

WASSERSTOFF – ENERGieträGER DER ZUKUNFT?

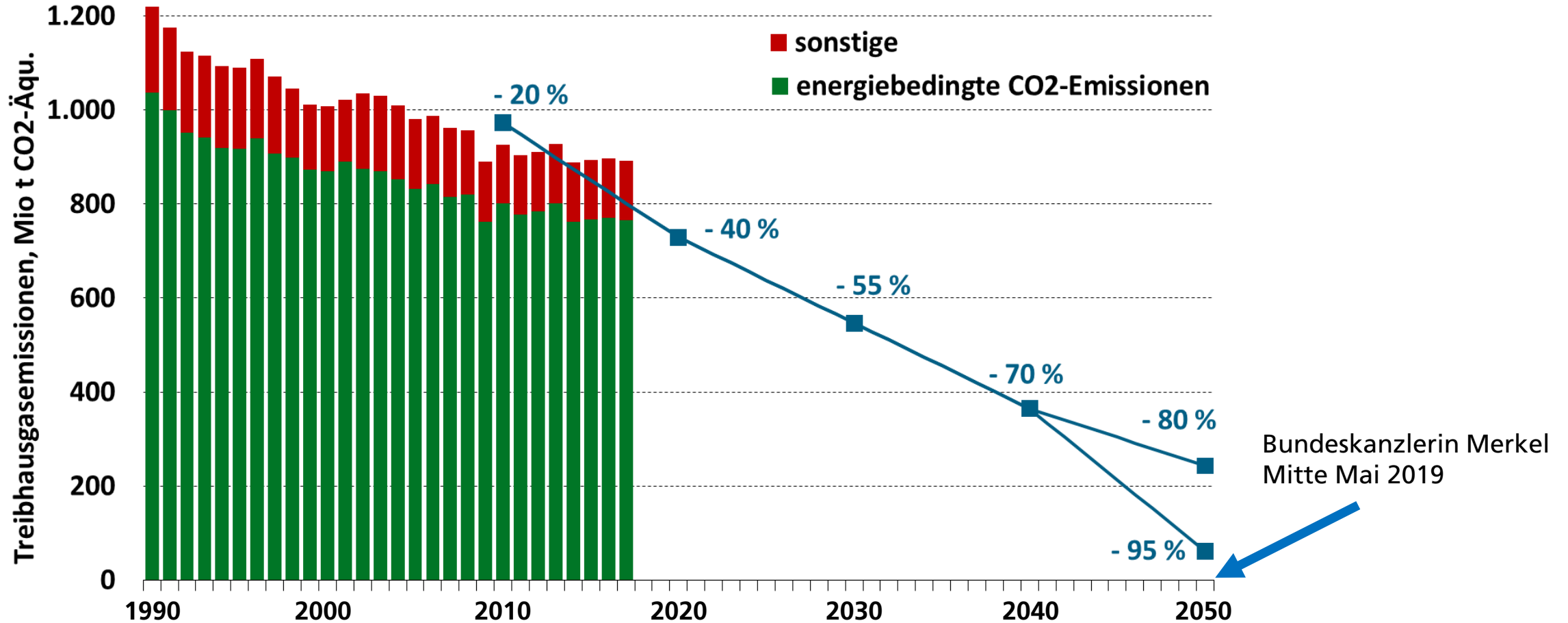
Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Berliner Energietage, Berlin, 20. Mai 2019

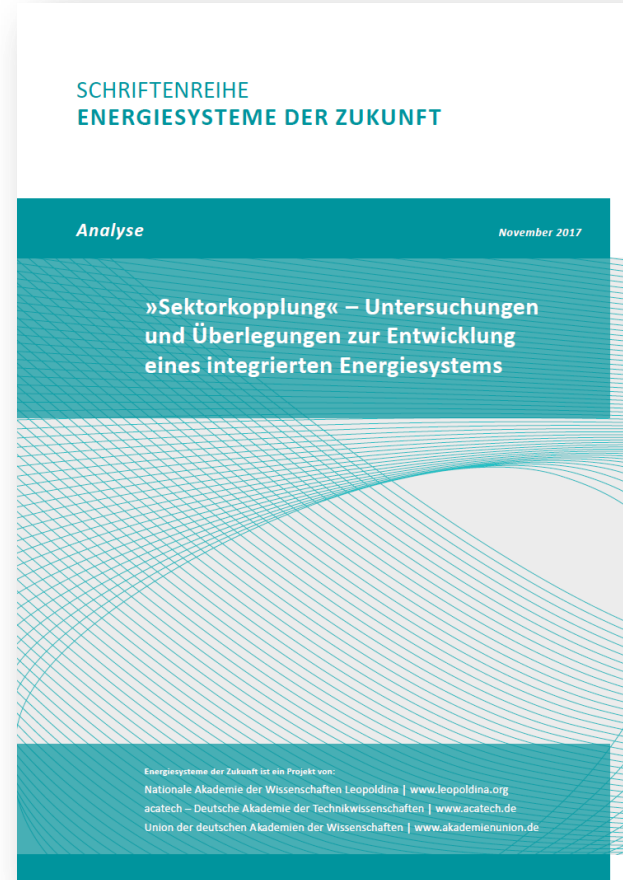
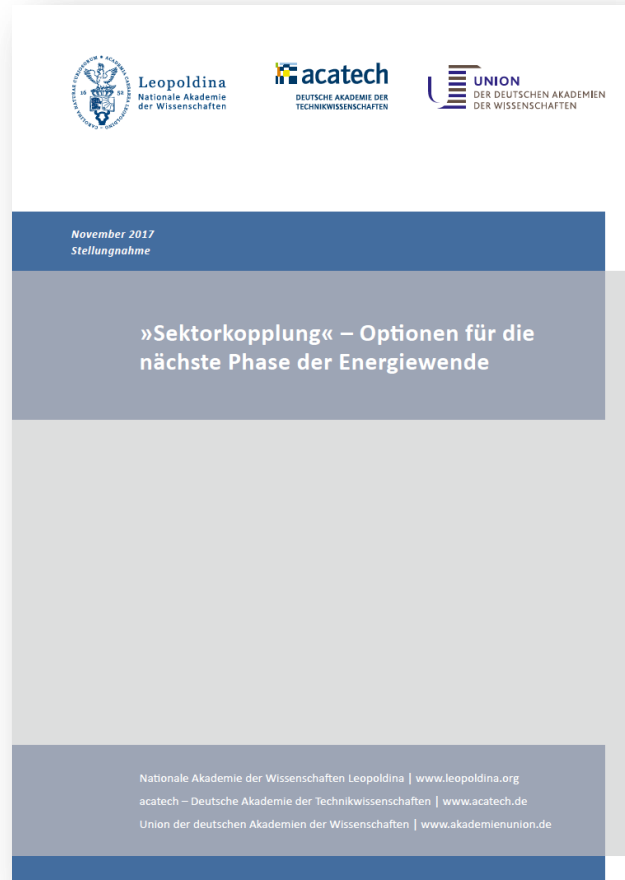


