



„Nachhaltige Energieversorgung in Europa- Optionen und Perspektiven“

Prof. Dr.-Ing. A. Voß

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung,
Universität Stuttgart

Greifswalder Kollegforum : Energie

Greifswald, November 11-12,2010

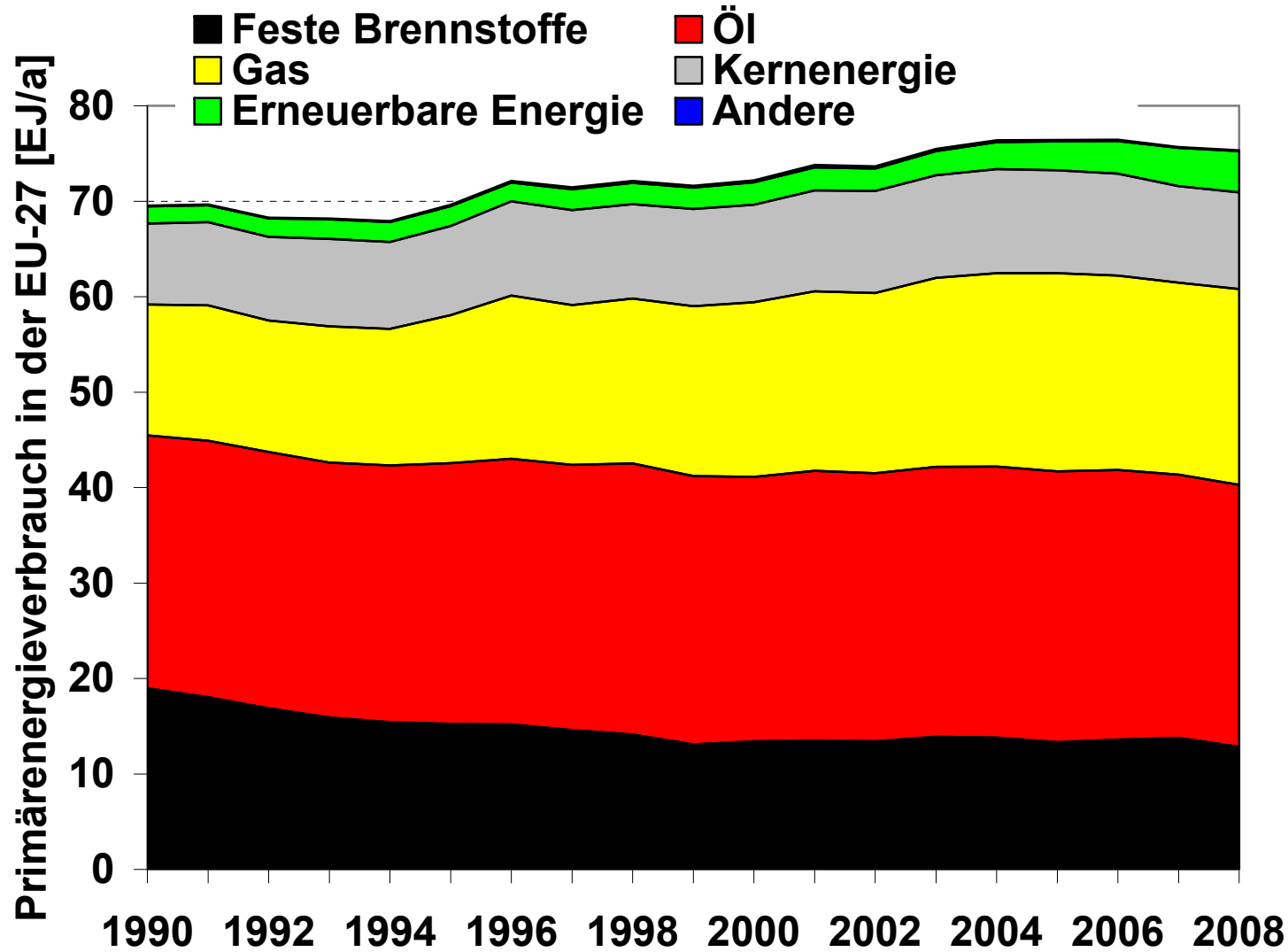


Energiesituation - Ausgangslage

➤ **Energieversorgung**



Energie in Europa (EU-27)



| Importabhängigkeit [%] | |
|------------------------|--------|
| 1990 | 44,6 |
| | ↓ +23% |
| 2008 | 54,8 |

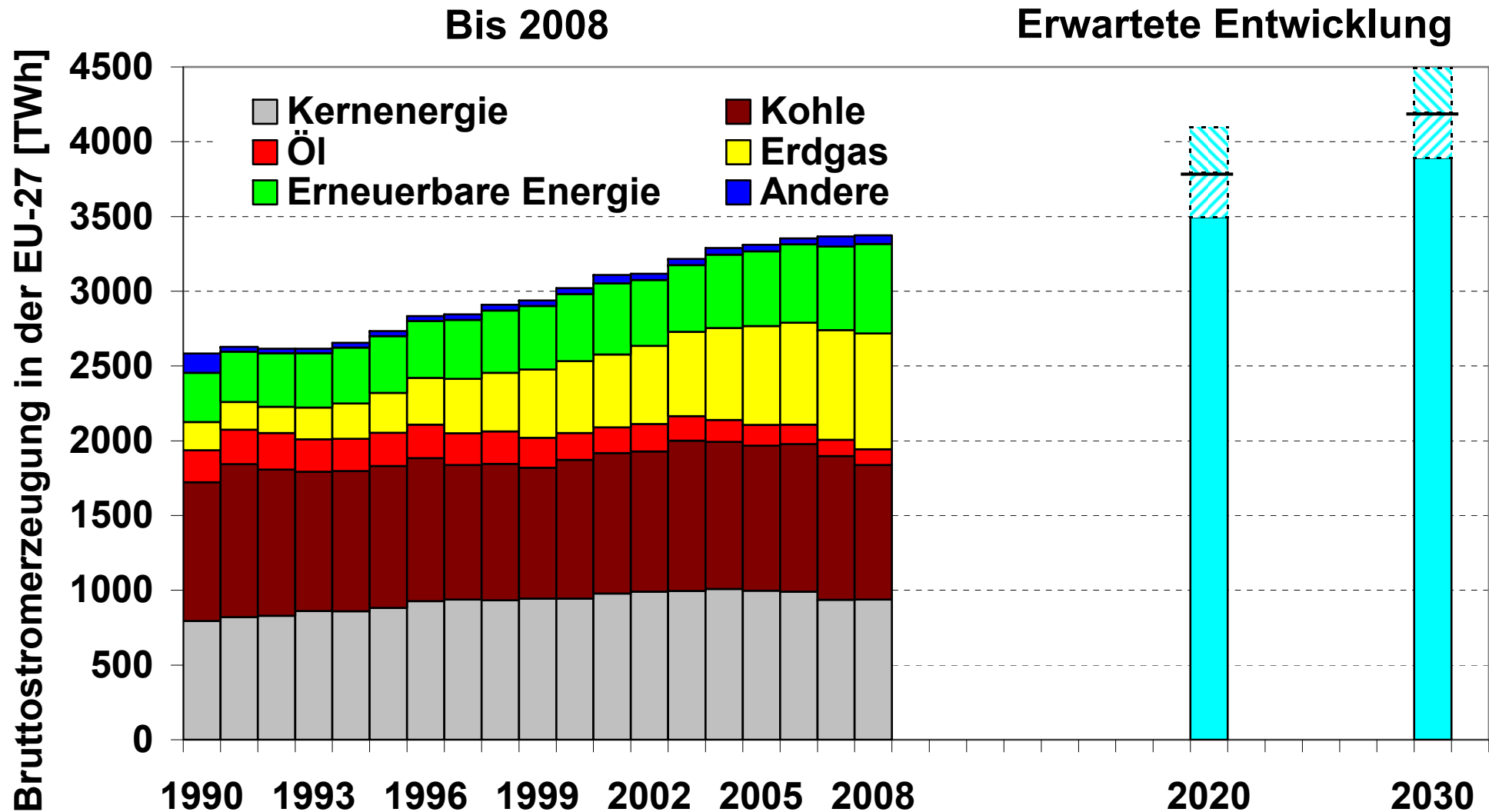
| Energieintensität des BIP [toe/tsd.€ ₂₀₀₀] | |
|--|--------|
| 1990 | 215 |
| | ↓ -21% |
| 2008 | 170 |

Quelle: Eurostat (2010)



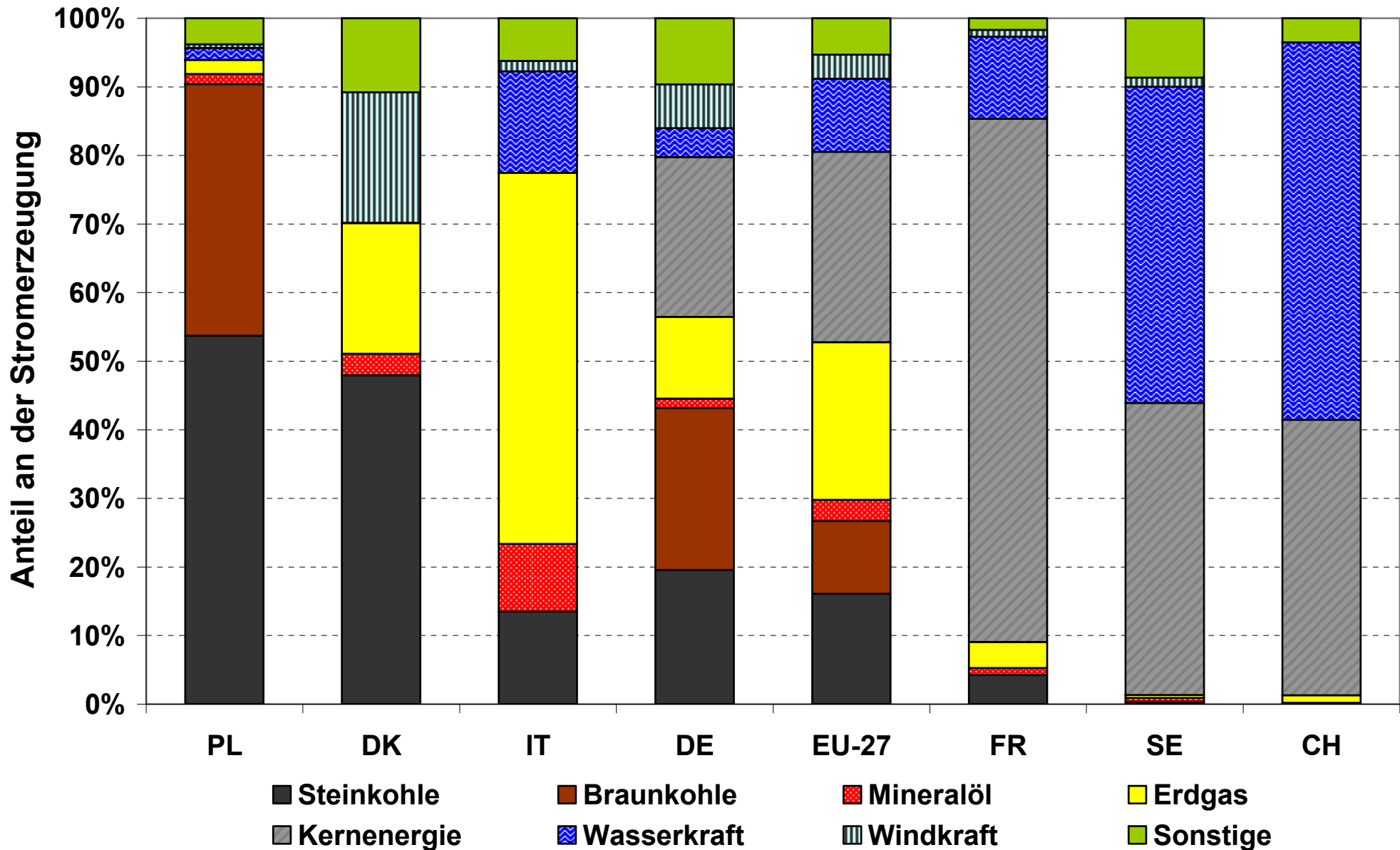
Elektrizität in Europa

Bruttostromerzeugung in Europa (EU-27)



