

# **Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung - Zielstellung, Strategie, Szenarien und die Bedeutung von Windenergie als ein Baustein.**

**DBU – Tagung „Zukunft der Windenergie –  
Konflikte, Perspektiven, Lösungen  
Osnabrück 21. Juni 2004**

---

**Einige Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Ökologisch optimierter  
Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland“ gefördert vom  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**

**Bearbeitungsteam:**

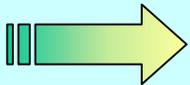
**DLR - Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart  
Joachim Nitsch, Wolfram Krewitt, Michael Nast, Peter Viebahn**

**Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg  
Sven Gärtner, Martin Pehnt, Guido Reinhardt, Regina Schmidt,  
Andreas Uihlein unter Mitarbeit von Karl Scheurlen (IUS Potsdam)**

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Wuppertal  
Claus Barthel, Manfred Fishedick, Frank Merten**

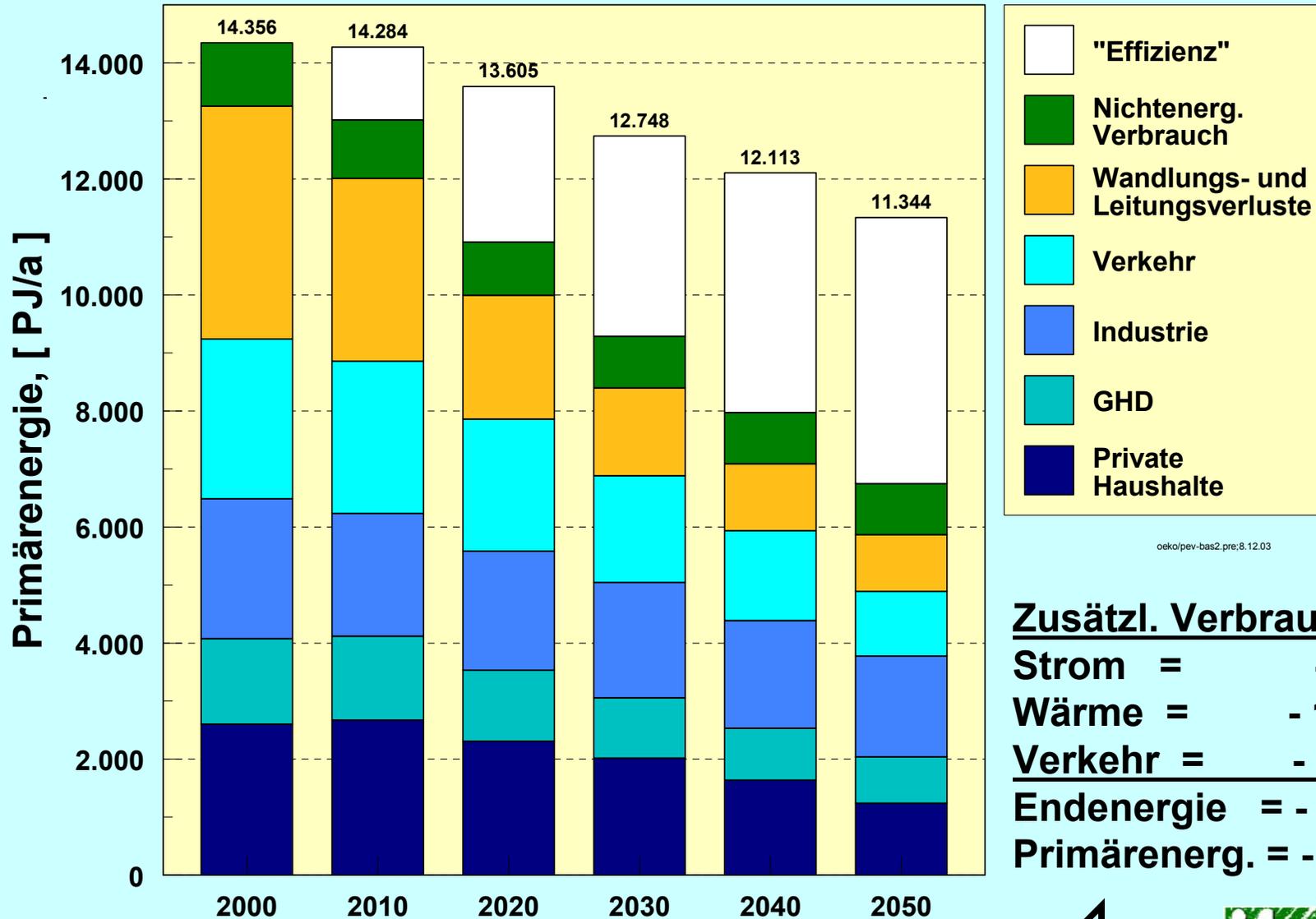
# Zielsetzung der Szenarienerstellung

- **Ermittlung zweckmäßiger Ausbaupfade der EE bis zum Jahr 2050**  
Wechselwirkungen der Strategien „Nutzungseffizienz“, „Umwandlungseffizienz“ und „Ausbau Erneuerbarer Energien“ abbilden; Berücksichtigung von Potenzialrestriktionen und erreichbaren Zubaugradienten; zeitliche Entwicklung der EE-Beiträge und strukturelle Veränderungsnotwendigkeiten getrennt nach Strom-, Wärme- und Kraftstoffmarkt darstellen
- **Ökologische Bewertung der Ausbauszenarien**  
Strukturelle Auswirkungen der aus Naturschutzsicht reduzierten Potenziale darstellen; vermiedene Klimagasemissionen, erforderlicher Ressourceneinsatz, Flächenbedarf nach Sektoren im zeitlichen Verlauf ermitteln
- **Ökonomisch - strukturelle Bewertung der Ausbauszenarien**  
Ermittlung volkswirtschaftliche Wirkungen: Spezifische Kosten der Stromerzeugung und Gesamtkosten der Stromnutzung im Vergleich, spezifische Wärme- und Kraftstoffkosten Investitionsvolumina und Differenzkosten des Ausbaus aller erneuerbarer Energien



