

Strategien für eine kosteneffiziente Klimaschutzpolitik

Alexander Wokaun

Socrates Kypreos, Leonardo Barreto

Daniel Krzyzanowski, Peter Rafaj, Thorsten Schulz

Paul Scherrer Institut, Villigen

Klimaschutzziele: Empfehlungen des IPCC und der EU

**globalen Temperaturanstieg auf +2° beschränken;
weniger als 0.2° Temperaturänderung pro Jahrzehnt**

**atmosphärische CO₂-Konzentration bei
maximal 550 ppm (IPCC) bzw. 450 ppm (EU) stabilisieren**

**Emissionen bis 2100 auf
5 Gt C /Jahr (IPCC) bzw. 3 Gt C /Jahr (EU) zurückführen**

**Reduktion der CO₂-Emissionen pro Person
(EU derzeit: 7 t CO₂ / Jahr)
bis 2050 um 50% (IPCC) bzw. um 80% (EU).**

Optionen für die CO₂-Reduktion

◆ **Beschränkung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen**
⇒ **Verhaltensänderungen, Wertesystem**

◆ **Erbringen von Energiedienstleistungen**
mit höherer **Effizienz**

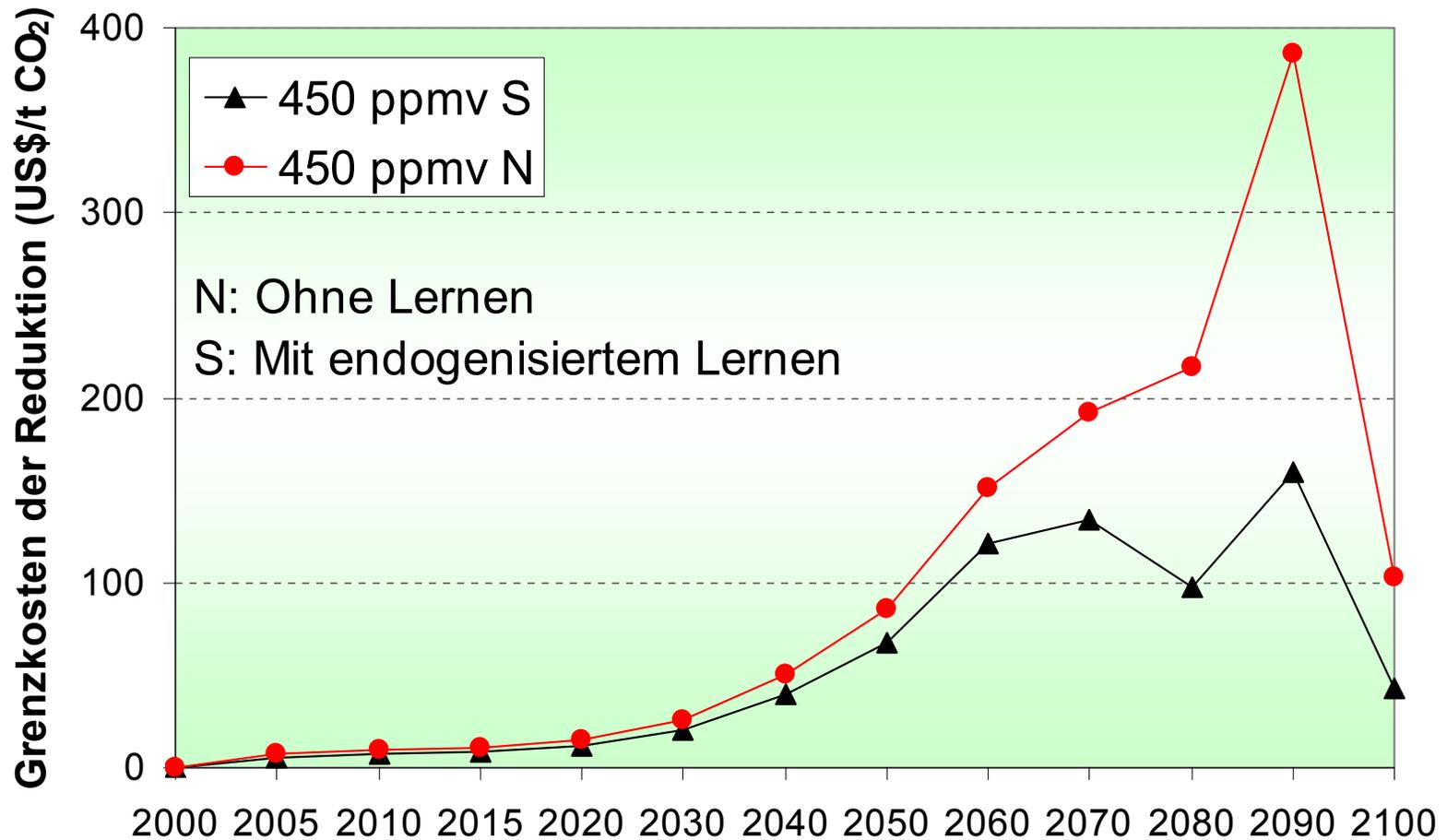
◆ **Substitution der Primärenergie-Rohstoffe**
durch solche mit geringerer **Kohlenstoffintensität**
⇒ **Einsatz von Erdgas und von erneuerbaren Energien**