Motivation

Treibhausgasemissionen Deutschland – Historie und Ziele

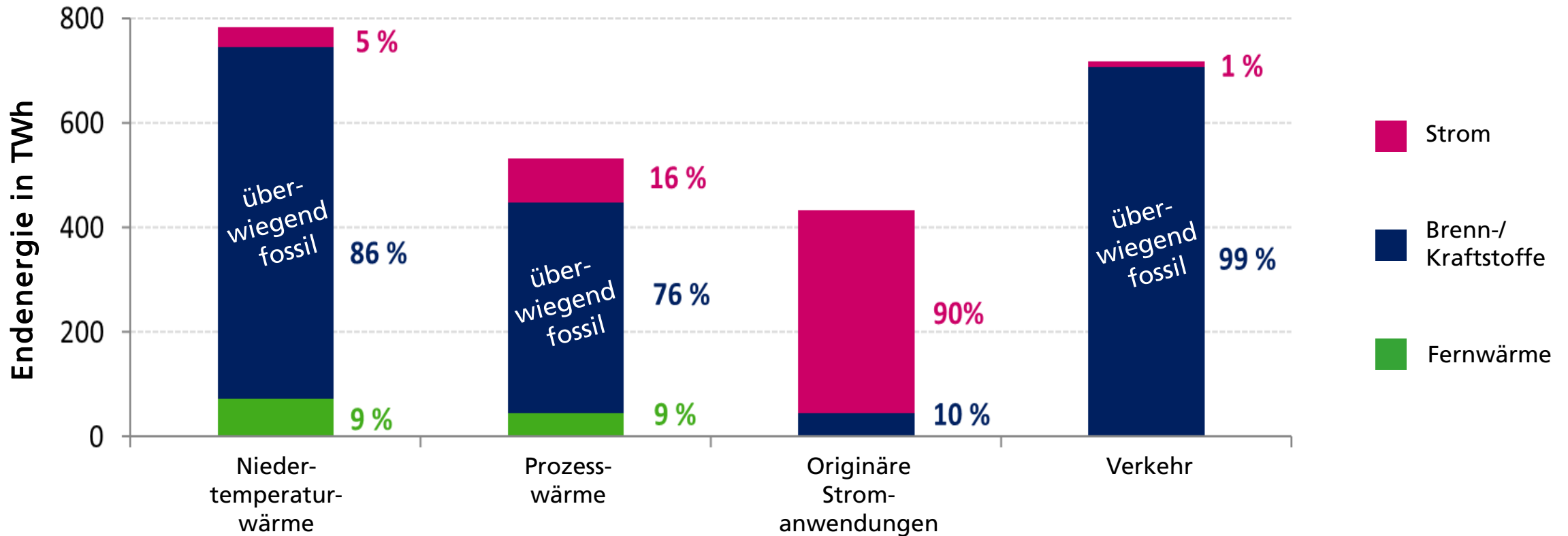


Wie kann die Entwicklung des Energiesystems aus systemtechnischer Perspektive aussehen?



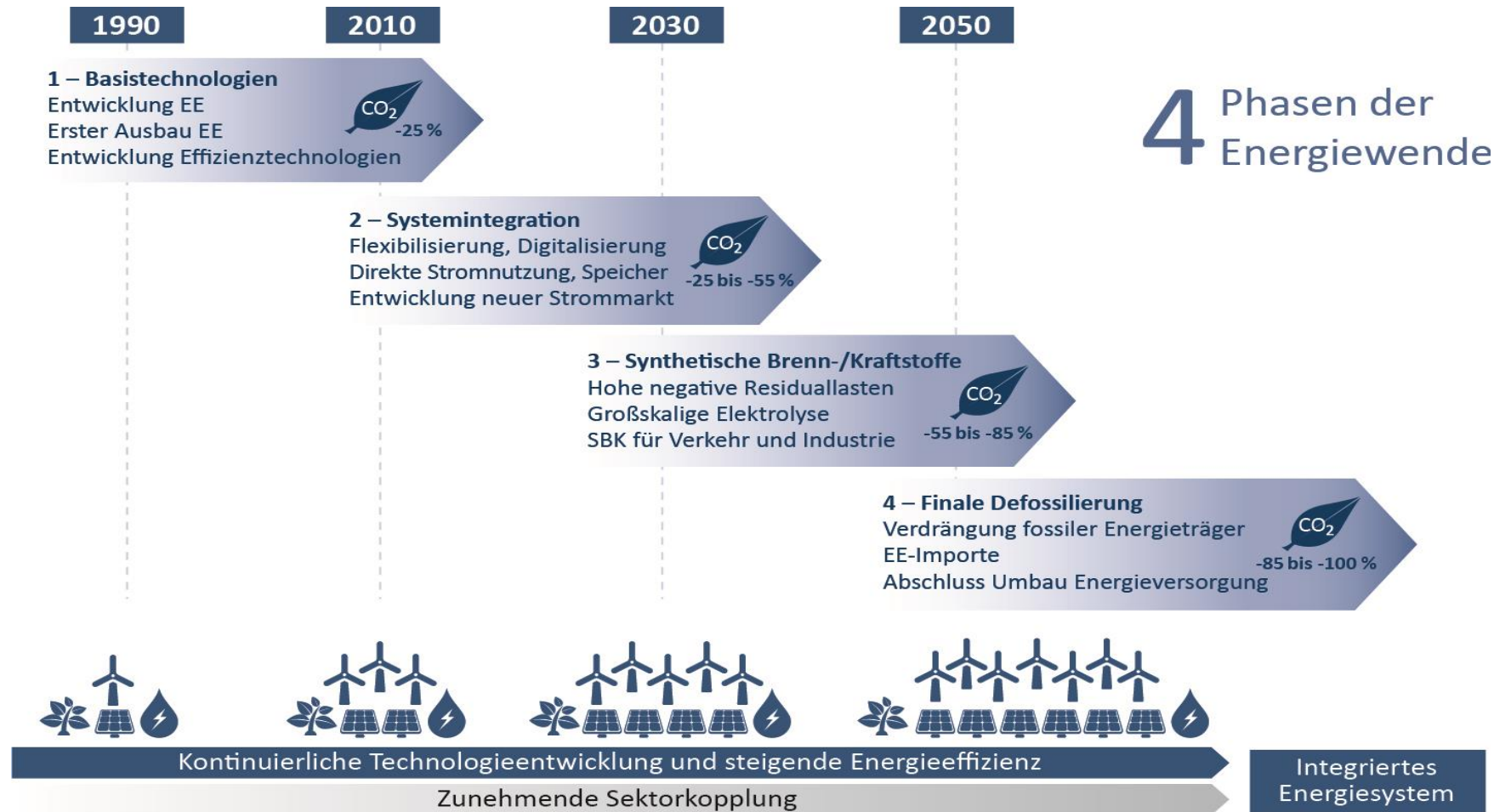
»Sektorkopplung« – Optionen für die nächste Phase der Energiewende

