



Dr. Florian Ausfelder

Energieinfrastruktur und Technologien für eine CO₂ neutrale Chemie

Frankfurt, 11.02.2021

Dr. Florian Ausfelder (florian.ausfelder@dechema.de)



- Verantwortlich für den Bereich Energie & Klima der DECHEMA e.V.
- Seit 2007 bei der DECHEMA e.V. in (inter)nationalen F&E-Projekten
- Marie-Curie Stipendium für Madrid (Spanien)
- PostDoc-Aufenthalt in Stanford (USA)
- Promotion in Physikalischer Chemie in Edinburgh (UK)
- Studium Diplom-Chemie an der Universität Karlsruhe (TH)

Motivation:

- Transformation der energie- und emissionsintensiven Grundstoffindustrie



7 Fokusthemen auf 1 Blick!

Wir gestalten Zukunft mit Chemischer Technik und Biotechnologie.



DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.



Mehr Infos unter:
www.dechema.de/energieundklima

DECHEMA FOKUSTHEMA **ENERGIE UND KLIMA**

- Integration der Chemischen Industrie im Energiesystem
- Transformation der Chemischen Industrie
 - Rohstoff- und Energieversorgung
 - Treibhausgasneutrale Prozesse
 - Standorte und Infrastrukturen
- Industrielle Symbiose in den Grundstoffindustrien
- Chemische Technik für die Energieversorgung der Zukunft
 - Sektorenkopplung
 - Speichertechnologien und Anwendungen
 - Synthetische Kraftstoffe für die Mobilität



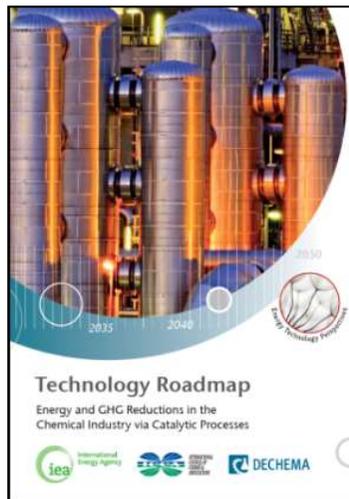
DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.