**Strategie für einen „ökologische optimierten“ Ausbaupfad erneuerbarer Energien unter Beachtung volkswirtschaftlicher und sozialer Aspekte**

# Wirkungen der Teilstrategie „Effizienzsteigerung“



oeko/pev-bas2.pre;8.12.03

## Zusätzl. Verbrauchsminderung:

**Strom = - 450 PJ (27%)**

**Wärme = - 1 890 PJ (33%)**

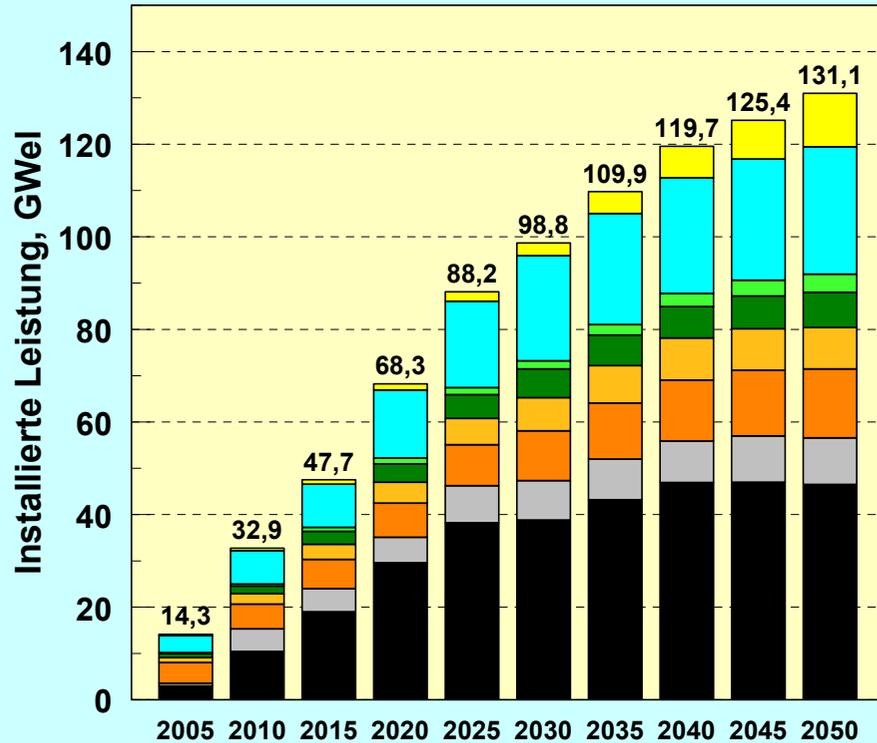