Der deutsche Energieverbrauch von heute in den vier Nutzungsbereichen

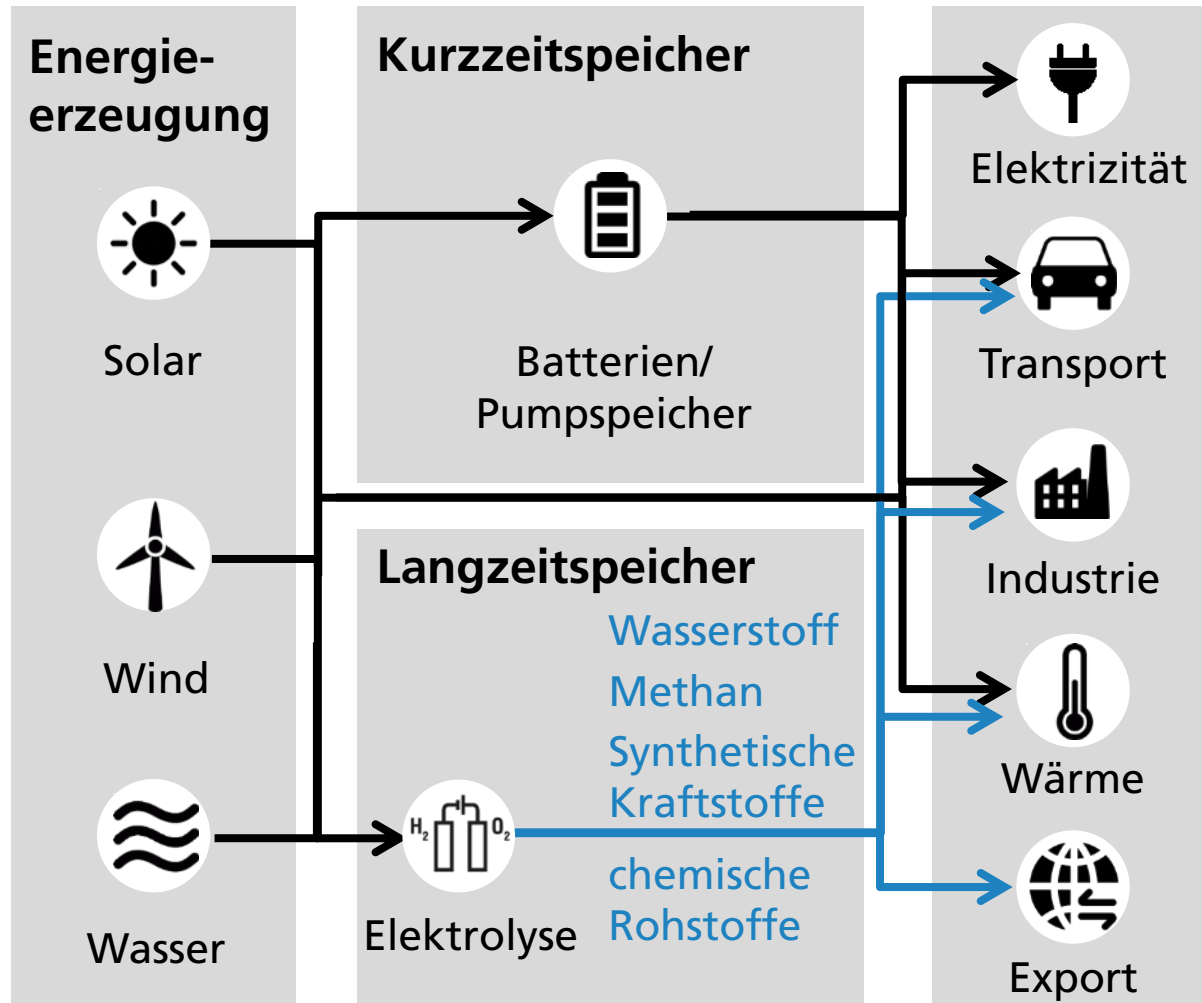


»Sektorkopplung« – Optionen für die nächste Phase der Energiewende

Phasen der Energiewende



Die Rolle von Kurz- und Langzeitspeichern im zukünftigen Energiesystem



Kopplung des Strommarkts mit den Sektoren Transport, Industrie und Wärme

Wasserstofftechnologien – Internationale Entwicklungen



International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy



Fuel Cell Technology Office (FCTO) of the DoE

California Fuel Cell Partnership (CaFCP), California Air Resources Board (CARB)