◆ **Rückhalten des CO₂ vor der Emission in die Atmosphäre**
⇒ **Sequestrierung (geologisch, in Ozeanen, in Senken)**

Die Bedeutung des technischen Lernens

- ◆ **Höhere Kosten neuer Technologien für Effizienzsteigerung (z.B. Brennstoffzellen) und für Substitution (Erneuerbare)**
- ◆ **Kostensenkung durch technische Verbesserung (Forschung, Pilot- und Demonstrationsprojekte)**
- ◆ **Kostensenkung durch Einsatz in steigenden Stückzahlen (economy of scale)**
- ◆ **Es lohnt sich, frühzeitig in die Ausreifungskosten von Effizienztechnologien zu investieren.**

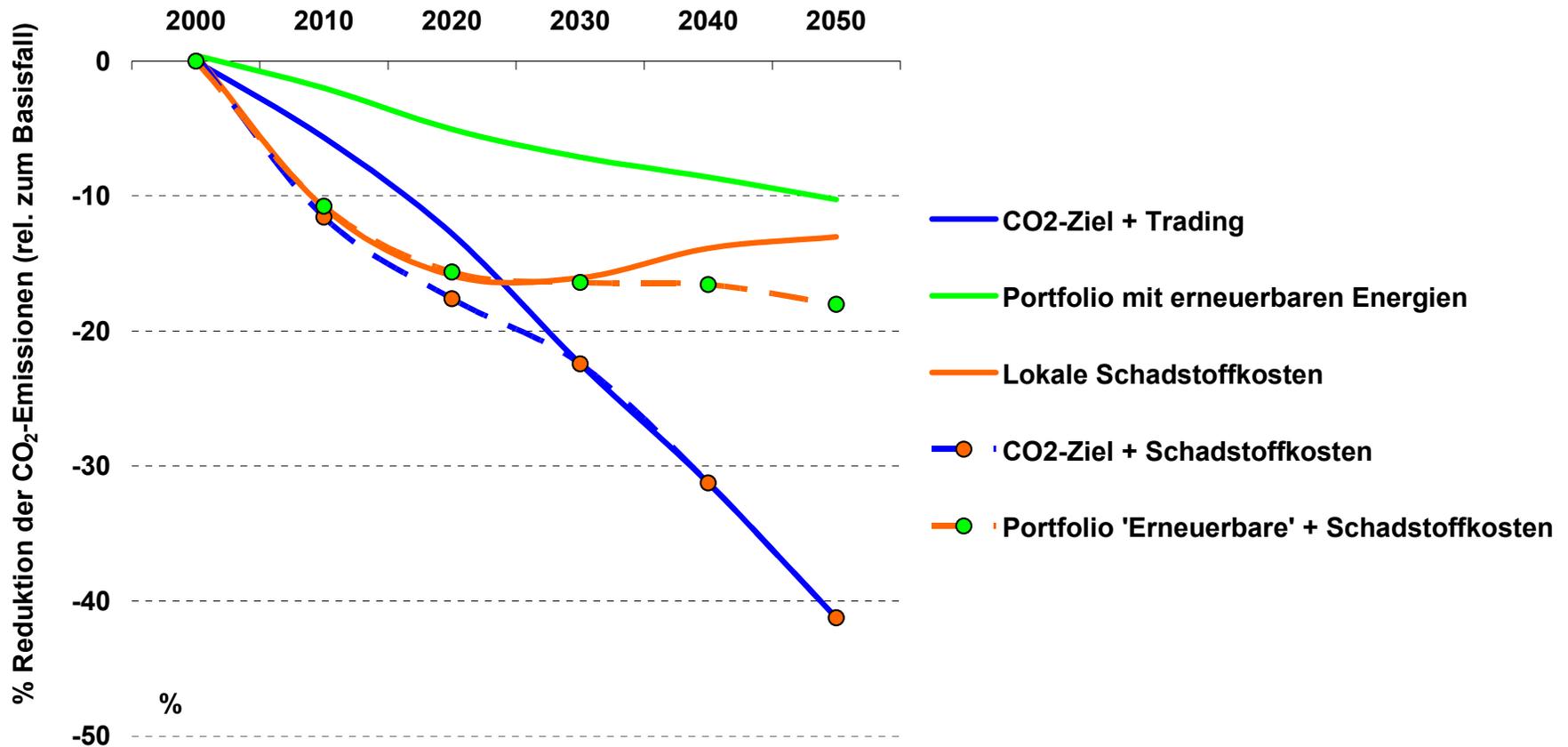
Dank technischem Lernen bleiben die CO₂-Reduktionskosten < 150 \$ / t CO₂



