

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).**

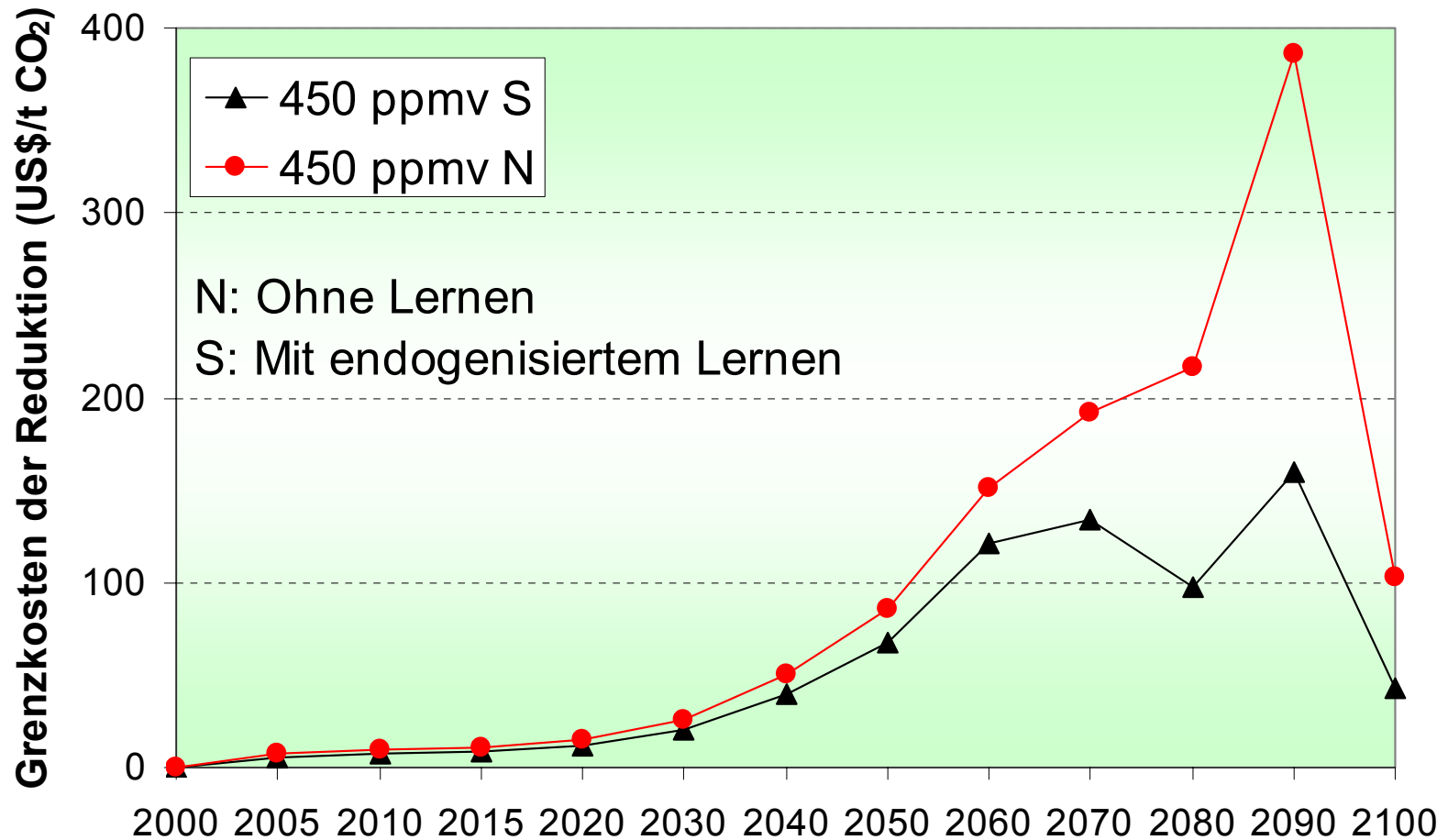
Optionen für die CO₂-Reduktion

- ◆ **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.**

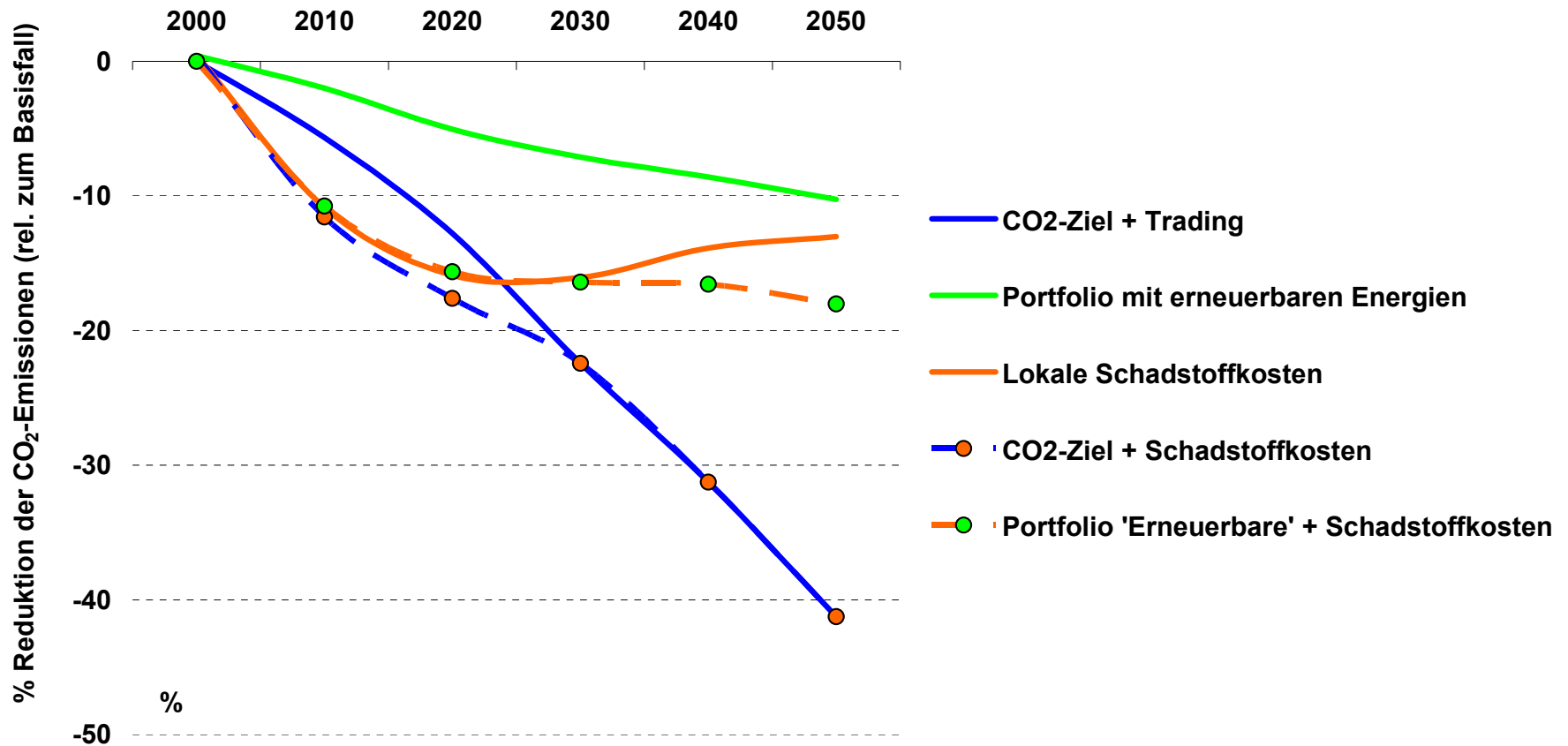
Dank technischem Lernen bleiben die CO₂-Reduktionskosten < 150 \$ / t CO₂



