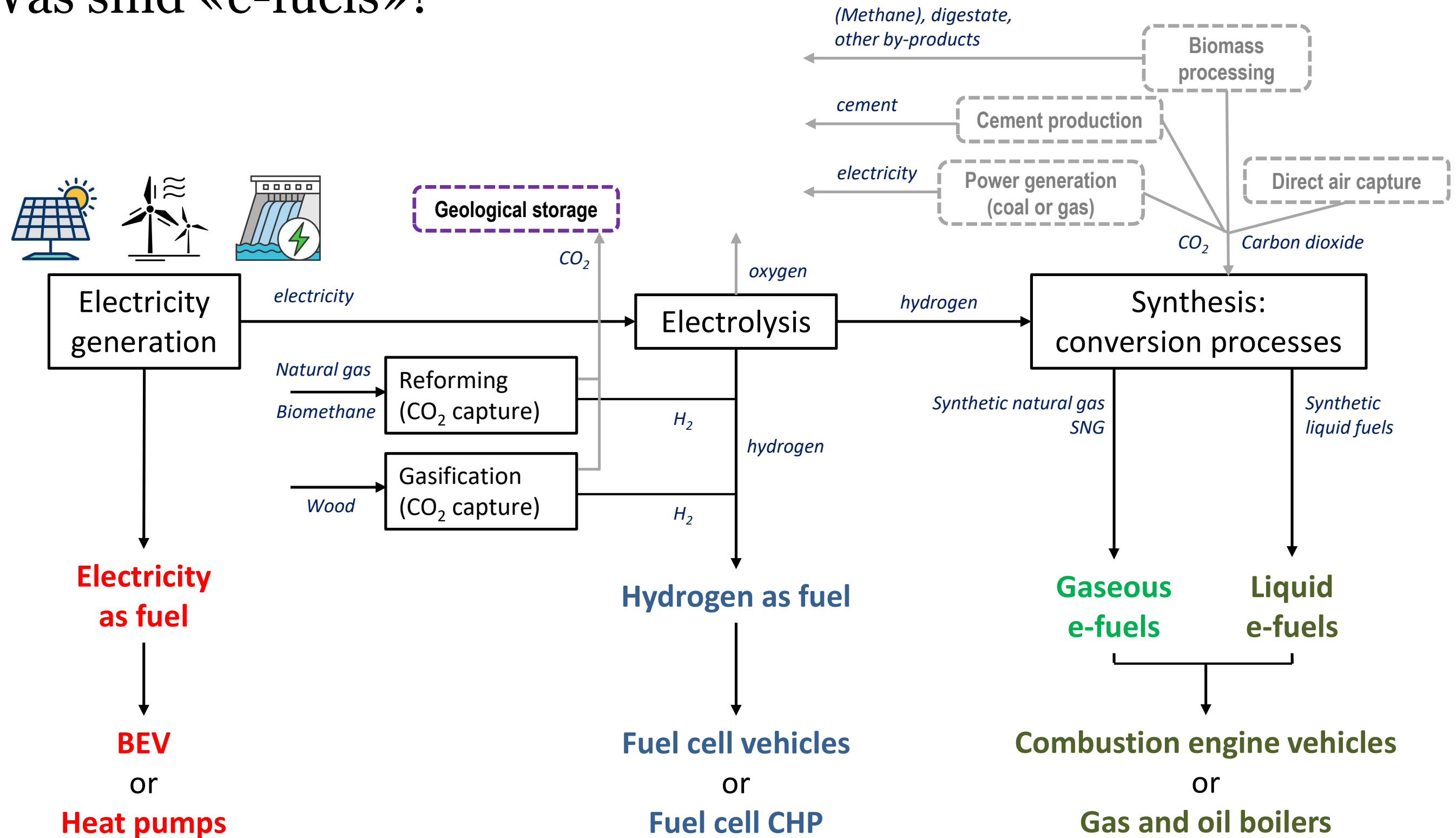




Christian Bauer :: Labor für Energiesystem-Analysen (LEA) :: Paul Scherrer Institut (PSI)

E-Fuels: Chancen, Risiken und ihre Rolle in der Energiewende

Was sind «e-fuels»?

