

OPTIONEN DER SEKTORKOPPLUNG IN VERSCHIEDENEN DEKARBONISIERUNGSSZENARIEN

Tagung „Ökonomische Grundsatzfragen der Sektorkopplung: Technisches Systemdesign und Governance“, 22.03.2018, Berlin

Dr. Ben Pfluger, Dr. Frank Sensfuß,
Prof. Dr. Mario Ragwitz, Fraunhofer ISI

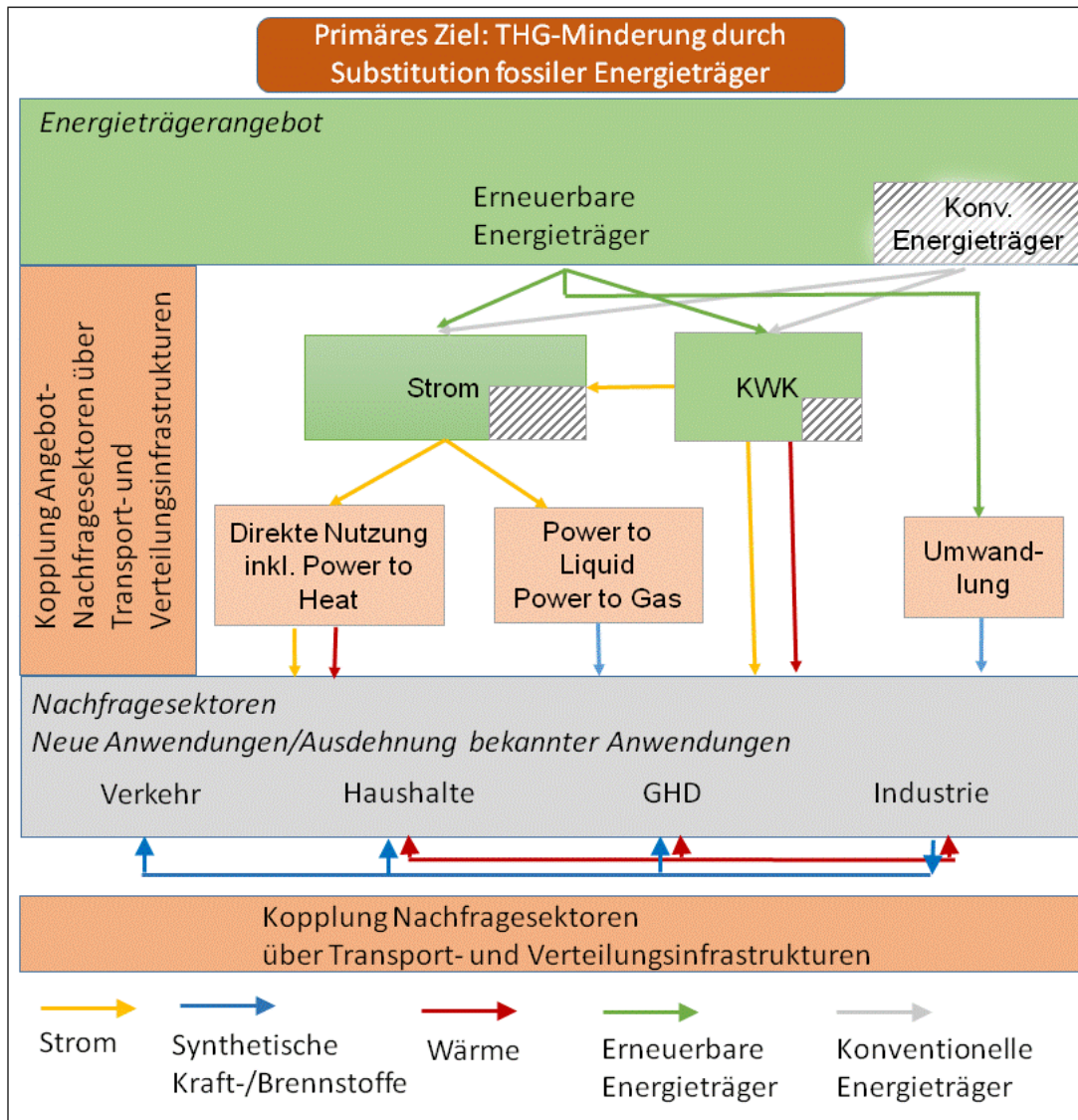
Seilschaft der Energiewende



Struktur des Vortrages

- **Definition und Abgrenzungen**
- Projektfamilie Langfristszenarien
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- E Brennstoffe unter der Lupe
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- Fazit

Definition und Abgrenzungen



- Zentrale Elemente:
 - Primäres Ziel & Co-Benefits (Effizienzsteigerung, Flexibilitätserhöhung)
 - Neue Anwendungen /Ausdehnung bekannter Anwendungen
- Sektorkopplung
 - Angebot – Nachfragesektoren
 - Nachfragesektoren
- Direkte Stromnutzung auch Teil der Definition
- Speicher, Lastmanagement, ect. nicht Teil der Definition
- Einbeziehung von konventionellem Strom sowie anderer erneuerbarer Energien außer Strom

Struktur des Vortrages

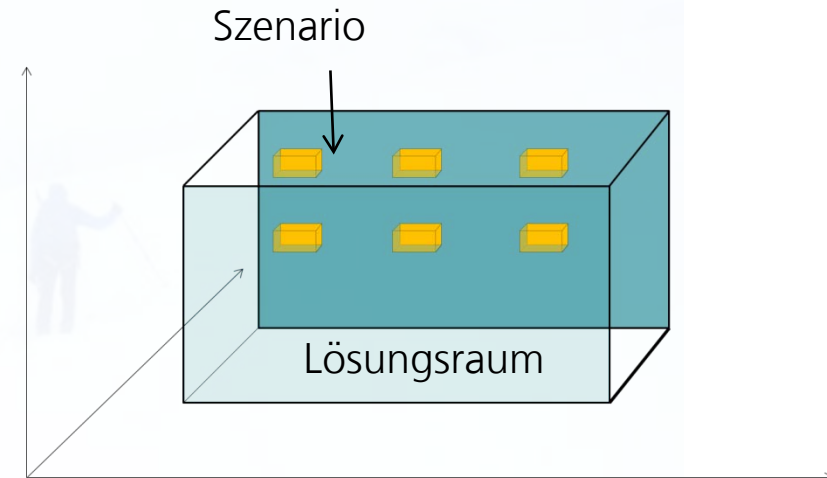
- Definition und Abgrenzungen
- **Projektfamilie Langfristszenarien**
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- E Brennstoffe unter der Lupe
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- Fazit

Einleitung: Projektfamilie Langfristszenarien (Auftraggeber BMWi)

- **Wichtig: Es gibt kein „Leitszenario“**

→ Erkenntnisse werden aus dem **Vergleich der Szenarien** abgeleitet

- **Referenzszenario**
- **Restriktionsarmes Szenario**
- **Basisszenario**
- **Geringerer Ü-Netzausbau**
- **Regionale Verteilung EE**
- **EE-Technologiemix**
- **Extremwitterszenarien**
- **95% Szenarien**



Projektpartner

 **Fraunhofer**
ISI

consentec

 ifeu

Einleitung: Projektfamilie Langfristszenarien

Untersuchungsgegenstand

■ **Sektoren:**

- Systemischer Blick auf das gesamte Energiesystem insbesondere Strom, Wärme / Kälte, Verkehr,
- Schwerpunkt: Stromsektor