Arbeiten zur Entwicklung der chemischen Industrie

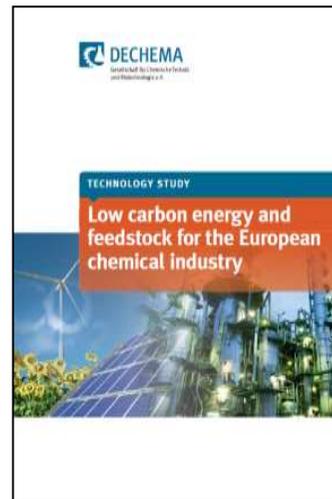


Global



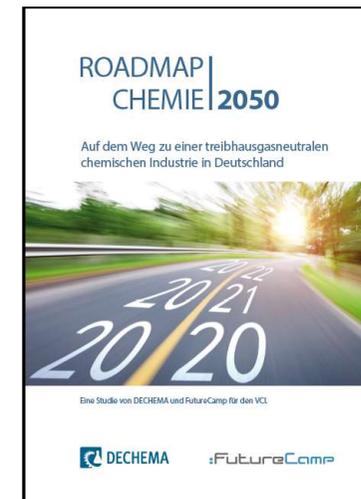
2013

Europäisch



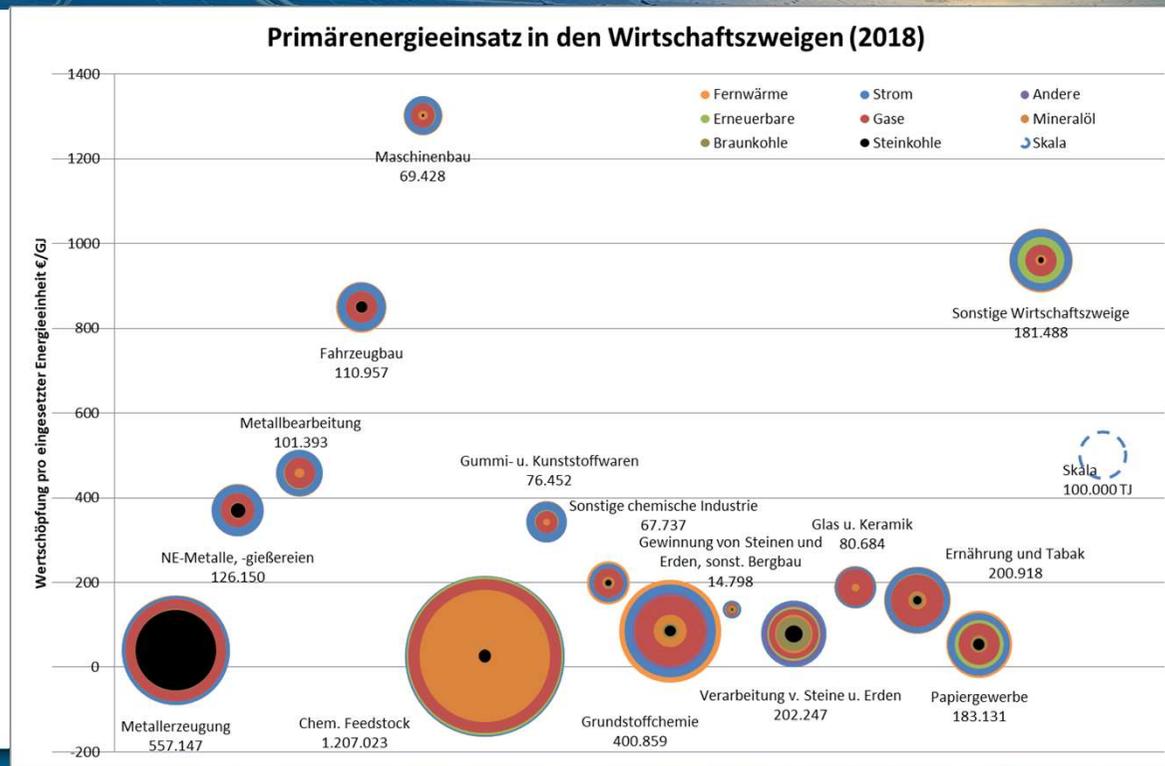
2017

National



2019

Industrieller Energiebedarf



Quellen: AGEB 2018, Roadmap Chemie 2050, VCI, DESTATIS, DECHEMA.



Herausforderungen und Lösungsansätze in der Chemischen Industrie



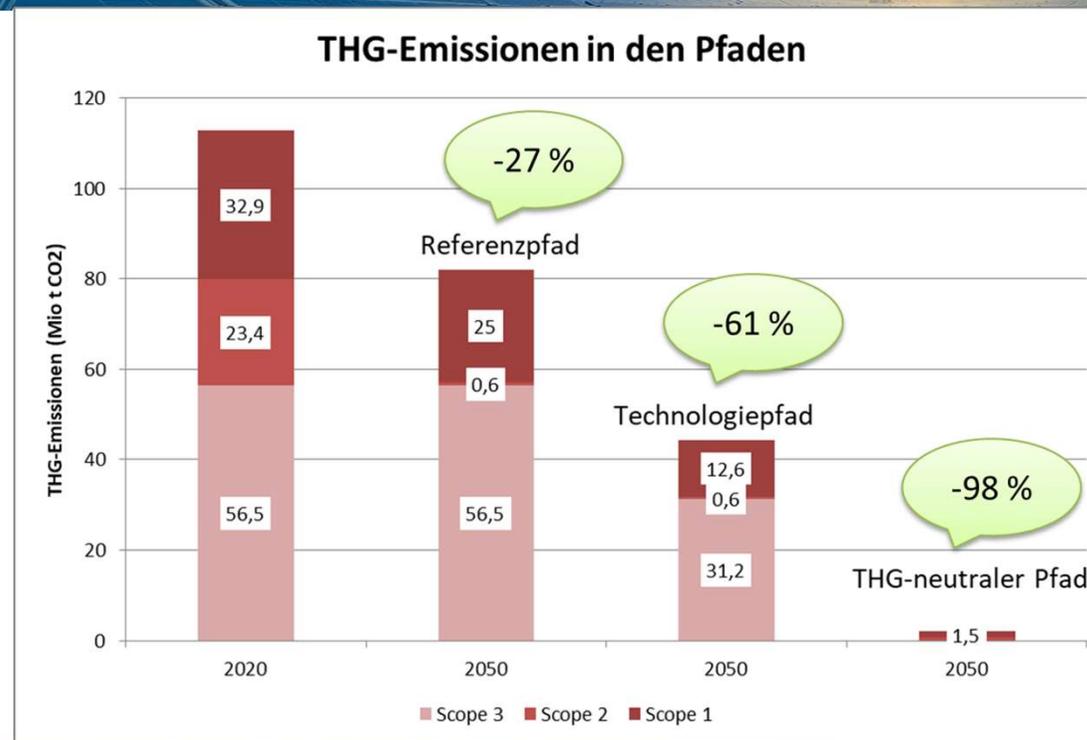
Herausforderung

- Nachhaltige Produktion (ökologisch, ökonomisch, sozial)
- Reduzierung der eigenen Treibhausgasemissionen
- Reduzierung der importierten Treibhausgasemissionen
- Reduzierung der in den Produkten eingeschlossenen Treibhausgasemissionen (Feedstock)