Flexibilität in den Mechanismen: eine Reihe von Massnahmen steht zur Verfügung

- ◆ **Länderspezifische und globale CO₂-Reduktionsziele, Realisation in internationaler Zusammenarbeit (Zertifikathandel)**
- ◆ **Vorgaben für die Anteile erneuerbarer Energien**
- ◆ **preisliche Berücksichtigung der lokal entstehenden externen Kosten (vor allem Luftschadstoffe)**
- ◆ **Kostengünstiges Portfolio: Kombination der klimapolitischen Massnahmen, Synergien schaffen, technisches Lernen stimulieren, zeitliche Flexibilität bei der Implementation gewähren**

Kombination von CO₂-Ziel und Bewertung der Schadstoffemissionen erreicht stärkste Reduktion



Klimapolitik: Wahl der Primärenergie und der Energieträger

Verringerung der CO₂-Intensität: Kohle → Öl → Erdgas

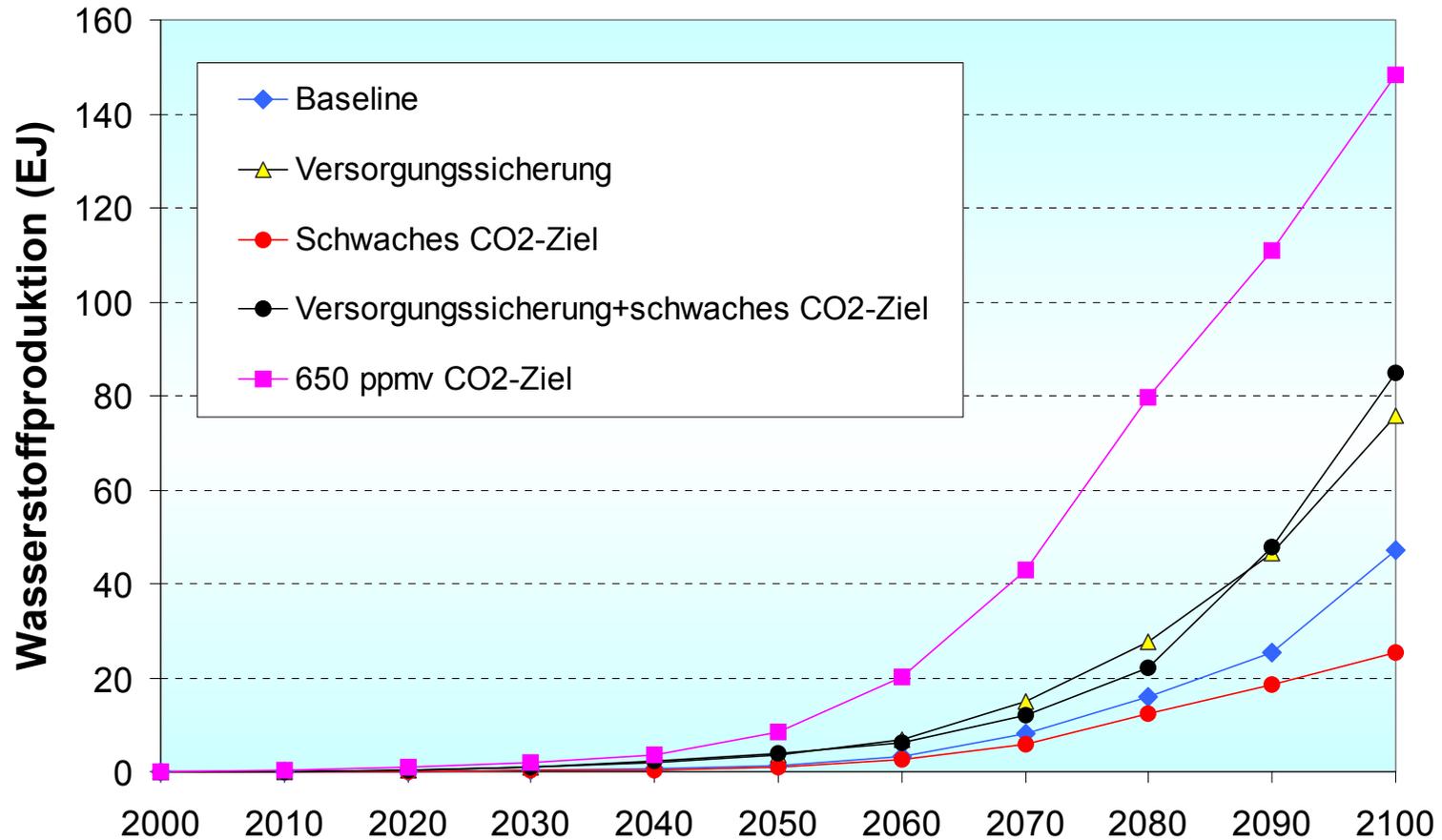
Erneuerbare Energien

- **Biomasse, Geothermie und Wärmepumpen**

- **Windenergie, Solarenergie**

Kernenergie: praktisch CO₂-frei; Anforderungen sind inhärent sichere Anlagen und gelöste Abfallproblematik

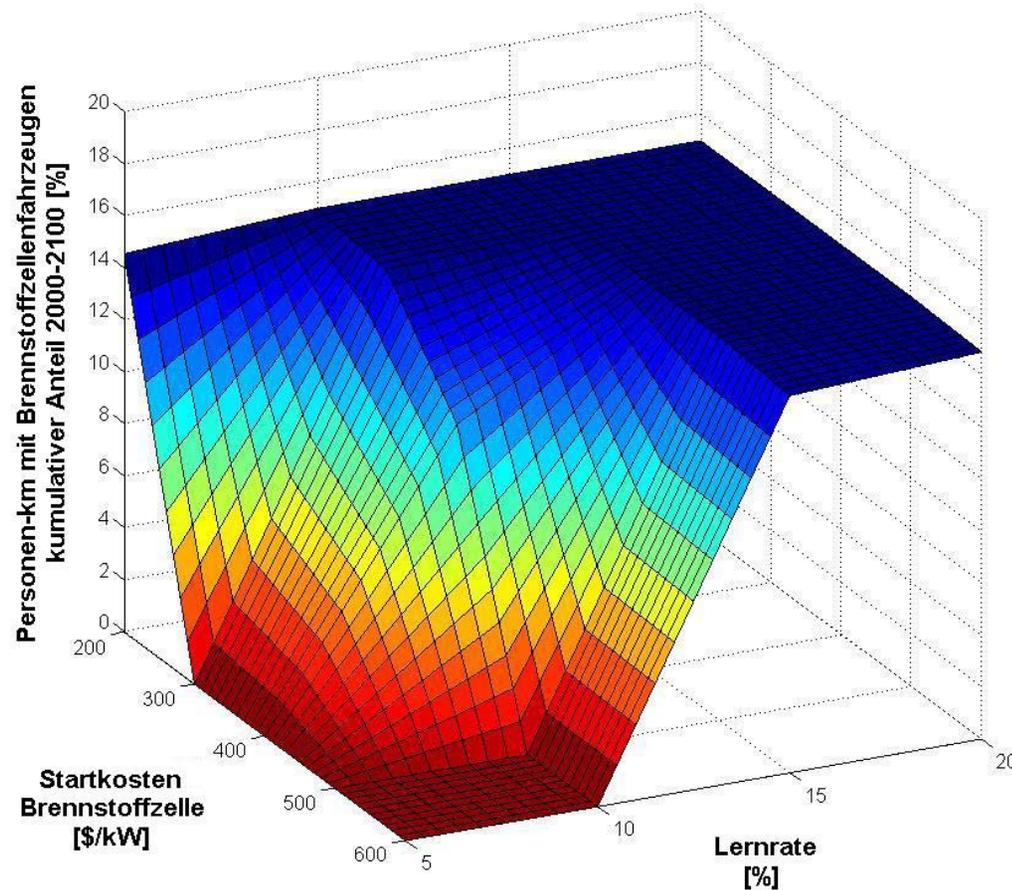
Energieträger für höhere Effizienz: komplementäre Rollen für Erdgas und Elektrizität (beide leitungsgebunden) und von Wasserstoff für den motorisierten Transport.



