



Sachverständigenrat
für Umweltfragen

Wasserstoff: Haupt- oder Nebenrolle beim Klimaschutz im Verkehr?

Medien-Seminar: Alternative Antriebe und postfossile Kraftstoffe

Prof. Dr. Claudia Kemfert

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin)

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)

11.02.2021, Berlin

Wasserstoff im Kontext der Dekarbonisierung

- Renaissance von H_2 in letzten Jahren
- Steigende Anzahl von Wasserstoffstrategien:
 - 2017: Japan
 - 2019: Südkorea, Australien
 - 2020: EU, Deutschland, Niederlande, Norwegen, Chile, ...
- H_2 als letzter Baustein für THG-Neutralität



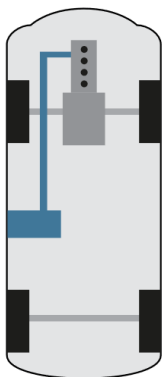
Nationale Wasserstoffstrategie, S.11:

“Mobilitätsanwendungen bergen großes Potenzial zur Anwendung von Wasserstoff. Der Verkehrssektor muss auf technologischen Fortschritt setzen, um die sektoralen Klima- und Erneuerbaren-Ziele zu erreichen. Die wasserstoff- und PtX-basierte Mobilität ist für solche Anwendungen eine Alternative, bei denen der direkte Einsatz von Elektrizität nicht sinnvoll oder technisch nicht machbar ist.”

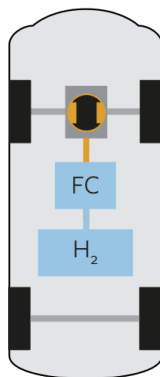
Wo spielt wasserstoff-basierte Mobilität eine Rolle?
Wo ist die (in-)direkte Nutzung von Strom keine Option?

Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff im Verkehr

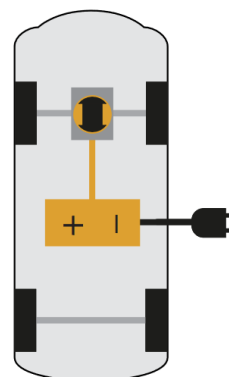
Konventionelles
Fahrzeug



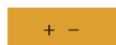
Brennstoffzellen-
fahrzeug



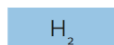
Batterieelektrisches
Fahrzeug



Kraftstofftank



Batterie



Wasserstofftank



Brennstoffzelle



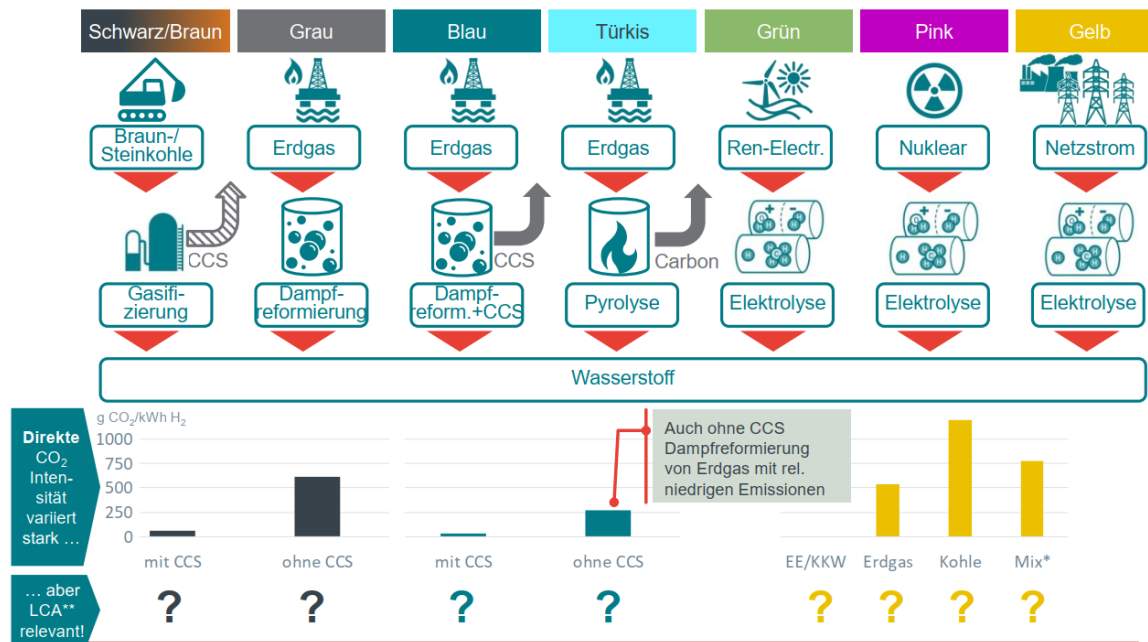
Verbrennungsmotor



Elektromotor/ Generator

Quelle: SRU 2017

Farben des Wasserstoffs



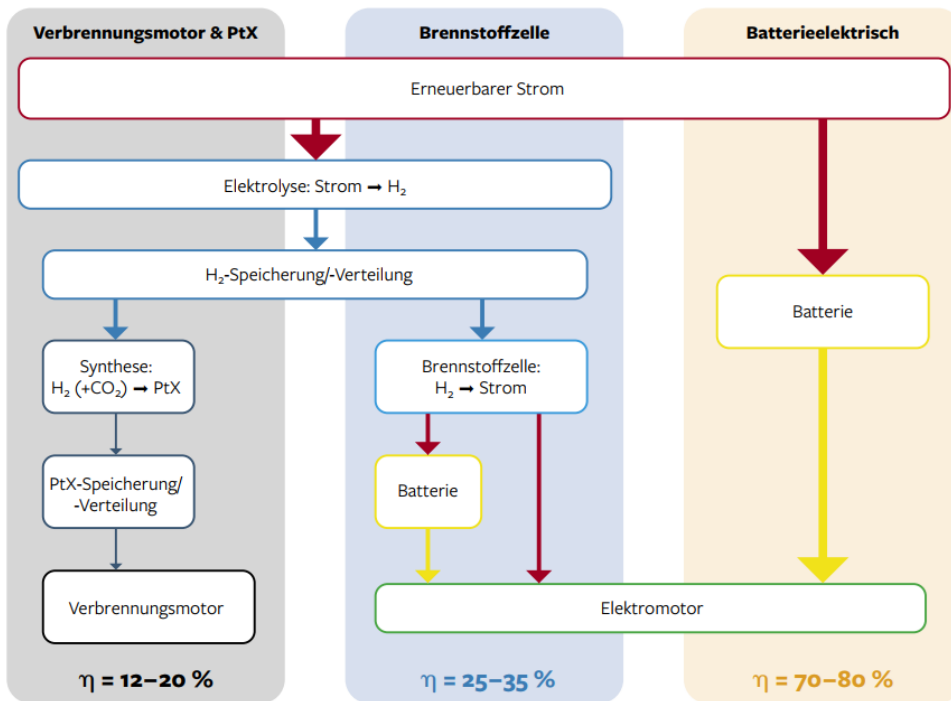
Quelle: frontier economics

Eigene Darstellung (CCS = Carbon Capture and Storage, EE = Erneuerbare Energien, KKW = Kernenergie)
Quelle direkte CO₂-Intensität: IEA 2019 „The Future of Hydrogen“, Umrechnung auf Basis von Heizwert 33.33kWh/kgH₂
*) Globaler Strommix 491g CO₂/kWh_{el}
**) Life Cycle Analysis = Lebenszyklusanalyse