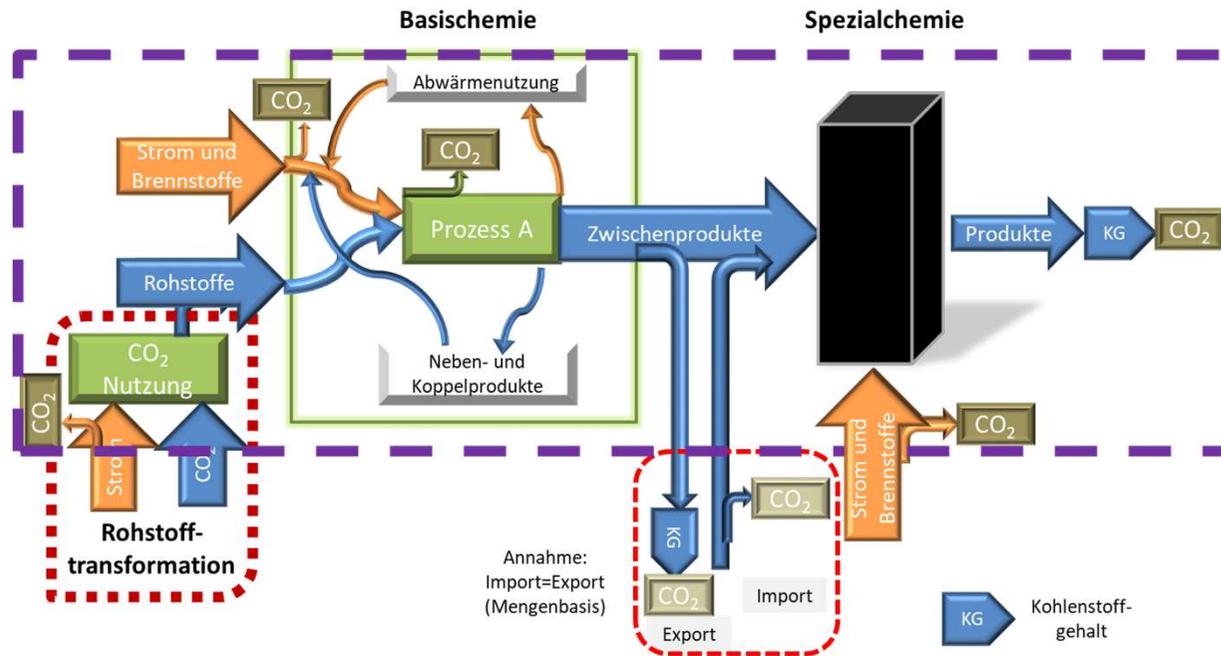
Lösungsansätze

- Neue (THG-neutrale) Prozesse
- Elektrifizierung chemischer Prozesse
- Einsatz von erneuerbaren Energien in der Wärmebereitstellung
- Veränderung der Rohstoffbasis
 - Biomasse
 - CO₂
 - Wasserstoff
 - Chemisches Recycling

Treibhausneutralität für die deutsche Chemische Industrie



Bilanzierung des Kohlenstoffs



Technologieoptionen für die Herstellung von Grundchemikalien (TRL \geq 6)



Chloralkalielektrolyse (Cl₂)

Wasserstoffbereitstellung (H₂)

- Dampfreformierung von Erdgas
- Wasserelektrolyse
- Methanpyrolyse

Ammoniaksynthese (NH₃)

- Konventionell auf Basis Erdgas
- Wasserelektrolyse und Luftzerlegung
- Methanpyrolyse und Luftzerlegung

Harnstoffsynthese ((NH₂)₂CO)

- Mit konventioneller NH₃-Synthese
- Mit alternativen NH₃-Synthese und CO₂-Quellen

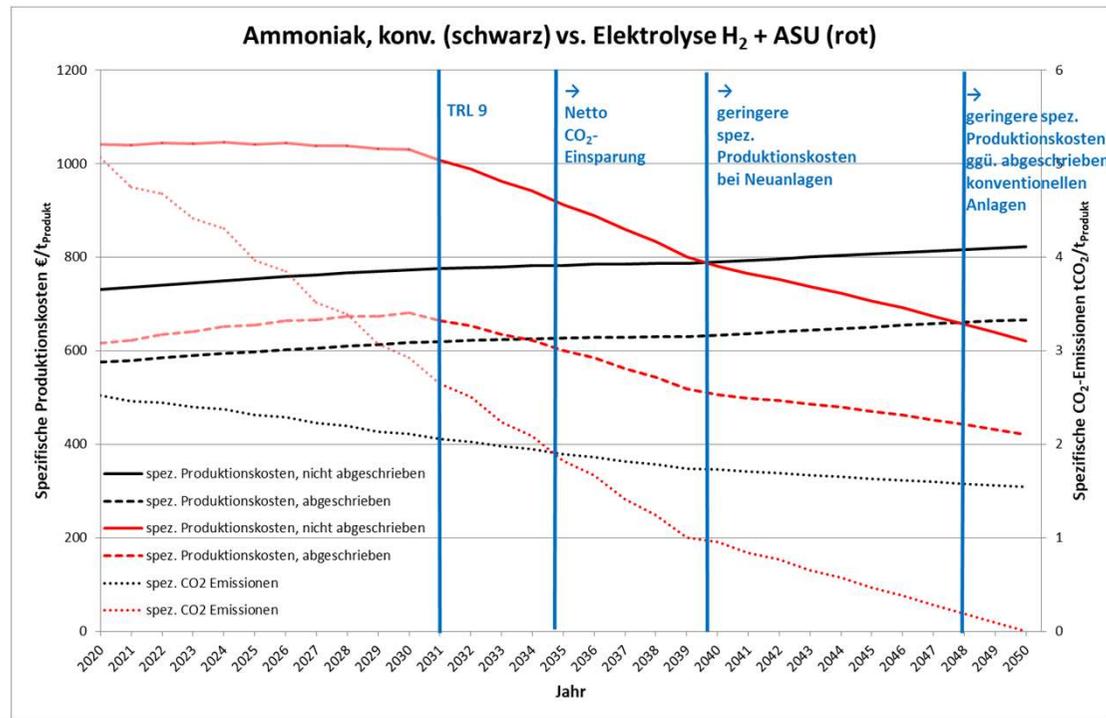
Methanolsynthese (CH₃OH)