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

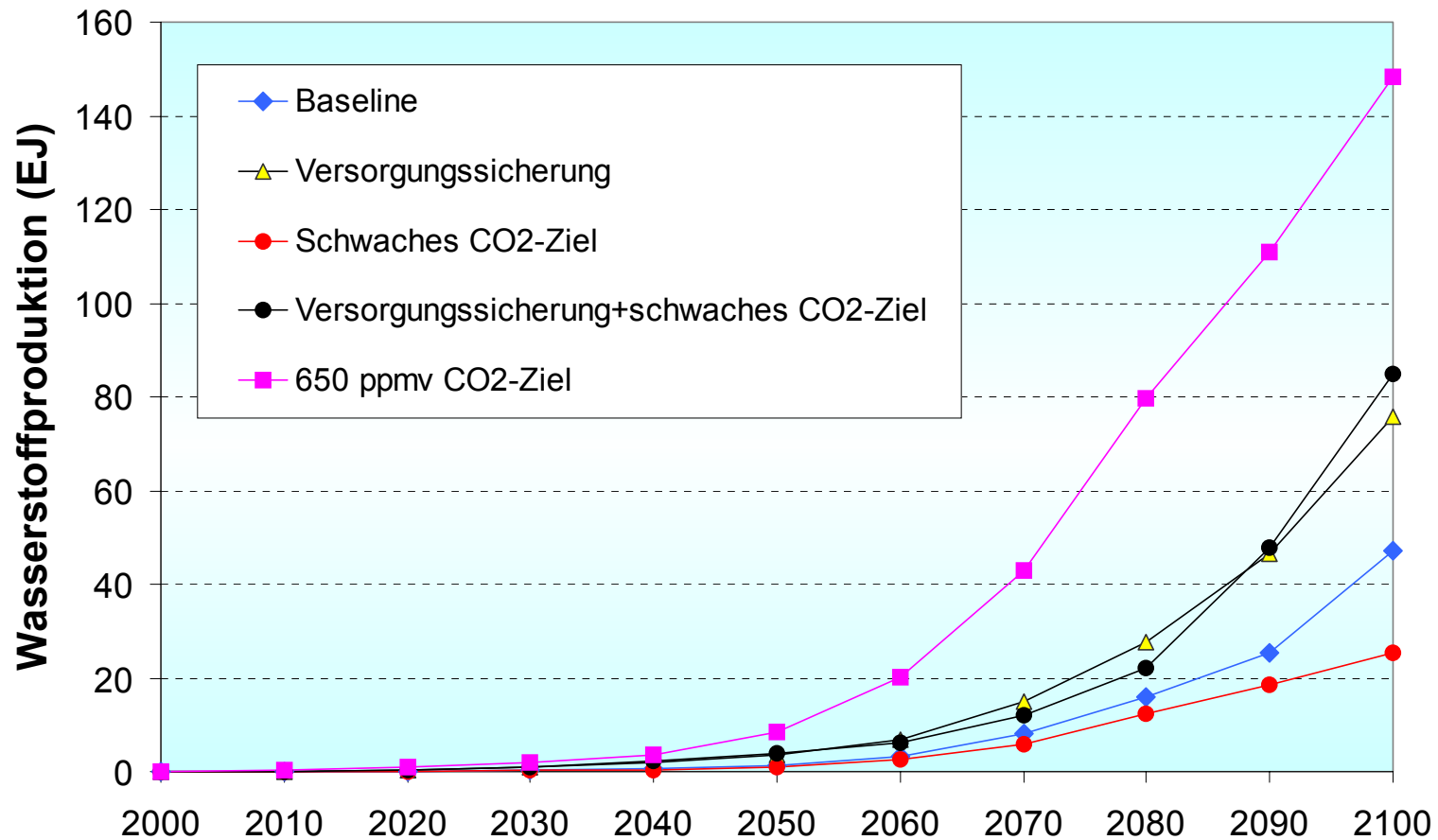
- **Biomasse, Geothermie und Wärmepumpen**

- **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.