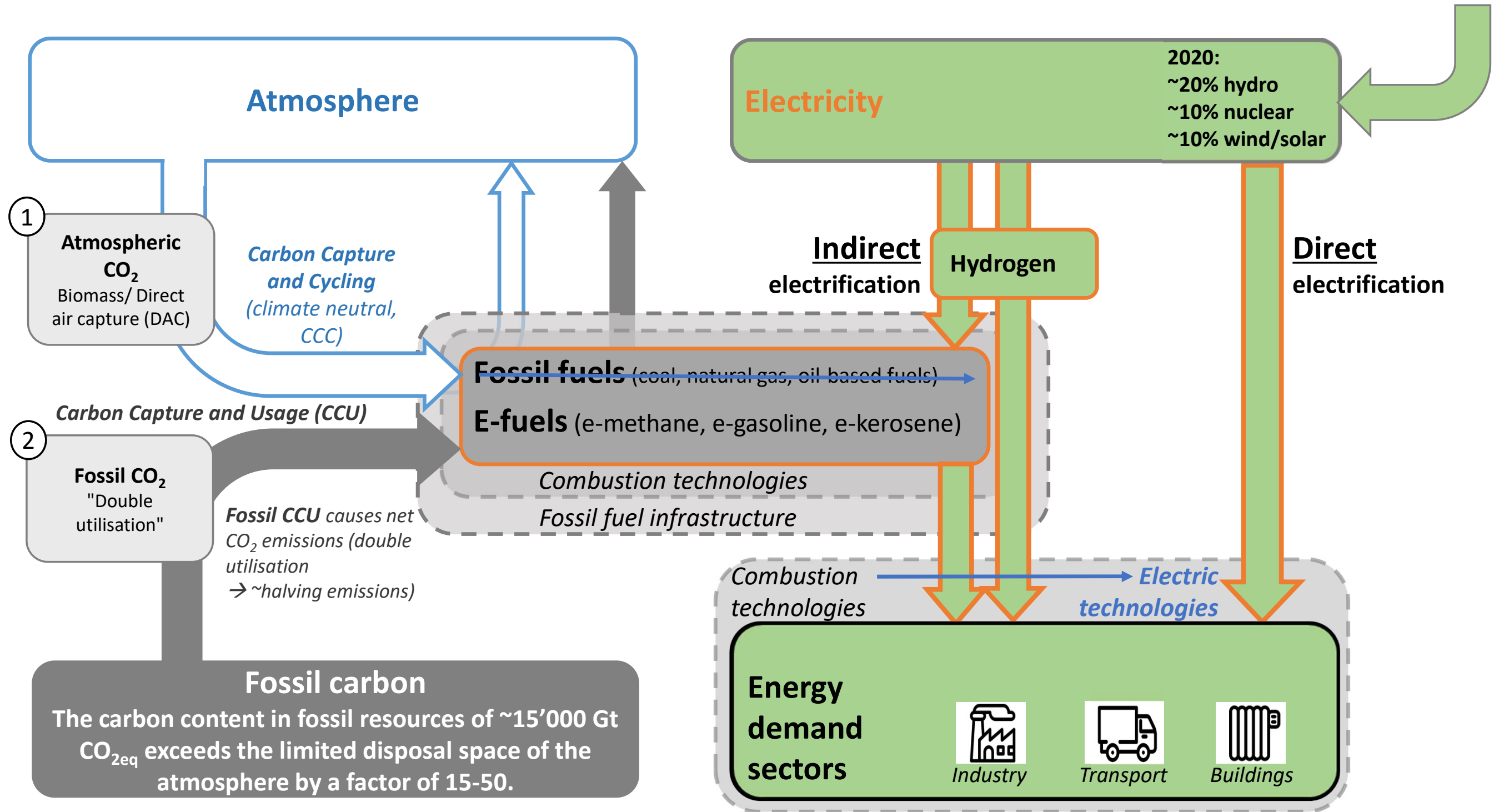


«E-fuels» und andere potentielle «low-carbon» Treibstoffe

Category			Types (by conversion process)	Brief Characteristics		
				Main applications	Technology status	Timeline and current opinion
Low Carbon Fuels	Renewable Fuels	Biofuels (BtX)	Biomass to Liquid (BtL) Fuels (bioethanol, biodiesel, biomethane)	- Limitierte Biomassepotentiale - Mögliche Konflikte mit Nahrungsmittelproduktion - Treibhausgasemissionen aus Landnutzung		
			Gaseous (Biogas, Syngas)			
		Renewable Fuels of Nonbiological Origin (RFNBO)	Hydrogen (blue: CCS included; green: produced via electrolysis using renewable electricity)	transportation, maritime, aviation, industry materials	R&D phase – Pioneer phase	Expected large scale 2040-2050. Hydrogen most likely has an important role to play in providing a long-term, low-carbon storage vector.
			Ammonia (blue: CCS included; green: via sustainable electricity)	Wahrscheinlich: “Nischenanwendung” in Schifffahrt		
			Power to Liquid (PtL) Fuels (e-methanol, e-diesel and e-methane)	maritime, transportation, aviation	R&D phase – Pioneer Phase	2021 use started, large scale expected 2025-2030. Drop-in capability, credible perspective based on large resources of renewable energy.
			Sun to Liquid (StL) Fuels	Mehr dazu später		
	Fuels that can provide GHG savings compared to fossil fuels on a life-cycle basis	Recycled carbon fuels (RCFs) from fossil wastes		Nicht kompatibel mit Netto-Null CO₂ Zielen		
		Hydrogen from nuclear electricity; Others		transportation	Pioneer phase – moderate deployment	- expected in the future Has great potential with development of nuclear energy



Welche Chancen bieten H₂-basierte e-fuels für die Energiewende?



Welche Chancen bieten H₂-basierte e-fuels für die Energiewende?

1. Weitgehender Ersatz fossiler Brenn- und Treibstoffe ohne Wechsel der Endnutzungstechnologien
2. Zeitlicher Ausgleich von erneuerbarer Stromproduktion und Energiebedarf
 - Langzeit-Energiespeicher
 - Sektorkopplung
3. Nutzung erneuerbarer Ressourcen dort, wo die Verfügbarkeit am höchsten ist
 - globaler e-fuel Markt