- Konventionell aus Synthesegas mit fossilen Rohstoffen
- Mit H₂ aus Wasserelektrolyse und CO₂
- Mit H₂ aus Methanpyrolyse und CO₂
- Aus Biomasse
- Elektrisch beheizt

Olefine und Aromaten (Cracker)

- Konventionell auf Basis von Naphtha
- Elektrisch beheizt
- Synthetisches Naphtha
- Chemisches Recycling von Kunststoffen über Pyrolyse / Vergasung

Beispiel: Herstellung von Ammoniak

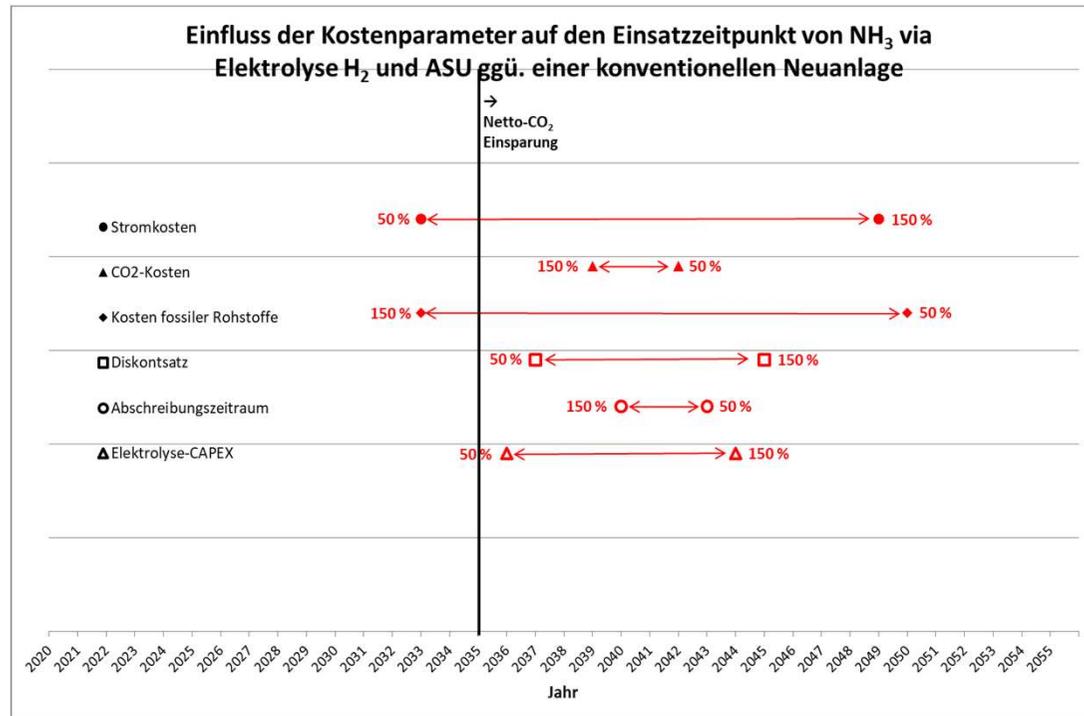


Allg. Annahmen:
 Strom: 4-5 €/kWh
 CO₂ (EUA): 25-100 €/tCO₂
 Dt. Strommix (Netz)
 Fossile Energieträger: 14,34 €/GJ
 Elektrolyseur: 8000 – 2000 €/tH₂
 Diskontsatz: 8%
 Abschreibungszeitraum: 20 a