Quelle: Eurostat (2010)

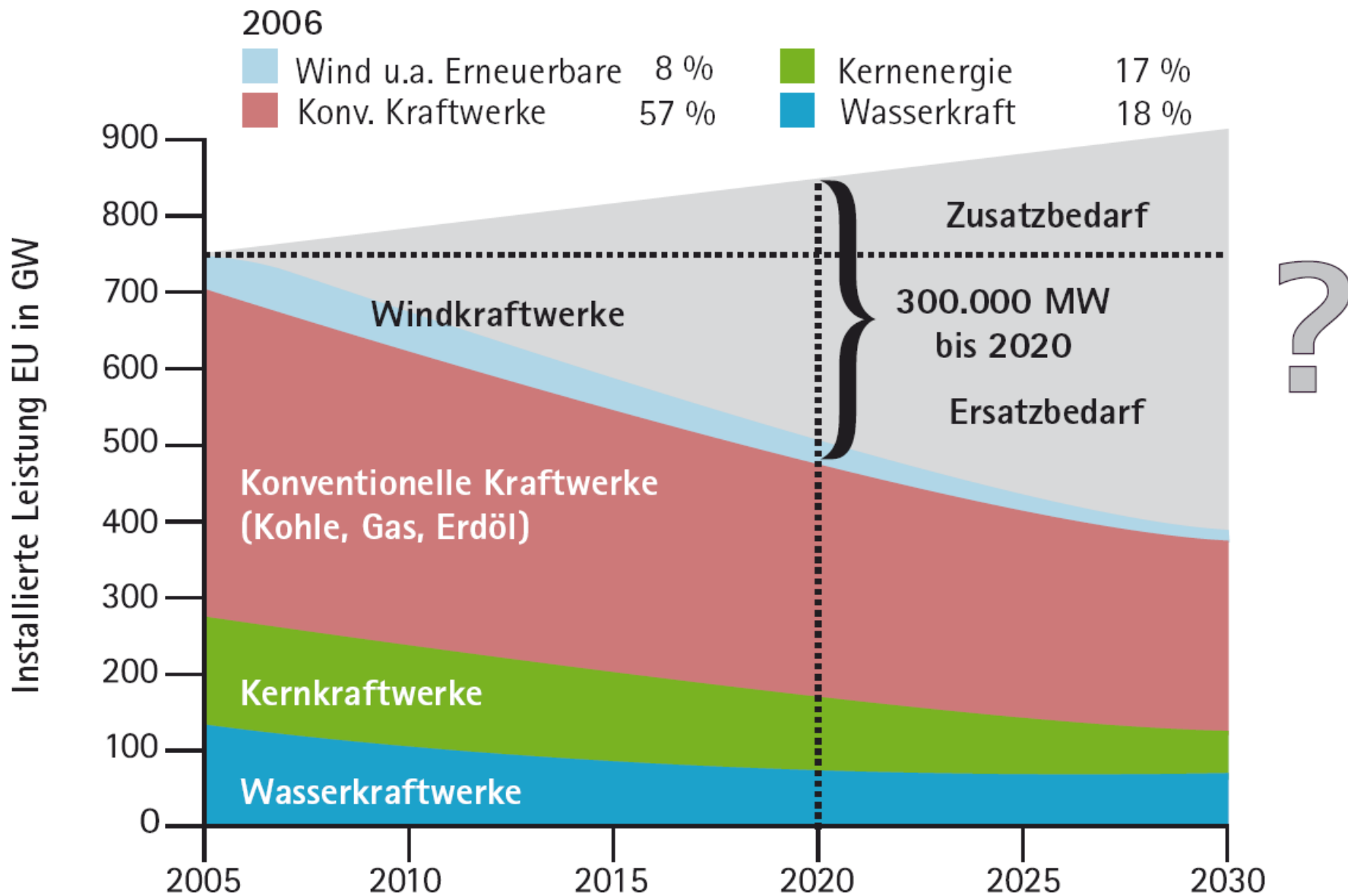
Struktur der Stromerzeugung in den Ländern der EU (2008)



Quelle: Eurostat (2010)



Kraftwerkszubaubedarf in der EU



Quelle: VGB

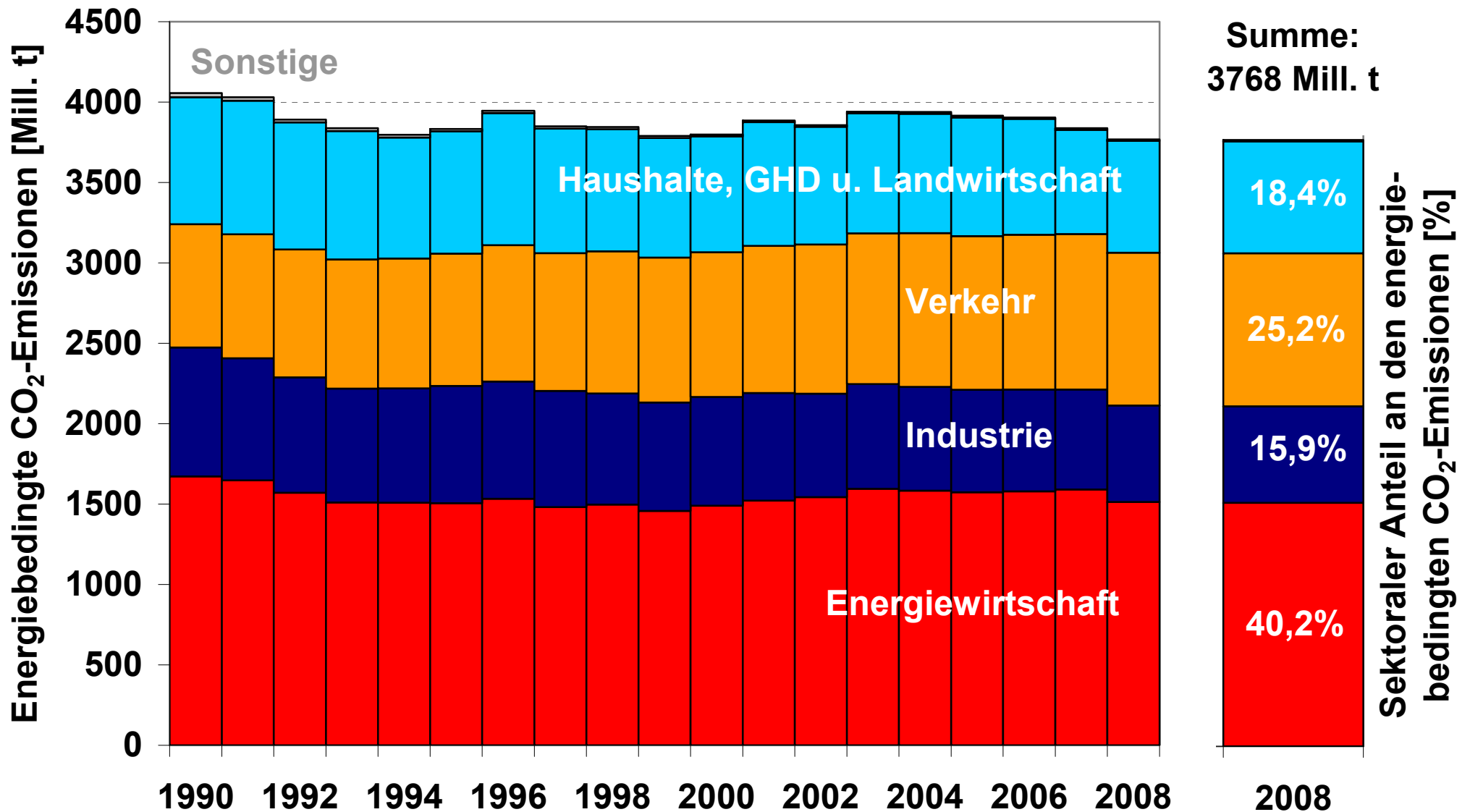


Energiesituation - Ausgangslage

- **Energieversorgung**
- **CO₂-Emissionen und Klimaschutz**

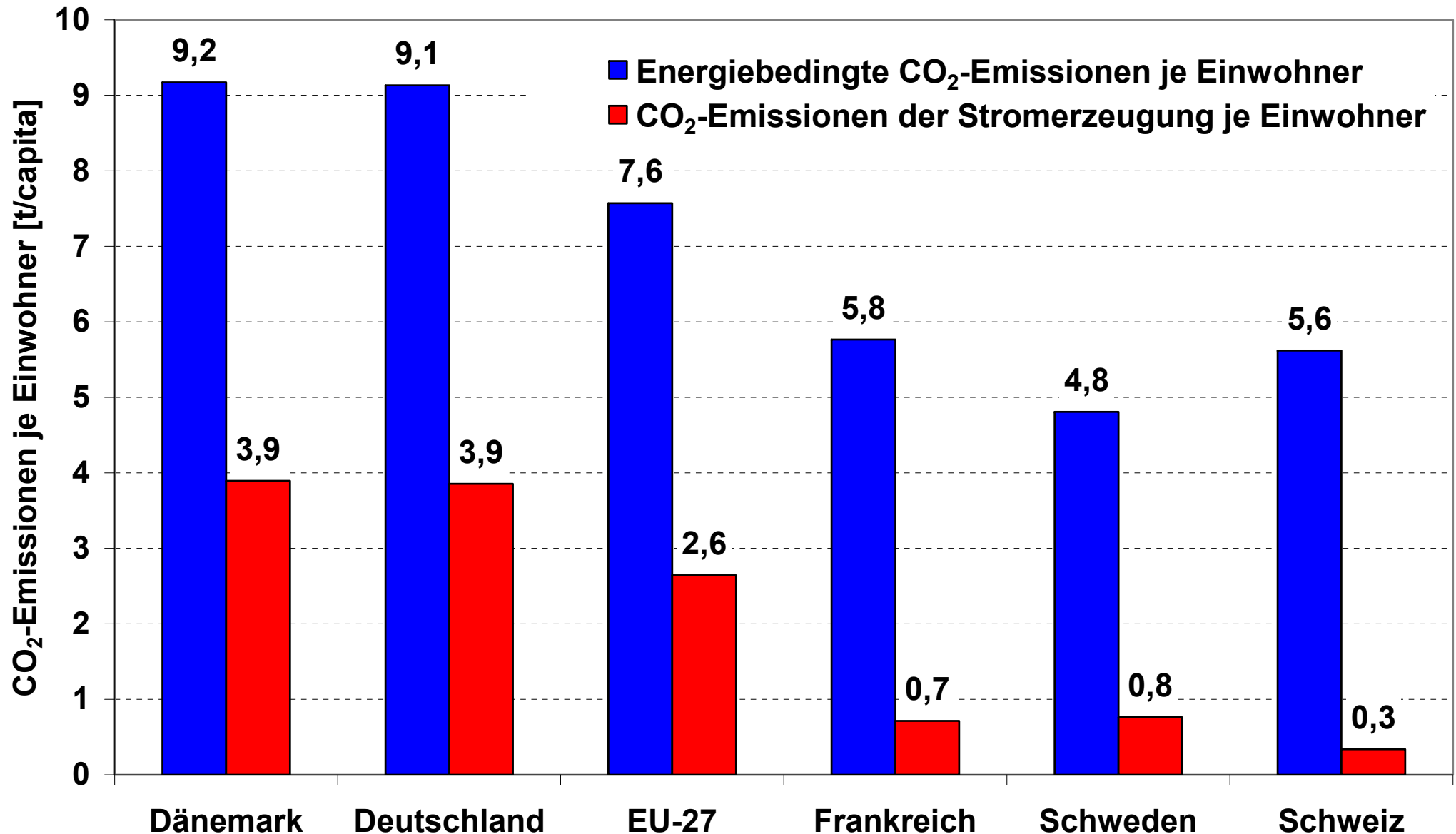


Energiebedingte CO₂-Emissionen in der EU-27



Quelle: UNFCCC (2010)

CO₂-Emissionen in Europa: Ausgewählte Länder (2008)



Quelle: UNFCCC (2010) und EUROSTAT (2010), eigene Berechnungen;

CO₂ der Stromerzeugung umfasst hier jeweils die Emissionen aus der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung