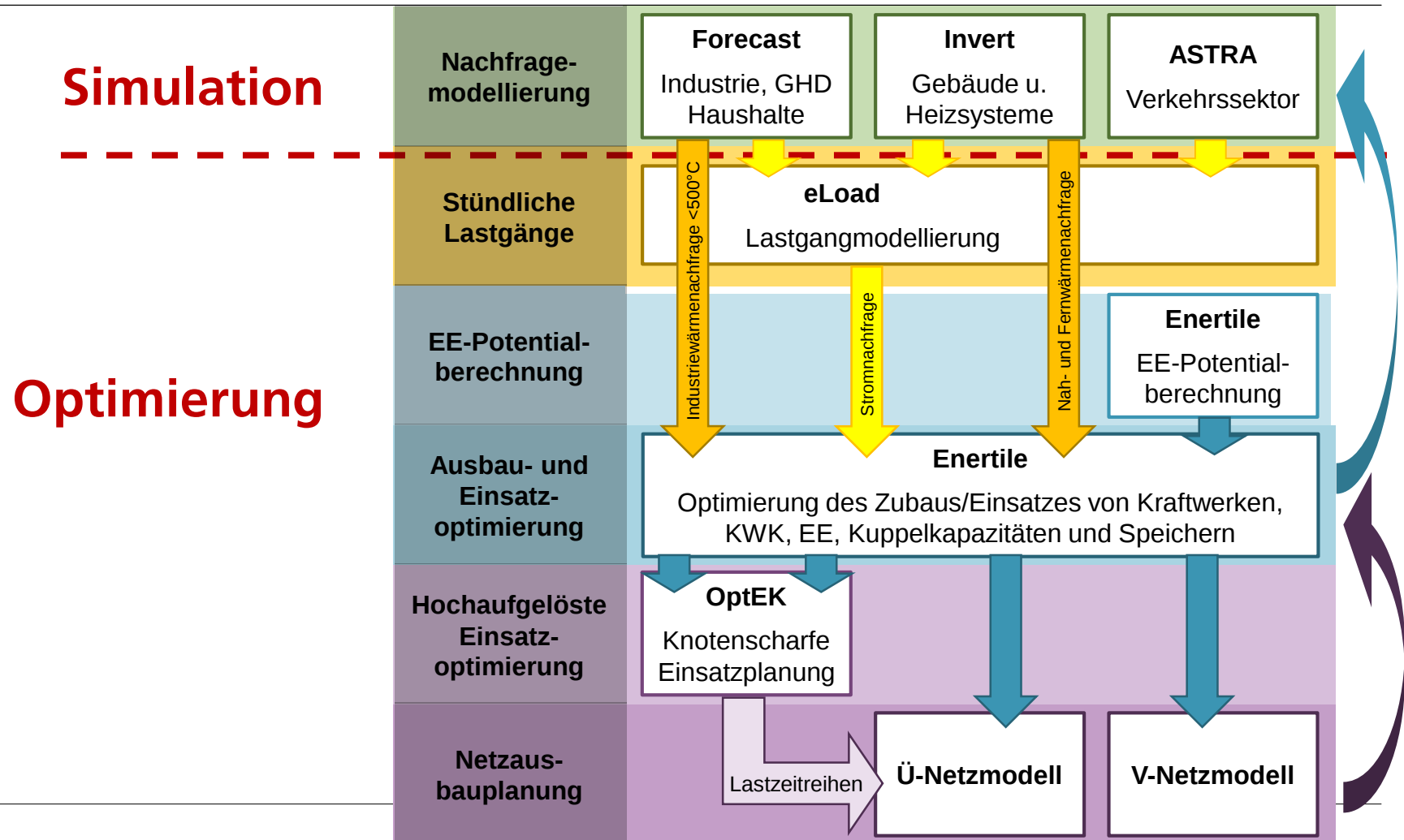
■ **Zeithorizont:**

- 2050
- Zwischenschritte für 2020, 2030, 2040

■ **Vorgehen:**

- **Kostenminimierung**
- Stark modellbasiert
- Stundenscharfe Abbildung des Stromsystems (EU +ggf. MENA)
- Stundenscharfe Abbildung in regionalen Wärmenetzen (Fernwärme/Industrie)

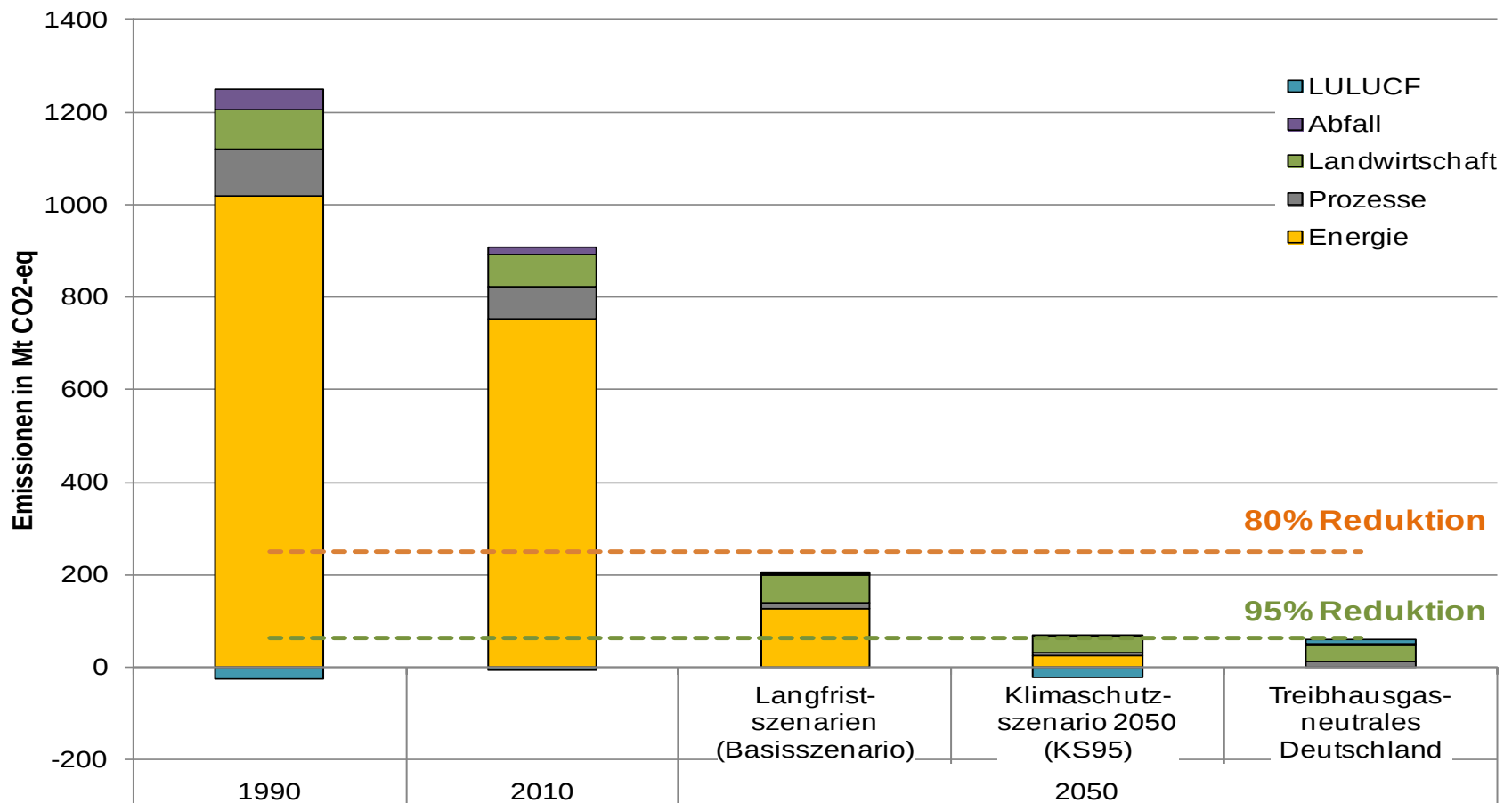
Einleitung: Projektfamilie Langfristszenarien Modellverbund