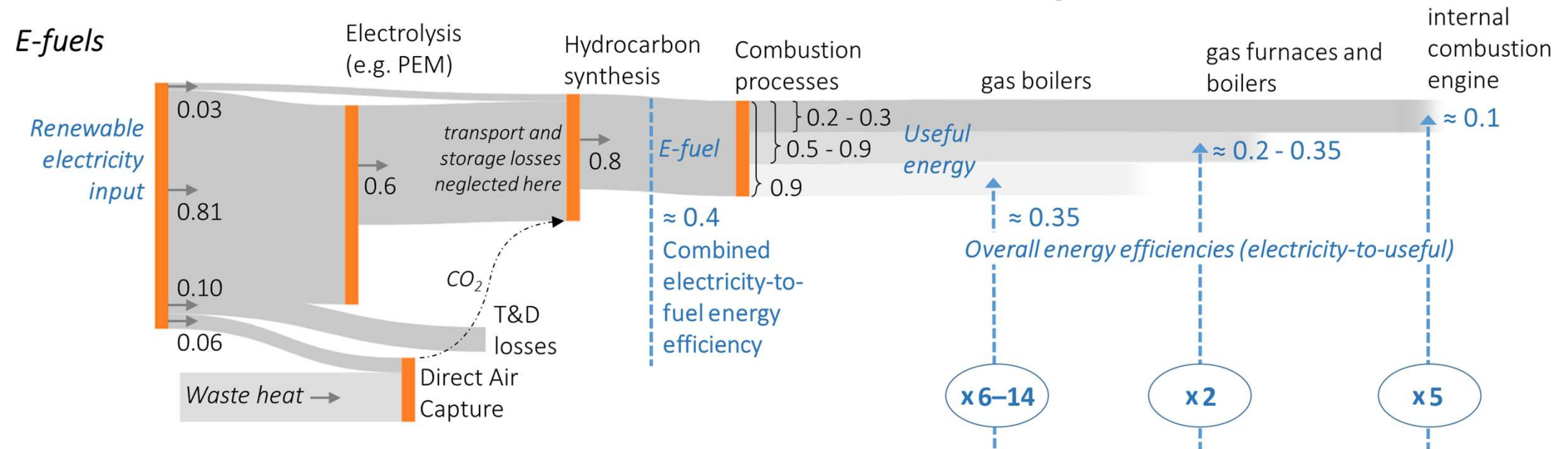
Welche Risiken stellen H₂-basierte e-fuels dar?

1. Ineffiziente Nutzung erneuerbarer Ressourcen
2. Fragiler Nutzen für das Klima
3. Sehr hohe CO₂ Vermeidungskosten
4. Unsichere Verfügbarkeit

H₂-basierte E-fuels: Energieeffizienz

Electricity-to-useful energy efficiencies

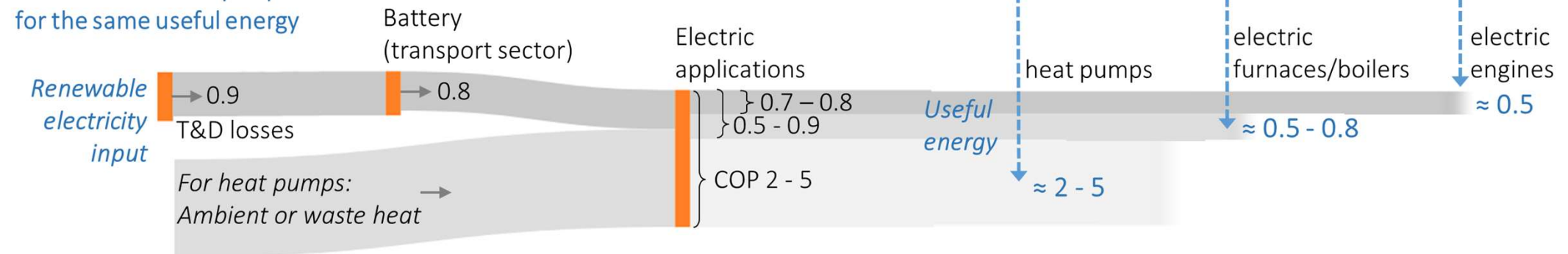
Black: individual efficiencies
Blue: combined efficiencies



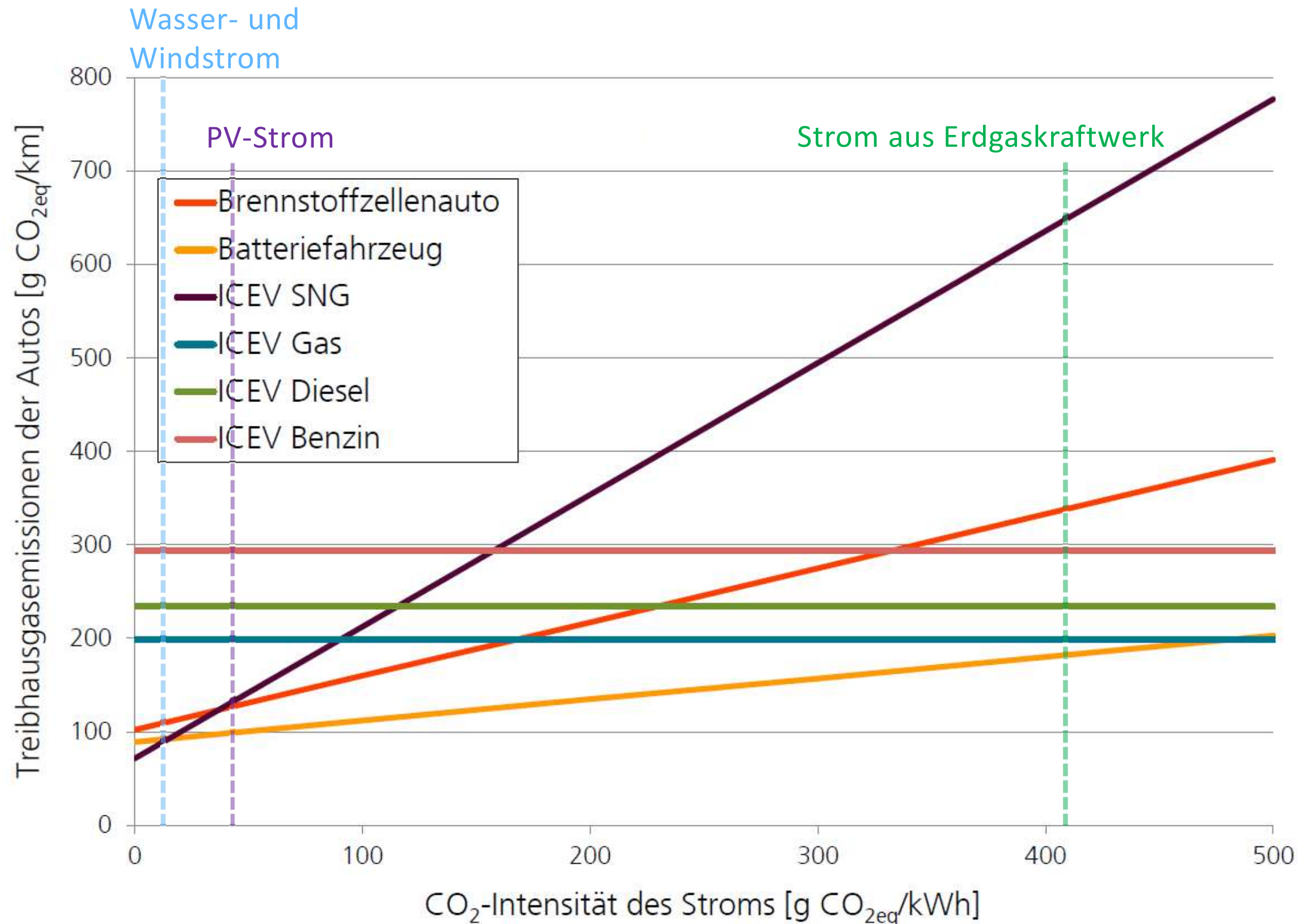
Mit e-fuels wird 2-14 mal mehr Strom verbraucht als mit direkter Elektrifizierung