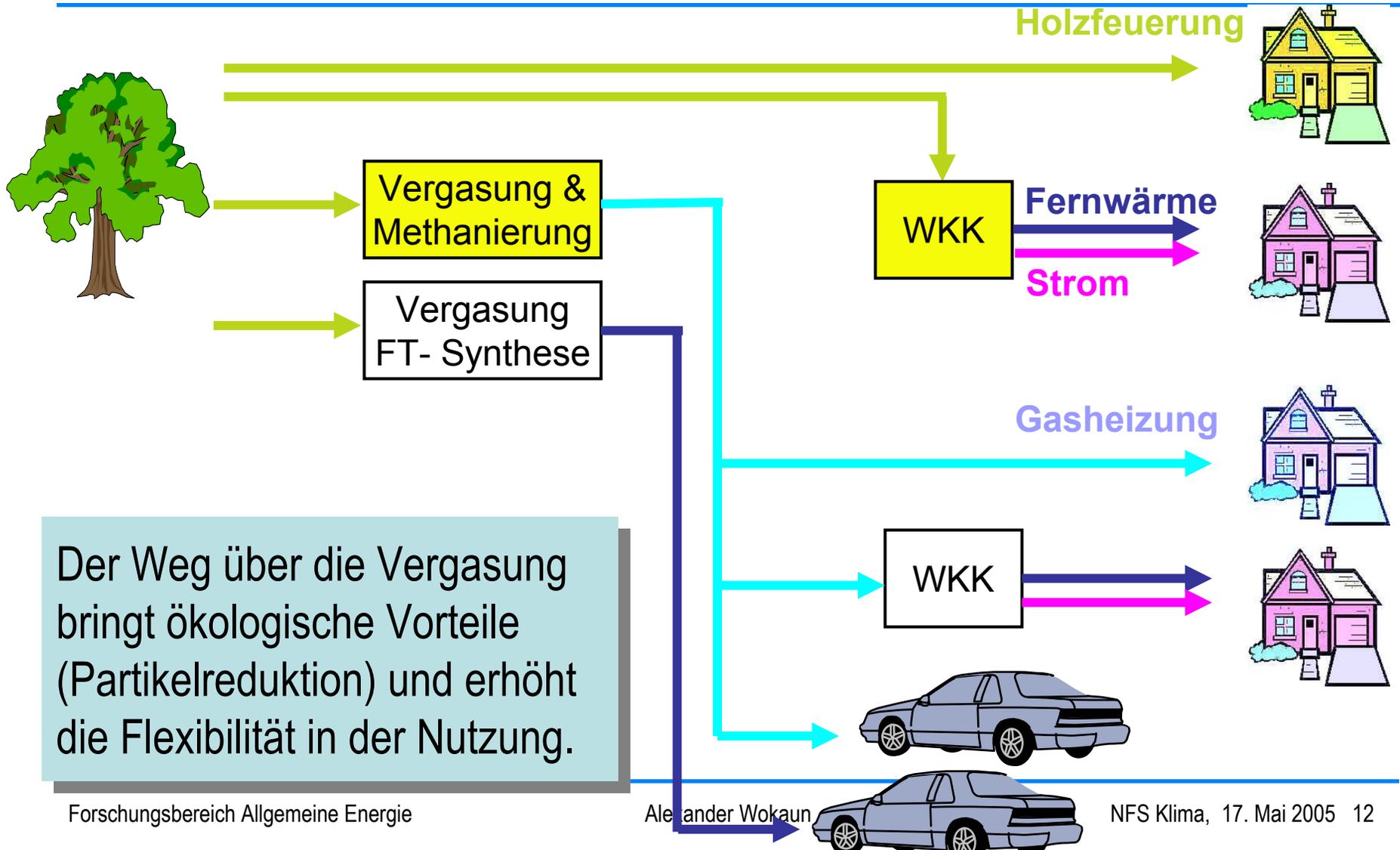
Was entscheidet über den Markterfolg neuer Technologien ?

- ◆ **Energiepreise (z.B. Erdöl) und internationale Vereinbarungen setzen die Rahmenbedingungen – Unsicherheiten !**
- ◆ **Durchbruch gelingt nur jenen Technologien, die langfristig unter zukünftigen Rahmenbedingungen wettbewerbsfähig sind**
- ◆ **Voraussetzungen sind vertretbare Kosten beim Markteintritt, Potential für rasches technisches Lernen und Investition in die Ausreifungskosten**
- ◆ **Eine vorausschauende Energiepolitik fördert ein sorgfältig gewähltes Portfolio von vielversprechenden Technologien, diversifiziert nach Region und Anwendungssektor (Haushalte, Personen- und Güterverkehr, ind. Produktion).**