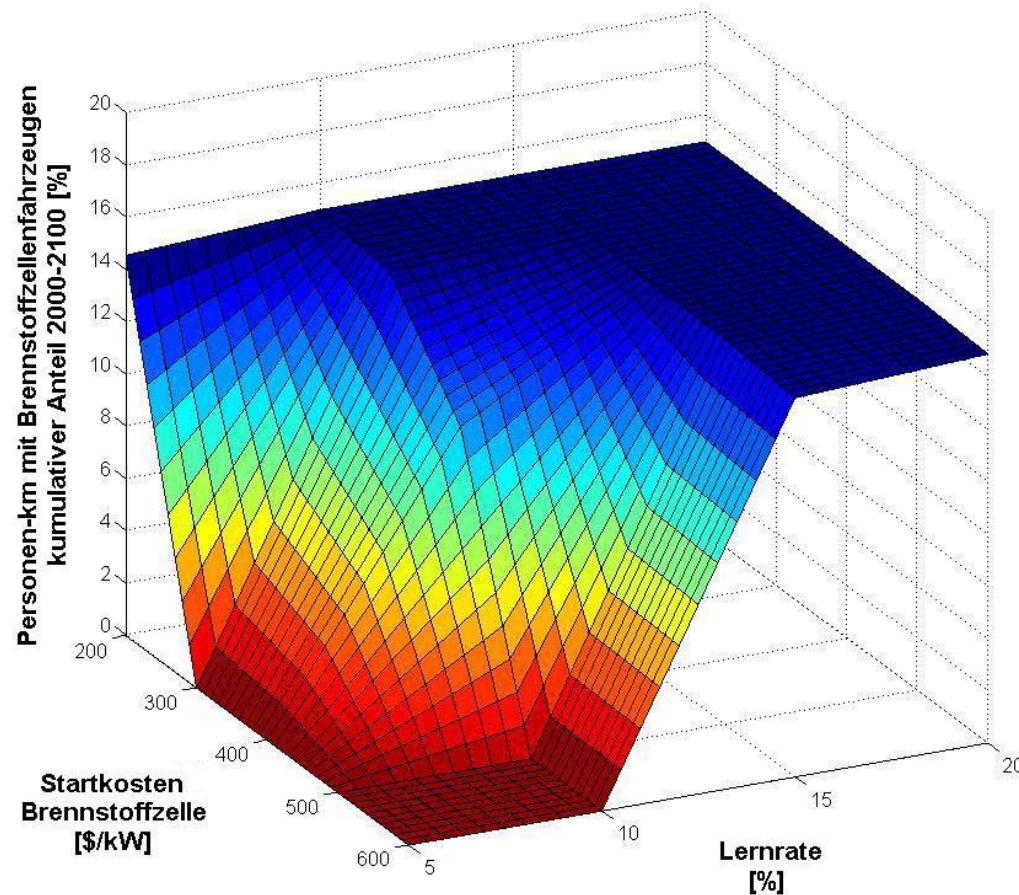
Steigerung der Versorgungssicherheit kombiniert mit einem moderaten Klimaschutzpolitik fördert die Einführung von Wasserstoff zur Effizienzsteigerung