Direct electrification

Much less electricity required for the same useful energy



Treibhausgasemissionen Personenwagen

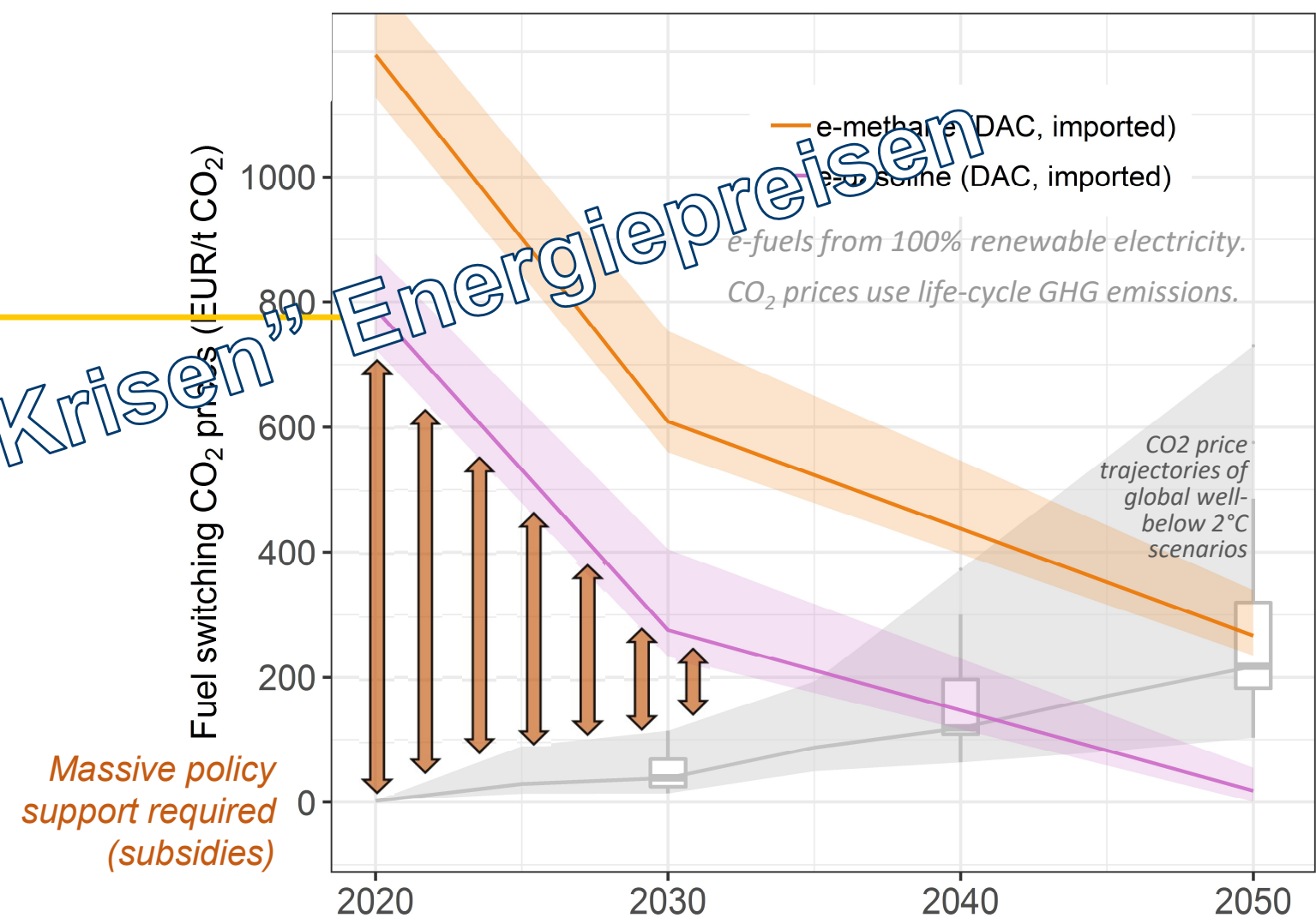
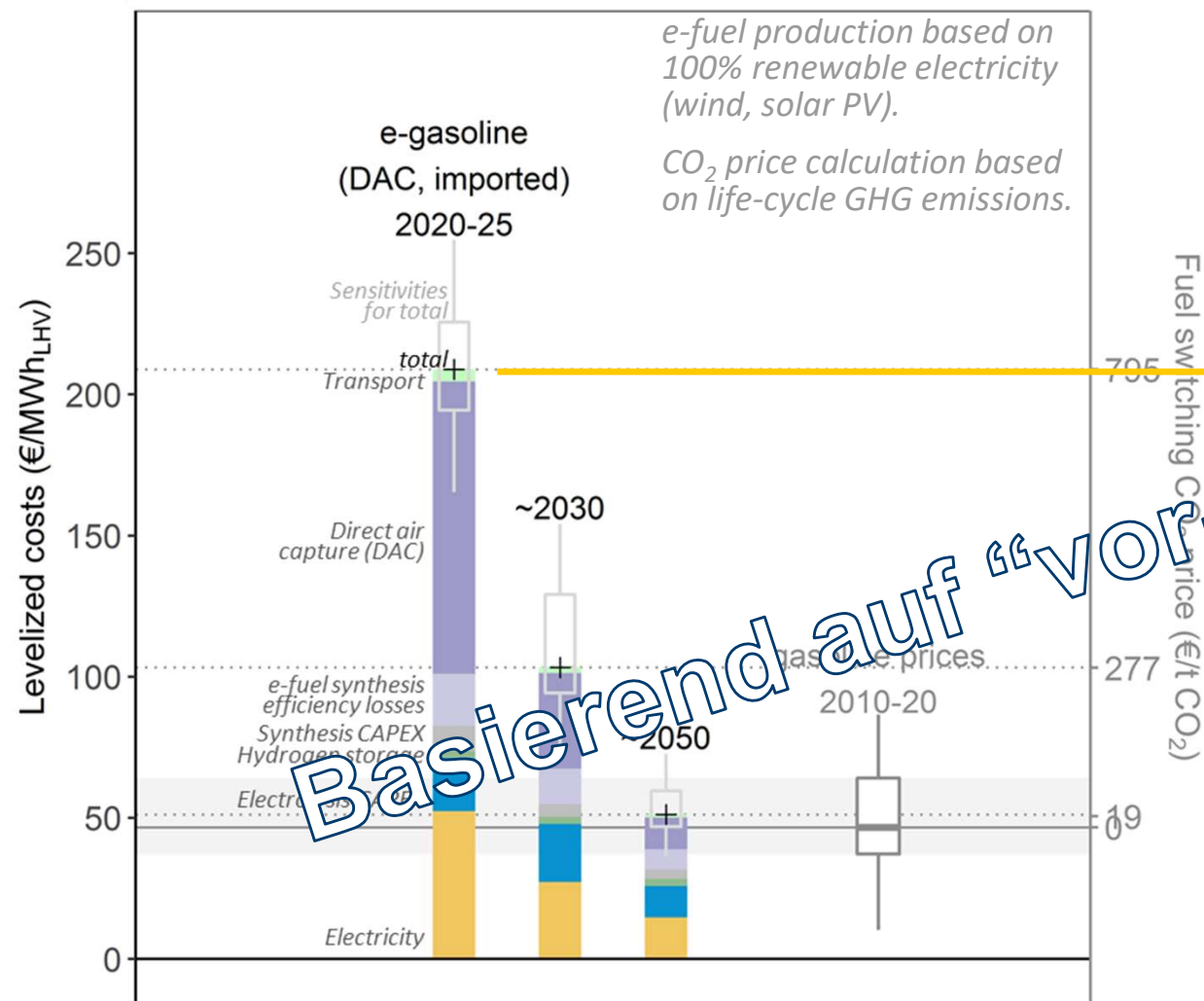