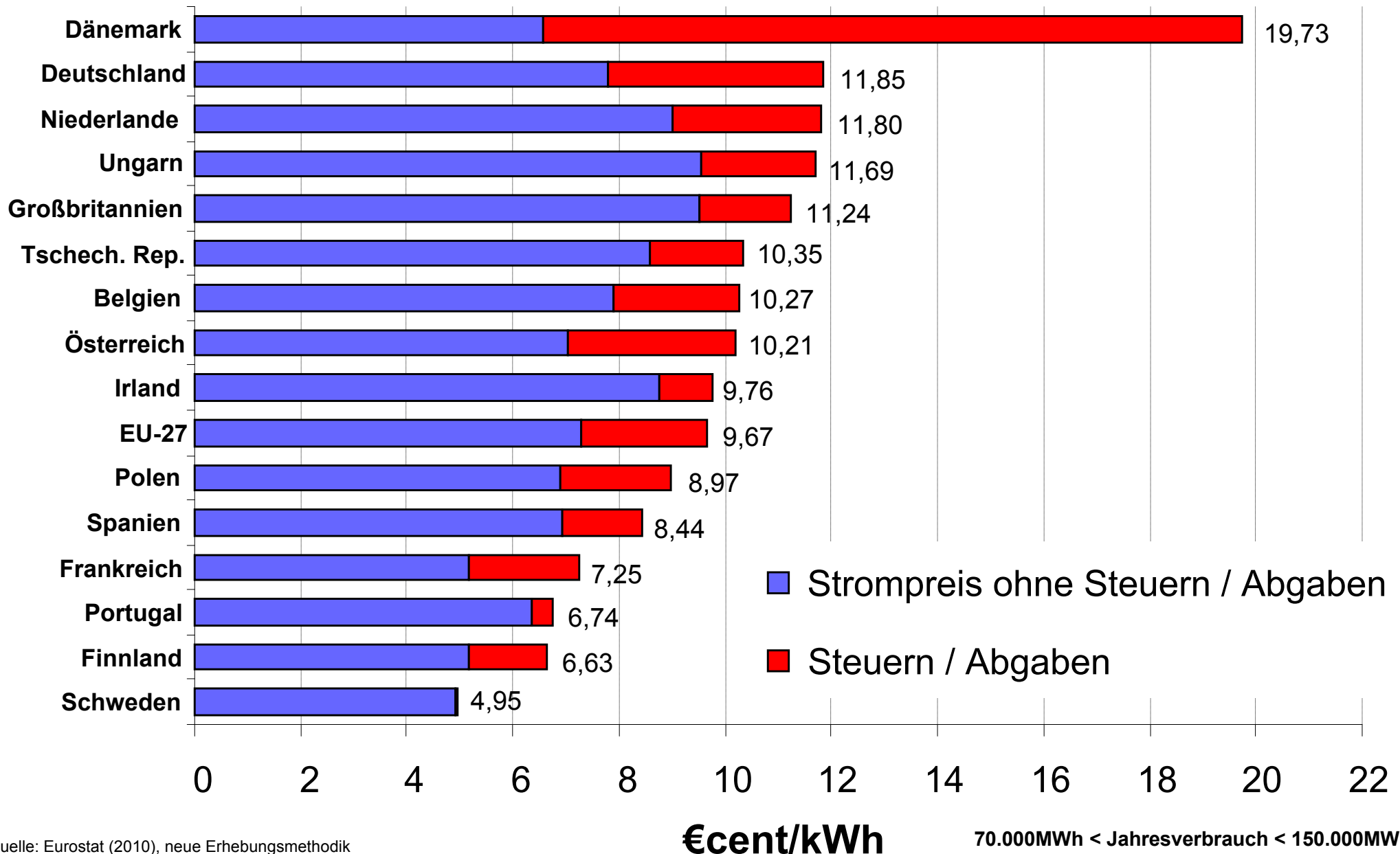


Energiesituation - Ausgangslage

- **Energieversorgung**
- **CO₂-Emissionen und Klimaschutz**
- **Energiepreise**



Industrie-Strompreise in der EU in 2009 (1. Hj)

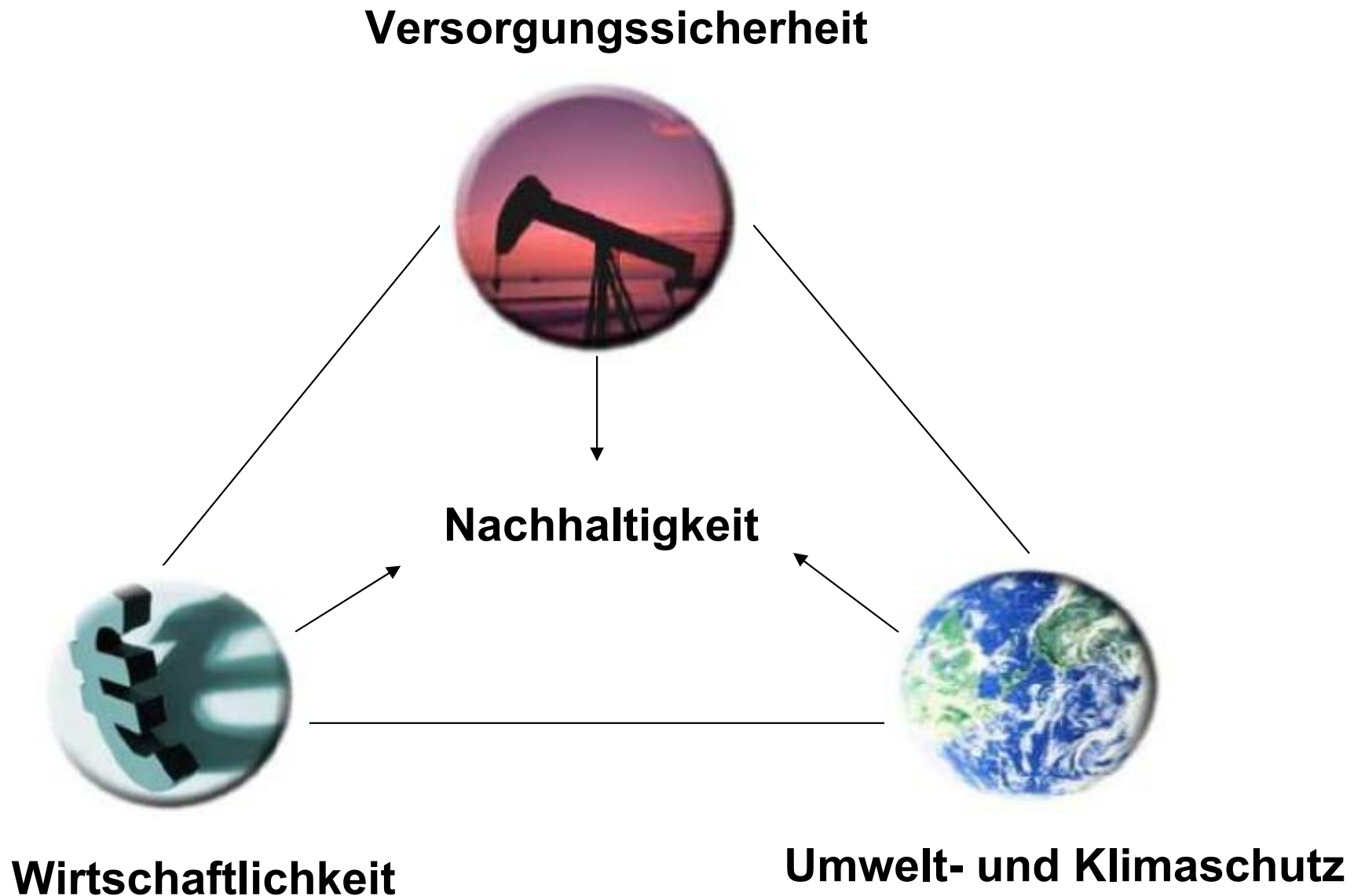


Quelle: Eurostat (2010), neue Erhebungsmethodik

€/cent/kWh

70.000MWh < Jahresverbrauch < 150.000MWh

Treiber der Entwicklung der Energieversorgung





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 Lebensgrundlagen in Einklang zu bringen.



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 neben dem Einsatz von Energieträgern immer auch den von nichtenergetischen Rohstoffen und Materialien.
- Stand der Technik bestimmt die technisch-wirtschaftlich verfügbare Energie- und Rohstoffbasis.
- Eine Nutzung vorratsbegrenzter Ressourcen erfordert eine Gegenleistung:
 - die Ausweitung der technisch-wirtschaftlich verfügbaren Ressourcenmenge.



Effiziente Ressourcennutzung 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.
- Vollkosten, die die Umweltinanspruchnahme erfassen, sind ein Maß für den gesamten Ressourcenverbrauch.
 - relative Nachhaltigkeit

Nachhaltige Energieversorgung

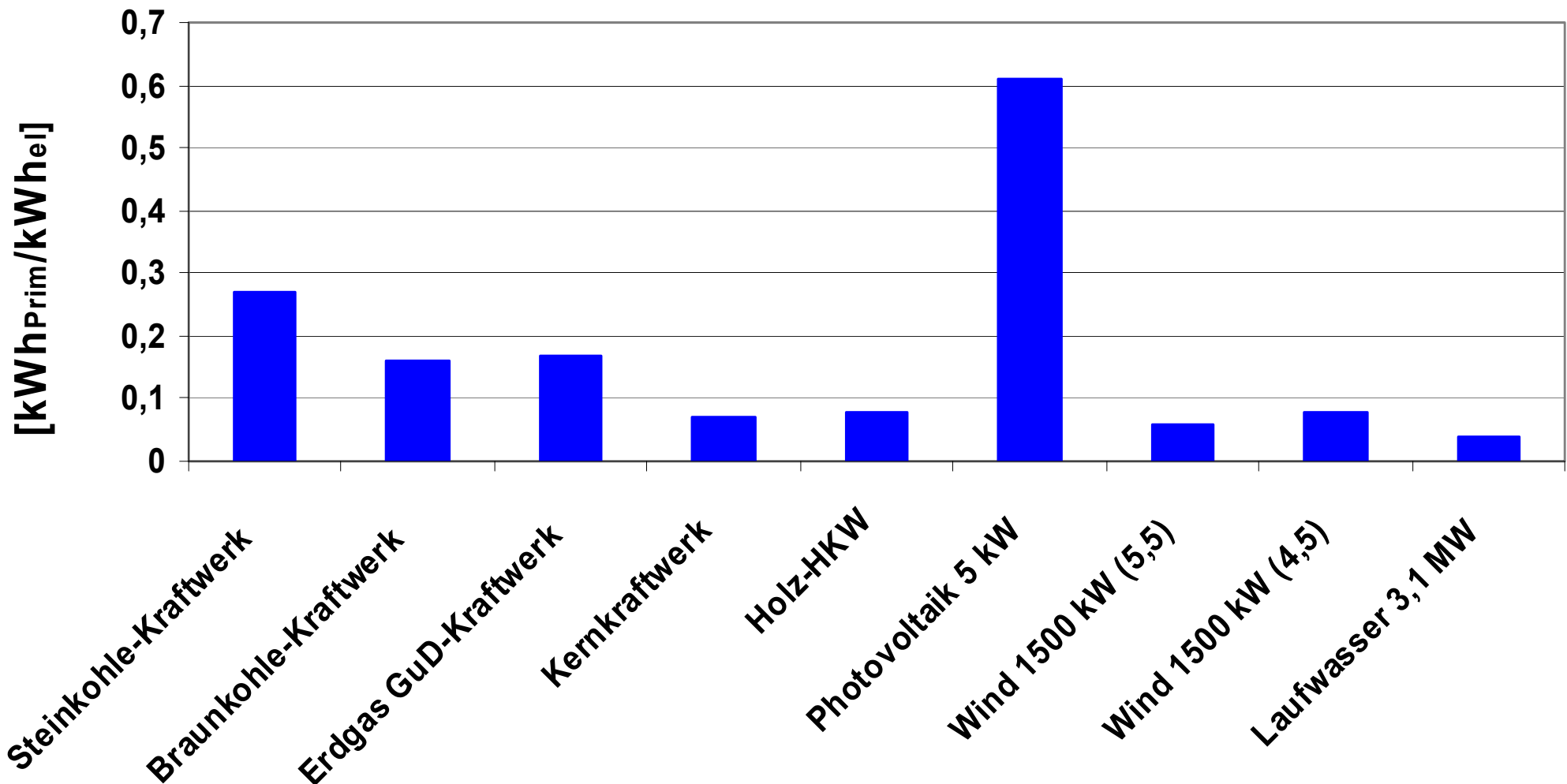
wenn

- das Potenzial für die Bereitstellung von Energiedienstleistungen für die nächste Generation größer wird
 - ➔ Ausweitung der wirtschaftlich nutzbaren Energie- und Rohstoffbasis
- 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
 - ➔ Vollkosten sind Maß für relative Nachhaltigkeit