Anteil von Brennstoffzellenfahrzeugen an der Fahrleistung als Funktion der Lernrate und der Anfangskosten bei der Markteinführung

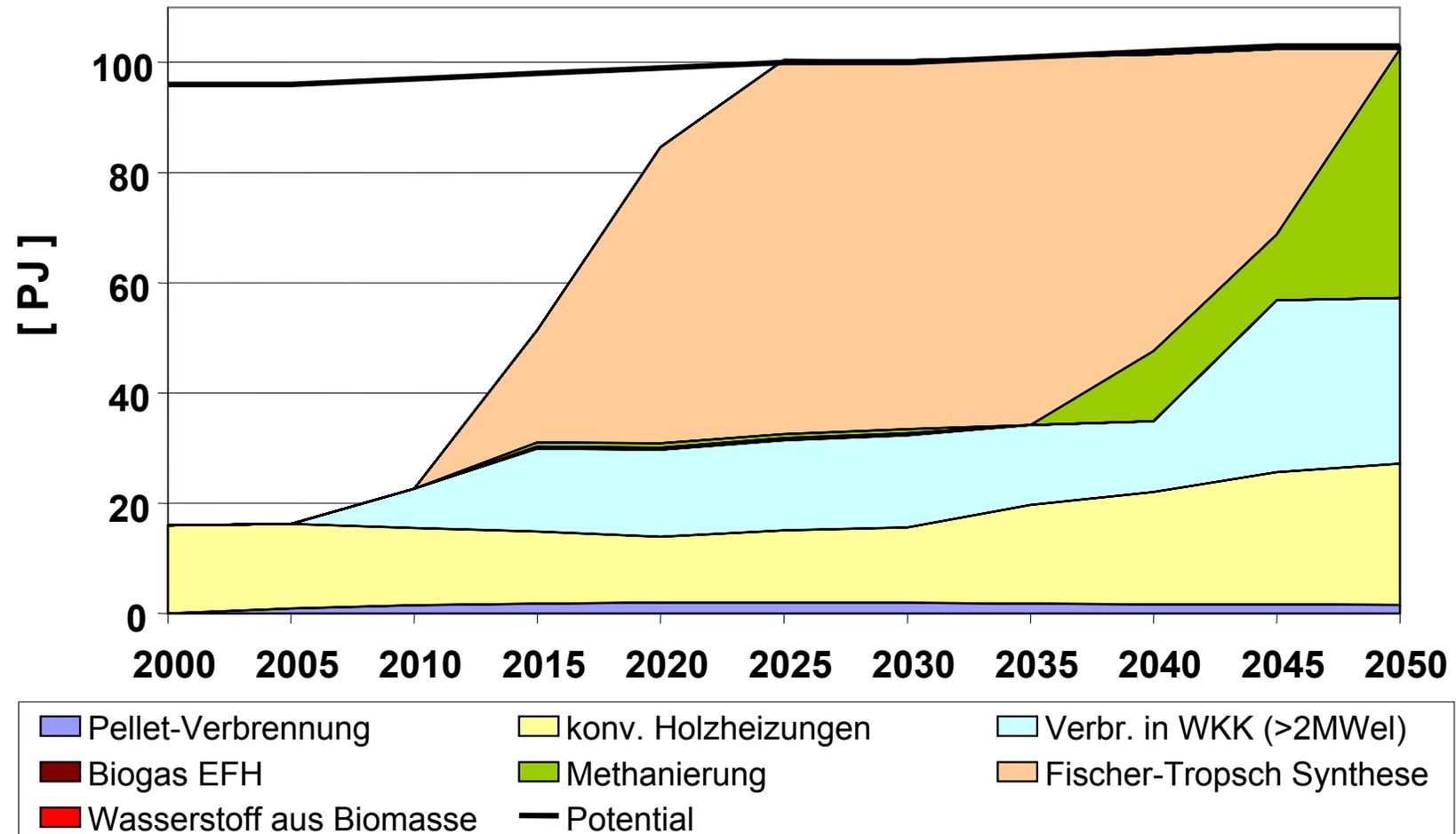