5

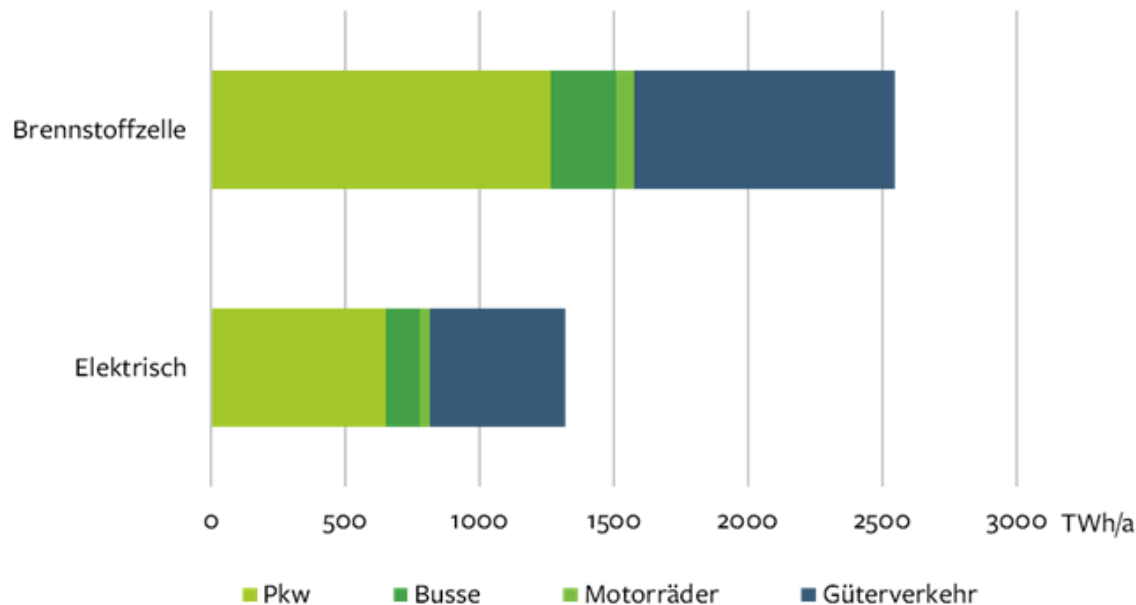
Quelle: Frontier Economics 2020

Erneuerbarer Strom als Primärenergie im dekarbonisierten Verkehrssystem



Quelle: SRU 2017

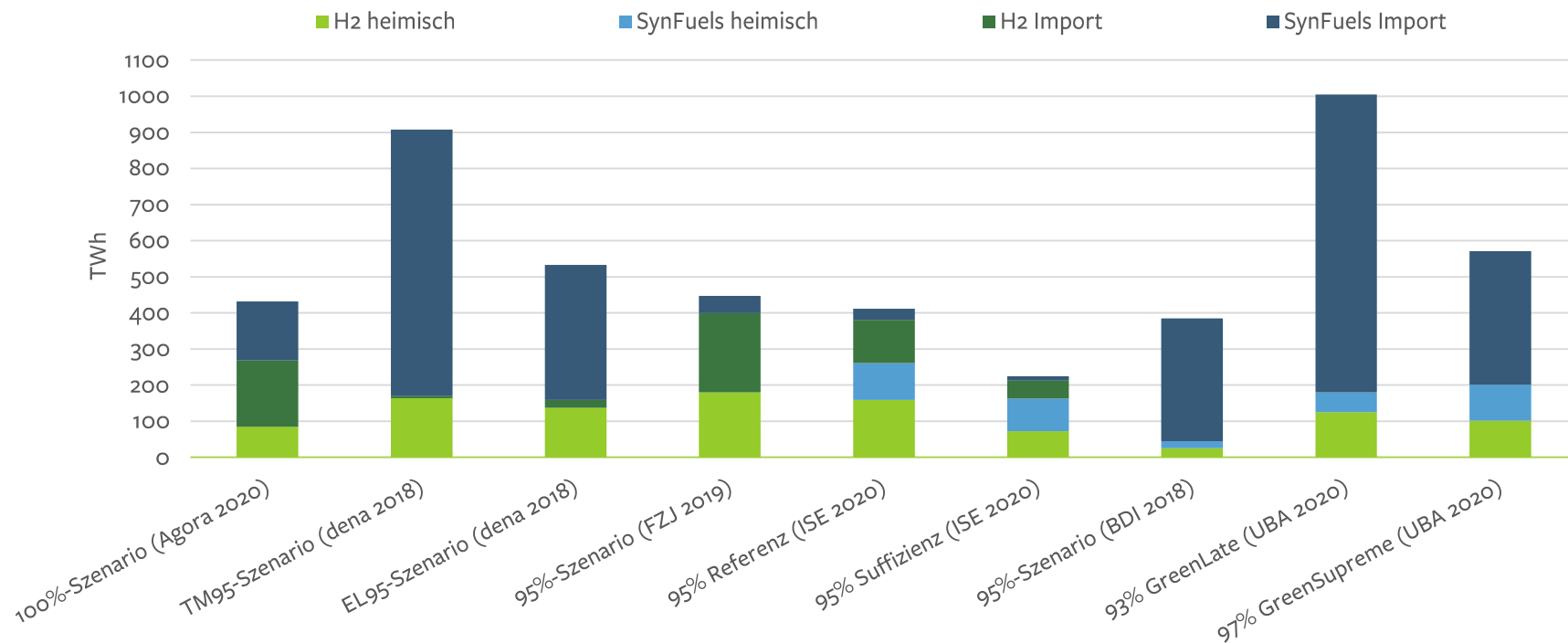
Hypothetische Stromnachfrage des europäischen Straßenverkehrs 2050