GOVERNMENT SUPPORT GROUP

Government Support Group GSG, Sustainable Transport Forum STF Fuel Cell and H2 Joint Undertaking FCH JU



China Automotive Technology and Research Center CATARC & Ministry of Science and Technology MoST



Tokyo Statement Hydrogen Energy Ministerial Meeting

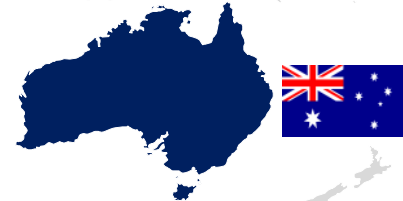


HySA Hydrogen South Africa



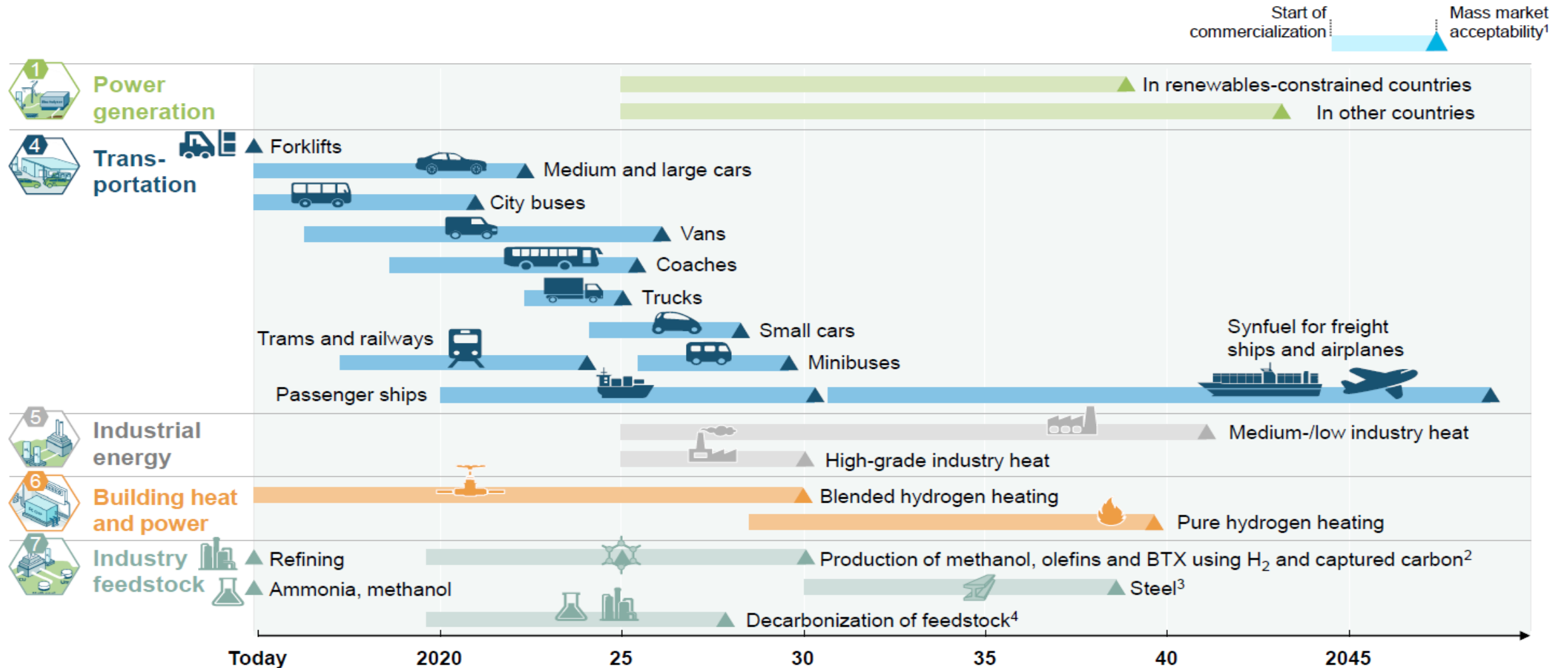
International Energy Agency Hydrogen Technology Collaboration Program TCP

Hydrogen Council



MISSION INNOVATION Innovation Challenge 8 Renewable and Clean Hydrogen

Wasserstoff in den verschiedenen Anwendungen – Entwicklungspfade



1 Mass market acceptability defined as sales >1% within segment in priority markets

3 DRI with green H₂, iron reduction in blast furnaces and other low-carbon steel making processes using H₂

2 Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock

4 Market share refers to the amount of feedstock that is produced from low-carbon sources

Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Auf dem Weg zu einer Gigawatt-Industrie für einen erfolgreichen Übergang des Energiesektors zu erneuerbaren Energien

- Entwicklungsstand und Potenzial der Wasserelektrolyse
- Zukünftiger Wasserstoffbedarf in Deutschland
- Analyse kritischer Komponenten und Produktionsprozesse
- Handlungsbedarf und Roadmap