Quelle: Roadmap Chemie 2050,
 VCI, DECHEMA, FutureCamp

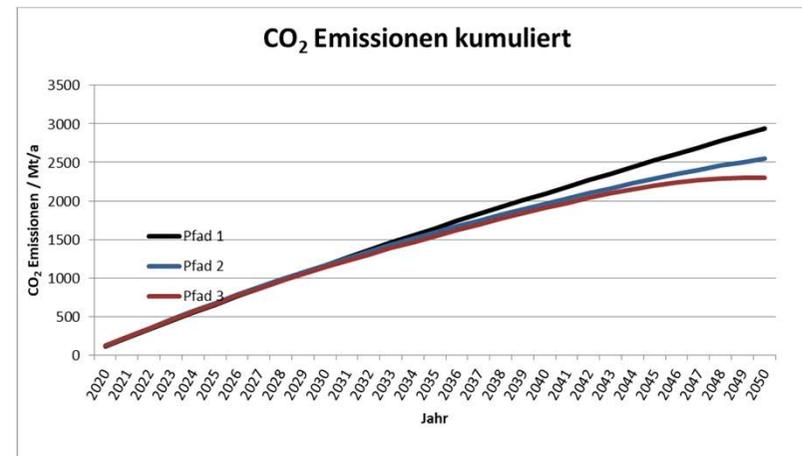
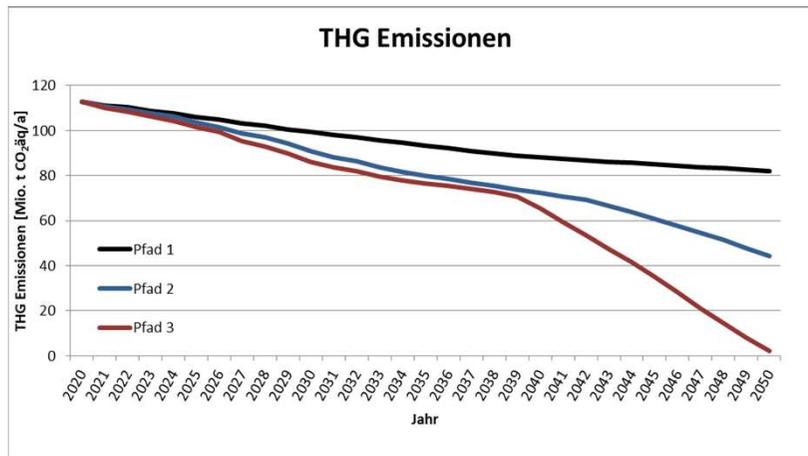