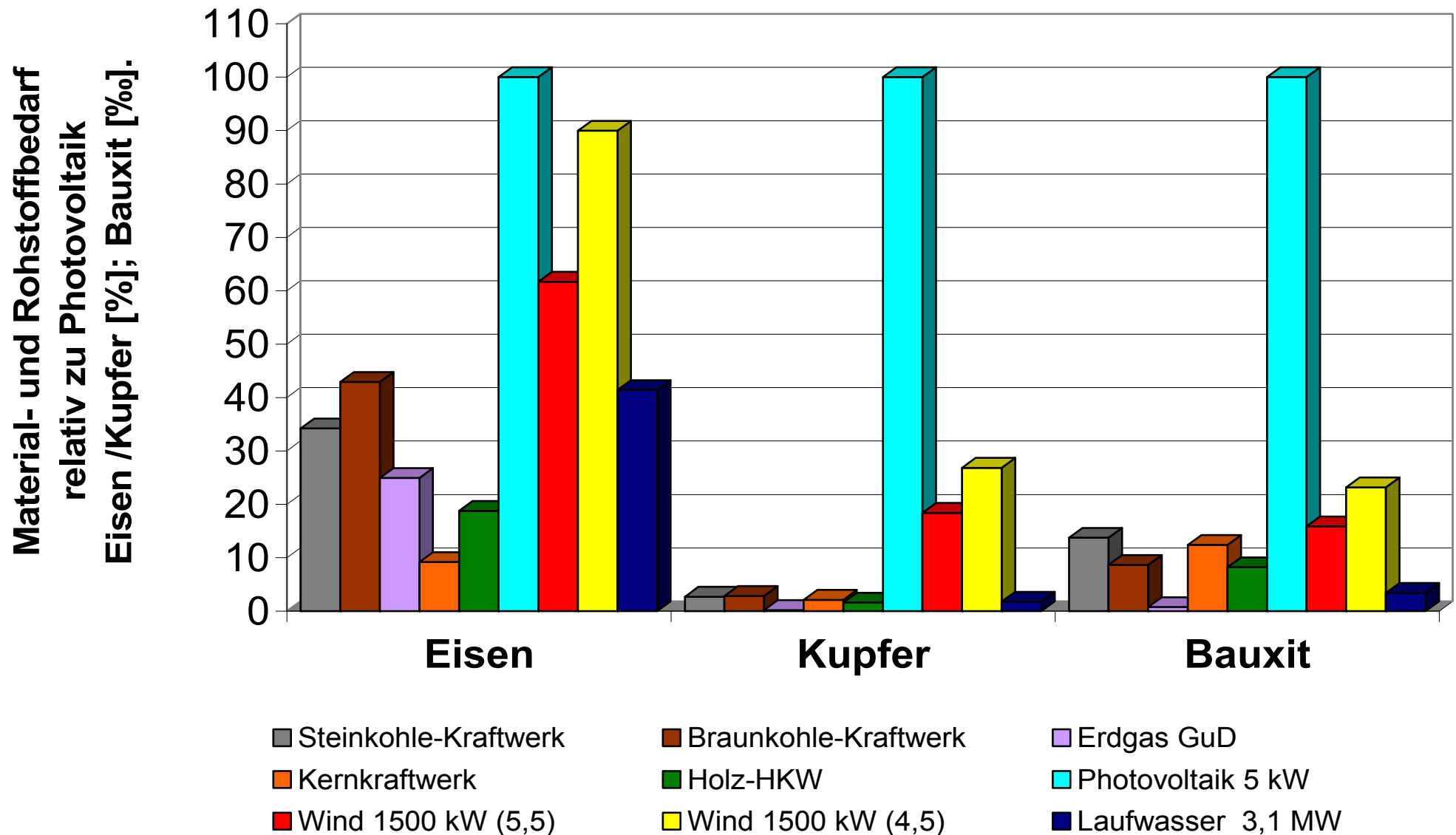
➤ **Stromerzeugungssysteme auf dem Prüfstand der Nachhaltigkeit**

Spezifischer kumulierter Energieaufwand (KEA) (ohne Brennstoff)