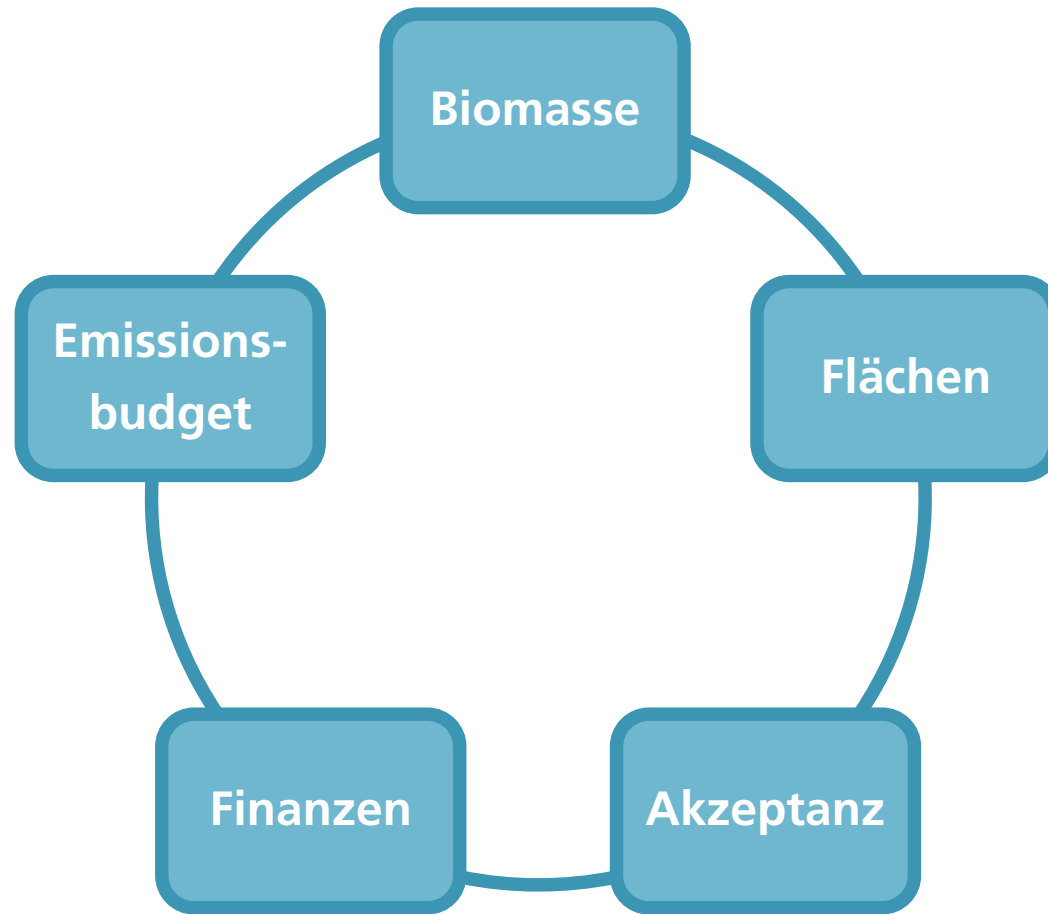
Struktur des Vortrages

- Definition und Abgrenzungen
- Projektfamilie Langfristszenarien
- **Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende**
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- E Brennstoffe unter der Lupe
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- Fazit

Entwicklung der Treibhausgasemissionen Korridore & Szenarien

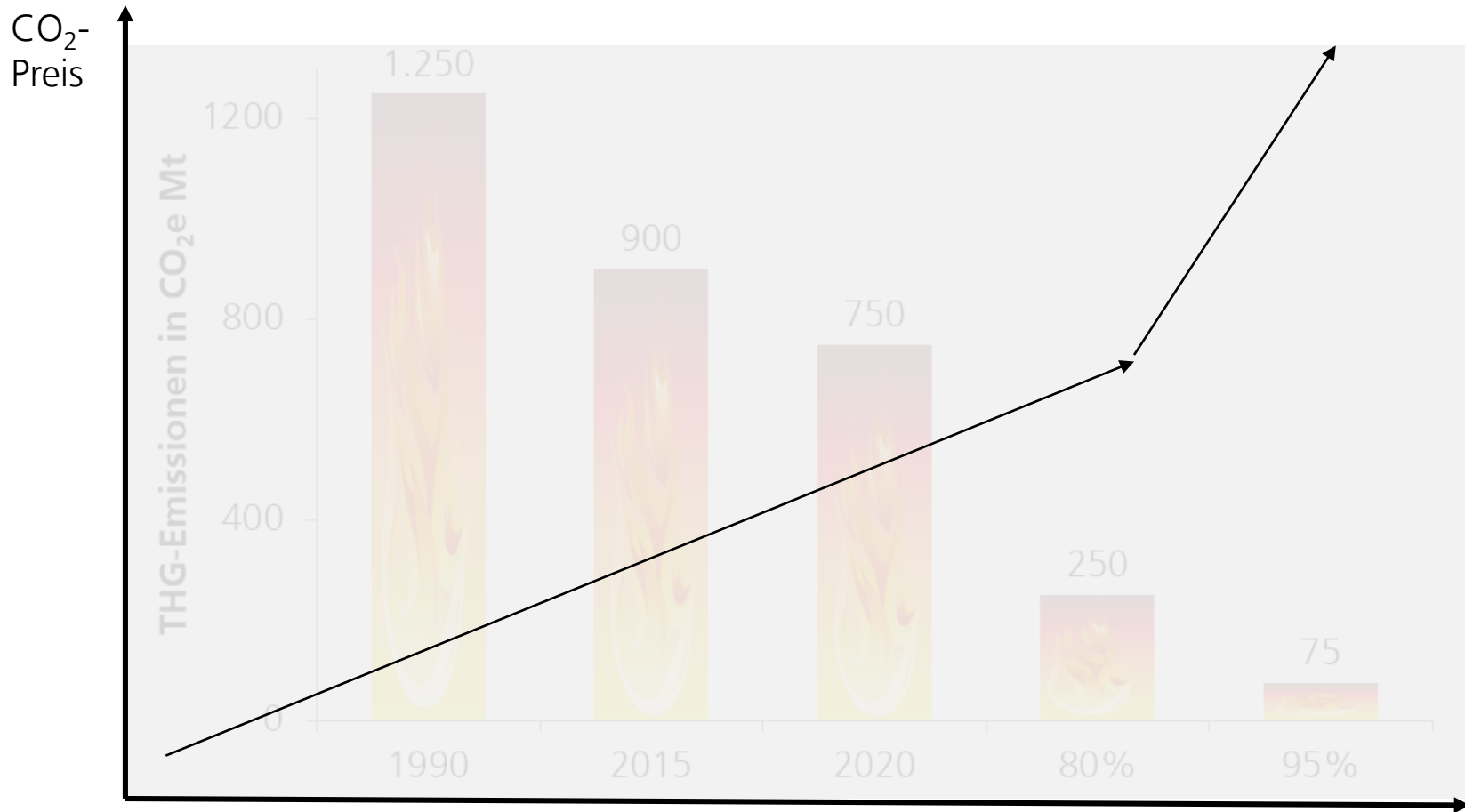


Was ist knapp im Rahmen der Energiewende?

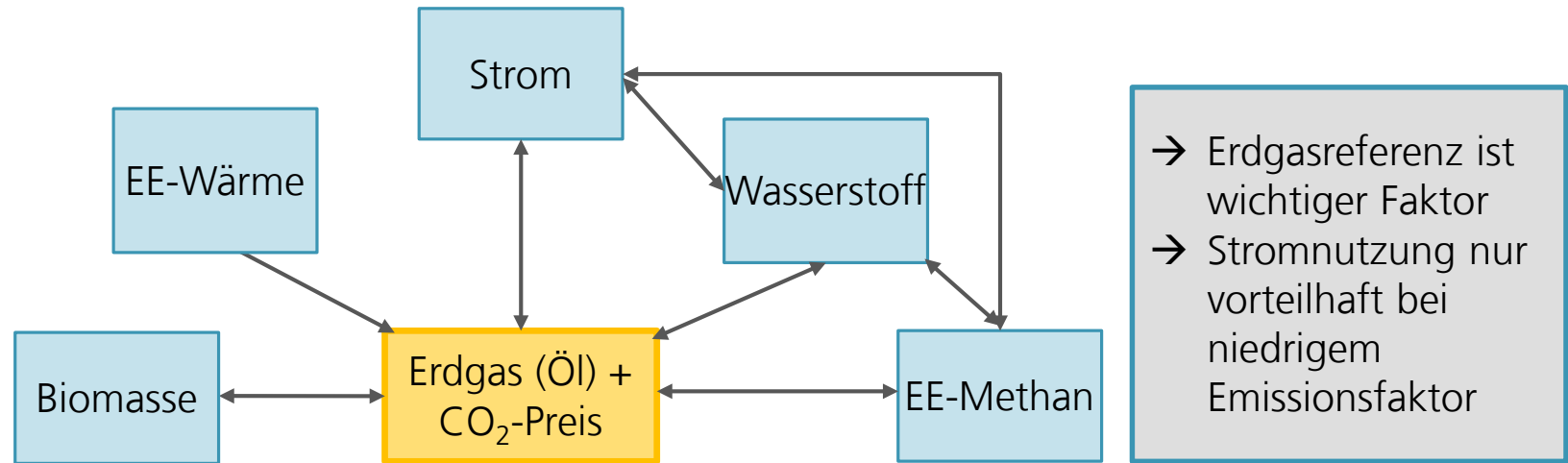


Diese zentralen Faktoren interagieren sehr stark !