- Batterieautos nutzen den Strom am effizientesten
→ Reduktion der THG-Emissionen auch bei nicht 100% Strom aus Erneuerbaren
- Mit synthetischem Erdgas (SNG) braucht es Strom mit sehr geringen THG-Emissionen für Klimanutzen
- H₂-Brennstoffzellenautos liegen zwischen Batterie- und SNG-Fahrzeugen

Kosten von E-fuels

Hohe e-fuel Kosten → hohe CO₂ Preise notwendig
Massive Kostensenkung nur bei massivem Ausbau

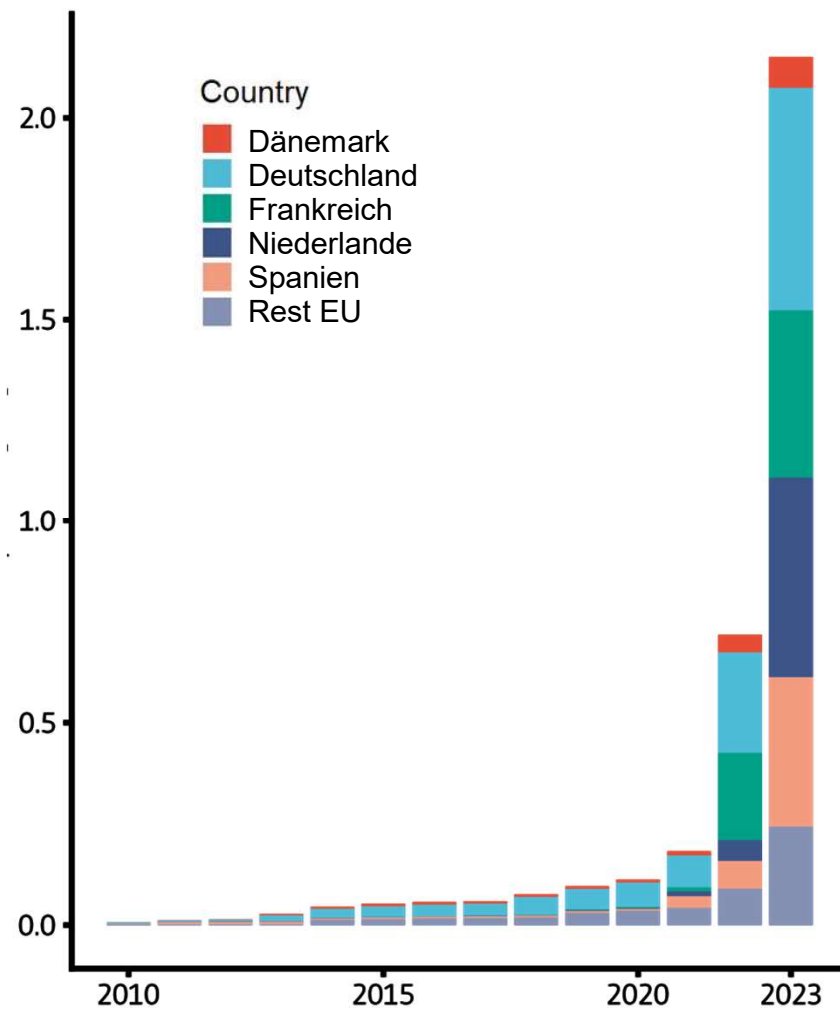
Wirtschaftlichkeit von e-fuels erst ~2040
Massive Unterstützung bis dahin notwendig