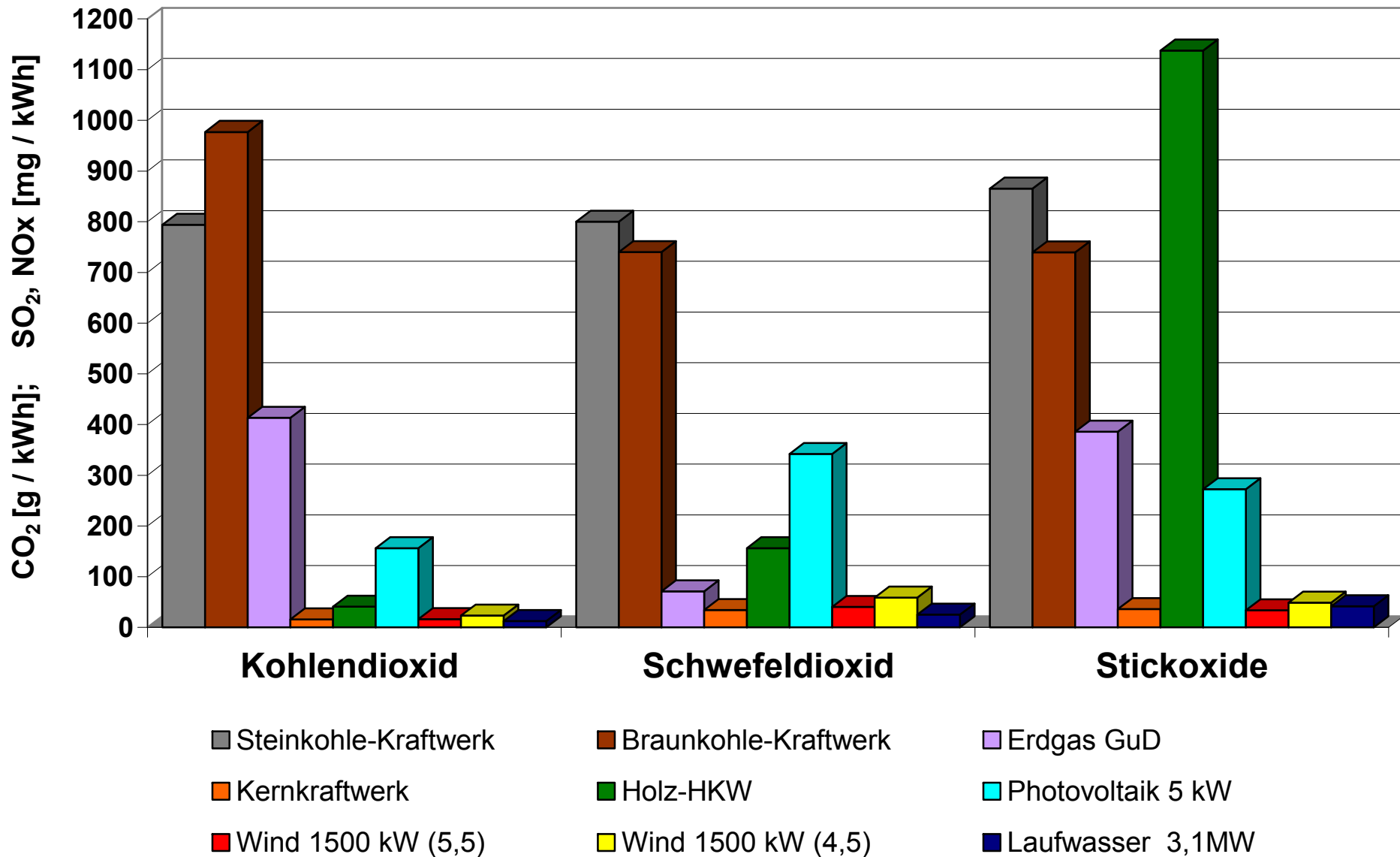
Quelle: IER 2005/07

Gesamter Rohstoff und Materialaufwand



Quelle: IER 2005/07

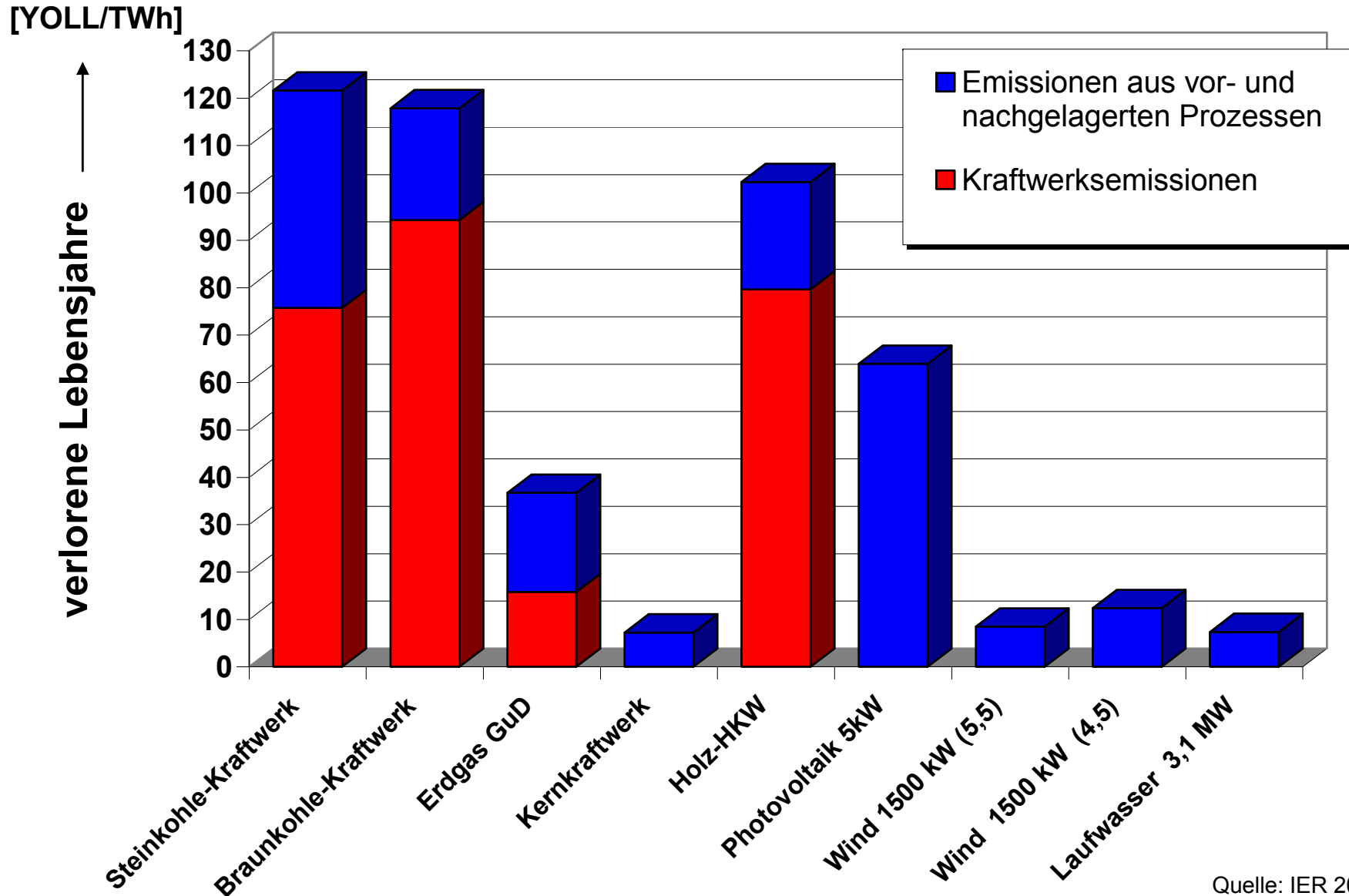
Kumulierte Emissionen



Quelle: IER 2005/07

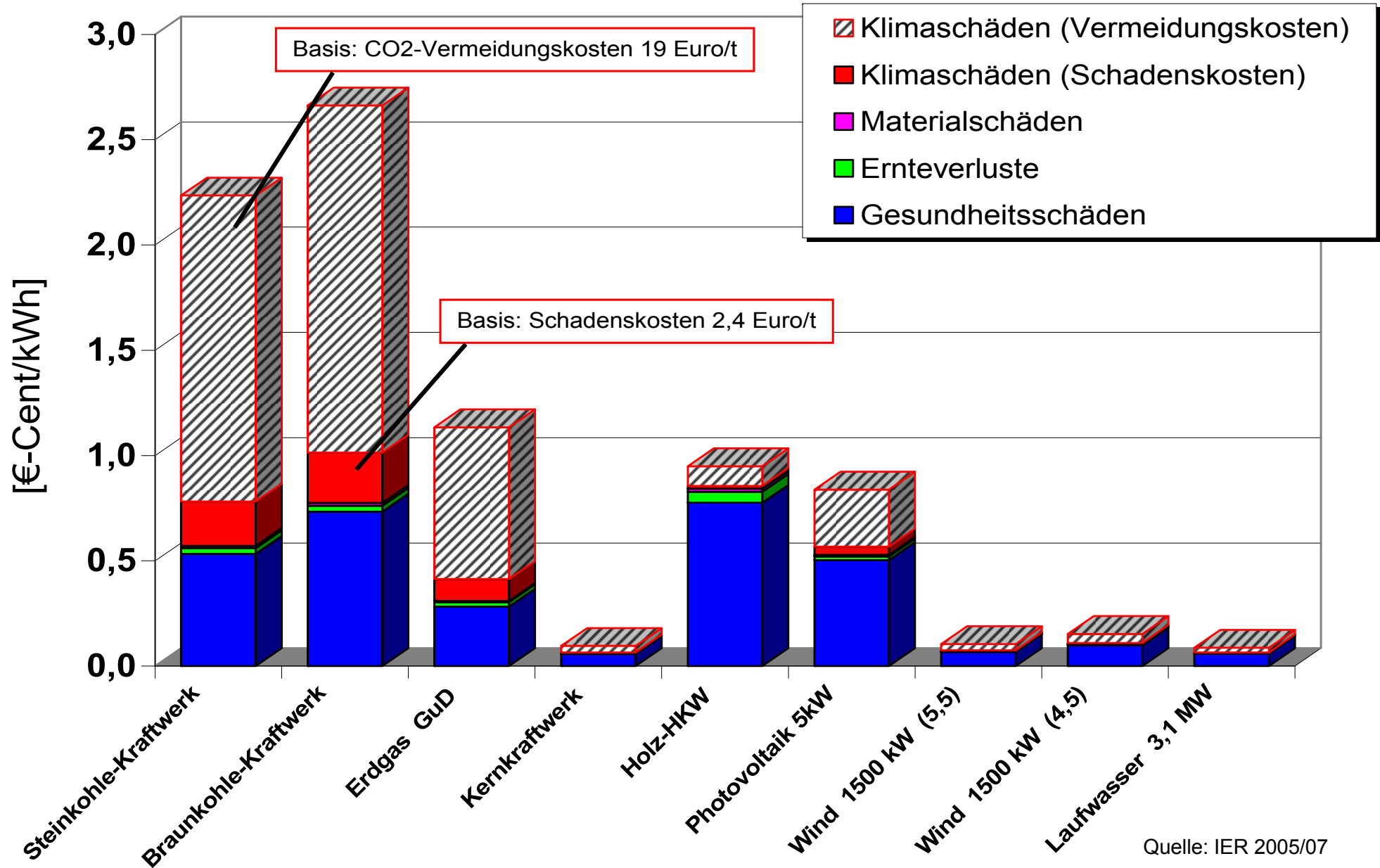


Gesundheitsrisiken



Quelle: IER 2005/07

Externe Kosten



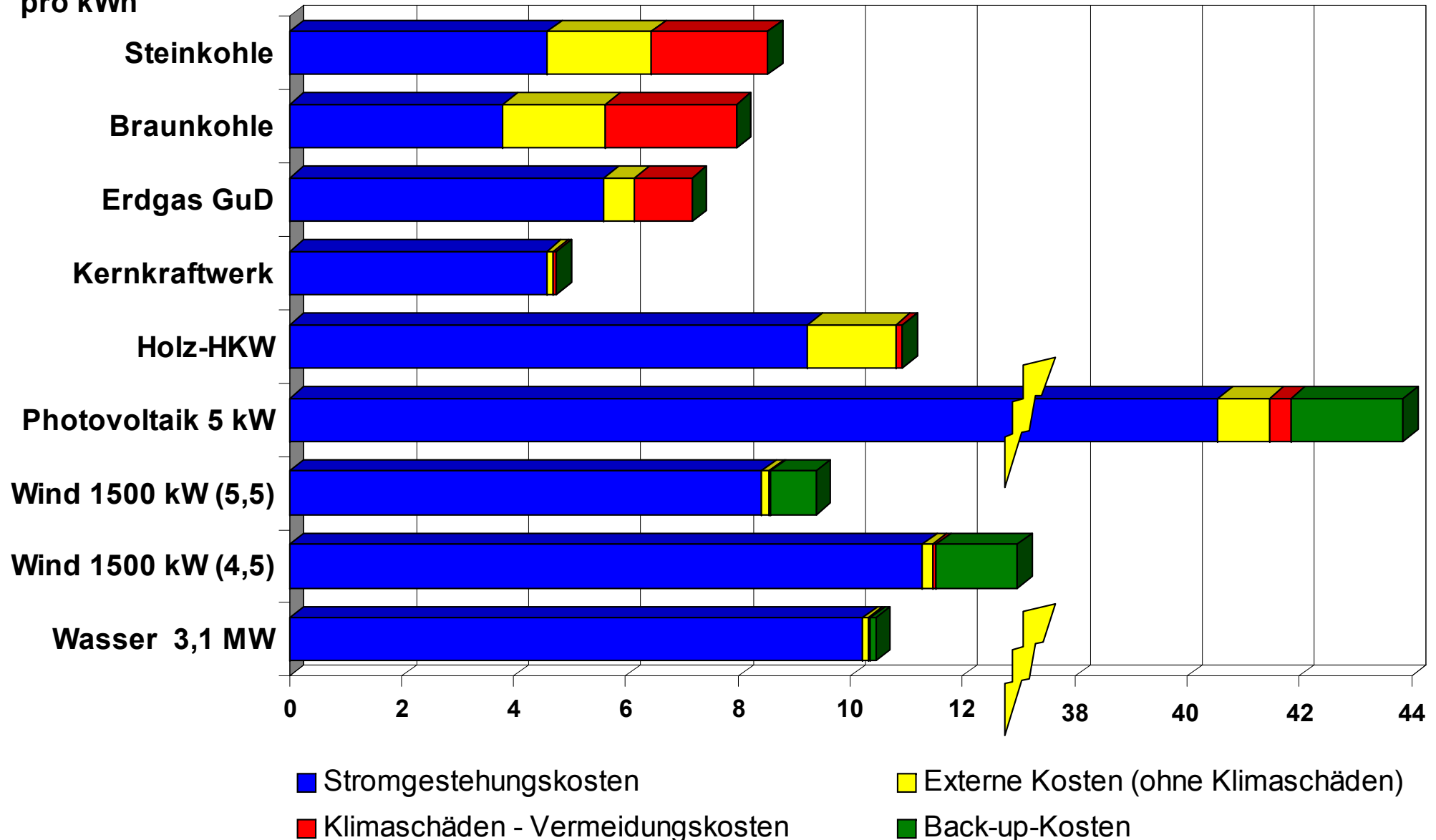
Quelle: IER 2005/07



Vollkosten der Stromerzeugung

Euro Cent₂₀₀₅
pro kWh

Zinssatz 7,5%



Fossil befeuerte Kraftwerke

Steam Power Plant



**Referenzkraftwerk 600 MW
Deutschland**

Combined Cycle Power Plant



CCPP Mainz-Wiesbaden, 400 MW

Integrated Gasification Plant



Puertollano, 320 MW

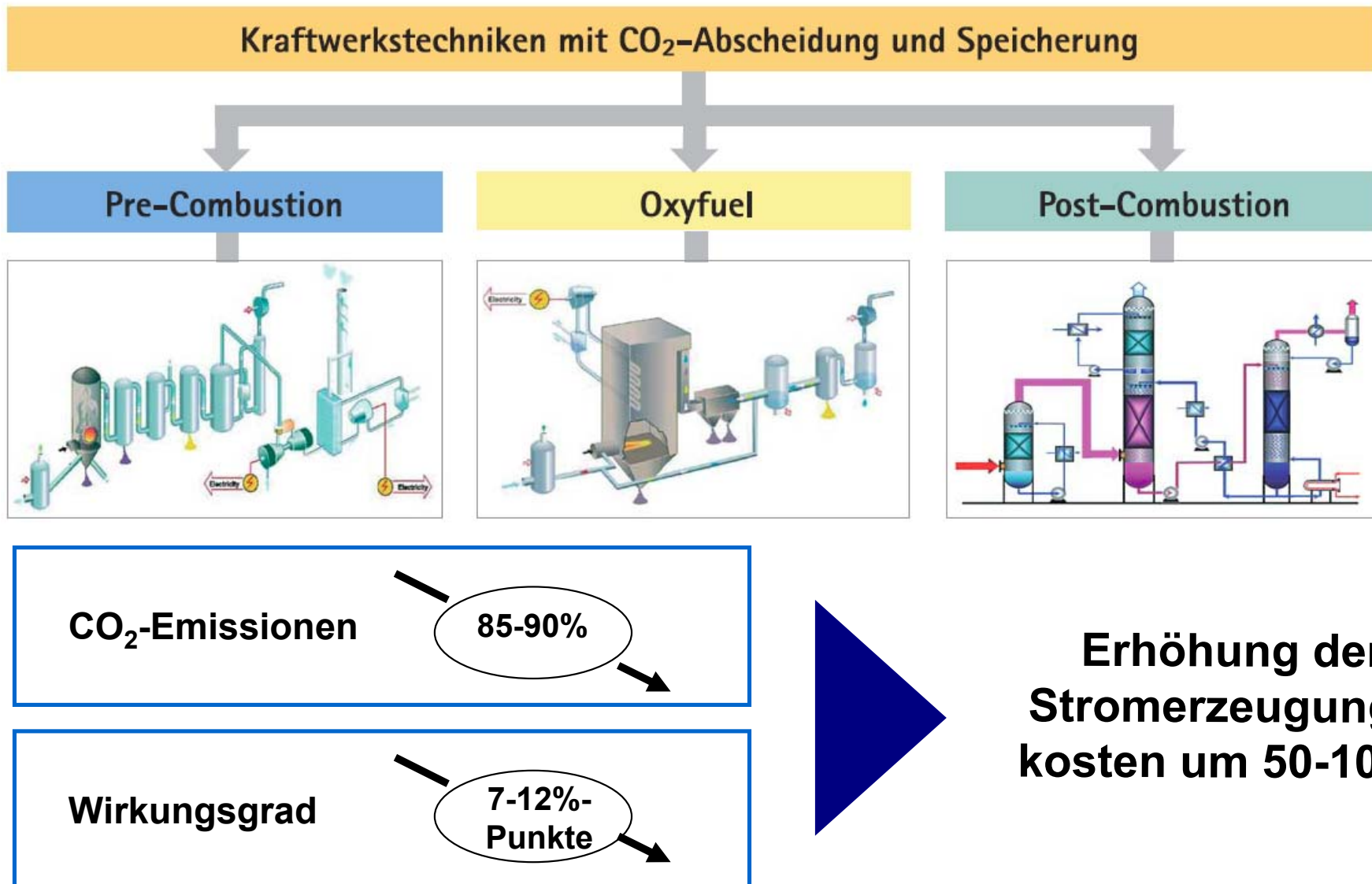
Wirkungsgradentwicklung und Reduktion der CO₂-Emissionen

| | η | ΔCO_2 |
|-------------|----------------|---------------------|
| 1992 | 42% | Basis |
| 2007 | 47% | -11% |
| 2020 | >50% | >-16% |

| | η | ΔCO_2 |
|-------------|----------------|---------------------|
| 1992 | 52% | Basis |
| 2007 | 58% | -11% |
| 2020 | >62% | >-16% |