Gesamtstromnachfrage der EU28 im Jahr 2018: ca. 2800TWh/a

Quelle: Ricardo (2020b), S. 4, eigene Darstellung

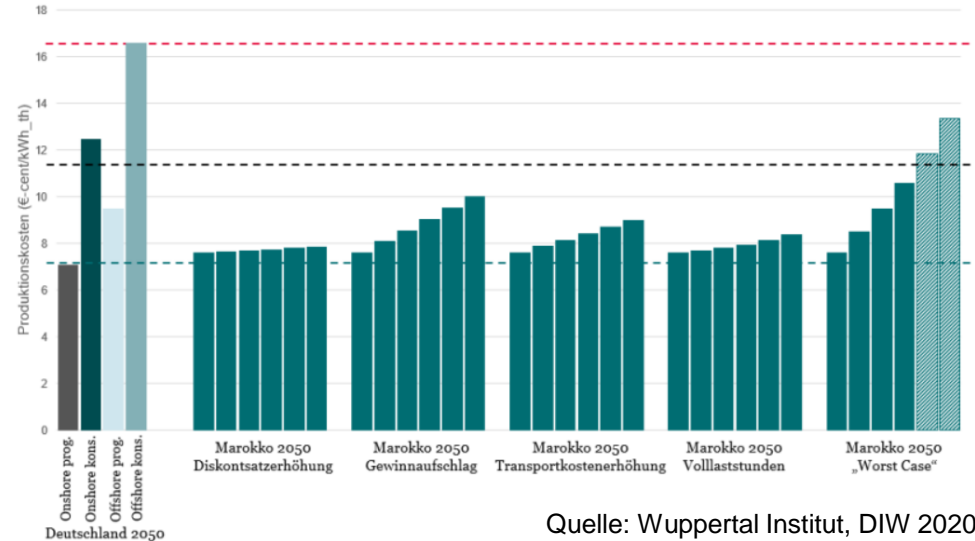
Importbedarf 2050



Quelle: SRU 2021, unveröffentlicht

Importkosten 2050

- Kosten heimischer Produktion 2050 wettbewerbsfähig
- Importe von H₂ via Pipeline
- Importe von Folgeprodukten via Schiff



Wasserstoffimporte sind nicht primär kostenseitig begründet, sondern aufgrund des begrenzten Potenzials in Deutschland

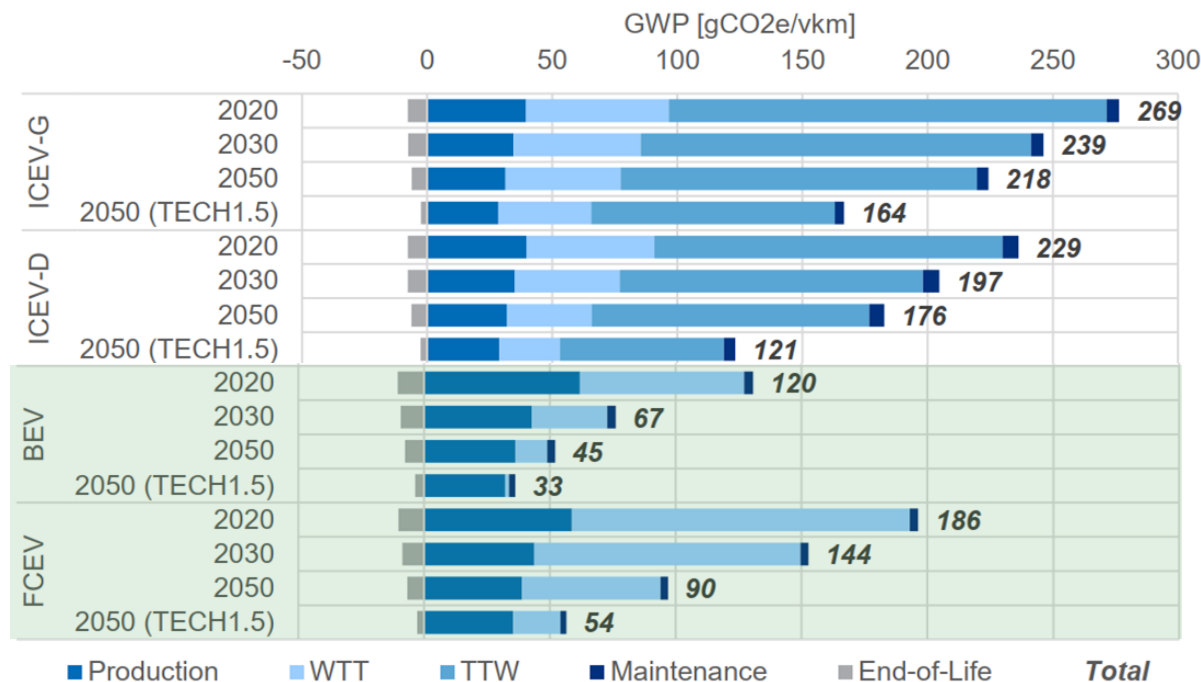
- Strombedarf: H₂-Elektrolyse benutzt Marginalstrom
 - Notwendige Zusätzlichkeit des EE-Ausbaus
- Flächenbedarf der EE-Anlagen
 - In Deutschland begrenzender Faktor
- Wasserbedarf der Elektrolyse
 - Potenzieller Faktor an PV-Gunststandorten