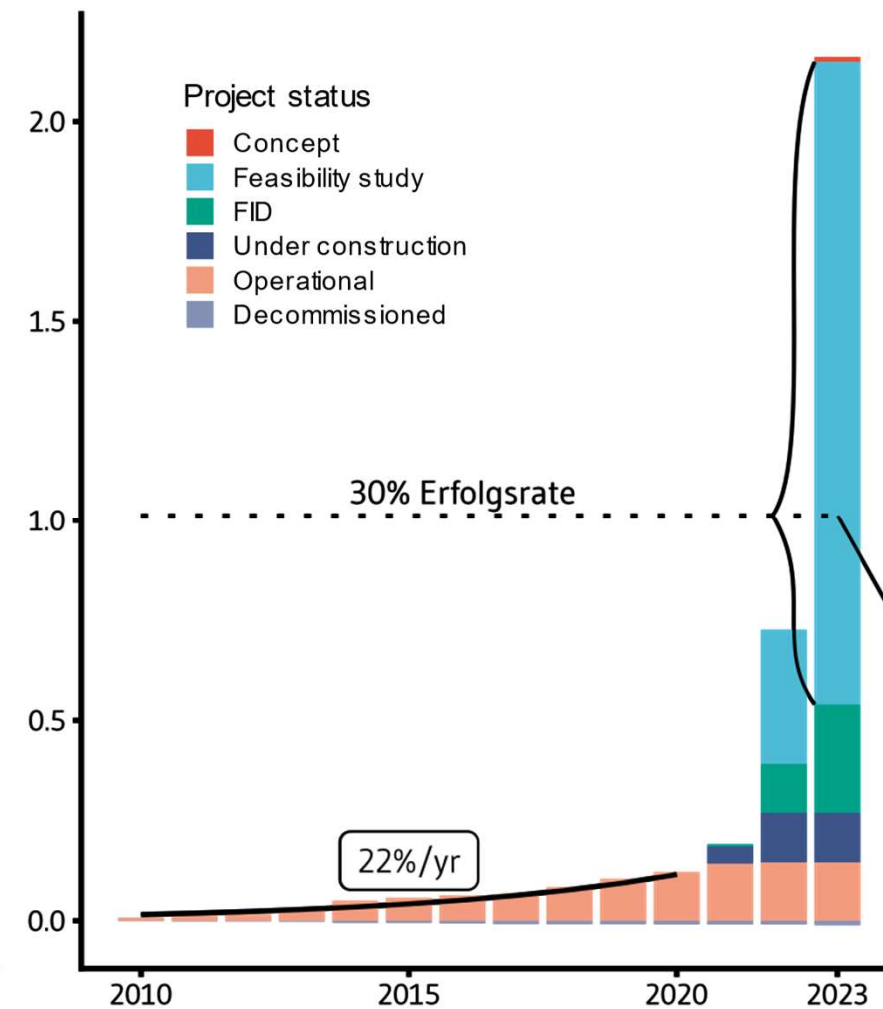
Aktuell hohe Gas- und Ölpreise helfen, die Kostendifferenz zu verringern