Wirkung des THG-Budgets auf die Grenzkosten der CO₂-Vermeidung



Konkurrenzsituation der Sektorkopplung



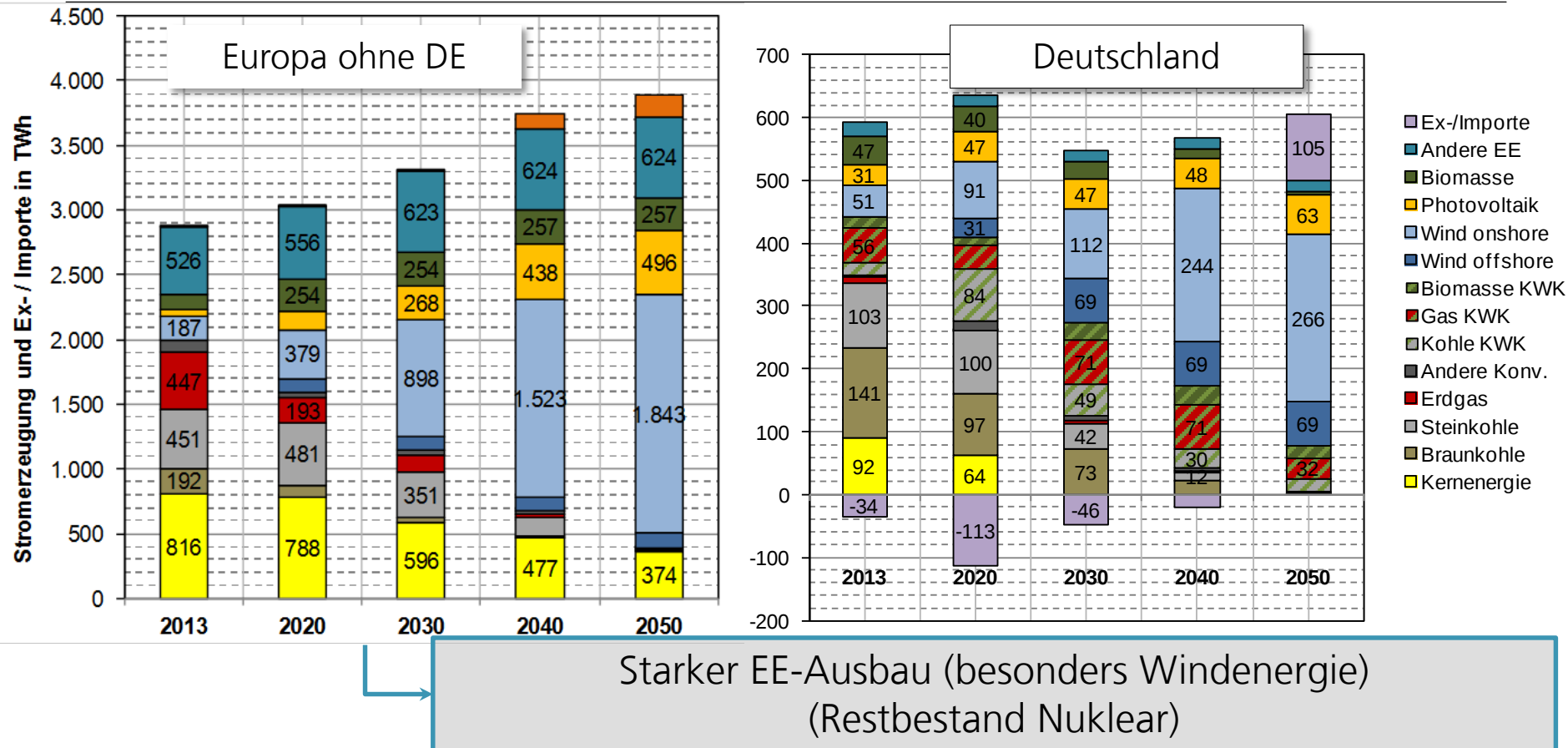
- E-Brennstoffe konkurrieren in vielen Fällen mit:
 - Erdgas + CO₂ Preis * Emissionsfaktor Erdgas
 - Beispiel: Erdgaspreis 40 €/MWh; CO₂-Preis 100 €/t:
 - Referenzpreis = $40 \text{ €/MWh} + 0,2 \text{ t/MWh} * 100 \text{ €/t} = \mathbf{60 \text{ €/MWh}}$

Struktur des Vortrages

- Definition und Abgrenzungen
- Projektfamilie Langfristszenarien
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- **Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)**
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- E Brennstoffe unter der Lupe
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- Fazit

