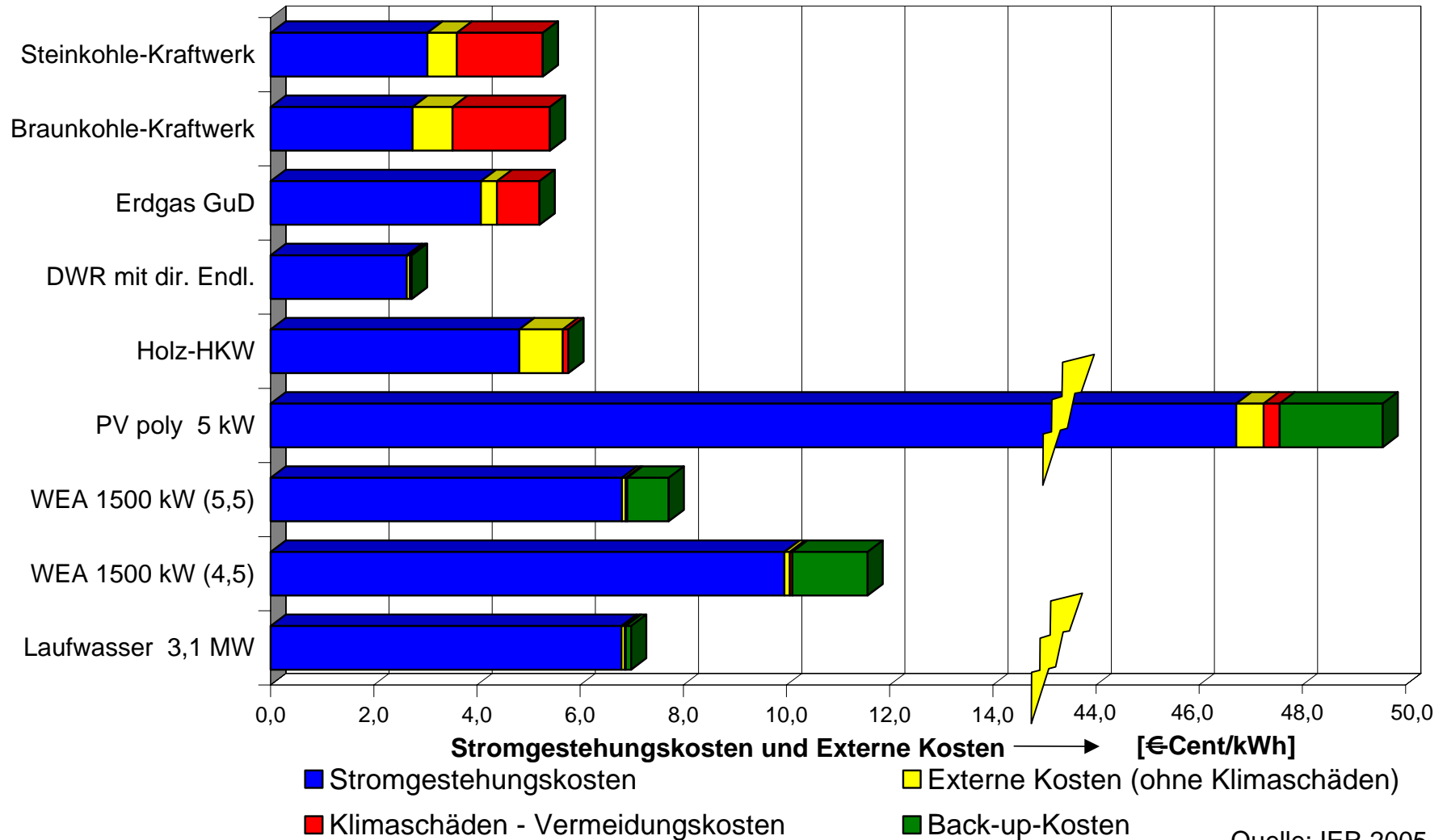


Quelle: IER 2005

Externe Kosten



Gestehungskosten und Externe Kosten der Stromerzeugung



Quelle: IER 2005

Erneuerbare Energien und Klimaschutz

	CO₂-Vermeidungskosten [EUR / t CO ₂] *)
Wind	85 - 170
Photovoltaik	1.200
Erdgas	~ 0
Kernenergie	~ 0
Wirkungsgradsteigerung bei Kohlekraftwerken	~ 30