**Verkehr = - 1 060 PJ (42%)**

**Endenergie = - 3 300 PJ (34%)**

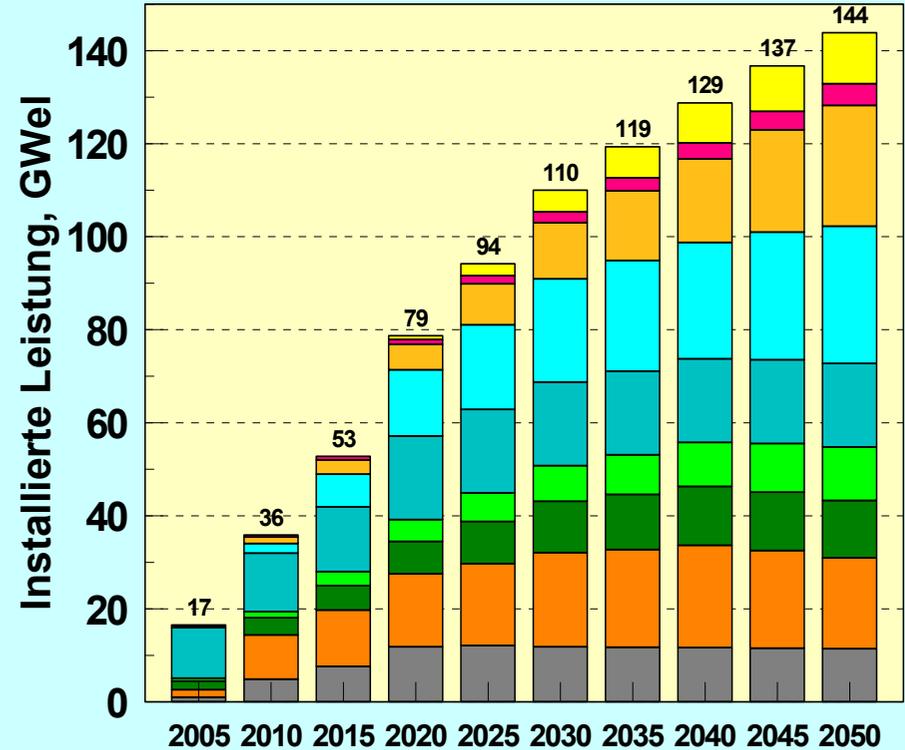
**Primärenerg. = - 4 600 PJ (31%)**

# Kraftwerksbauten (Ersatz + Zubau) ab 2001 in zwei Szenarien

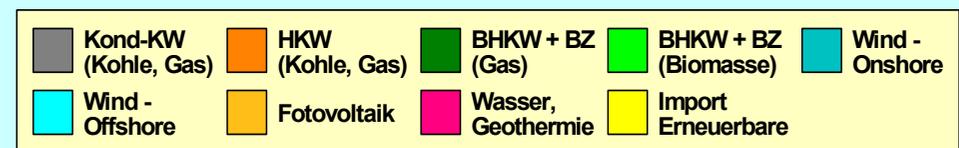
- Szenario Referenz -



- Szenario NaturschutzPlus I -



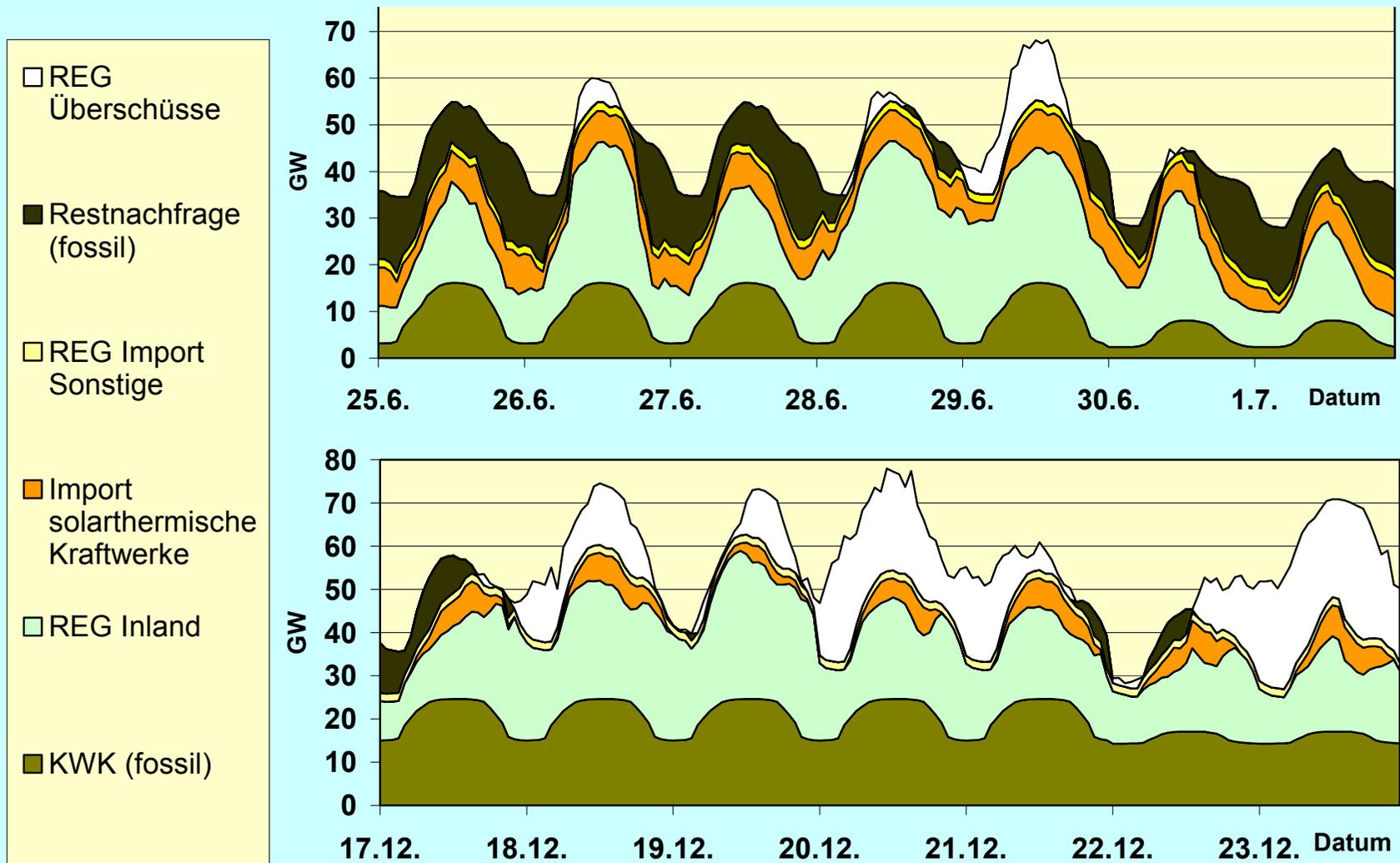
EE von 6% (2000) auf 19 % (2050)  
CO<sub>2</sub> von 335 auf 330 Mio. t/a