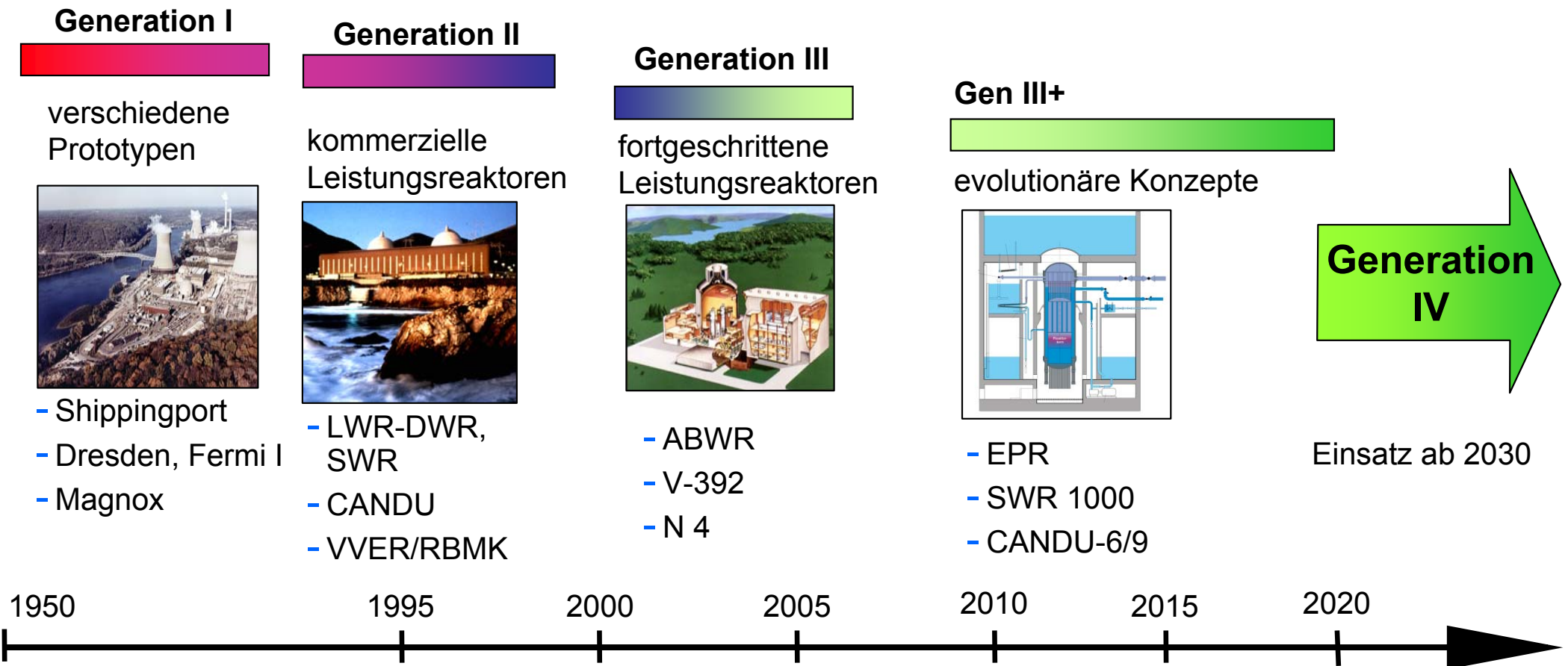
| | η | ΔCO_2 |
|-------------|----------------|---------------------|
| 1992 | 42% | Basis |
| 2007 | 47% | -11% |
| 2020 | >50% | >-16% |

Carbon-Capture and Storage -Kraftwerke

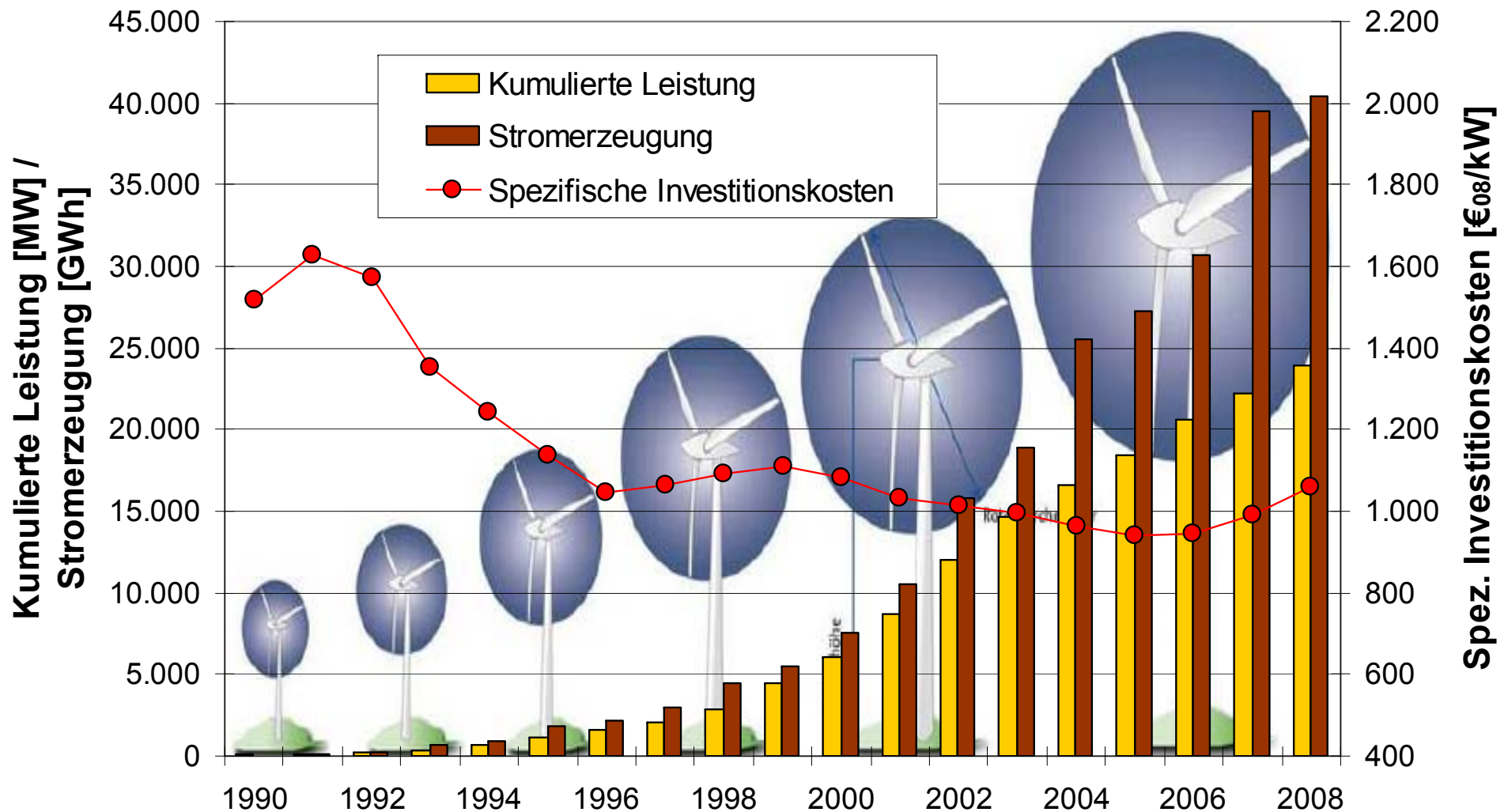


Weiterentwicklungen bei der Kernenergie

- Verbesserte Sicherheit („katastrophenfreie“ KKW)
- Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Höhere Proliferationsresistenz
- Bessere Uranausnutzung
- Signifikante Reduktion der Langzeit-Radiotoxizität der Abfälle



Entwicklung der installierten Windleistung und der spezifischen Investitionskosten von Windenergieanlagen



Quellen: Bundesverband Windenergie e.V.; Staiß et al. 2008

Kosten des Windstroms Onshore



Erzeugungskosten (je nach Standort)