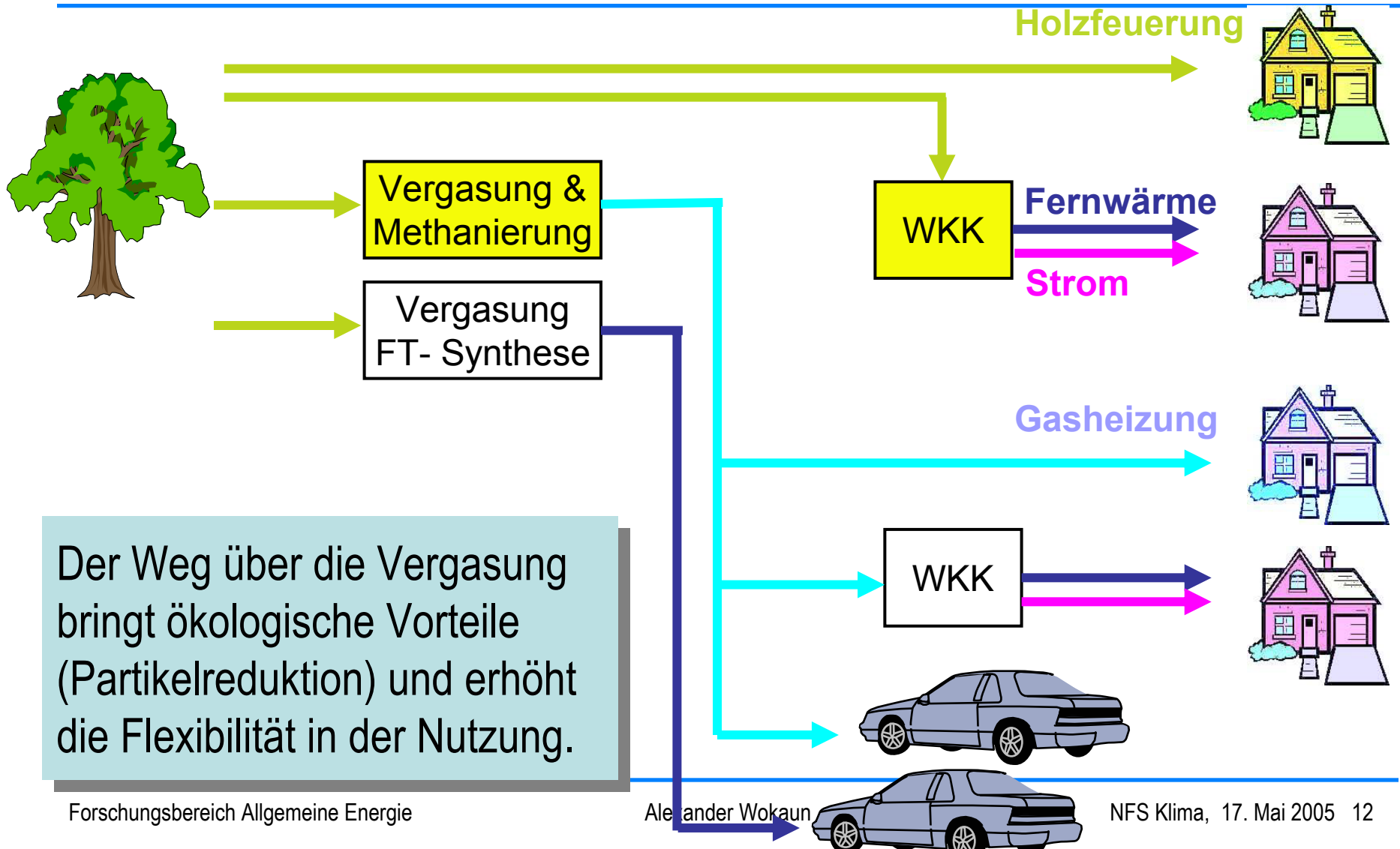
Was entscheidet über den Markterfolg neuer Technologien ?