Grüner H₂ und e-fuels: unsichere Verfügbarkeit

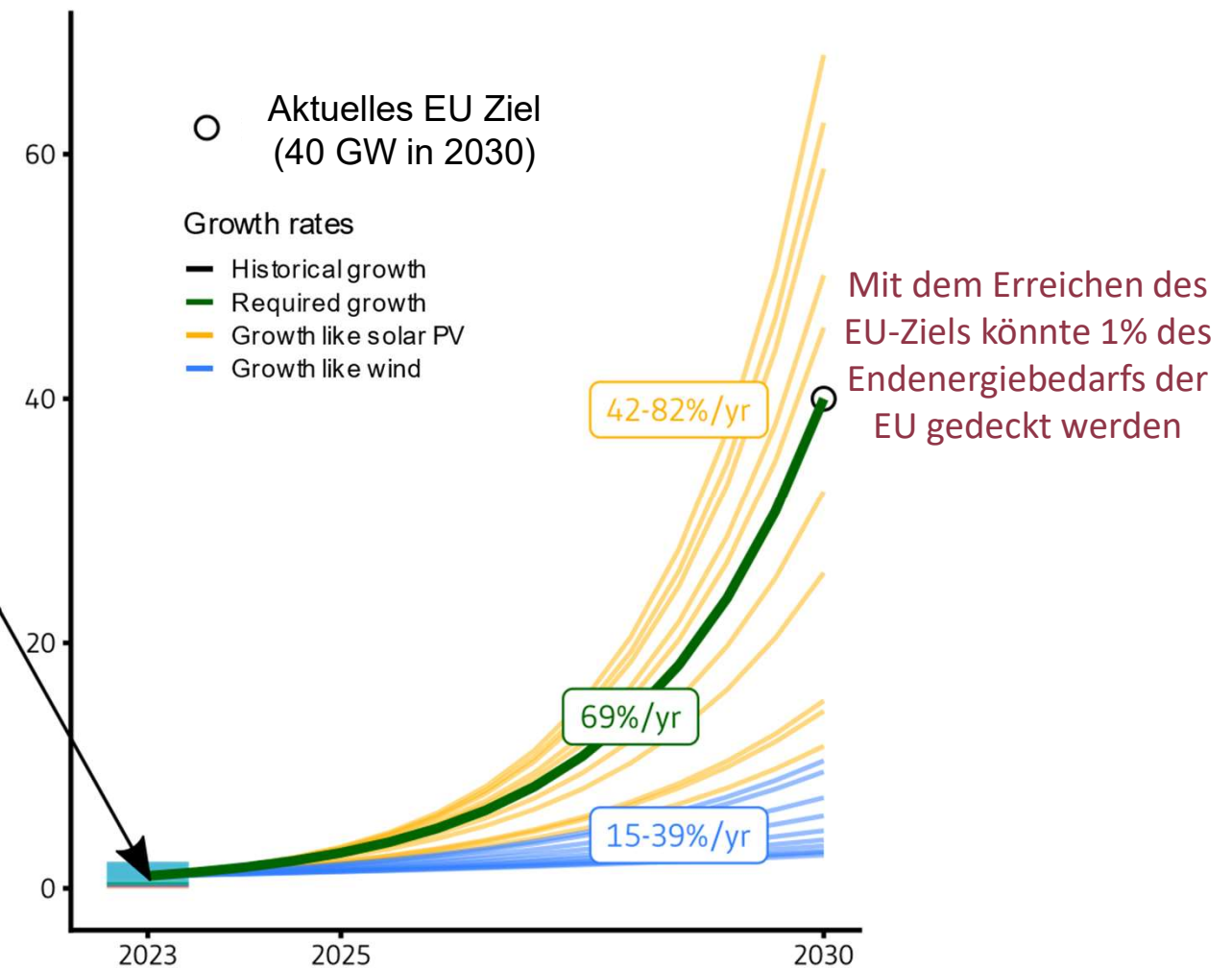
Elektrolyse Leistung EU [GW]
nach Land



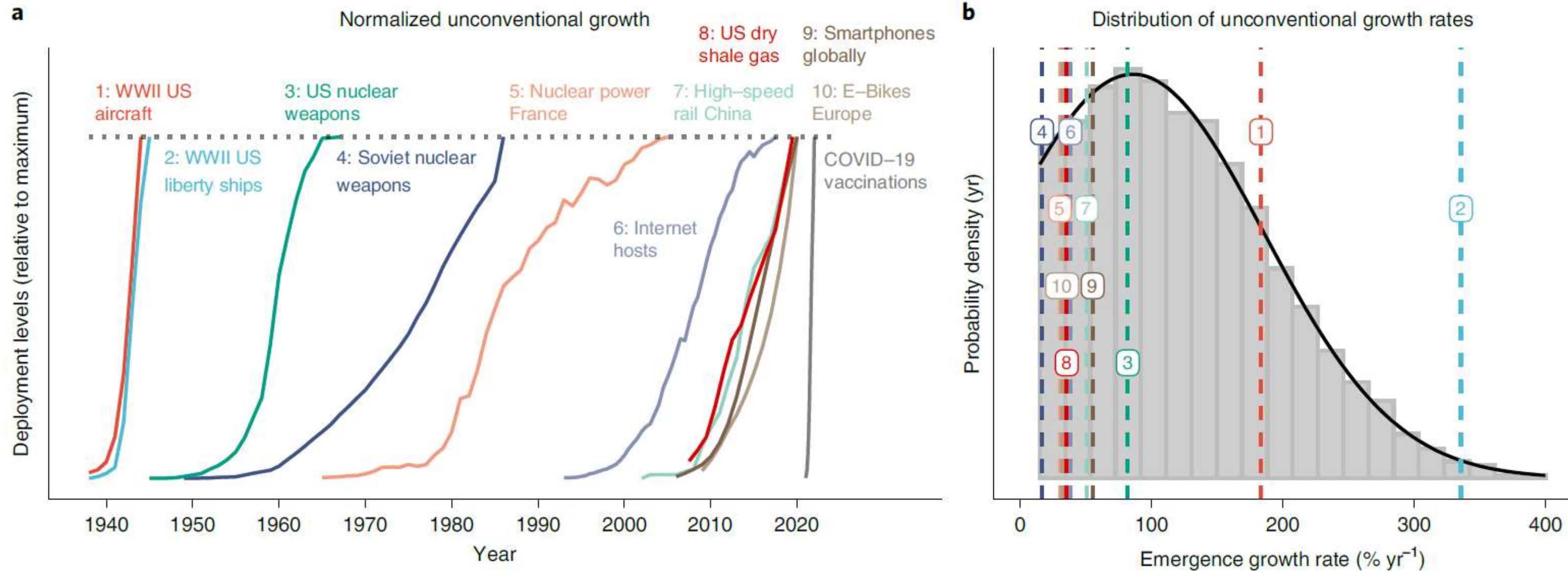
Elektrolyse Leistung EU [GW]
nach Status