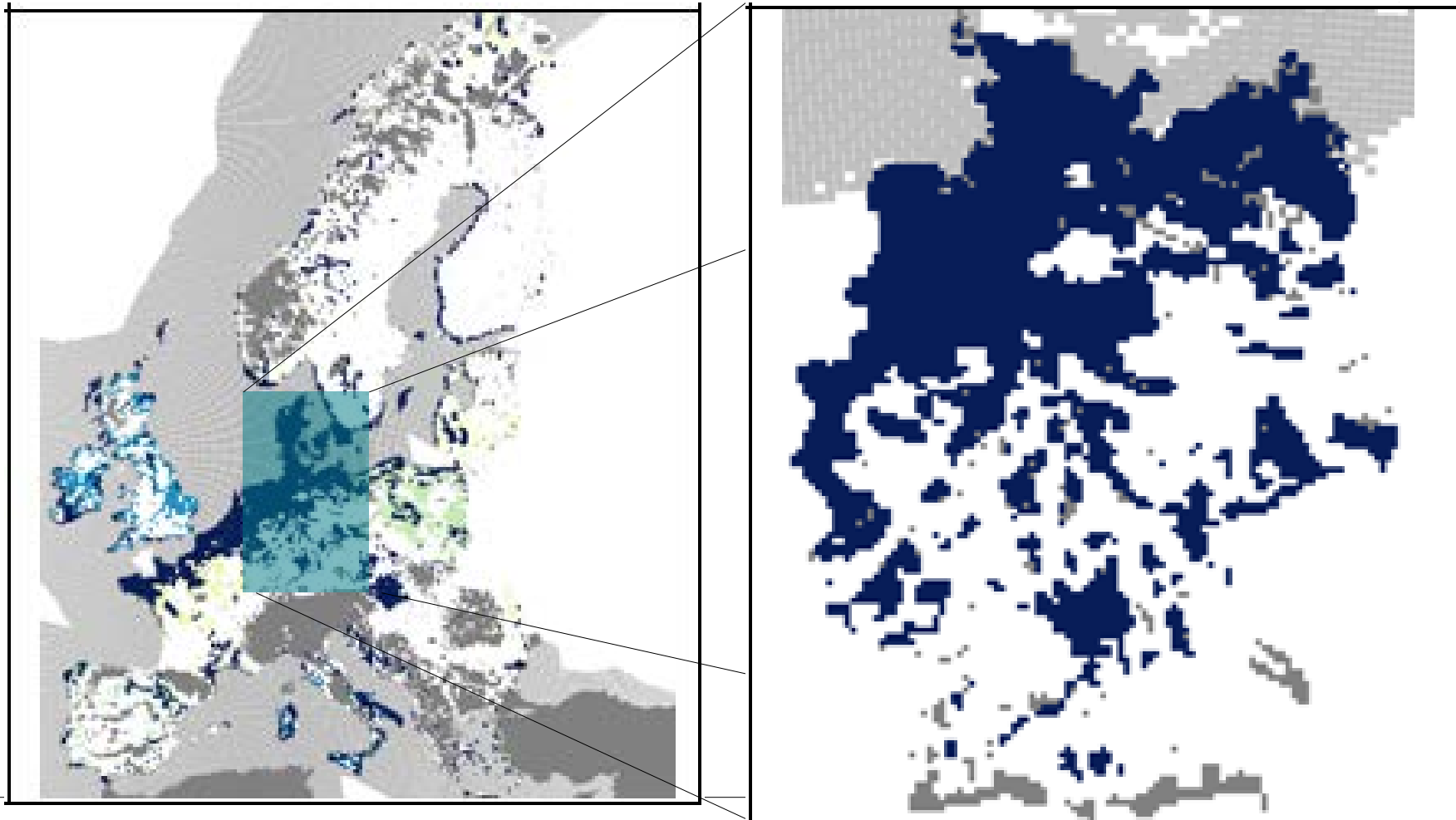
Dekarbonisierung des Stromsektors

Beispiel Basisszenario

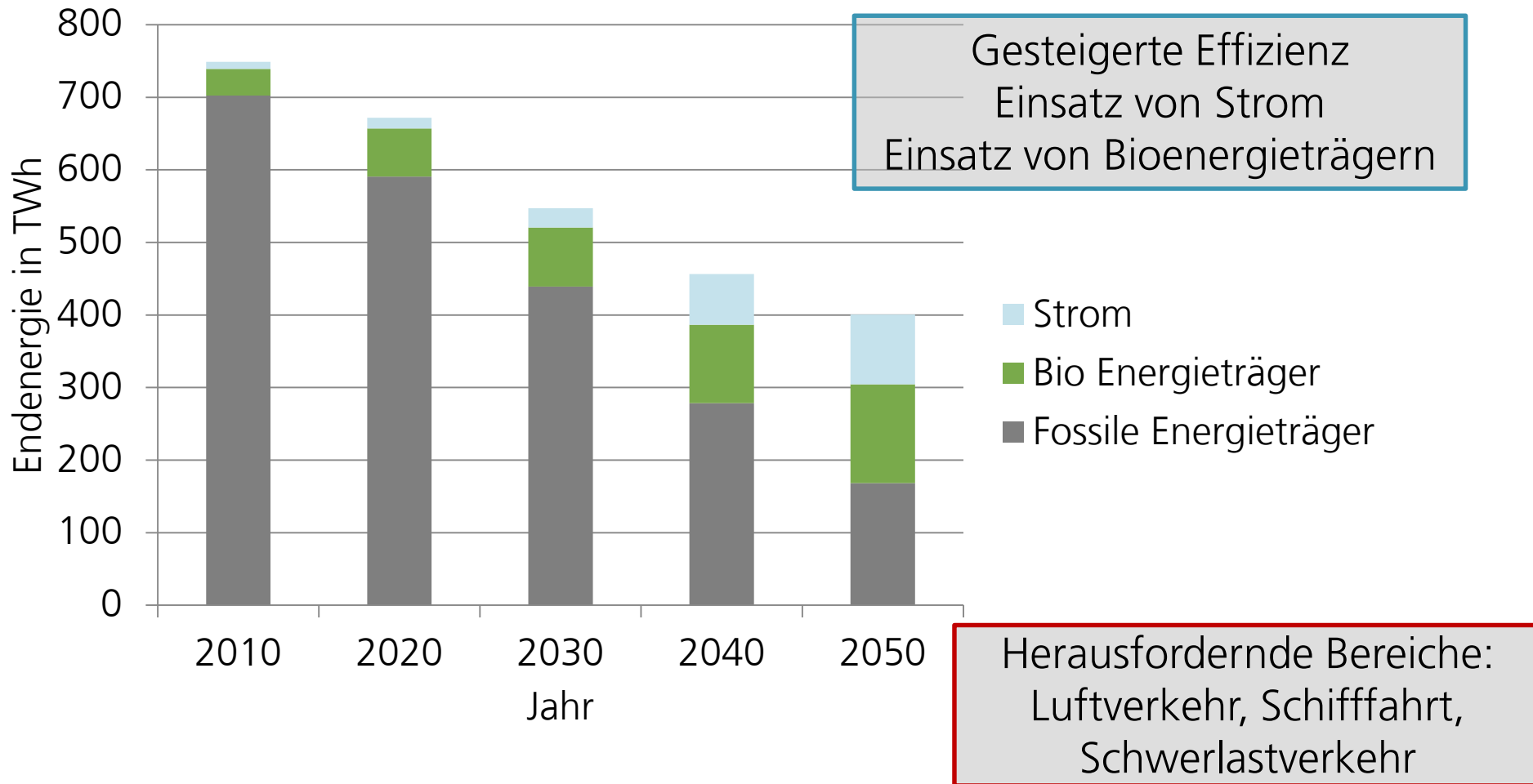


Quelle: (ISI et al.): BMWi-Langfristszenarien 2017, Basisszenario

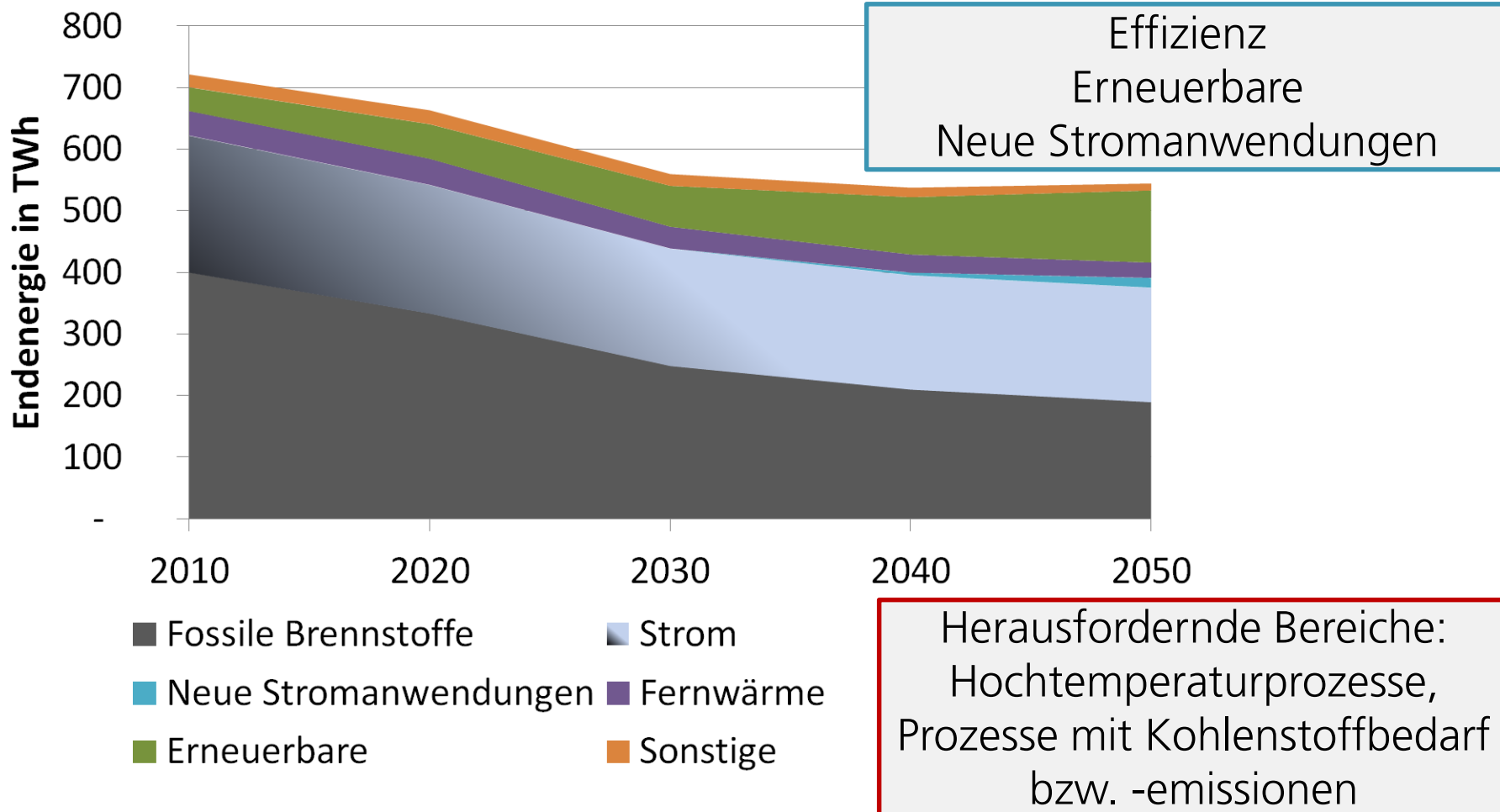
Ergebnisse Restriktionsarmes Szenario Potentialausnutzung Windenergie 2050