- ◆ **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

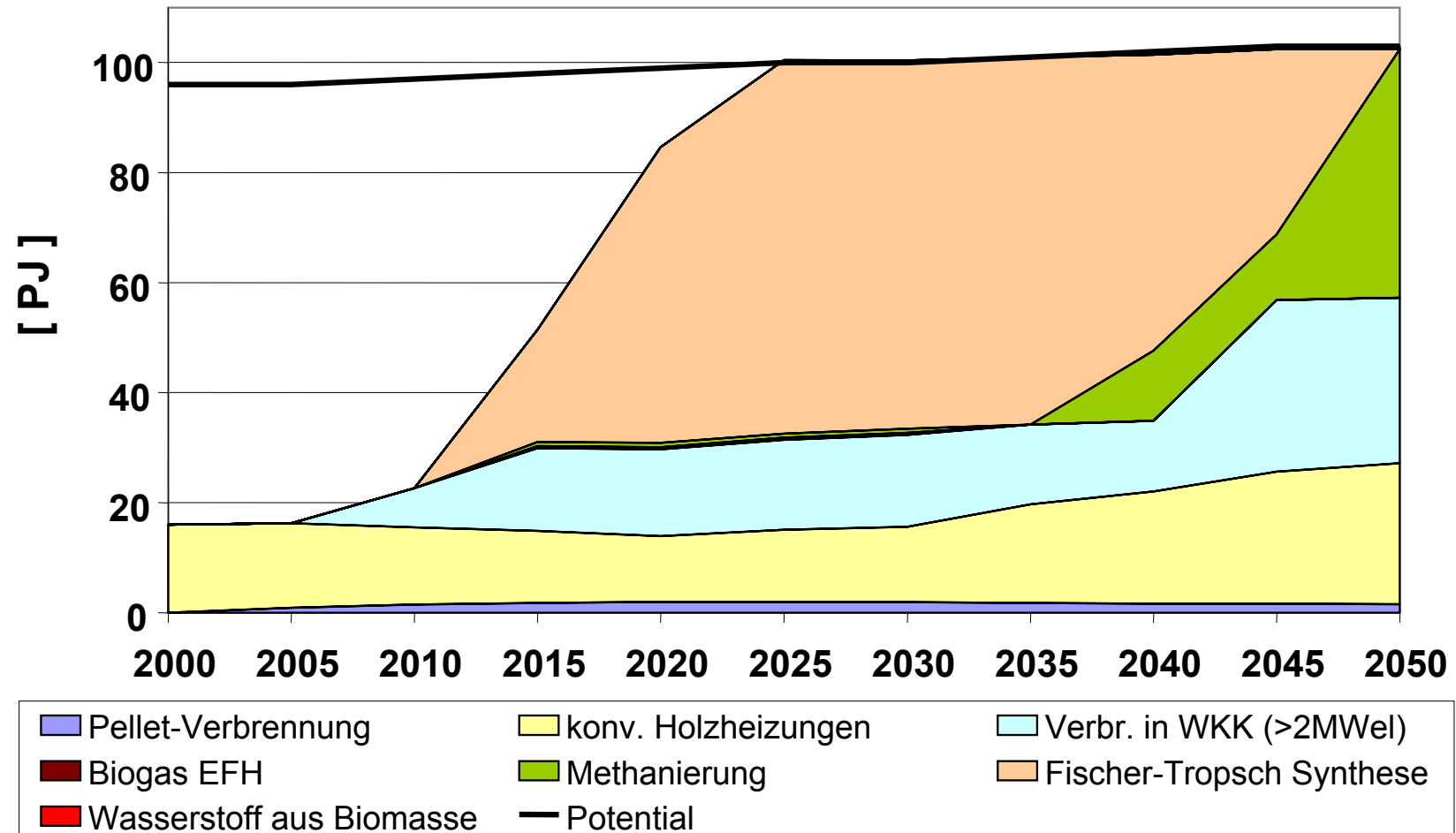


Einheimische Biomassenutzung: Verteilung über das Gasnetz