Erforderliche Wachstumsraten für das Ziel
40 GW Elektrolyse Leistung



Grüner H₂ und e-fuels: unsichere Verfügbarkeit



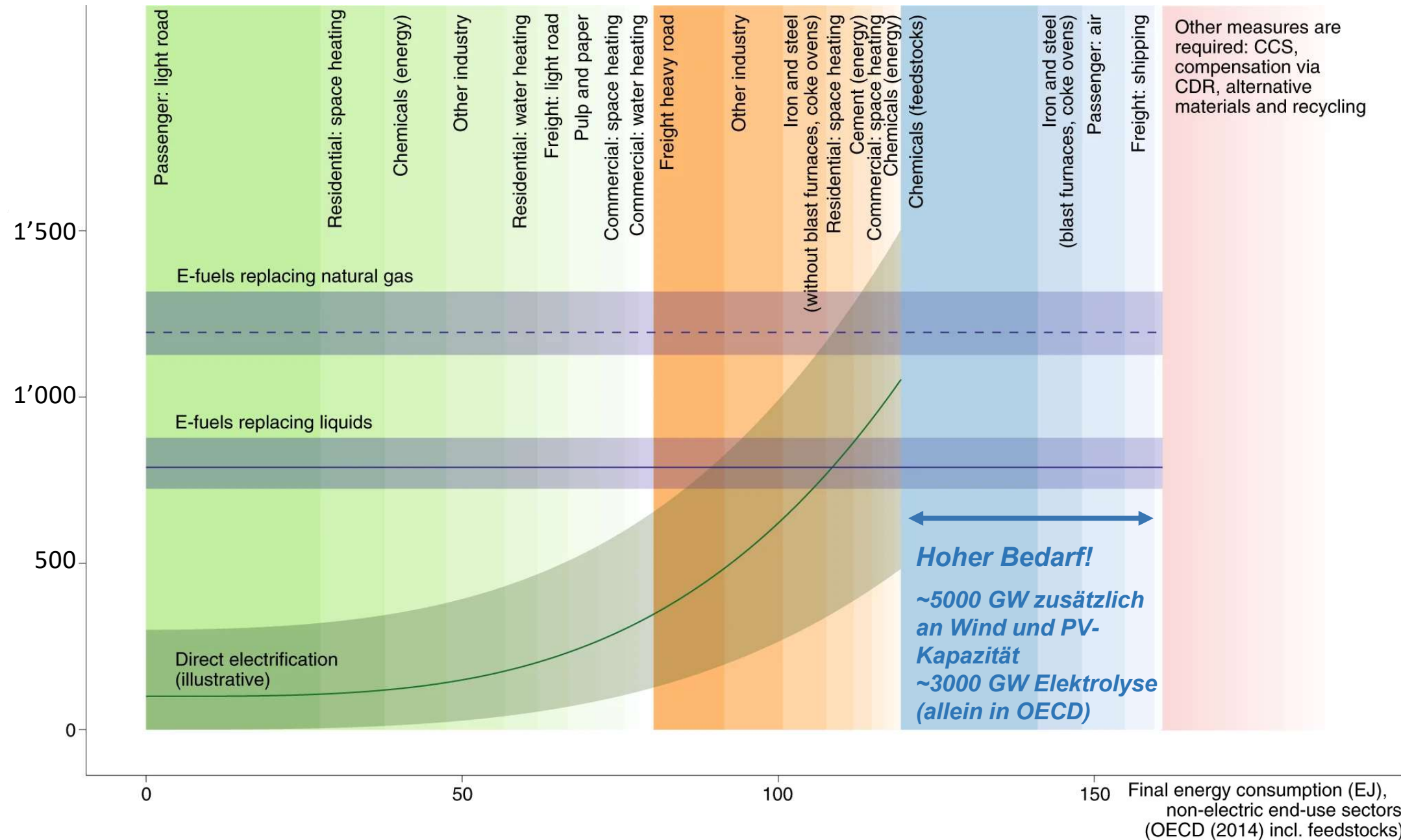
E-fuels: Prioritäten in der Nutzung

1) Anwendungen, bei denen direkte Elektrifizierung massiv billiger ist als die Nutzung von H₂ und e-fuels

2) Direkte Elektrifizierung und H₂ / e-fuels sind etwa gleich teuer

3) Direkte Elektrifizierung ist nicht möglich

CO₂-Preis für Kostenparität [Euro/t CO₂]



- E-fuels (und H₂) werden auf absehbare Zeit begrenzt verfügbar und teuer sein
→ Nutzung sollte gut überlegt sein
- Vorrang in Sektoren, die nicht direkt elektrifiziert werden können
 - ✓ Flugverkehr
 - ✓ Schifffahrt
 - ✓ Chemie (synthetisches CH₄)
 - ✓ Hochtemperaturwärme
 - ✓ (Langstrecken-LKW)
 - ✓ Langzeit-Speicher

Das Wichtigste in Kürze

- Wasserstoff und e-fuels müssen Bestandteile der Dekarbonisierung sein, wenn das Ziel Netto-Null CO₂-Emissionen ist
- Voraussetzung: Massiver Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion
- Bei massivem Ausbau der PV-Anlagen in der Schweiz wird Wasserstoff als Langzeit-Energiespeicher wichtig
- Generell brauchen H₂ und synthetische Treibstoffe Unterstützung und Preissignale
- Zielgerichteter Einsatz von H₂ und e-fuels wäre vorteilhaft, weil grüner Wasserstoff und e-fuels auf absehbare Zeit knappe Güter bleiben werden
 - ✓ Flugverkehr (synthetische Treibstoffe)
 - ✓ Industrie
 - ✓ (Schwerverkehr)
- Substanzielle Mengen müssen wahrscheinlich importiert werden

Wir schaffen Wissen – heute für morgen

Dank an:

Romain Sacchi
Falko Ueckerdt
Zipeng Liu
Gunnar Luderer
Alois Dirnaichner
Jordan Everall

Kontakt:

christian.bauer@psi.ch

<https://www.psi.ch/ta/>