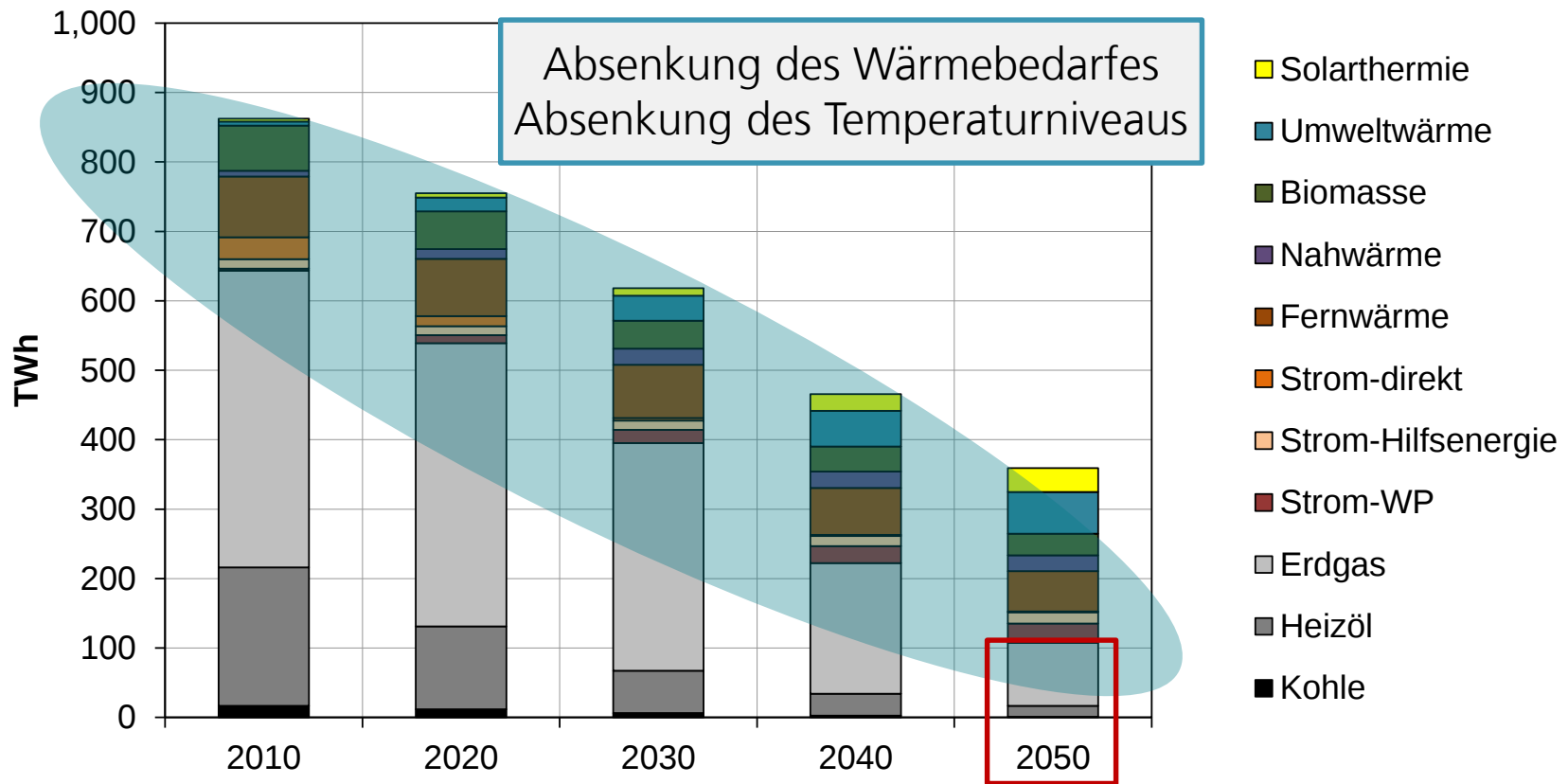
Dekarbonisierung des Verkehrssektors



Dekarbonisierungsstrategie Industrie



Endenergiebedarf (Gebäude) Raumwärme & Warmwasser



Fossile Emissionen:
ca. 25 Mt

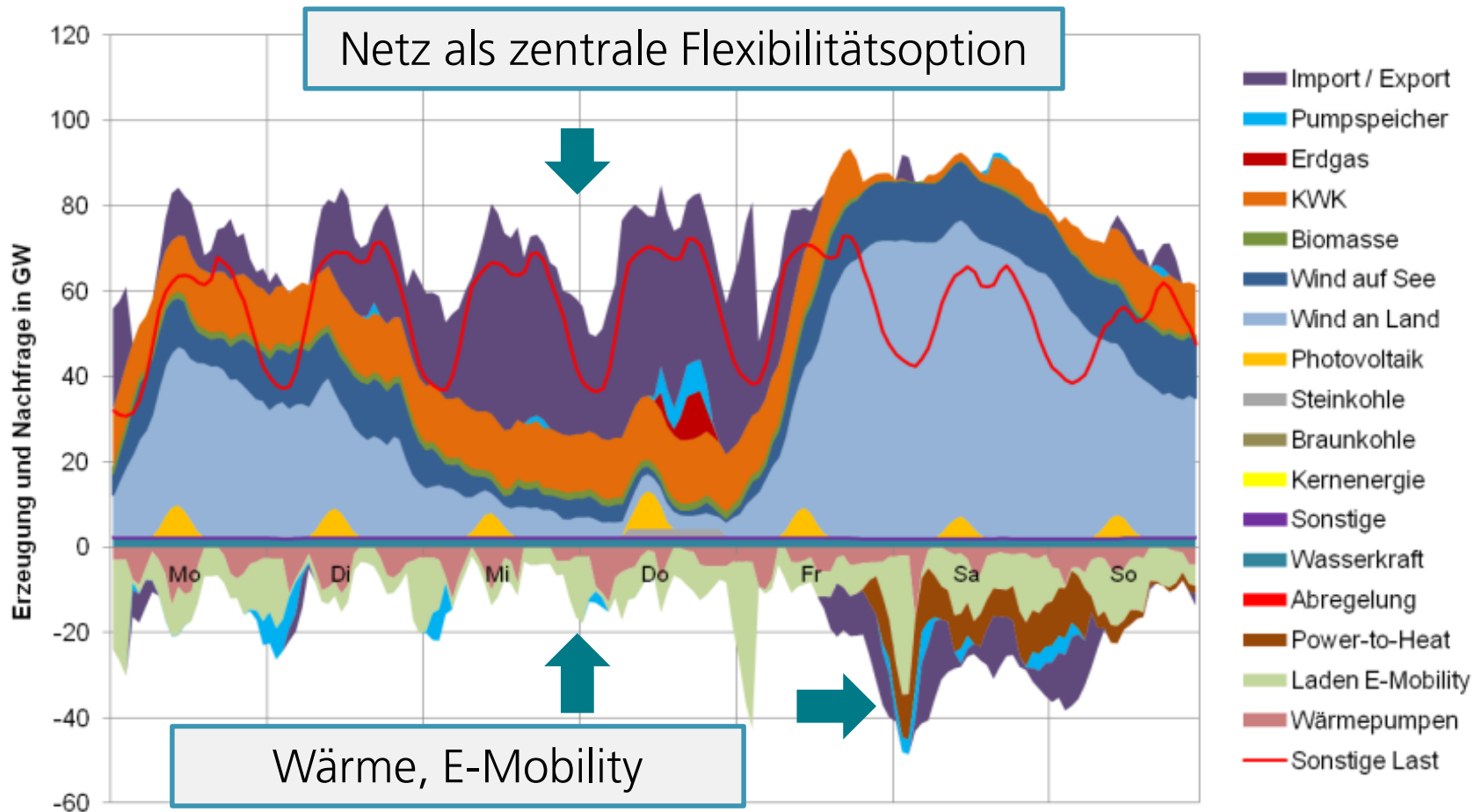
Quelle: (ISI et al.): BMWi-Langfristszenarien 2017, Basisszenario

Struktur des Vortrages

- Definition und Abgrenzungen
- Projektfamilie Langfristszenarien
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- **Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr**
- E-Brennstoffe unter der Lupe
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- Fazit