Einheimische Biomassenutzung: Verteilung über das Gasnetz



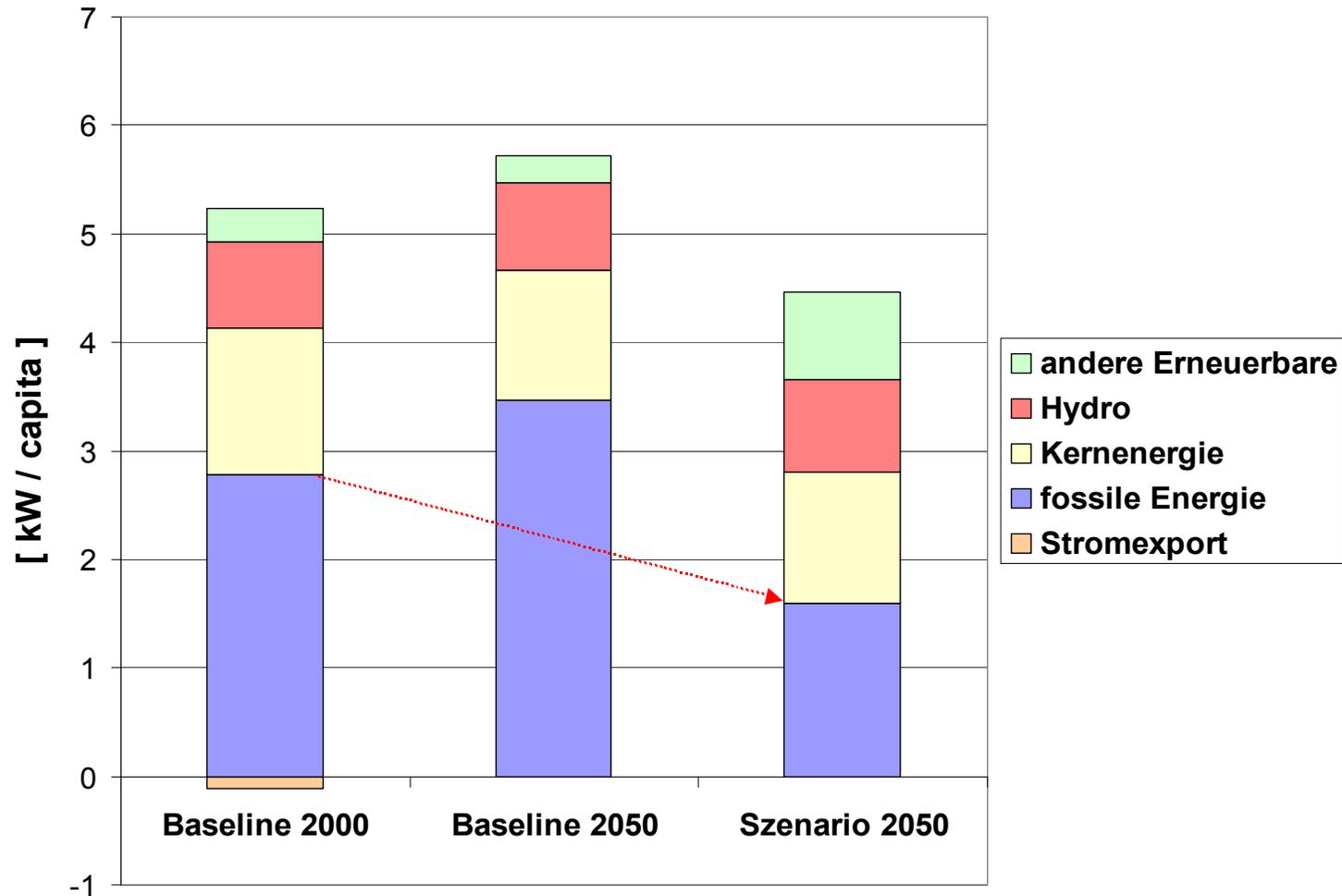
Der Weg über die Vergasung bringt ökologische Vorteile (Partikelreduktion) und erhöht die Flexibilität in der Nutzung.