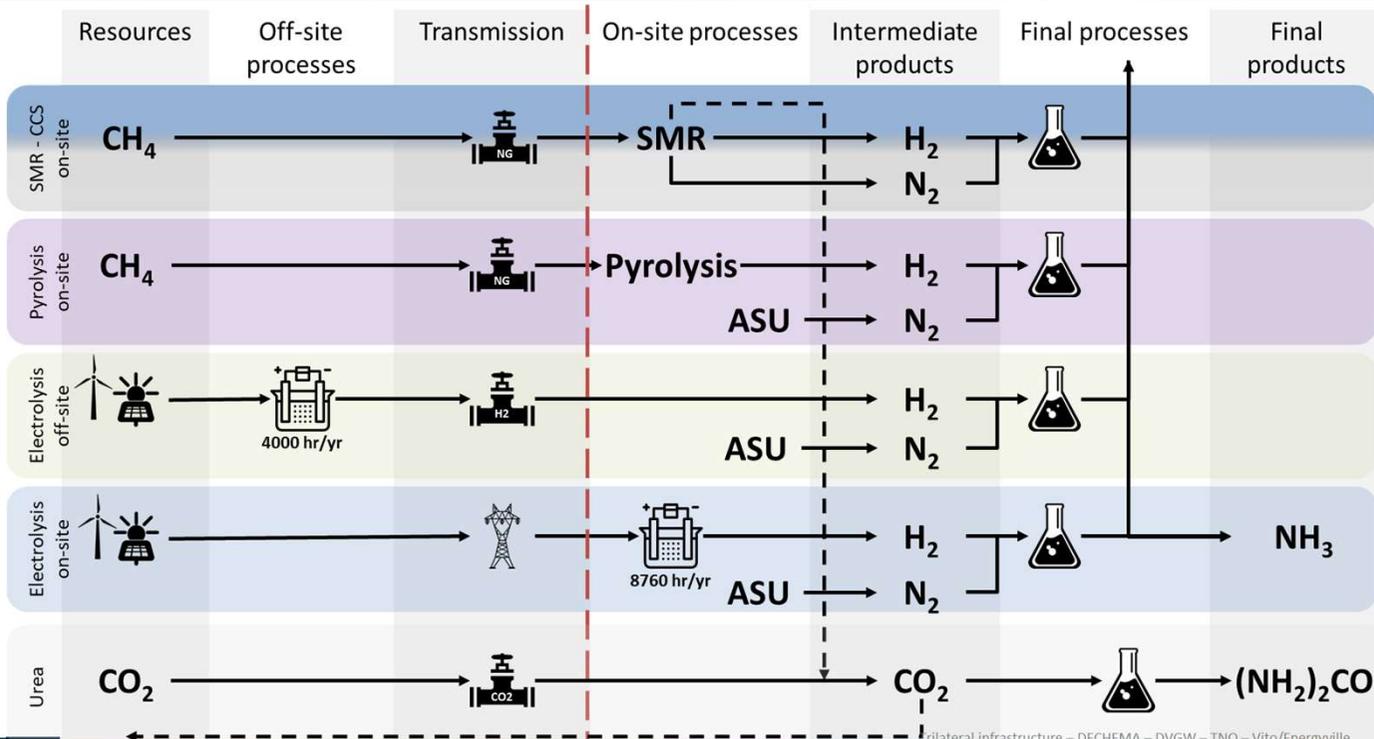
Gestehungskosten von Wasserstoff

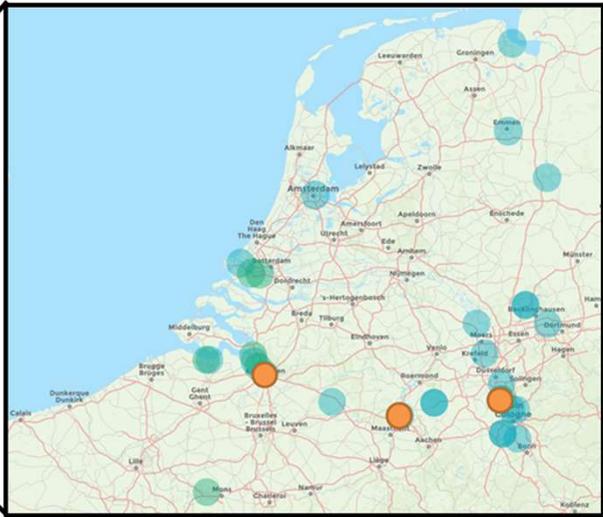


Quelle: Roadmap Chemie 2050, VCI, DECHEMA, FutureCamp

Entwicklung der THG-Emissionen

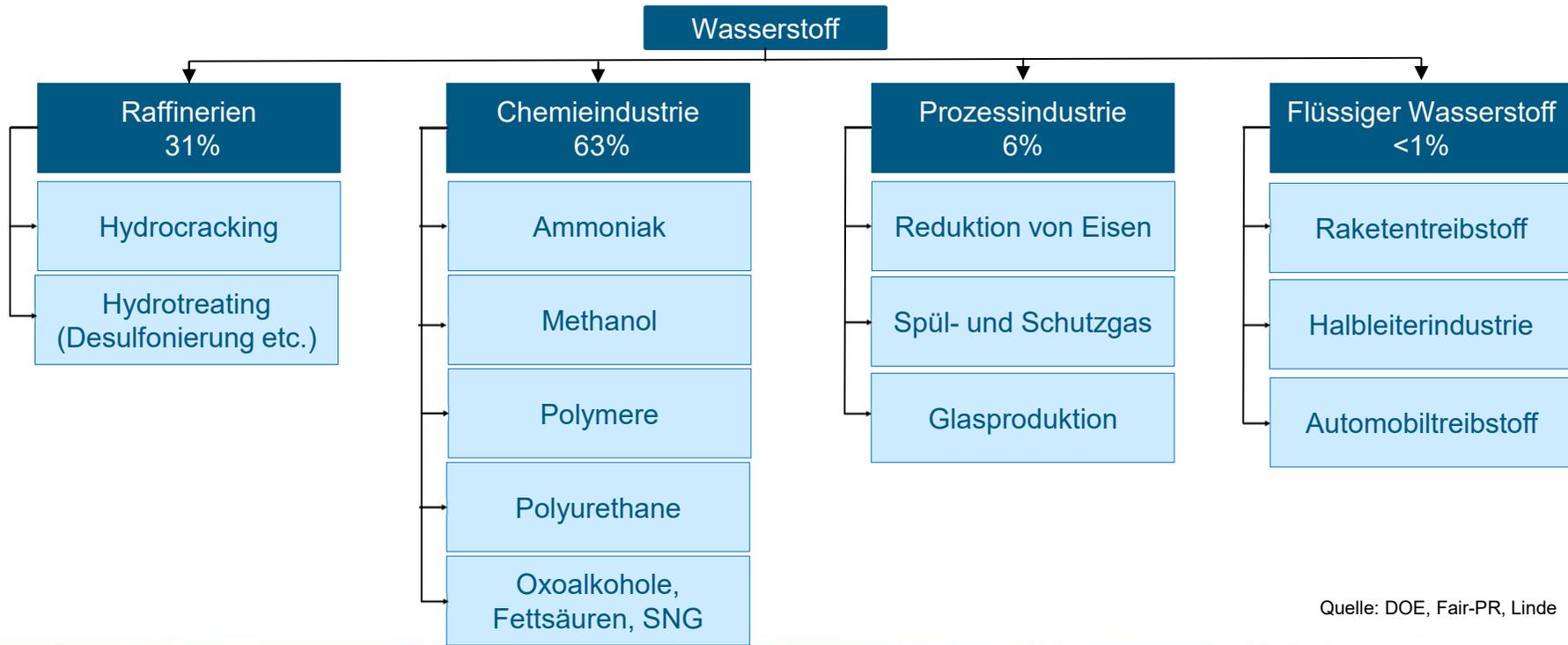






 CO₂ =2.7 Mton/a SMR (BAU)	 =2.7 Mton/a SMR + CCS	 +104 PJ/a NG Pyrolysis of NG	 +16.5 TWh/a Electrolysis	 +350 kt H ₂ /a Hydrogen (offsite)
---	---	--	---	---