*) gegenüber Steinkohlekraftwerk

➤ **Entwicklung der Energieversorgung in
Deutschland – Wege zur Nachhaltigkeit?**

Perspektiven der Entwicklung der Energieversorgung Deutschlands

Referenzszenario (REF)

- Fortschreibung der derzeitigen Energiepolitik
- Auslaufen der Kernenergienutzung
- keine Verschärfung der Klimaschutzziele

Präferenz Erneuerbare Energien (PEE)

- Anteil Erneuerbarer Energien steigt auf 30 %
- Auslaufen der Kernenergienutzung
- Keine CO₂-Abtrennung

Clean Coal Technologies (CCT)

- CO₂-Abtrennung u. Entsorgung zugelassen
- Auslaufen der Kernenergienutzung

Effiziente Ressourcennutzung

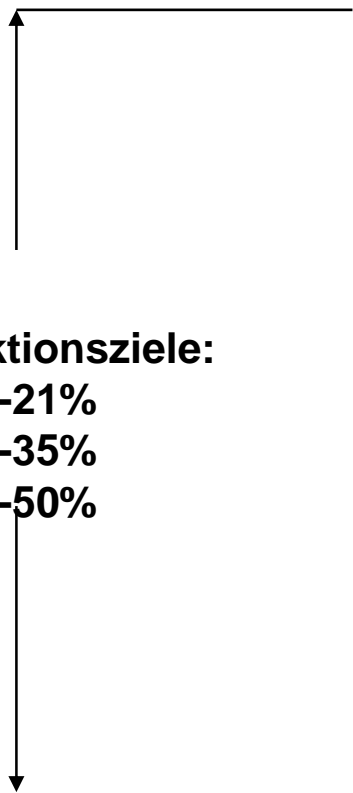
- Kosteneffiziente Erreichung der Reduktionsziele
- Kernenergie: Laufzeitverlängerung (ERL)
- Kernenergie: Ausbau möglich (ERA)

THG-
Reduktionsziele:

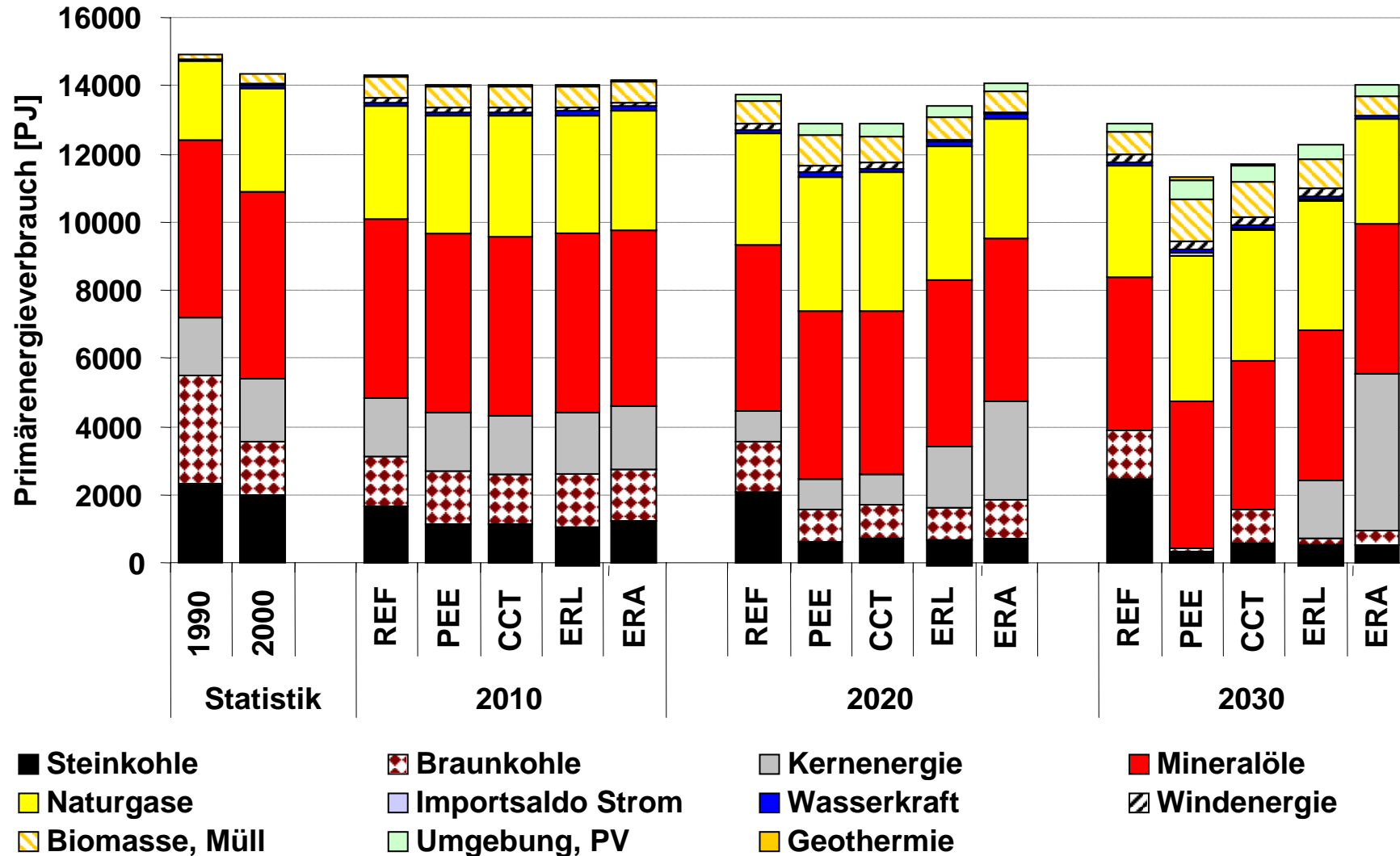
2010: -21%

2020: -35%