EE von 6% (2000) auf 68% (2050)  
CO<sub>2</sub> von 335 auf 75 Mio. t/a

# Leistungsbereitstellung auf Stundenbasis im Jahr 2050

oben: Sommerwoche, unten: Winterwoche



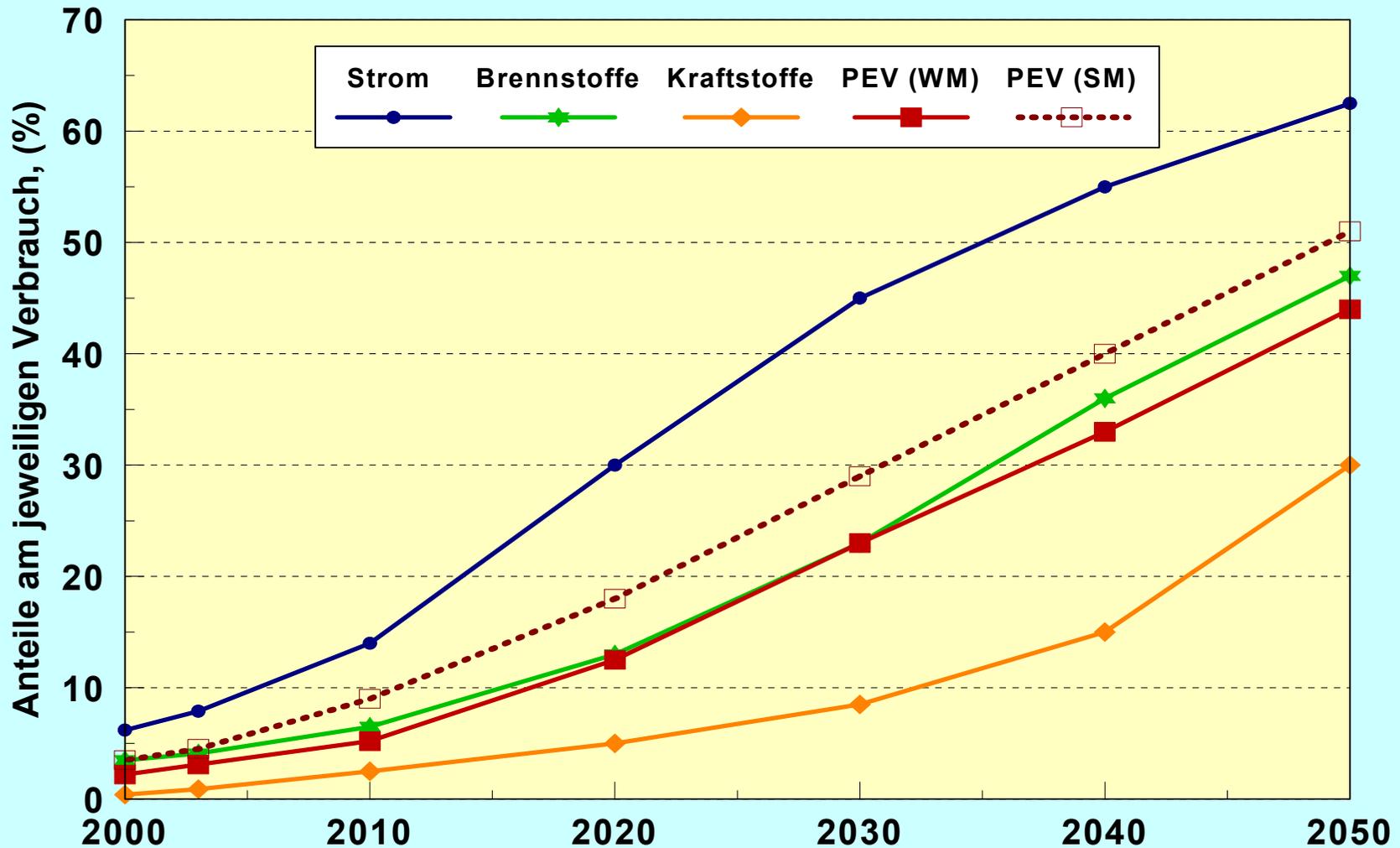
# Kraftwerksbauten (Ersatz und Zubau) im Zeitraum 2000 bis 2020

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

<b>Öffentliche Heizkraftwerke</b>	<b>6,2</b>	<b>3,3</b>		<b>9,5</b>
<b>Industrielle Heizkraftwerke (&gt; 10 MW)</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>		<b>6,2</b>
<b>Stromerzeugung 2000 (TWh/a)</b>	<b>297</b>	<b>60</b>	<b>34</b>	
<b>Differenz 2020 – 2000 *) (TWh/a)</b>	<b>- 105</b>	<b>+ 51</b>		

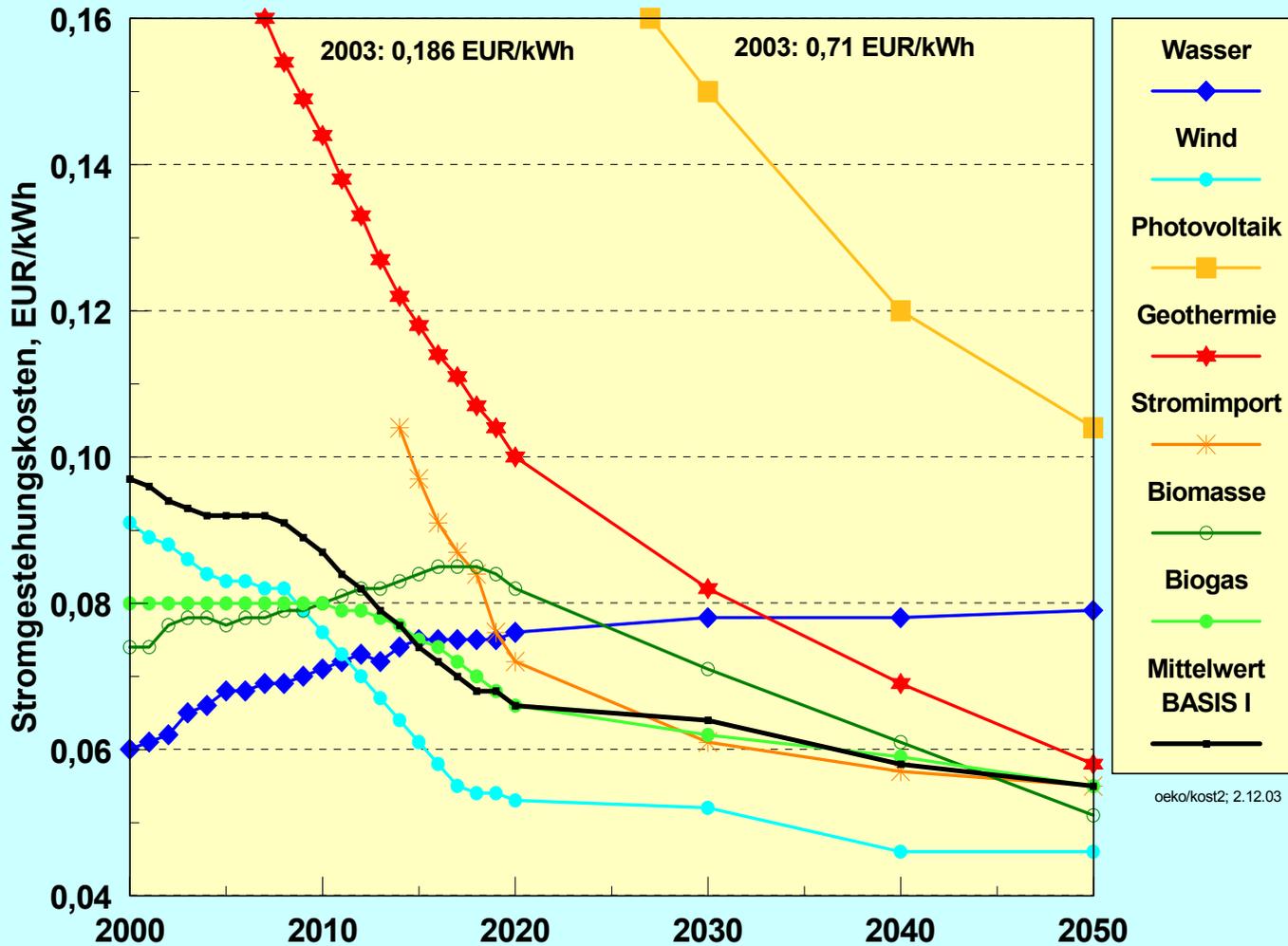
**\*) Zusätzlich: - 128 TWh/a Kernenergie; 66 TWh/a vermieden wegen erhöhter Nutzungseffizienz**