Aktueller Bedarf an Wasserstoff



Quelle: DOE, Fair-PR, Linde

Wasserstoff als Hoffnungsträger (NWS)



Nationale Wasserstoffstrategie



- H₂ als flexibel einsetzbarer Energieträger
- H₂ als Energiespeicher
- H₂ in der Sektorkopplung
- H₂ als Grundstoff
- H₂ für die Umwandlung von CO₂ (CCU)

Farbenlehre

- Grauer Wasserstoff (SMR)
- Grüner Wasserstoff (EE-Strom)
- Blauer Wasserstoff (SMR+CCS)
- Türkiser Wasserstoff (CH₄ → 2H₂+C)

Potenzieller zukünftiger Bedarf an Wasserstoff



Industrie:

- Reduktionsmittel (z.B. Raffinerie, Eisenerzeugung, Chemie, ...)
- Synthetisches Chemikalien und Brennstoffe (Chemie, ...)
- Chemisches Kunststoffrecycling
- Prozesswärme (z.B. Glas, ...)
- ...

Stromsystem:

- Speicherung erneuerbarer Energie
- ...

Verkehr:

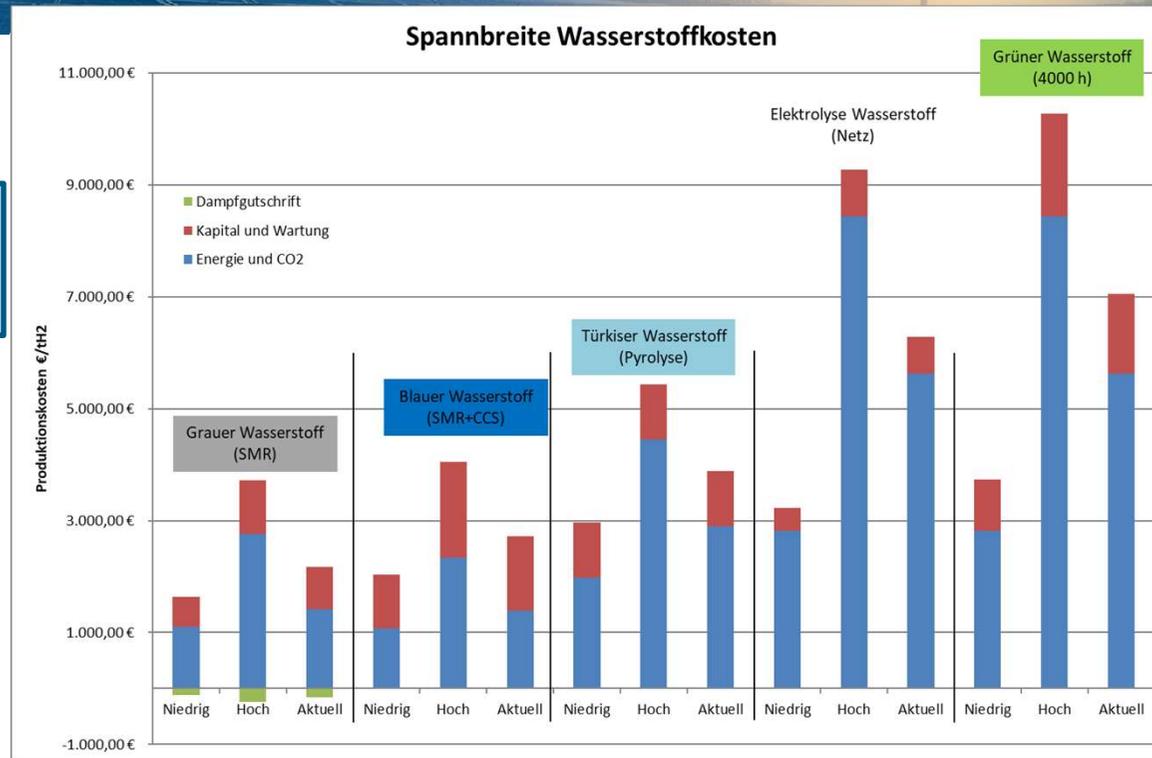
- Brennstoffzellenbetriebene Antriebe (Zug, LKW, PKW)
- Synthetische Kraft- und Treibstoffe (Schiff-, Flugverkehr, Kraft- und Baumaschinen ...)
- ...

Haushalt und Gewerbe:

- Wärmeversorgung
- Lokale Stromversorgung
- ...