8,3 bis 11,9 ct / kWh



Back-up-Kosten für gesicherte Leistung

1,0 bis 2,0 ct / kWh

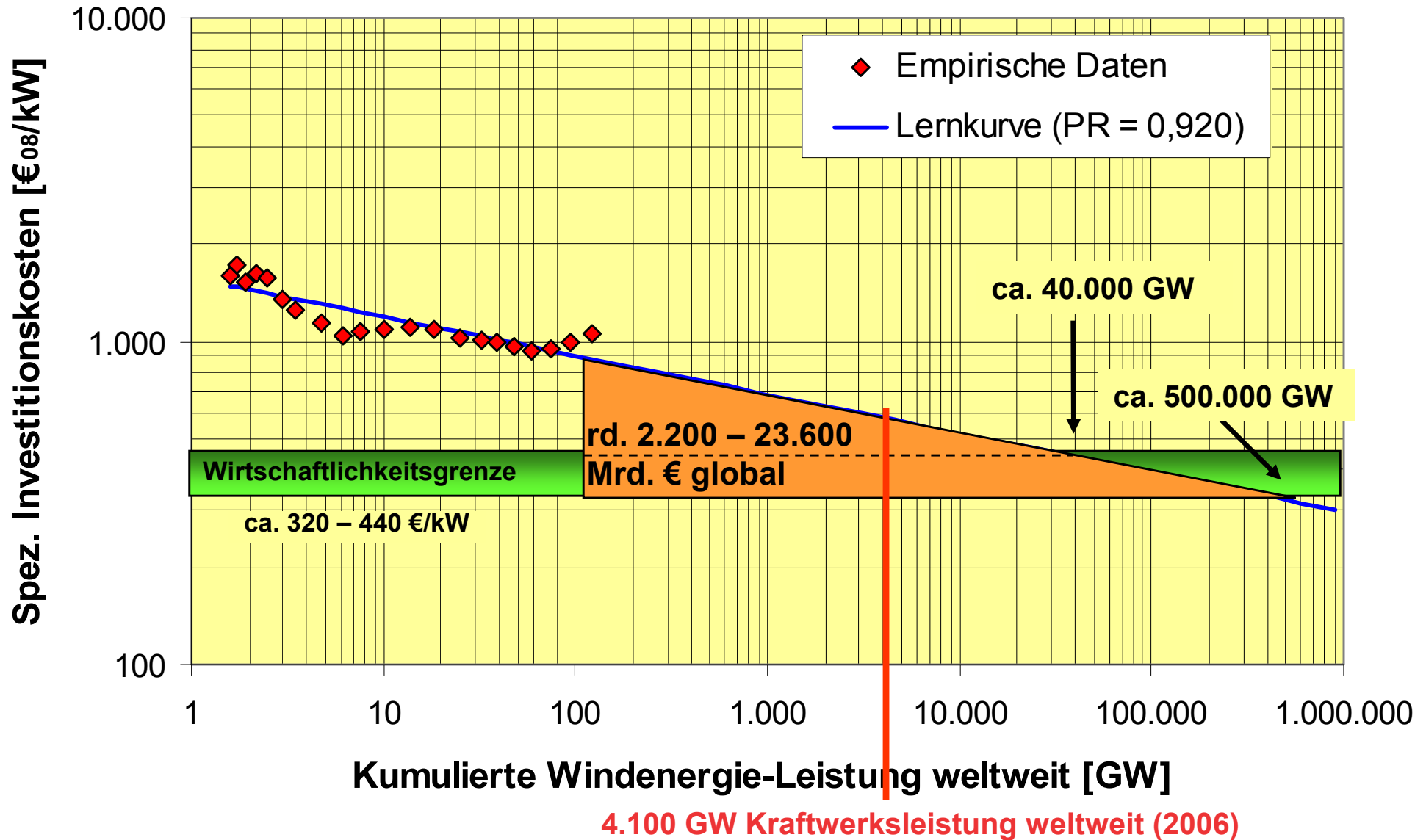


Netzausbau und Netzverluste

ca. 0,2 ct / kWh

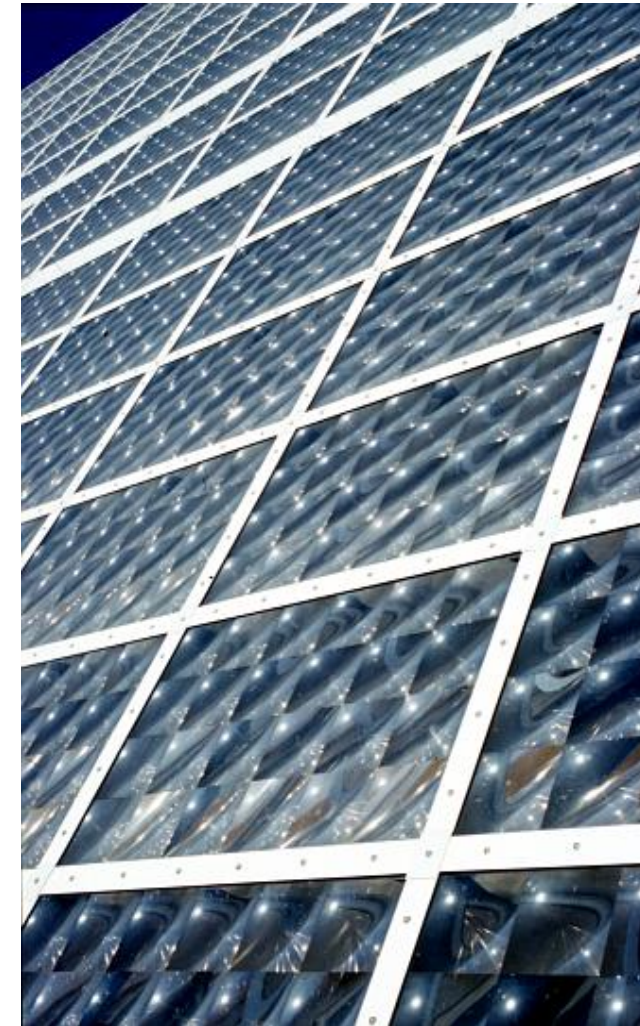
ca. 9,5 bis 14 ct / kWh

Lerninvestitionen Windenergie



Entwicklungsperspektiven der Photovoltaik: Technologie

- ◆ Kristalline Si-Zellen heute marktbeherrschende Zelltypen, Cadmiumtellurid (CdTe)-Zellen ebenfalls mit großen Fertigungsmengen ($> 1 \text{ GW}_p/a$)
 - ◆ Modulwirkungsgrade: 13 – 16 % (Si) bzw. 10 - 11 % (CdTe)
 - ◆ Spez. Investitionskosten:
 - 3.000 €/kW_p (Freiflächenanlagen) –
 - 3.500 €/kW_p (Dachanlagen)
 - ◆ Installierte Leistung (Dtl. 2009): ca. 8,5 GW_p
 - ◆ Stromerzeugung (Dtl. 2009): ca. 8 TWh
- ◆ Kostenreduktion durch
 - ◆ Verbesserte Herstellungsverfahren
 - ◆ Dünnschichtsolarzellen aus dünnem kristallinen Silizium ($\mu\text{-Si}$) oder Kupfer-Indium-Diselenid (CIS)



Stand: 2009



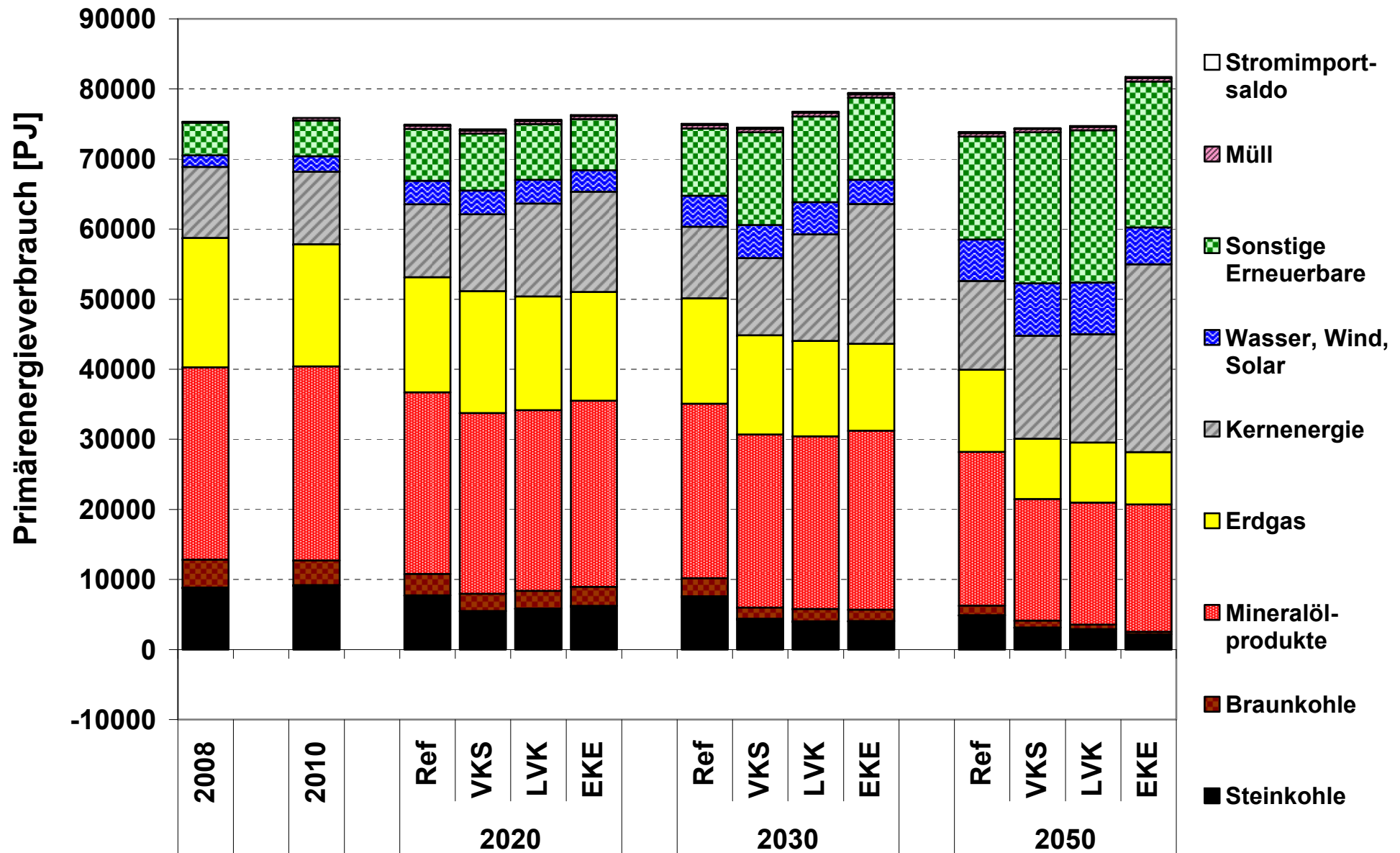
➤ **Perspektiven der Energieversorgung in Europa**



Szenarienbeschreibung

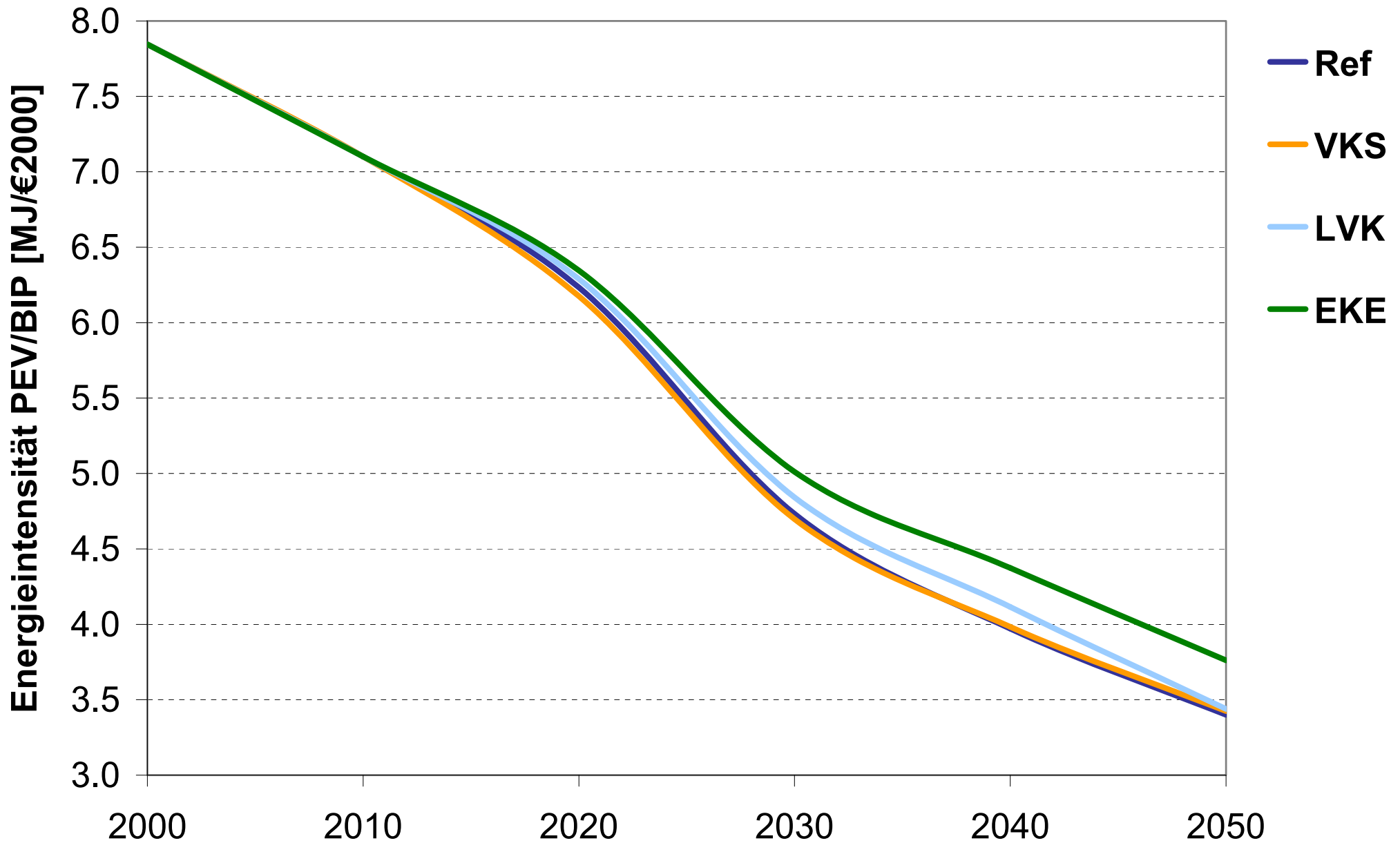
| Szenario | Beschreibung | |
|------------|--|---|
| Ref | Referenzszenario <ul style="list-style-type: none">- Wachsende Anteile Erneuerbarer Energien an der Energie- und Strombereitstellung- Kernenergieausstieg (in DE, BE und ES)- Moderate Klimaschutzziele | THG-Reduktion 20% bis 2020 50% bis 2050 ggü. 1990 (EU-weit) |
| VKS | Verstärkter Klimaschutz <ul style="list-style-type: none">- Wie Ref, aber verschärfte Klimaschutzziele | |
| LVK | Laufzeitverlängerung Kernenergie <ul style="list-style-type: none">- Wie VKS, aber mit Kernenergie-Laufzeitverlängerung auf 60 Jahre | THG-Reduktion 30% bis 2020 75% bis 2050 ggü. 1990 (EU-weit) |
| EKE | Effizienter Klimaschutz in Europa <ul style="list-style-type: none">- Keine Vorgaben zum Ausbau Erneuerbarer Energien- Kernenergiezubau möglich | |