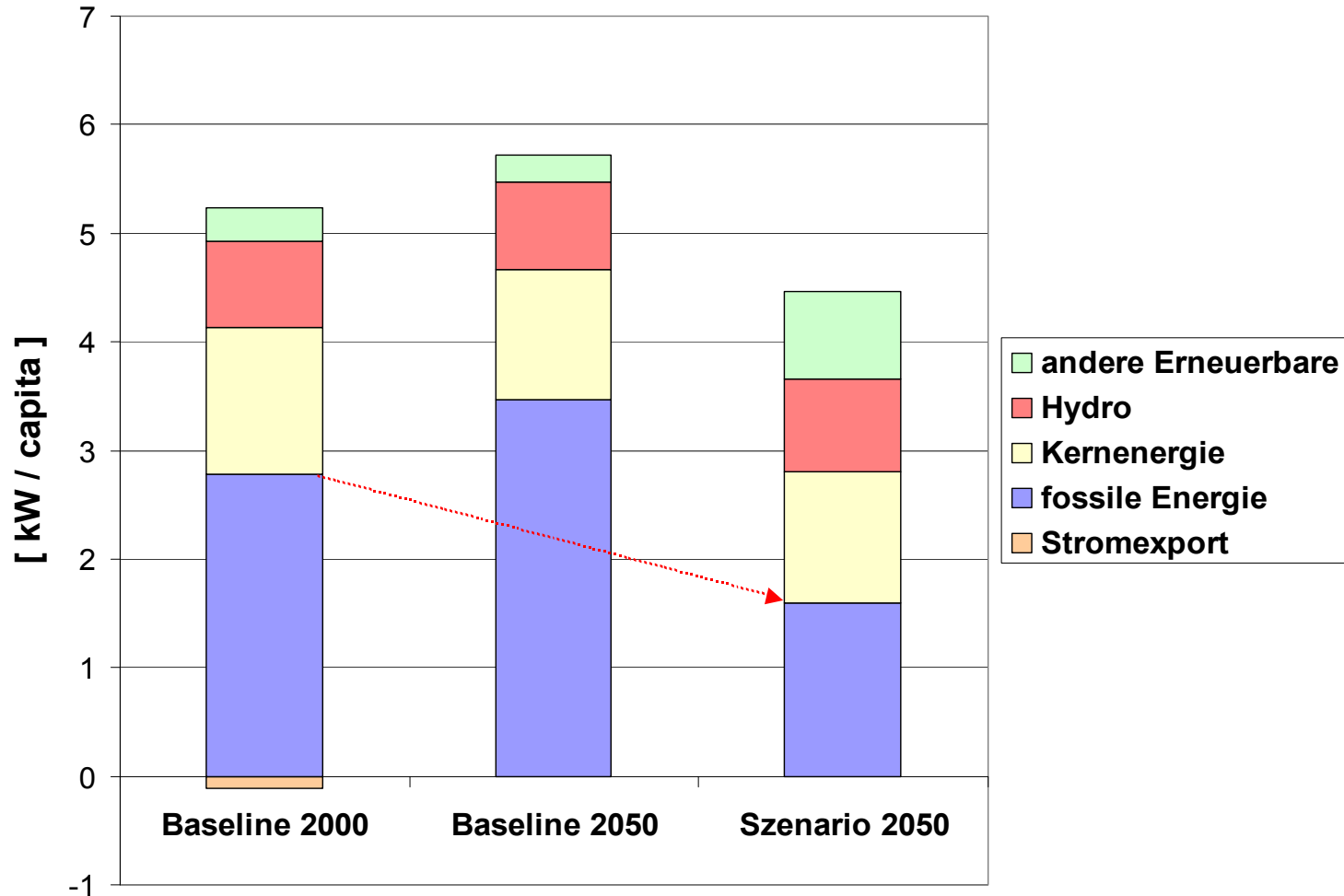
Der Weg über die Vergasung bringt ökologische Vorteile (Partikelreduktion) und erhöht die Flexibilität in der Nutzung.