# „Fahrplan“ für den Ausbau erneuerbarer Energien nach Sektoren



oeko/Fahrplan; 12.2.04

# Kostenverlauf neuer EE- Referenzanlagen (Technologiegruppen)



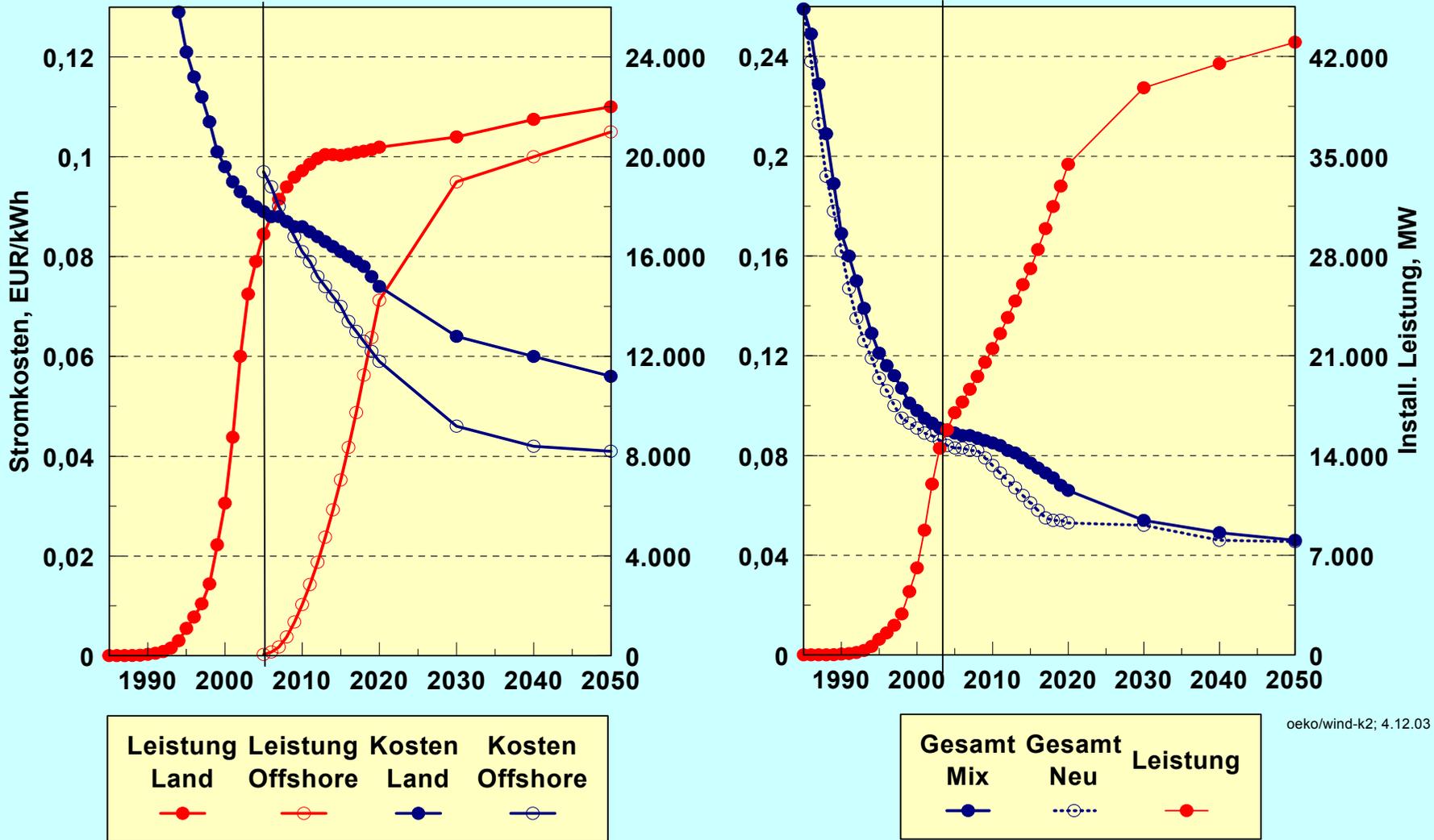
**Deutliche Kosten-  
degression möglich  
und  
bereits eingetreten:**

**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 erreichbare  
Werte: 5,5 ct/kWh  
(nicht optimal nur bis  
etwa 7 ct /kWh !)**