Primärenergieverbrauch in der EU-27



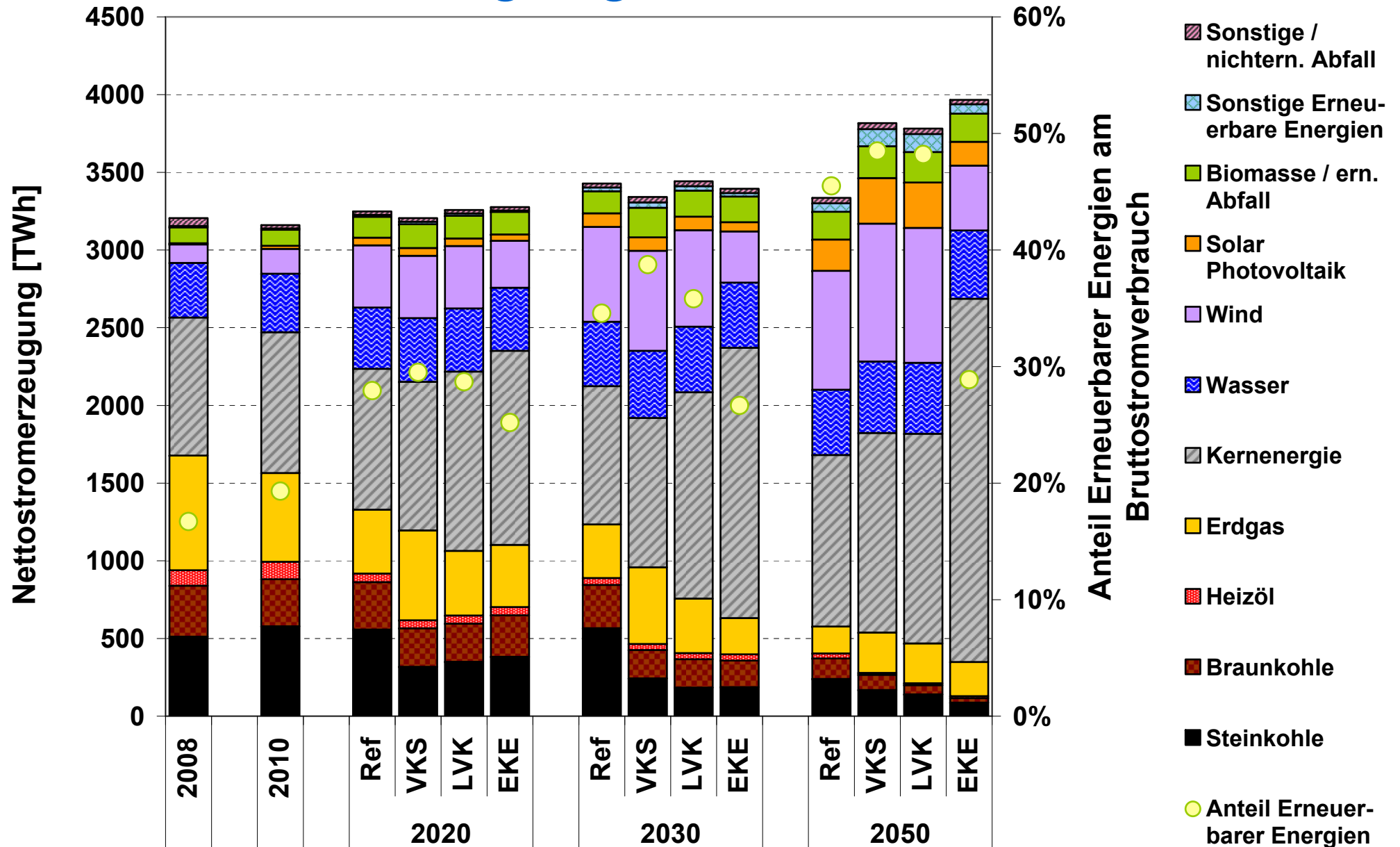


Energieintensität des BIP in der EU-27



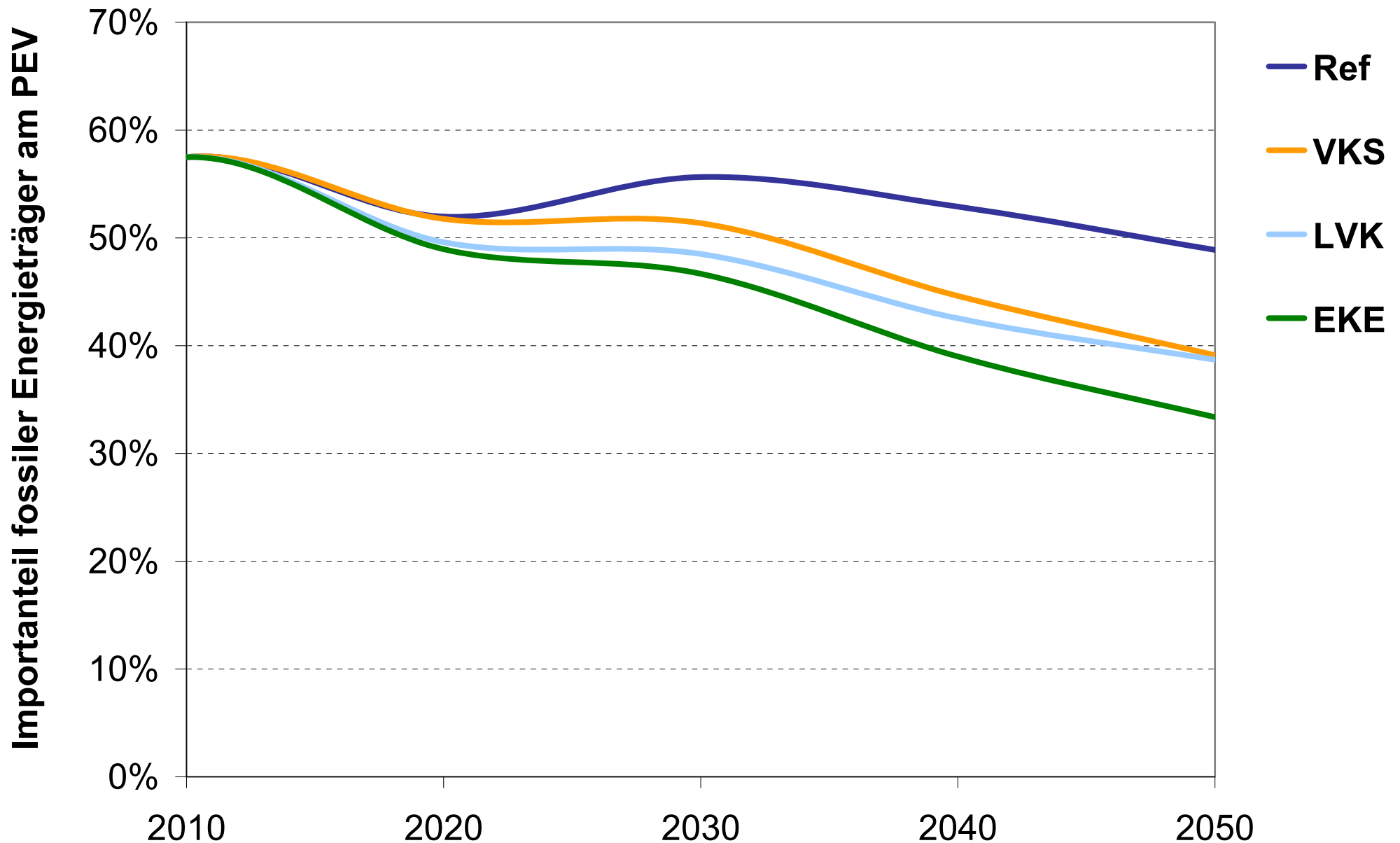


Nettostromerzeugung in der EU-27

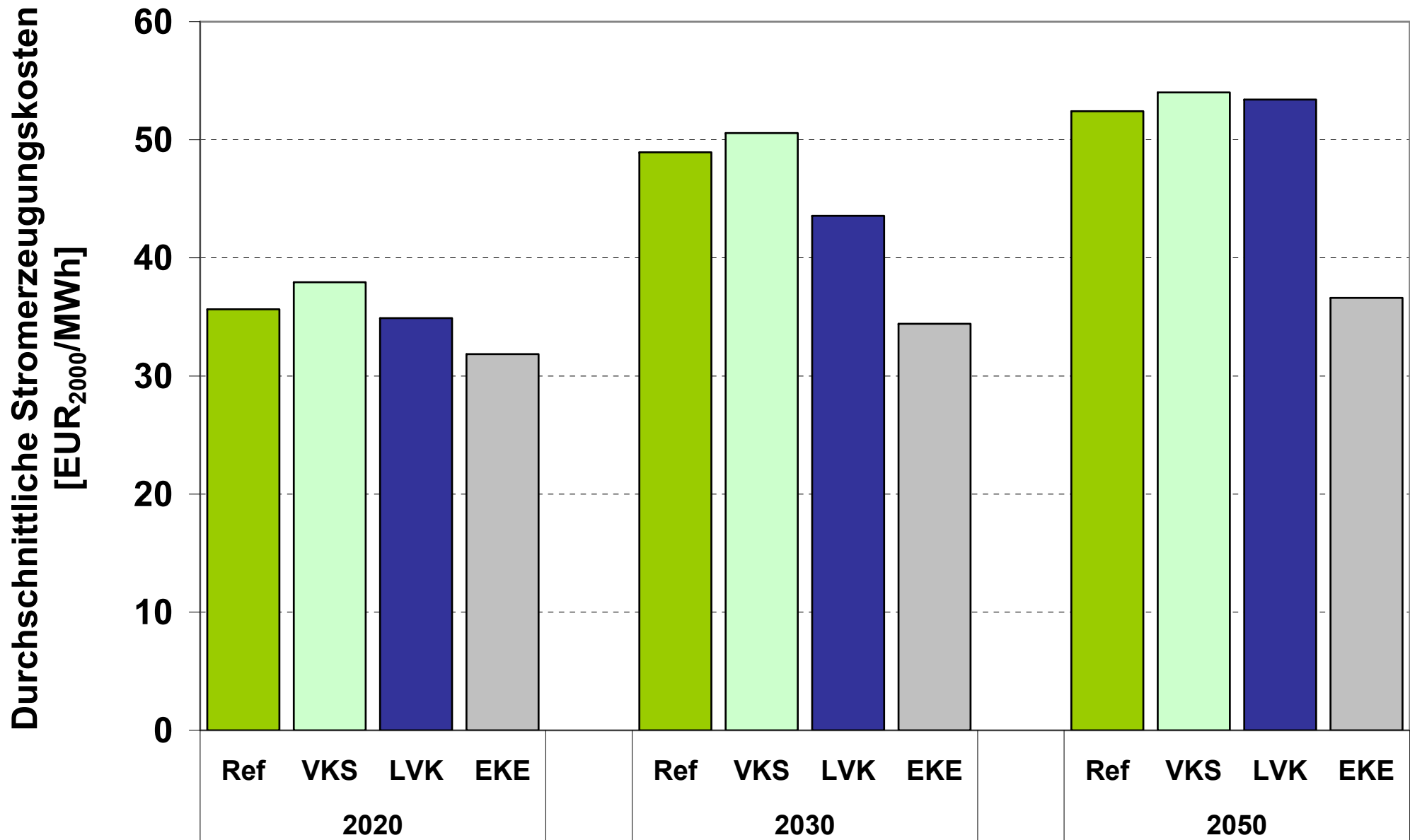




Importe fossiler Energieträger in der EU-27



Durchschnittliche Stromerzeugungskosten in Europa





Wirtschaftliche Implikationen für Europa

| Veränderung gegenüber REF | 2030 | | | 2050 | | |
|---|------|-------|-------|------|-----|------|
| | VKS | LVK | EKE | VKS | LVK | EKE |
| jährliche Systemkosten [Mrd. EUR ₀₀] | 23 | - 4 | - 49 | 136 | 127 | 70 |
| kumulierte Systemkosten (ab 2010) [Mrd. EUR ₀₀] | 186 | - 143 | - 510 | 1530 | 750 | -670 |



**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**