Regenerative Energien Modell »REMod«

Szenario-basierte Analyse mit techno-ökonomischer Optimierung

Modell zur Simulation und Optimierung der Entwicklung nationaler Energiesysteme

Einbeziehung aller Verbrauchssektoren und Energieträger

Minimierung der Transformationskosten

Stundengenaue Modellierung



Zukünftiger Wasserstoffbedarf in Deutschland

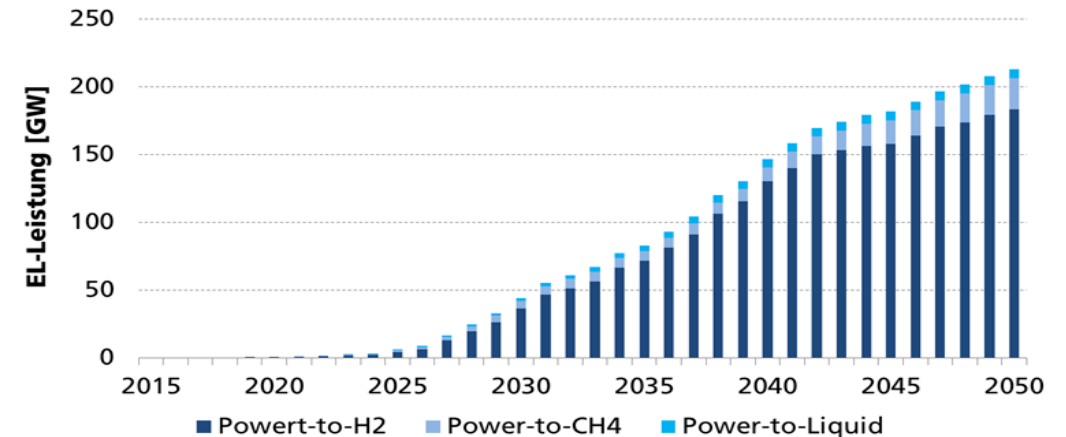
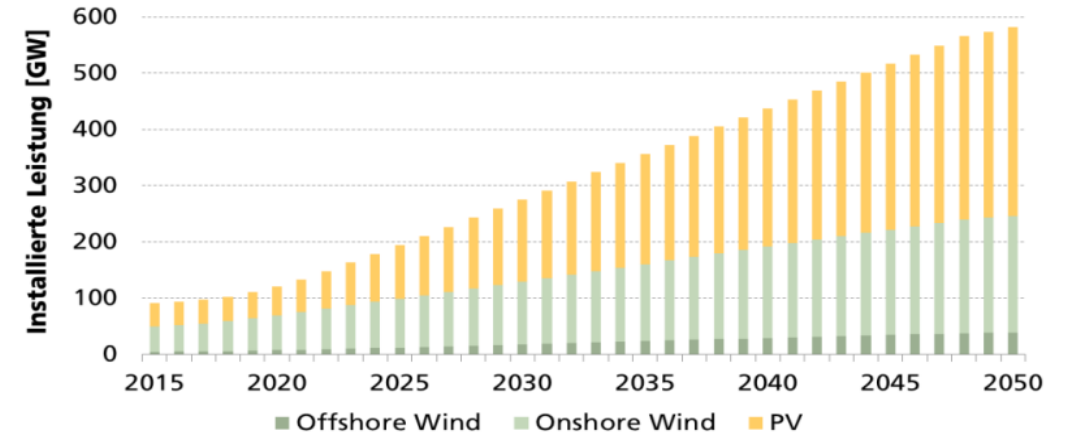
Beispielerggebnis Szenario ‚Mix Elektrolysetechnologien‘ (AEL/PEMEL/HTEL)

Evaluation von 6 Szenarien, um die Auswirkungen verschiedener EL-Technologien zu untersuchen:

- S0: Daten aus Literatur (85/95 % CO₂-Reduktion)
- S1: progressives Hochtemperatur-Szenario
- S2: konservatives Niedertemperatur-Szenario
- S3: Mix aller Technologien (AEL / PEMEL / HTEL)
- S4: dynamischer Betrieb mit EL-Mix

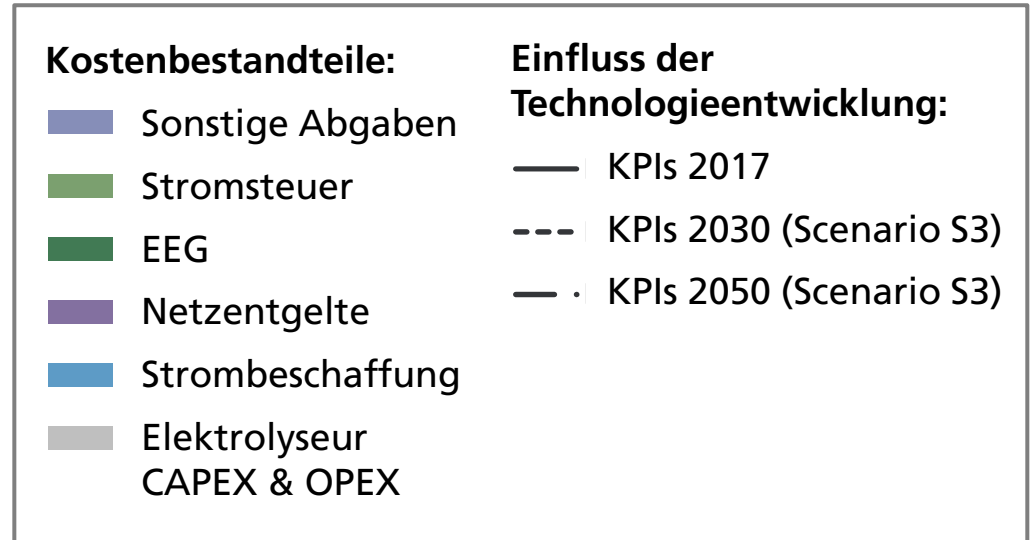
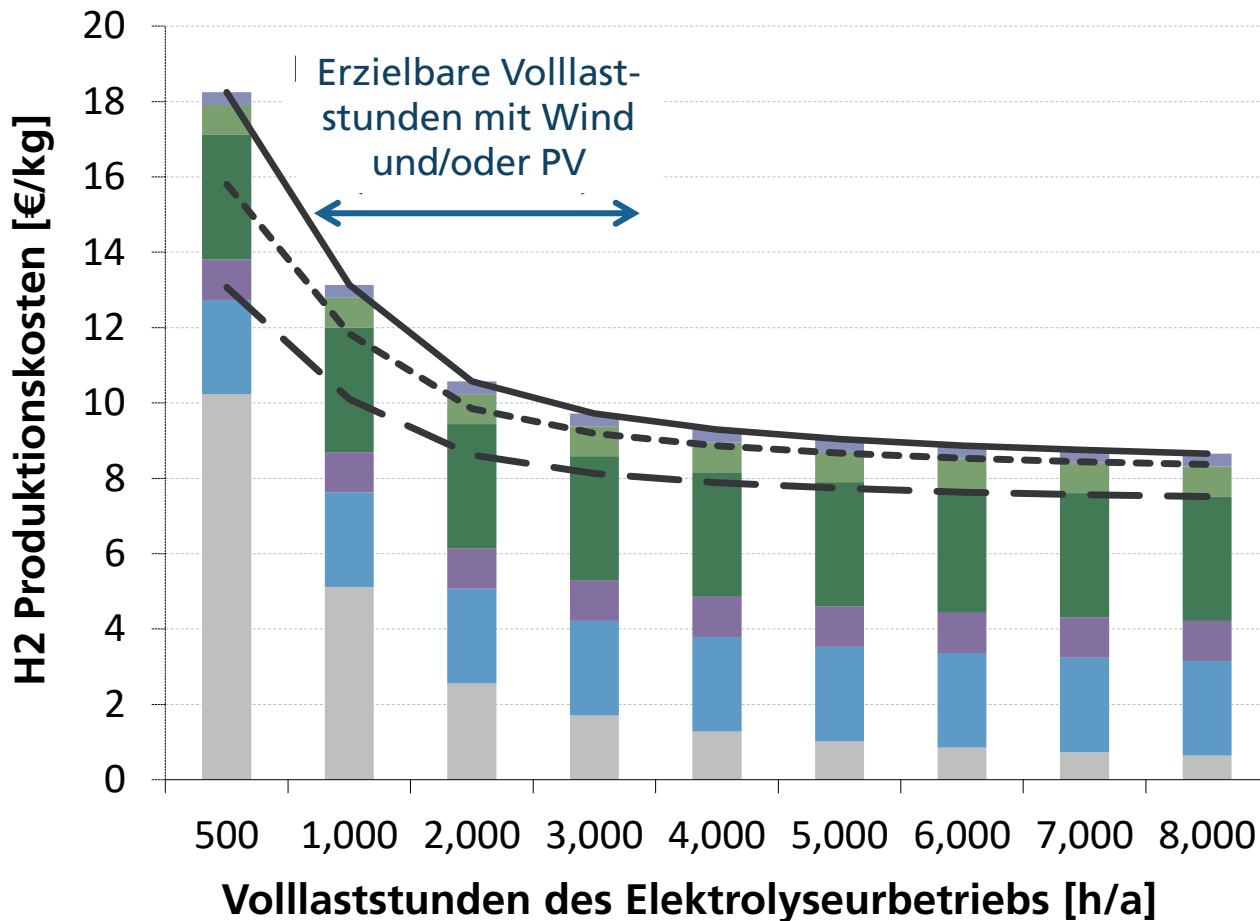
Deutliche Ausweitung von Wind- und Sonnenenergie zur Erreichung des CO₂-Reduktionsziels im Jahr 2050:

- 600 GW an Wind- und PV-Leistung
- Elektrizitätsbedarf 800 - 1200 TWh (szenarienabhängig)
- **Aber:** EE-Bedarf stark abhängig von Importvorgaben für Elektrizität und Brennstoffe



Kostenreduktion durch Technologieentwicklung

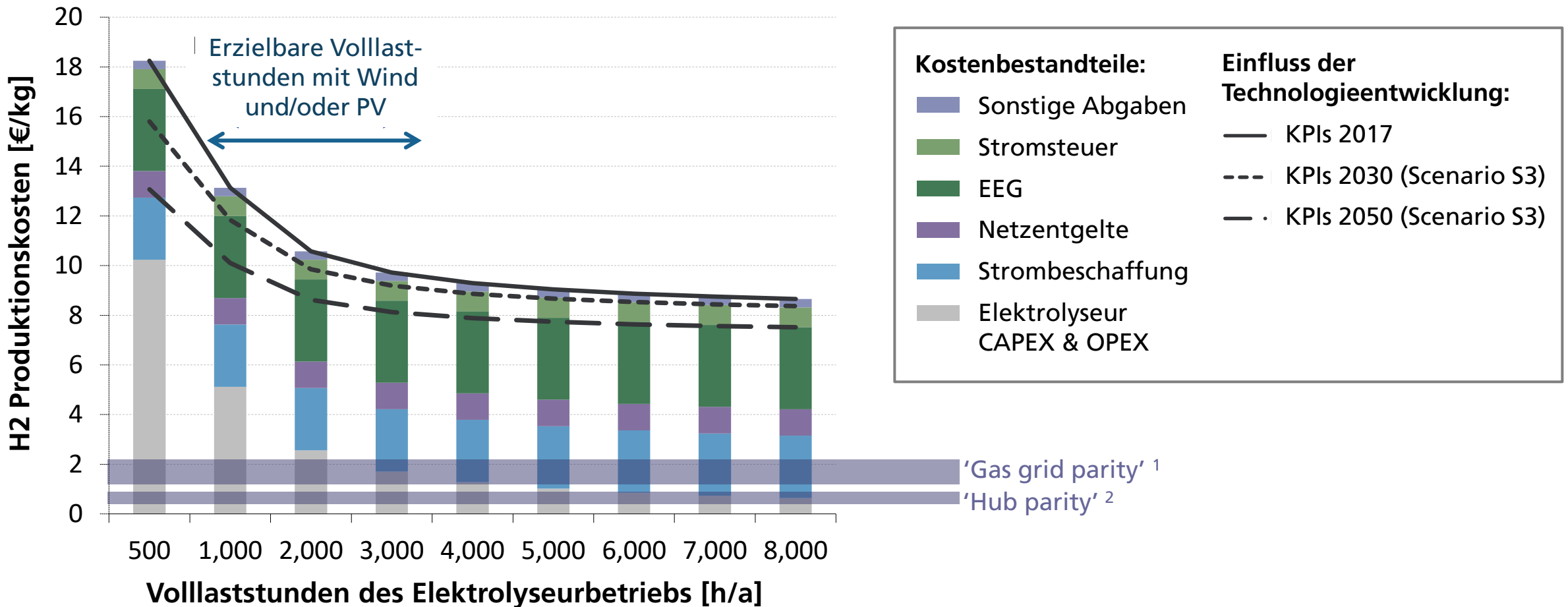
Abgaben und Steuern verteuern Wasserstofftechnologien in Deutschland



* 15,4ct/kWh durchschnittlicher Strompreis für industrielle Verbraucher im Jahr 2016 für einen Jahresverbrauch von 0,16 bis 20 Mio. kWh. Mittelspannungsanschluss 100kW/1600h bis 4000kW/5000h. Quelle: "BDEW Strompreisanalyse 2018"

Kostenreduktion durch Technologieentwicklung

Kann Wasserstoff aus erneuerbaren Energien die Kostenparität zu fossilen Technologien erreichen?