Szenario für den Anteil der Biomasse an der Primärenergie-Bereitstellung

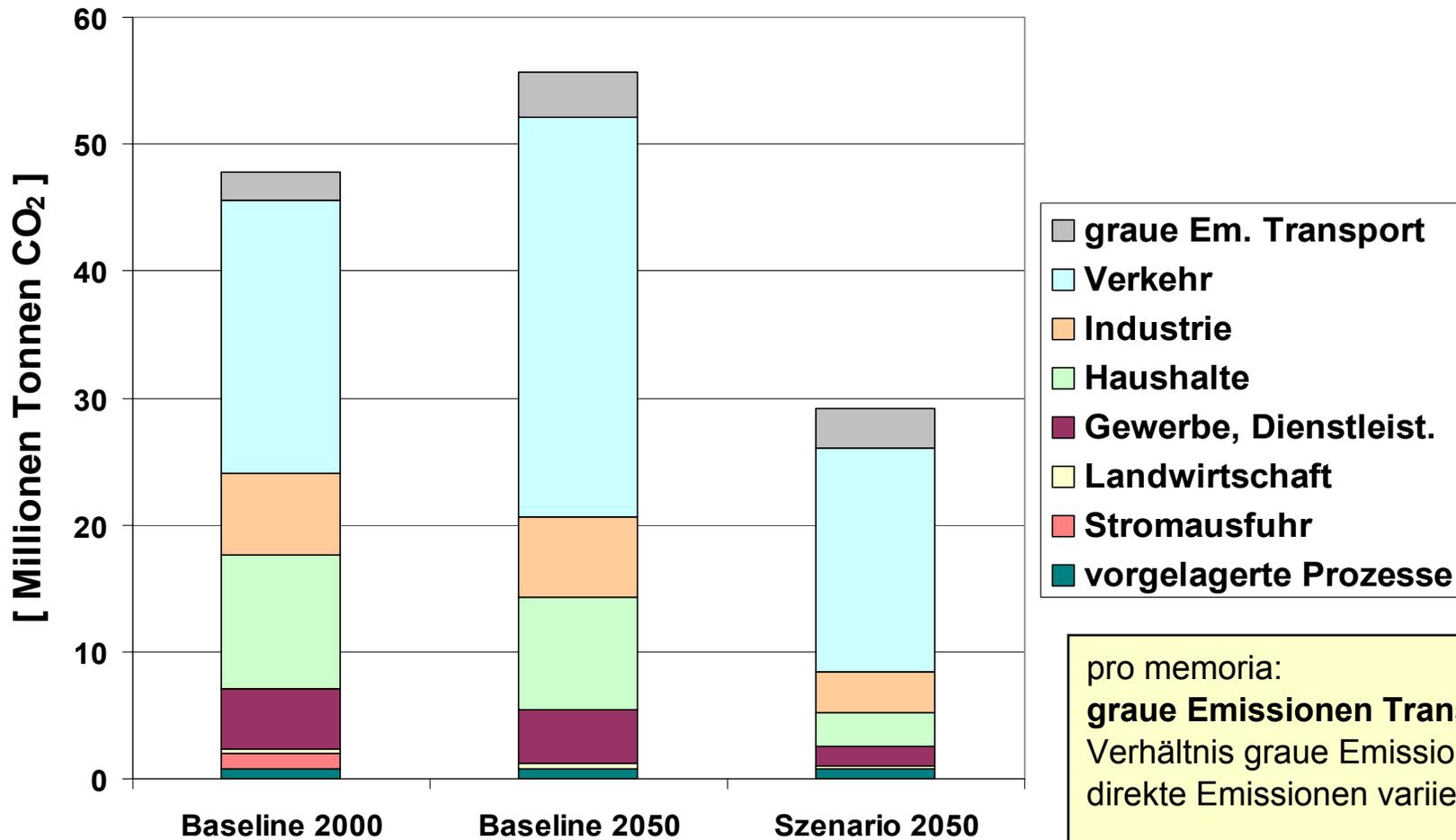


Auf dem Weg zur 2000 Watt-Gesellschaft

Vorgabe: Halbierung des fossilen Anteils bis 2050



Szenario einer Halbierung der CO₂-Emissionen bis 2050: Beiträge der Wirtschaftssektoren



pro memoria:

graue Emissionen Transportsektor

Verhältnis graue Emissionen / direkte Emissionen variiert wenig !

Relativ zum Total der Emissionen:

in der Baseline 2050: 11.4%

im Szenario 2050: 17.4%

Strategien für eine kosteneffiziente Klimaschutzpolitik

- ◆ **Keine einzelne Lösung ist ausreichend: breites Portfolio von Technologien erforderlich (CO₂-freie Primärenergie, Effizienzsteigerung entlang der ganzen Energiekette, Sequestrierung)**
- ◆ **Frühzeitige Investition in Forschung, Entwicklung, Demonstration und Implementierung, um das technische Lernen zu stimulieren**
- ◆ **Klimapolitik kombiniert mit Vorteil verschiedene Massnahmen (CO₂-Ziele, Anteile erneuerbarer Energien, Internalisierung externer Kosten), schafft Synergien, gewährt Flexibilität**

Klimaschutzpolitik schafft Sekundärnutzen in der Schweiz:

- **höhere Versorgungssicherheit durch einheimische Energie**
- **tiefere Energiesystemkosten dank Effizienzsteigerung**
- **niedrigere Gesundheitskosten durch weniger Luftschadstoffe**
- **Innovationsförderung und gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit**
- **Pionierrolle stärkt Position in internationalen Verhandlungen**