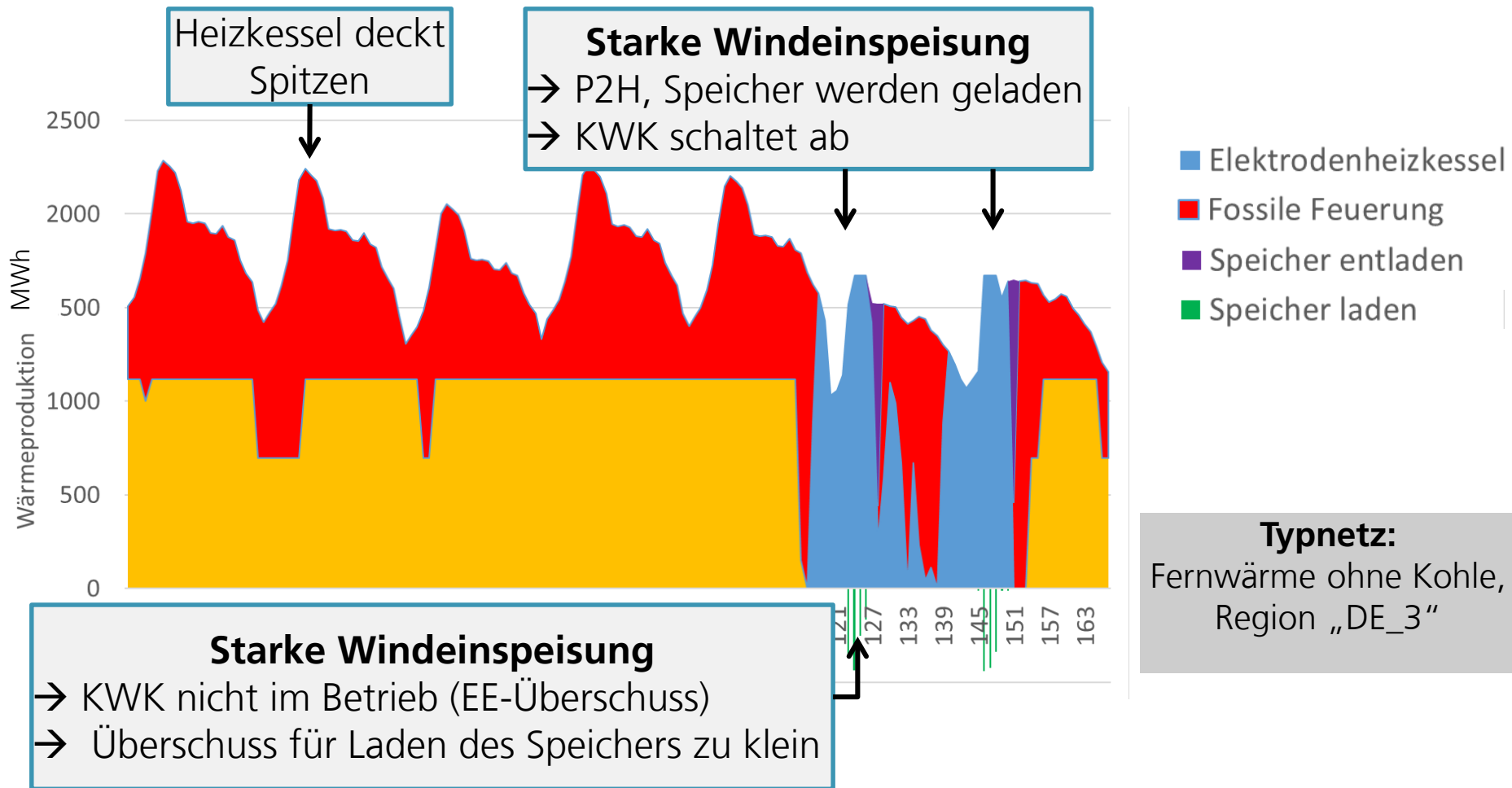
Winterwoche 2050-Basiszenario KW 2

Flexibilität im Stromsektor

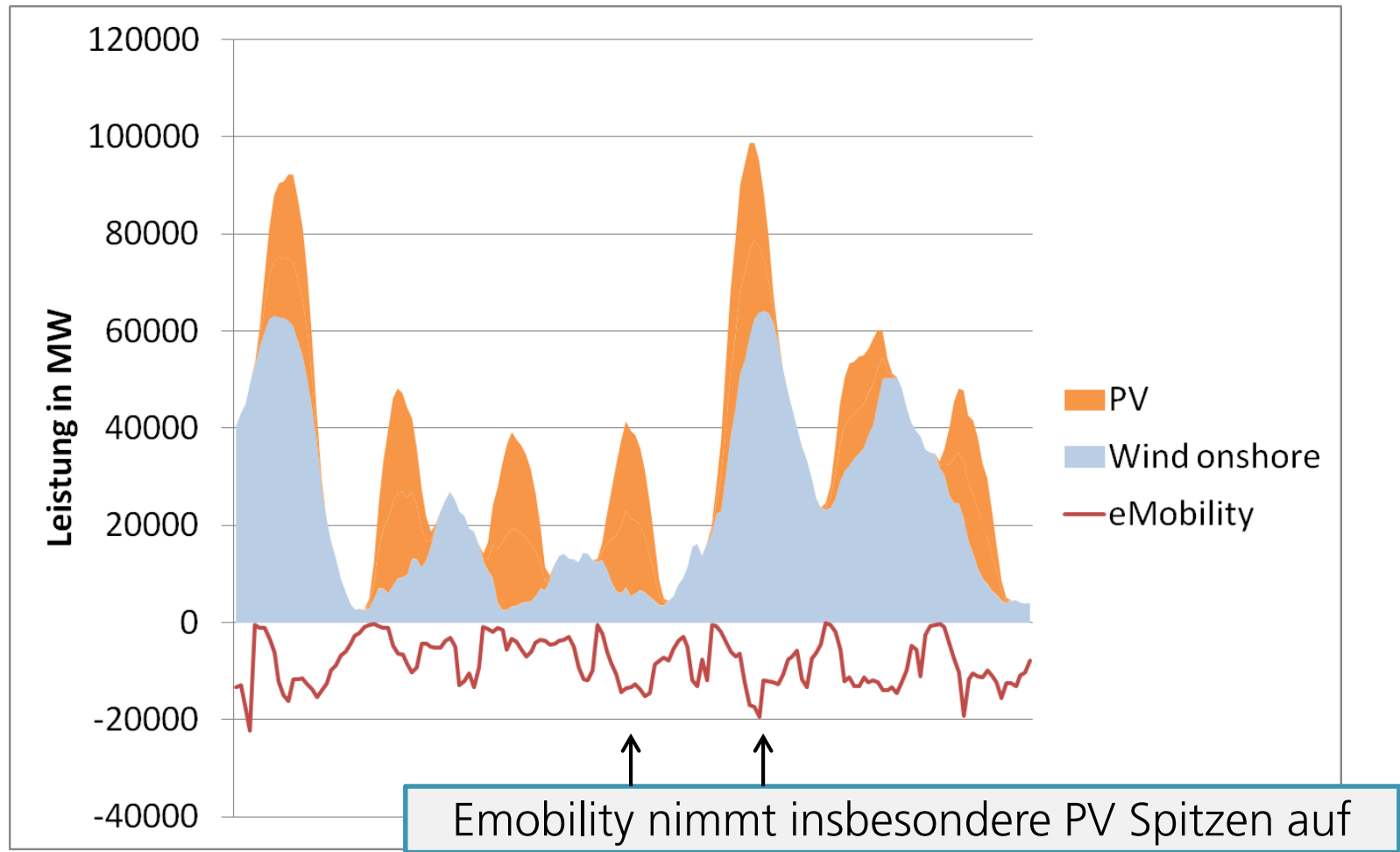


Winterwoche 2050-Basiszenario KW 2

Flexibilität im Wärmesektor



Emobility Systemausgleich durch Ladesteuerung, ausgewählte Sommerwoche

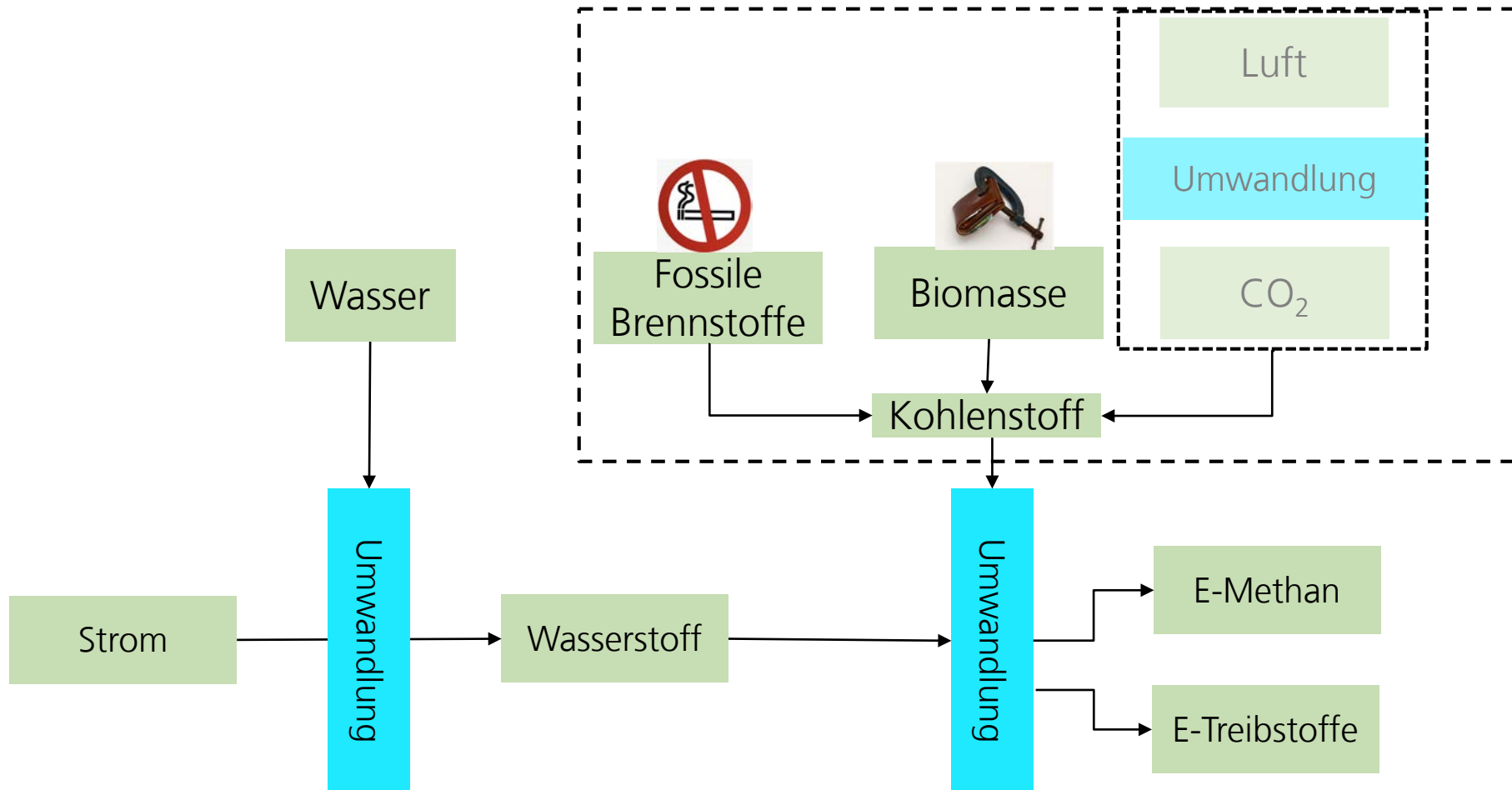


Struktur des Vortrages

- Definition und Abgrenzungen
- Projektfamilie Langfristszenarien
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- **E-Brennstoffe unter der Lupe**
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- Fazit

E-Brennstoffe unter der Lupe I/II

Wirkungsmechanismen



E-Brennstoffe unter der Lupe II/II

Luftzerlegung als zentraler Baustein



- Luftzerlegung ist aus heutiger Sicht die einzige Lösung große Mengen Kohlenstoff für die Erzeugung von E-Brennstoffen bereit zu stellen
- Ein Stoff mit geringem Energieniveau muss aus einem Volumenstrom mit geringer Konzentration gefiltert werden
- Kostenschätzungen reichen von ca. 30 €/t bis 1.000 €/t_{CO₂}
- **Fall 1: Luftzerlegung bleibt teuer:**
 - Dann werden E-Brennstoffe eine teure Ressource
- **Fall 2: Luftzerlegung wird billig:**
 - E-Brennstoffe sind teurer als Stromdirektnutzung, aber bezahlbar
 - ABER: Billige Luftzerlegung ist ein „Gamechanger“ für den Klimaschutz
 - Der Abscheidungspreis für CO₂ wirkt ökonomisch wie eine Preisobergrenze für CO₂
 - Die Szenariowelten einer starken Dekarbonisierung ändern sich ggf. dramatisch

Struktur des Vortrages

- Definition und Abgrenzungen
- Projektfamilie Langfristszenarien
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- E-Brennstoffe unter der Lupe
- **Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau**
- Fazit

Strombasierte Sektorkopplungsoptionen abhängig vom Dekarbonisierungsniveau

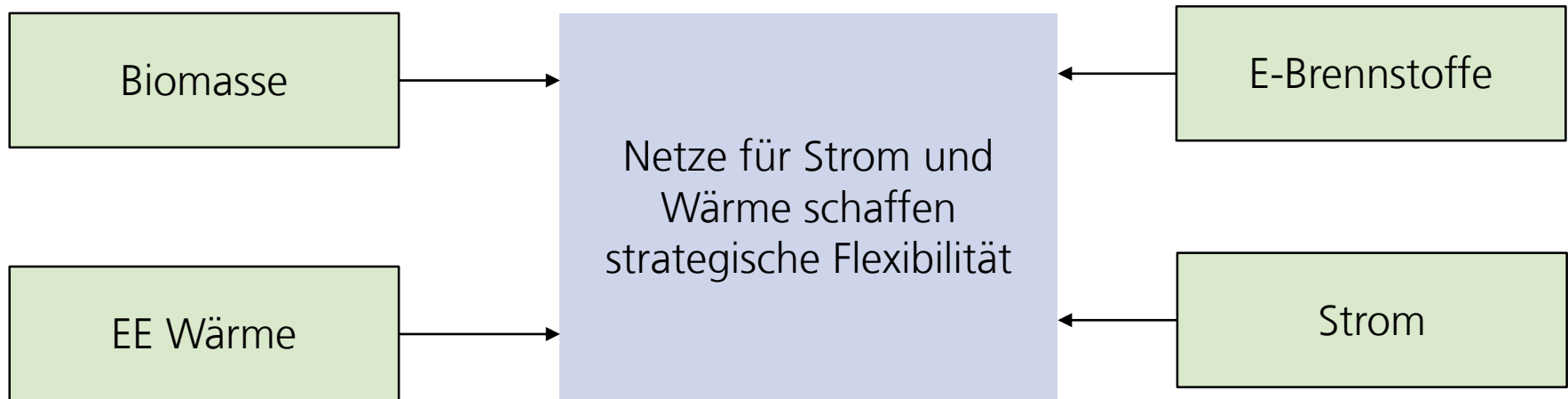
	Direkte Stromnutzung	Wasserstoff	Strombasierte Kohlenwasserstoffe