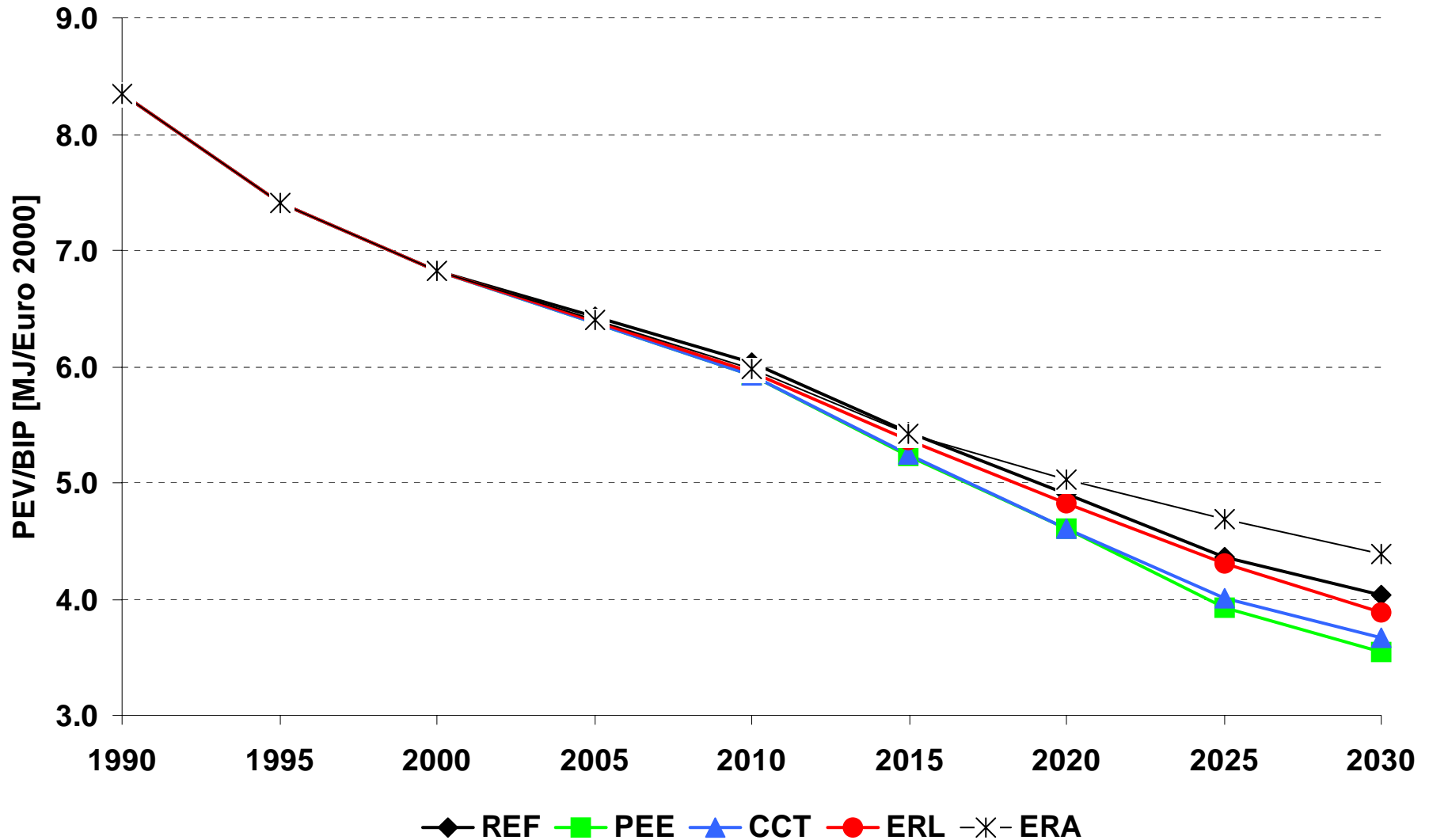
2030: -50%



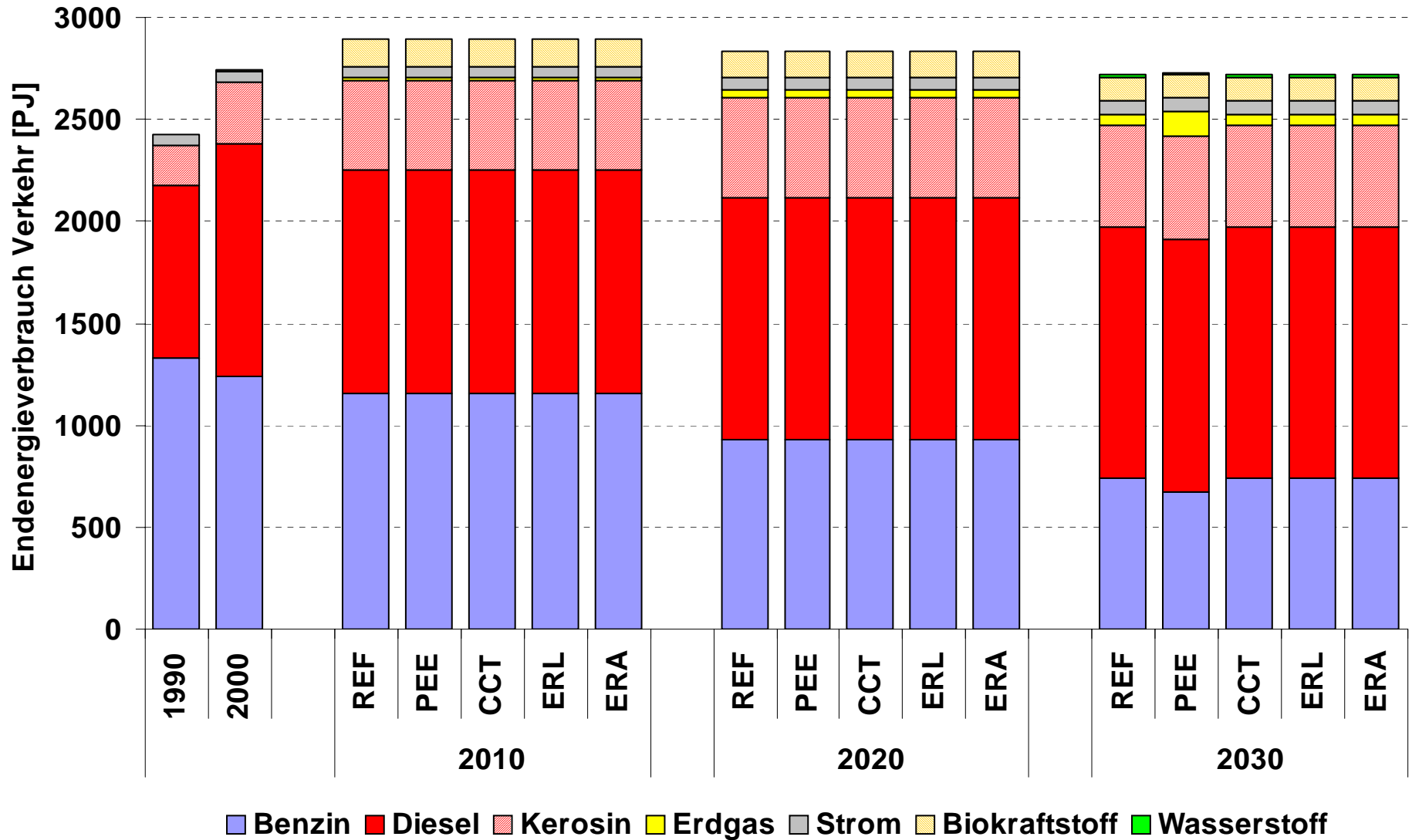
Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern



Entwicklung der Energieintensität des Bruttoinlandsproduktes



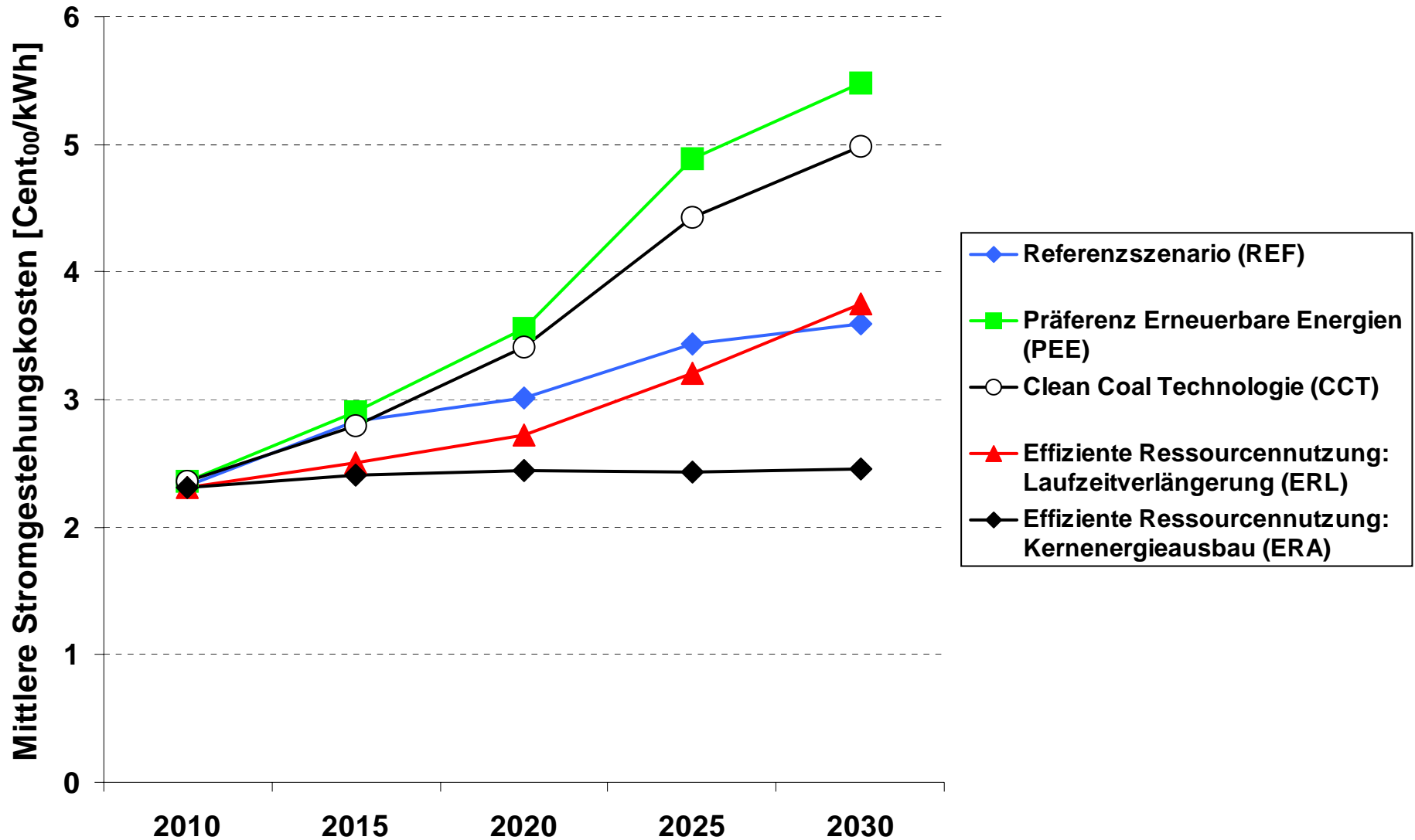
Endenergieverbrauch Verkehrssektor



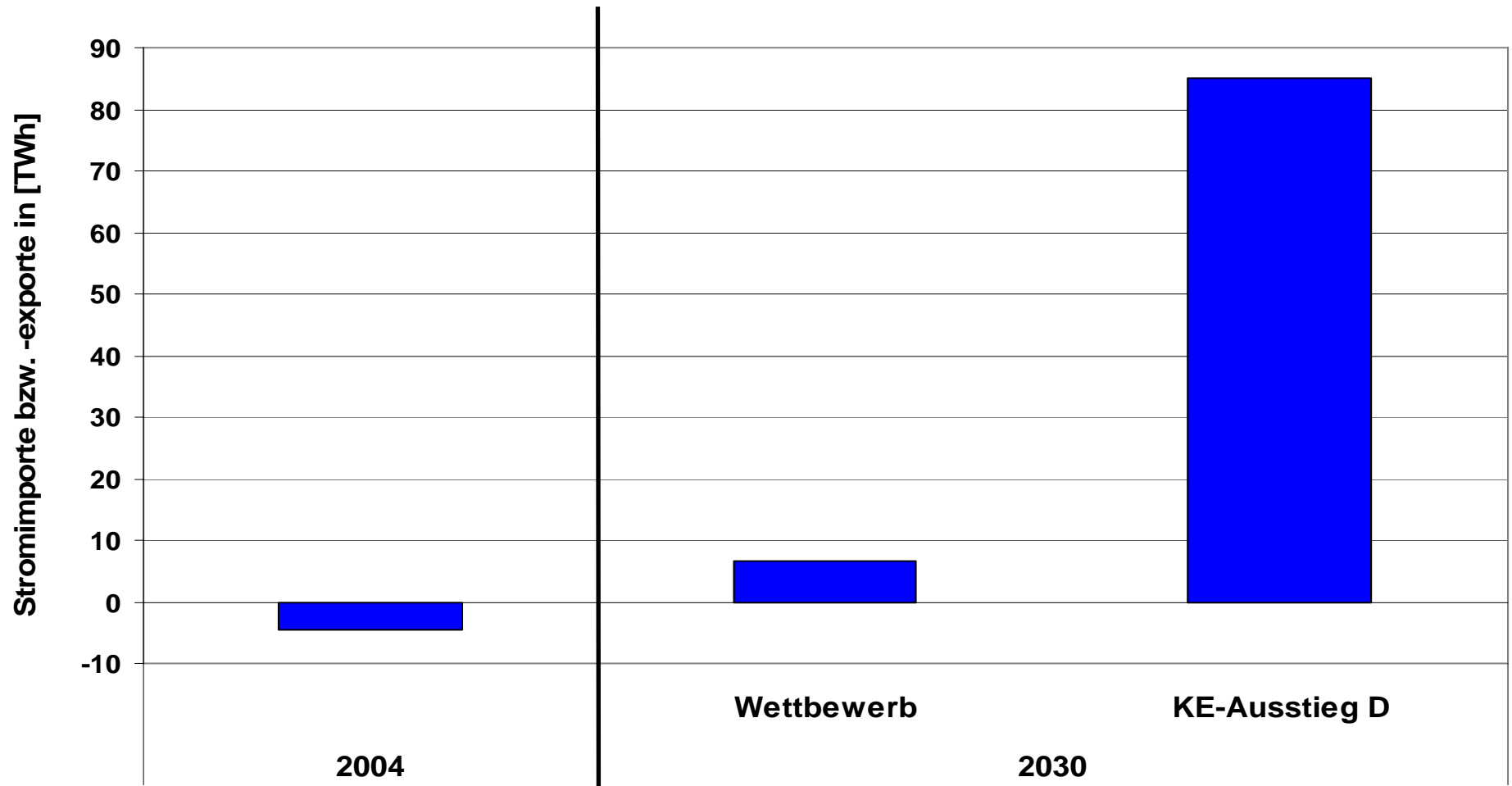
Kostenimplikationen

Szenario	Kumulierte Minderungskosten bis 2030 [Mrd. Euro₀₀]	Marginale Minderungskosten in 2030 [Euro₀₀/t]	Mittlere Strom- gestehungskosten in 2030 [Cent₀₀/kWh]
Referenzszenario (REF)			3.6
Präferenz Erneuerbare Energien (PEE)	110	79	5.5
Clean Coal Technologie (CCT)	86	57	5.0
Effiziente Ressourcennutzung: Laufzeitverlängerung (ERL)	-30	42	3.8
Effiziente Ressourcennutzung: Kernenergieausbau (ERA)	-113	27	2.5

Stromgestehungskosten



Entwicklung der Stromimporte bzw. -exporte



Nachhaltige Entwicklung als Gestaltungsaufgabe und wirtschaftlicher Ordnungsrahmen

- Effiziente Nutzung knapper Ressourcen als konstitutives Element von Nachhaltigkeit
⇒ Nutzung der preisgesteuerten Allokationsmechanismen von Märkten
- Externe Umwelteffekte sind Folge fehlender Märkte für Umweltgüter
- Vollkosten als Maß für die Inanspruchnahme von knappen Ressourcen sprechen für funktionierende Märkte als Steuerungsinstrument
- Paradigmenwechsel in der Energiepolitik notwendig.

Handlungsfelder der Energiepolitik

- Schaffung und Sicherung funktionierender Märkte
- Internationale und EU-weite Harmonisierung der Rahmenbedingungen
- Verursachungsgerechte Internalisierung externer Kosten durch marktgemäße Instrumente
- Sicherstellung ausreichender, breit angelegter Forschung und Entwicklung
- Unterstützung der Markteinführung neuer marktnaher Energietechniken



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!