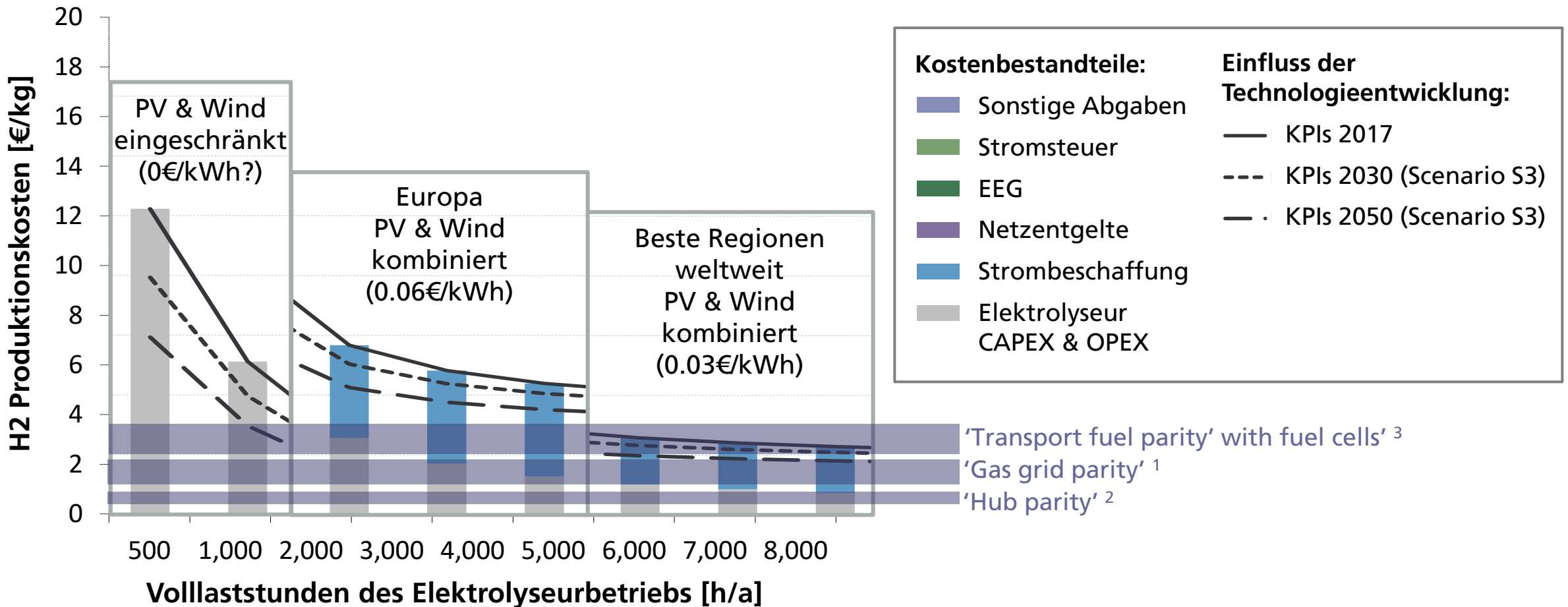
1: 1,13 und 2,16 EUR/kg auf Basis der Erdgaspreise für Privatkunden in Deutschland 2016 6,5ct/kWh, Großkunden 3,4ct/kWh (Quelle: Eurostat)

2: 0,30-0,80 EUR/kg basierend auf Erdgas Henry Hub 2017: 3 USD/MMBtu und Japan LNG cif: 8 USD/MMBtu (Quelle: BP)

3: Annahme: Wettbewerbsfähige Wasserstoffpreise an der Pumpe 6 €/kg (Diesel-Pkw 5l/100km bei 1,20 €/l, Brennstoffzellen-Pkw 1 kg H₂/100km), davon 2-3 €/kg abgezogen für Vertriebs- und Stationskosten. Voraussetzung: Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen und Tankstellen sowie Fortsetzung der Steuerbefreiung für Wasserstoff als Kraftstoff.

Kostenreduktion durch Technologieentwicklung

Kann Wasserstoff aus erneuerbaren Energien die Kostenparität zu fossilen Technologien erreichen? Ja, und Brennstoffzellen können dies beschleunigen