Vorteile	• Effizientester Pfad • In vielen Fällen günstig	• Effizienter als Kohlenwasserstoffe • Speicherbar	• Infrastruktur in Teilen vorhanden • Vorhandene Speicher können genutzt werden
Nachteile	• Nötiger Ausbau Netz- und ggf. Speicherinfrastruktur • Bei hohen Anteilen fluktuierender EE ist Ausbau der Flexibilitätsmaßnahmen inkl. Speicher notwendig	• Komplexe und teure Umstellung der Infrastruktur • Pfadabhängigkeit	• CO₂-Input notwendig • Potentiale für „bilanz-neutrales“ CO₂ stark beschränkt • Teuer (Vermeidungskosten über 500 EUR/t) • Ineffizienteste der drei Optionen (höchste Verluste)
Effizienz heute	~95 %	~67 %	~50 %
Kosten heute	70 EUR/MWh	148 EUR/MWh	221-321 EUR/MWh
Effizienz 2050	95 %	67-87 %	50-74 %
Kosten 2050	~50 EUR/MWh	~70-120 EUR/MWh	~100-280 EUR/MWh
Dekarb-Niveau	< 80%	> 80%	> 90%

Struktur des Vortrages

- Definition und Abgrenzungen
- Projektfamilie Langfristszenarien
- Ausgangslage & Knappheiten der Energiewende
- Sektorale Dekarbonisierung (Beispiel Basisszenario)
- Flexibilität in Strom, Wärme und Verkehr
- E-Brennstoffe unter der Lupe
- Sektorkopplungsoptionen und Dekarbonisierungsniveau
- **Fazit**

Fazit I/II

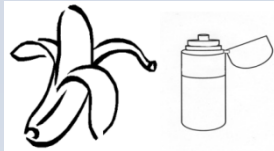
- Günstige Erneuerbare Energien im Stromsektor und die Knappheiten der Energiewende verstärken die Sektorkopplung
- Eine effiziente Sektorkopplung mit konformen Preissignalen erleichtert die Energiewende



Fazit II/II Ausrüstung für die Seilschaft der Energiewende

Energieeffizienz

Wind & PV



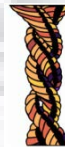
Flexibilität



Biomasse



Starke Netze
Wärme & Strom



Gute Koordination



E-Fuels erst ab
7500m und nur in
begrenztem Umfang



Kontakt:

Dr. Frank Sensfuß

Frank.Sensfuss@isi.fraunhofer.de

<http://www.isi.fraunhofer.de>

<http://www.enertile.eu>

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!