Szenario für den Anteil der Biomasse an der Primärenergie-Bereitstellung

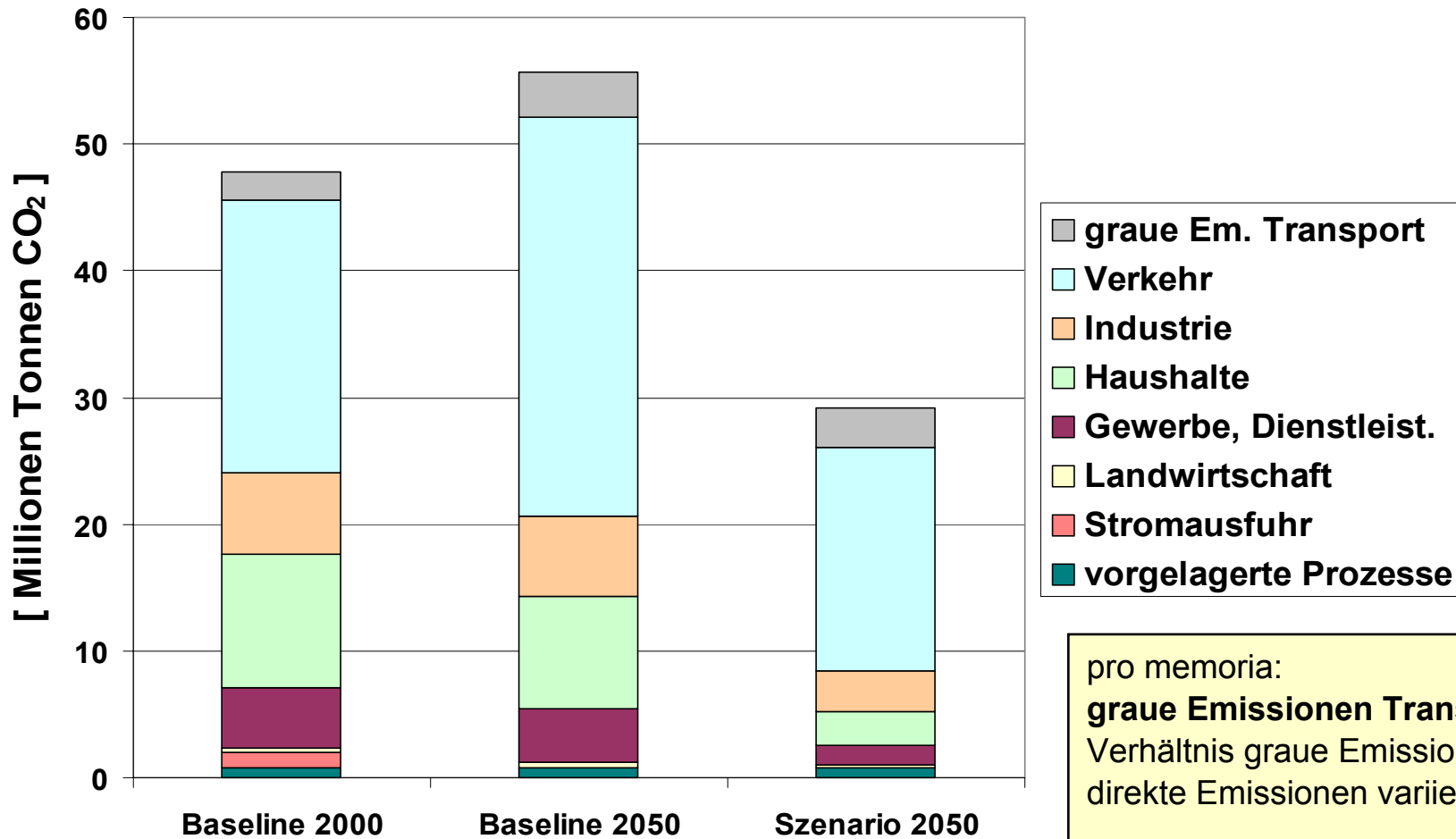


Auf dem Weg zur 2000 Watt-Gesellschaft

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**