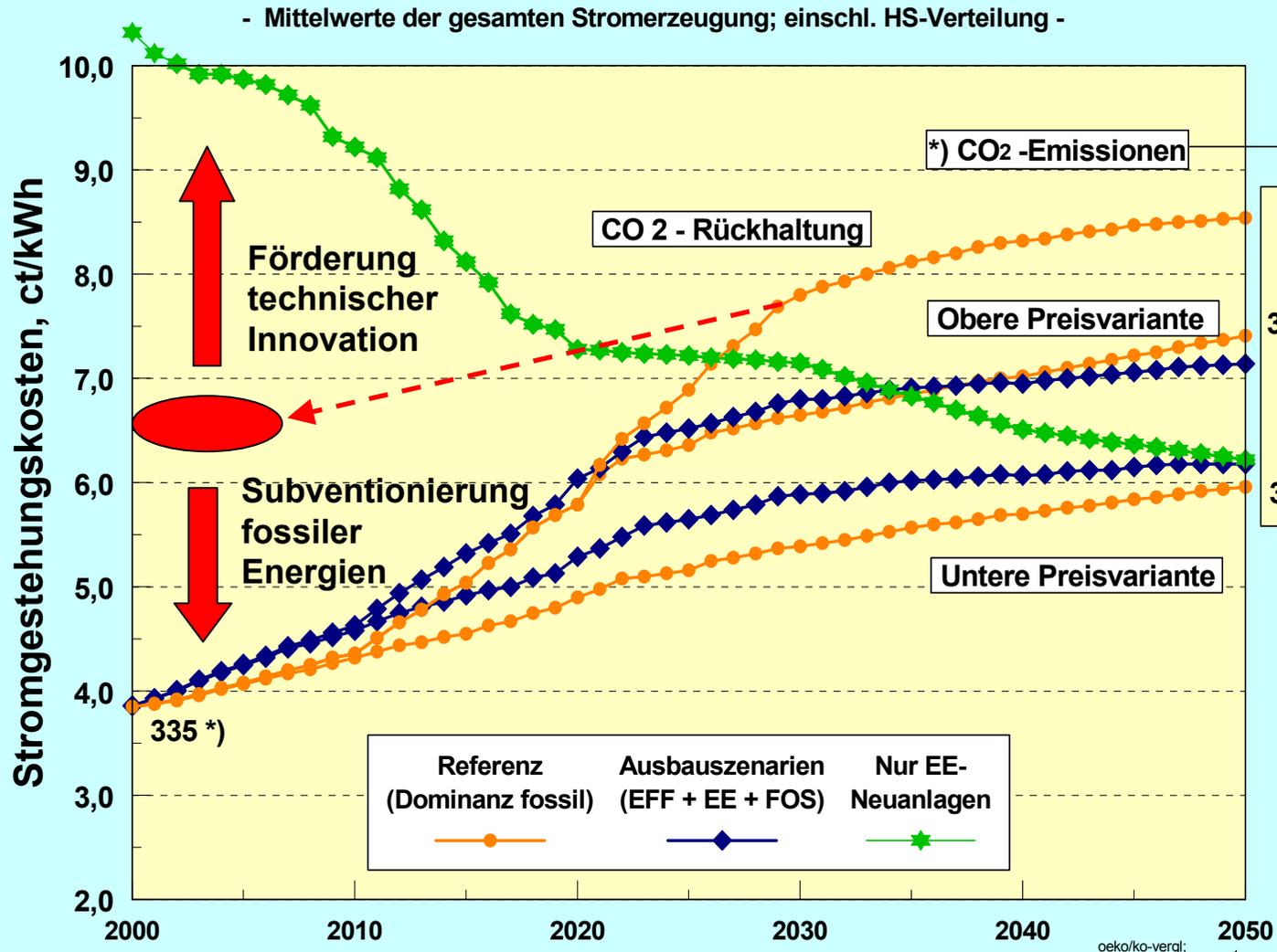
# Kosten- und Mengenverlauf der Windenergie



oeko/wind-k2; 4.12.03

# Bandbreite der mittleren Stromkosten als Funktion der Brennstoffpreise

- jeweilige Gesamtsysteme bei gleicher Versorgungssicherheit -



## Vier Preisvarianten

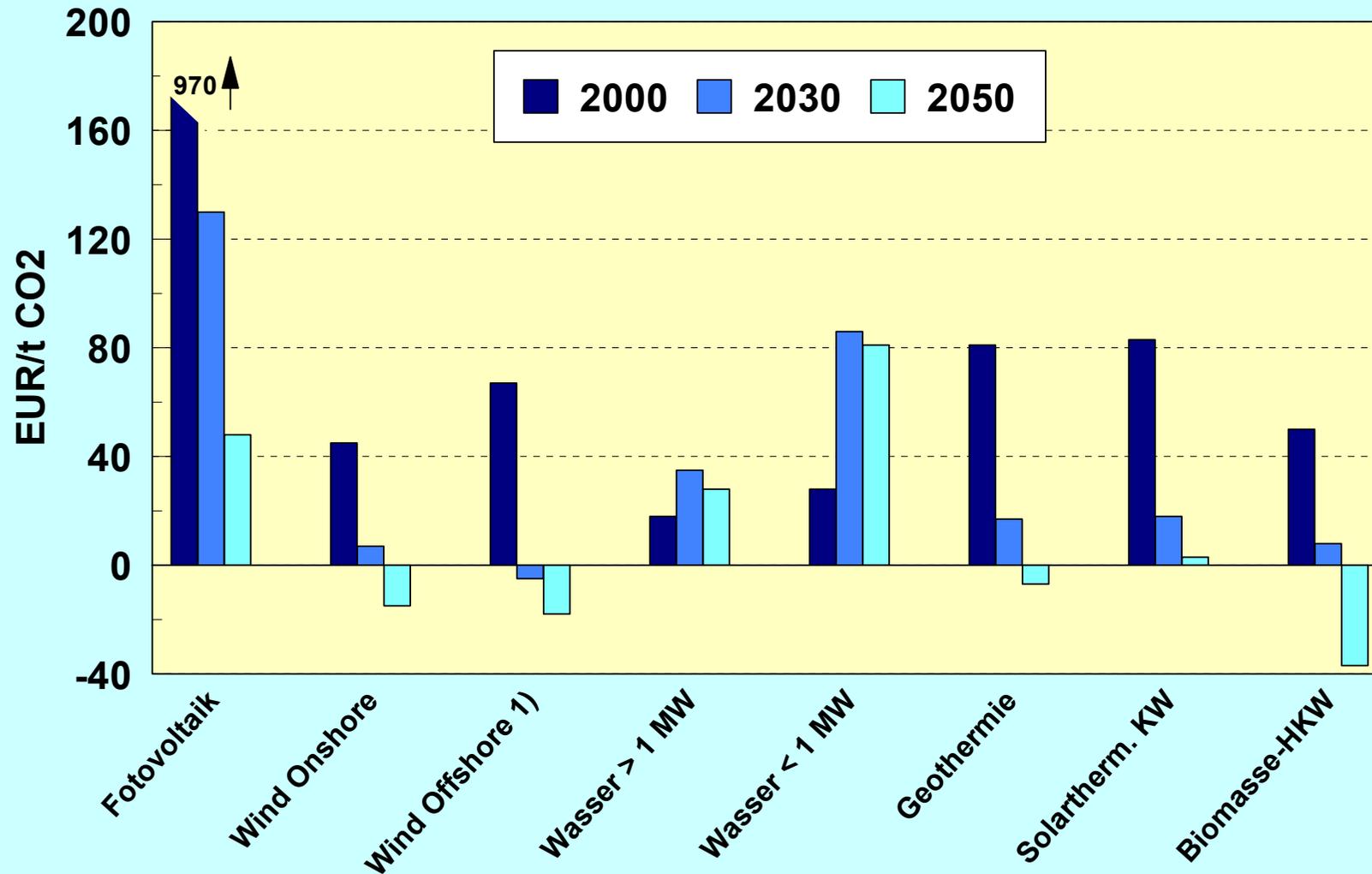
„unten“ und „mittel“:  
Korridor zukünftiger  
Brennstoffpreise