→ Ambitionierte Zertifizierung über Herkunftsnachweise in RED II

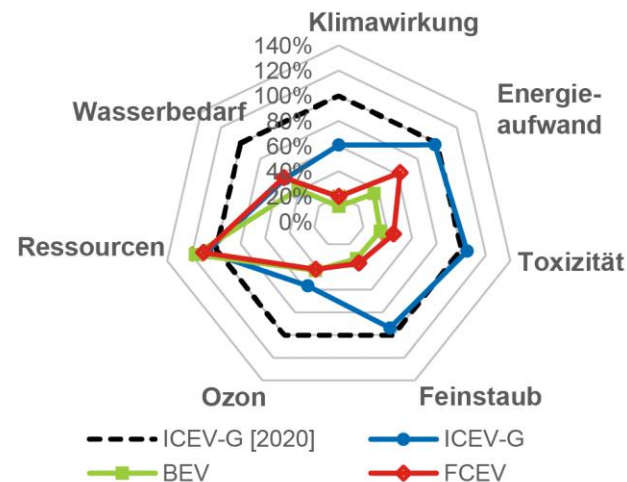
- Derzeit noch höhere Reichweite als BEV
- Schnelle Kostensenkungen bei Batterien amortisieren diesen Vorteil
- Kaum noch Neuentwicklungen von Herstellern
- 100 H₂-Tankstellen für rund 500 zugelassene FCEV-Pkw

Im Pkw-Bereich sind BEV absehbar im Vorteil

Lebenszyklusanalyse Mittelklassefahrzeug



2050:



Quelle: Ricardo (2020a), angepasst

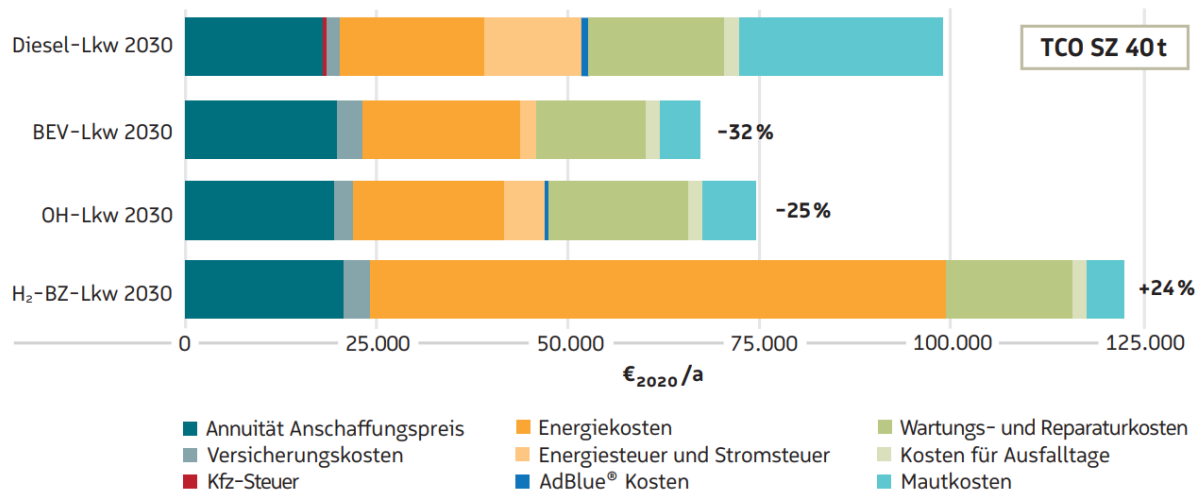
H₂ im schweren Güterverkehr

- Technologieoptionen: O-Lkw, BEV und HCEV
- Hybride aus O-Lkw+BEV sowie HCEV+BEV