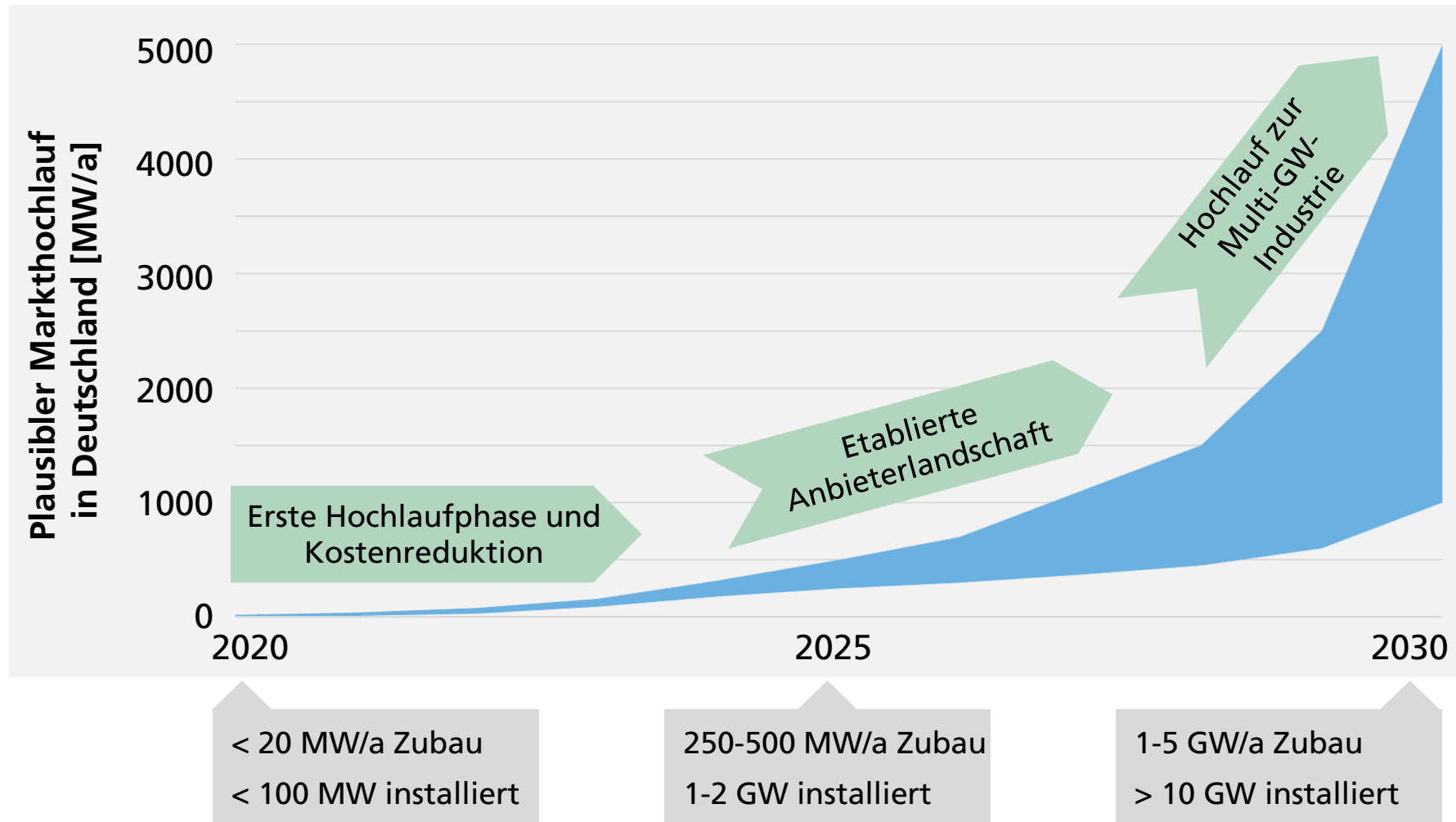


1: 1,13 und 2,16 EUR/kg auf Basis der Erdgaspreise für Privatkunden in Deutschland 2016 6,5ct/kWh, Großkunden 3,4ct/kWh (Quelle: Eurostat)

2: 0,30-0,80 EUR/kg basierend auf Erdgas Henry Hub 2017: 3 USD/MMBtu und Japan LNG cif: 8 USD/MMBtu (Quelle: BP)

3: Annahme: Wettbewerbsfähige Wasserstoffpreise an der Pumpe 6 €/kg (Diesel-Pkw 5l/100km bei 1,20 €/l, Brennstoffzellen-Pkw 1 kg H2/100km), davon 2-3 €/kg abgezogen für Vertriebs- und Stationskosten. Voraussetzung: Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen und Tankstellen sowie Fortsetzung der Steuerbefreiung für Wasserstoff als Kraftstoff.

Markthochlauf der Wasserstofftechnologien



- Die Industrie braucht einen klaren Rahmen für Investitionen
- Marktaktivierungsprogramm schafft planbare Rahmenbedingungen für Investitionen
- Um die Ziele für 2030 zu erreichen, muss der Roll-out jetzt beginnen

Chancen der Wasserstofftechnologien

Wasserstoff im Kontext der Sektorenkopplung

- **Integration des Energiesystems über alle Sektoren** aufgrund der Substitution der Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien
- **Wasserstoffelektrolyse als Kopplungselement** zwischen dem Direktstrommarkt und den nachfolgenden Sektoren Wärme, Verkehr und Chemie
- **Limitierungen des Einsatzes von Direktstrom:** Speicherung über lange Zeiträume und Transport über weite Distanzen von großen Energiemengen
- **Flexibilität des Energiesystems** und damit effiziente Verwertung von produzierter Erneuerbarer Energie durch Nutzung von PtX-Technologien
- Dadurch **Unterstützung des Ausbaus Erneuerbarer Energien** an Stellen, an denen der Ausbau durch begrenzte Netzkapazitäten gebremst wird
- **Gefährdung von PtX- und Wasserstofftechnologien** aufgrund von Lock-in Effekten (Pfadabhängigkeiten, z.B. LNG Terminals, Ladeinfrastruktur) und ausschließliche Fokussierung auf Stromsektor und Batterietechnologien

Session I

Wasserstoff im Kontext der Biotechnologie

- Prof. Dr. Volker Sieber, Technische Universität München

Effiziente Nutzung mit Wasserstoff erzeugter Brennstoffe hoher Energiedichte in Brennstoffzellen: Realisierte Erfolge und zukünftige Entwicklungen

- Florian Taschke, SFC Energy AG
- Dr. Carsten Cremers, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Wasserelektrolyse an der Schwelle zur großskaligen Industrialisierung – Trends und Herausforderungen bis 2030

- Ilona Dickschas, Siemens AG, Hydrogen Solutions
- Dr. Tom Smolinka, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Session II

Entwicklung eines Strom- und Wärmekonzeptes auf Quartiersebene unter Berücksichtigung von Sektorenkopplung über dezentrale Wärmepumpen und P2G für den Lagarde Campus Bamberg

- Jan Kaiser, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE
- Stefan Loskarn, Stadtwerke Bamberg GmbH

Dezentrale Gas-Stromkopplung unter Nutzung eines flüssigen Wasserstoffträgers (LOHC)

- Dr. Richard Öchsner, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB
- Johannes Geiling, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Prof. Dr. Hans-Martin Henning
hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de