„oben“:  
zusätzlich 15 €/t CO<sub>2</sub>  
ab 2010

„CO<sub>2</sub>-arm“ :  
CO<sub>2</sub>-freie Kohle –Kond.  
Kraftwerke ab 2020

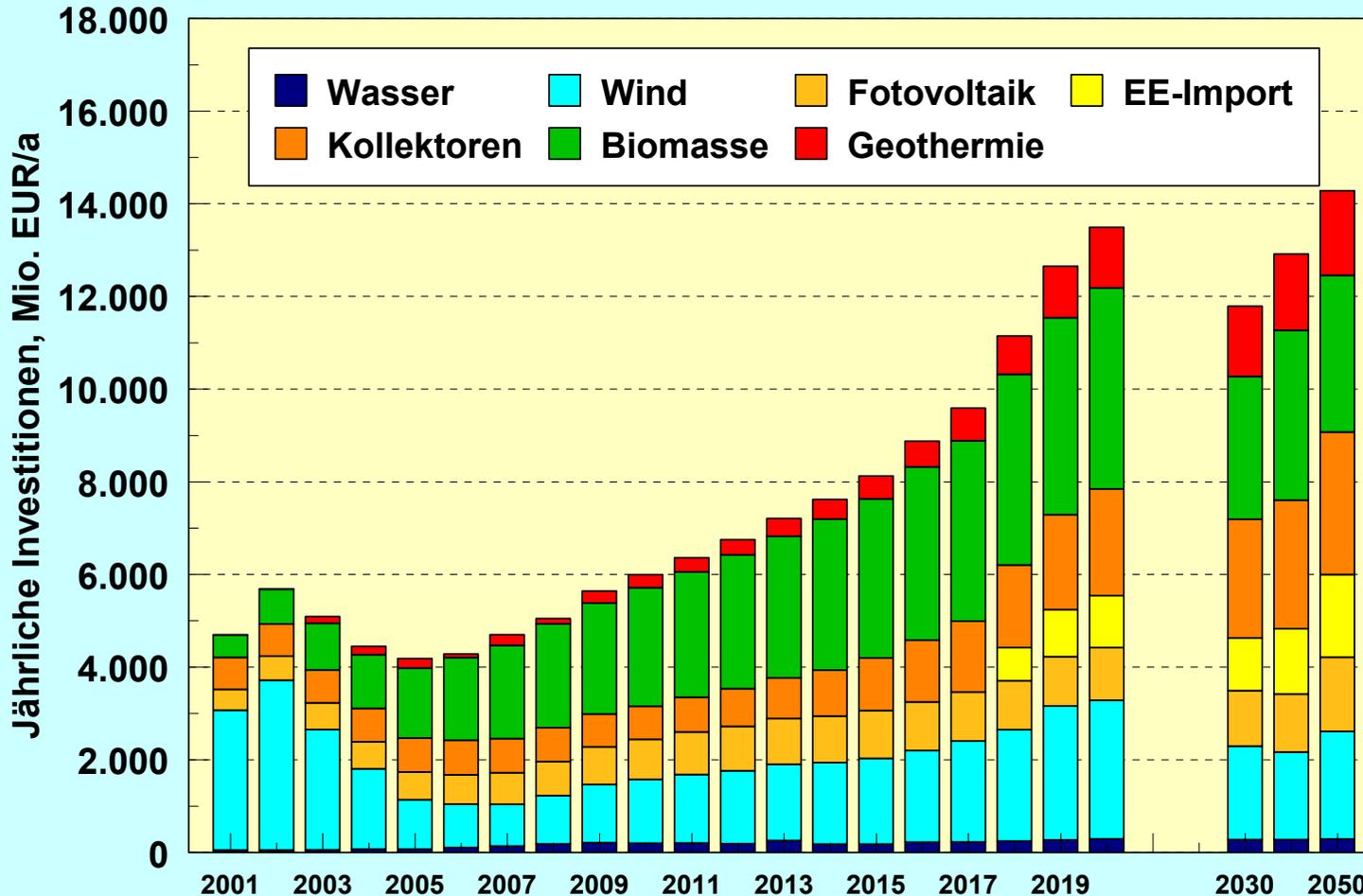
# CO<sub>2</sub> – Vermeidungskosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