- Spezifische Anforderungen: Reichweite, Zuverlässigkeit, Kompatibilität, Wettbewerbsfähigkeit
- Total Cost of Ownership (TCO) für Spediteure entscheidend
- Zunehmender Fokus der Hersteller auf BEV, derzeit aber Reichweiten <400km

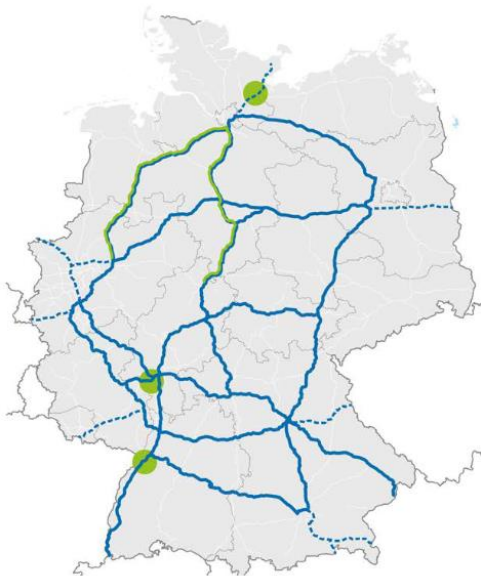
Total Cost of Ownership 2030



Quelle: Nationale Plattform
Zukunft der Mobilität, 2020

Voraussetzung: Sonderabschreibungen, CO₂-abhängige Maut, entsprechende Ausgestaltung der Energiekosten

Ladeinfrastruktur O-LKW und H₂



Oberleitungs-Kernnetz von 4.000km

Potenzielle Standorte für
Wasserstofftankstellen 2050

Wasserstofftankstellen [kg]

- ▲ 0 - 938
- ▲ 938 - 1875
- ▲ 1875 - 3750
- ▲ 3750 - 7500
- ▲ 7500 - 15000
- ▲ 15000 - 30000
- konventionelle Tankstellen
- Bundesautobahnen



140 H₂-Tankstellen

Quellen: Öko Institut 2020, Fraunhofer ISI 2020

Strategische Schlussfolgerungen für die Rolle von Wasserstoff im Straßenverkehr

- BEV vorteilhaft für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge:
 - Fokus auf BEV-Ladeinfrastruktur für Pkw
- Schwerer Güterverkehr:
 - Parallele Pilotphasen und Infrastrukturausbau für BEVs, FCEVs und O-Lkws
 - Besondere Herausforderungen für Ladeinfrastruktur
 - Europäische Standardisierung notwendig
 - Mitte der 2020er Jahre: Richtungsentscheidung einleiten

Quellen

Agora Verkehrswende (2020) - Technologieneutralität im Kontext der Verkehrswende

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020) – Die nationale Wasserstoffstrategie

Fraunhofer ISI (2020) - Wie könnte ein Tankstellenaufbau für Brennstoffzellen-Lkw in Deutschland aussehen

Frontier Economics (2020). Grüner, blauer Wasserstoff – Potenziale und Versorgungssicherheit. Vortrag bei DVGW Kongress Perspektiven für H₂

Göckeler, Hacker et al (2020) - Status quo und Perspektiven alternativer Antriebstechnologien für den schweren Straßengüterverkehr - Erster Teilbericht

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020) - Werkstattbericht Antriebswechsel Nutzfahrzeuge

Öko Institut (2020) - StratON - Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge

Ricardo (2020a) - Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA

Ricardo (2020b) - Renewable electricity requirements to decarbonise transport in Europe with electric vehicles, hydrogen and electrofuels

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2017) - Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor. Sondergutachten

Wuppertal Institut, DIW (2020) - Bewertung der Vor- und Nachteile von Wasserstoffimporten im Vergleich zur heimischen Erzeugung