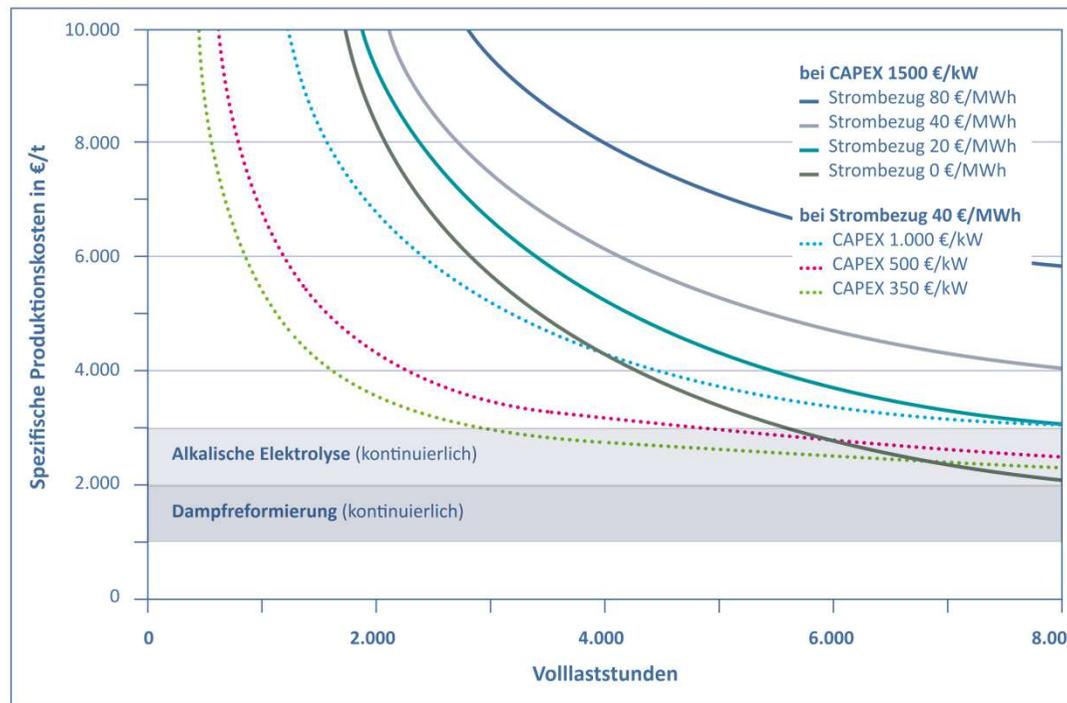
Gestehungskosten von Wasserstoff

Annahmen:
 Zinssatz 8%
 Abschreibungsdauer 20 a
 €/\\$ = 1,2



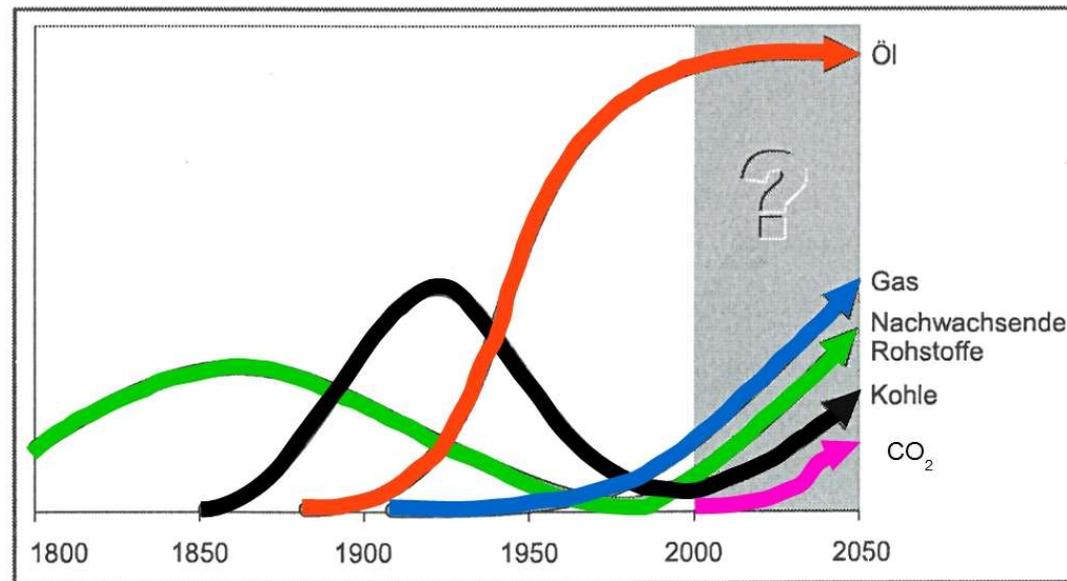
Quelle: BMWI Energiedaten, IEA, Future of Hydrogen, Roadmap Chemie 2050, VCI, DECHEMA, FutureCamp

Gestehungskosten von Wasserstoff



Quelle: »Sektorkopplung« – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems, 2017, Leopoldina, acatech, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften.

Rohstoffwandel in der chemischen Industrie



Angepasst von J.-D. Arndt et al. CIT **79** (2007) 521

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Dr. Jens Artz



Andrei Barascu



Hanna Dura



Maximilian Kotzur



Dr. Isabel Kundler



Dr. Alexander Möller



Dr. Philip Ruff



Dr. Florian Ausfelder



Stéphanie Dolique



Dr. Oliver Hurtig



Dennis Krämer



Luisa López



Dr. Sabrina Müller



Dr. Dinh Du Tran