- "mittlere" Preisentwicklung fossiler Energien -



# Investitionen in strom- und wärmeerzeugende Anlagen bis 2050

- Szenario NaturschutzPlus I -



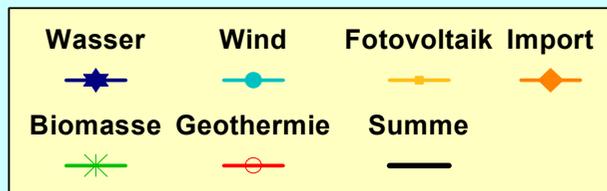
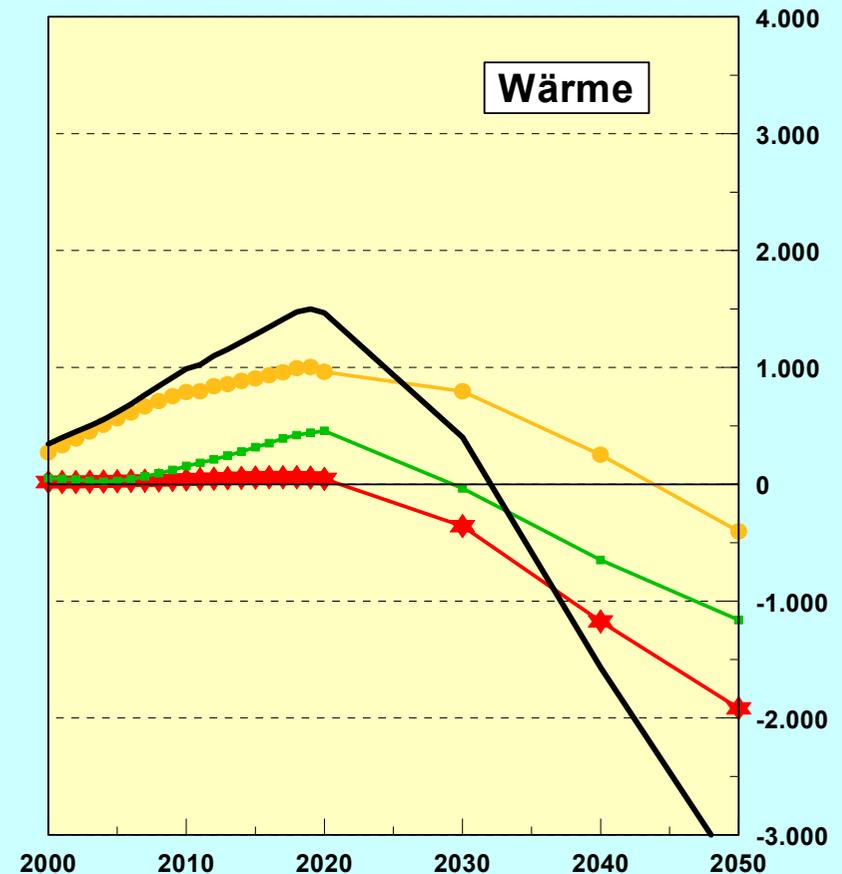
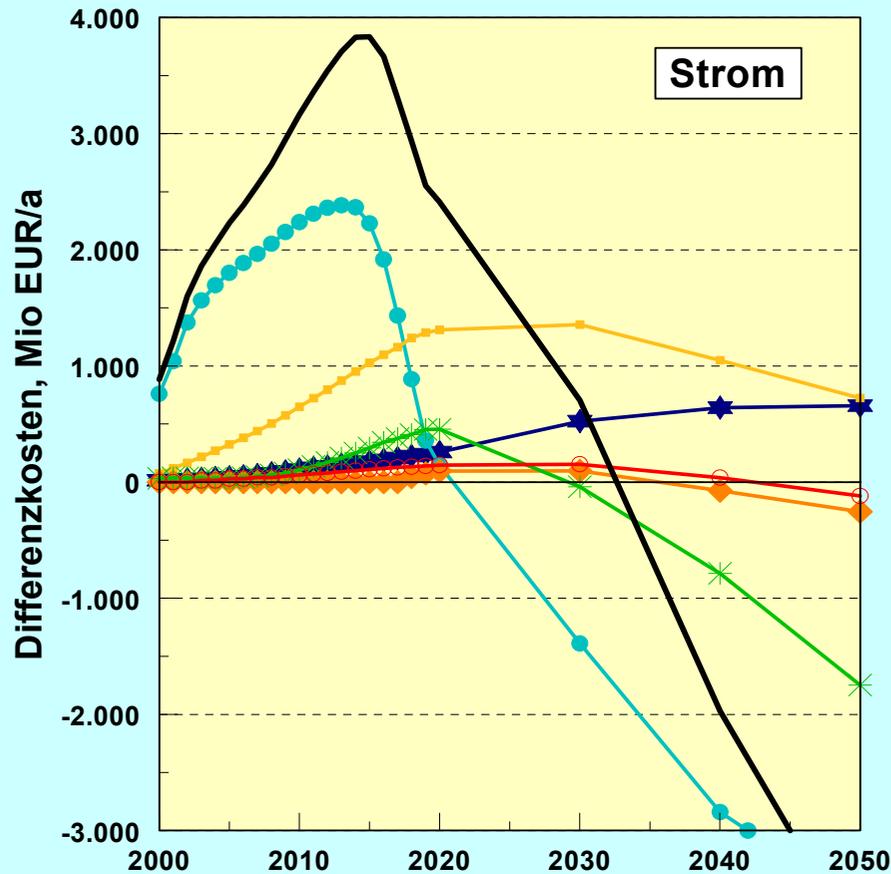
oeko/inv-NP1; 21.1.04

Längerfristig stabile (Inlands-) Märkte zwischen 12 und 14 Mrd. €/a (mit Berücksichtigung von Biokraftstoffen zwischen 18 und 20 Mrd. €/a)

Exportmärkte in ähnlicher Größe !

# Differenzkosten des Zubaus erneuerbarer Energien

- Ausbauszenarien; obere Preisvariante -



# Spezifische Differenzkosten der Stromerzeugung aus EE

- Szenario NaturschutzPlus I -

