

# H2Net&Logistics

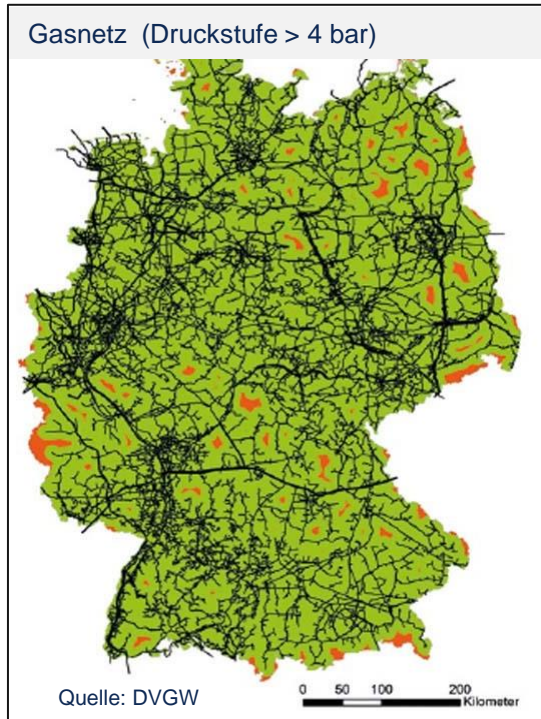
Leitungsgebundene Versorgung von H<sub>2</sub> Tankstellen für  
schwere Lkw

05.07.2023

Dr. Dietrich Gerstein



Gasinfrastruktur wird für H<sub>2</sub> Transport vorbereitet. Zukünftig können H<sub>2</sub> Tankstellen über Gasnetz beliefert und Synergien genutzt werden.



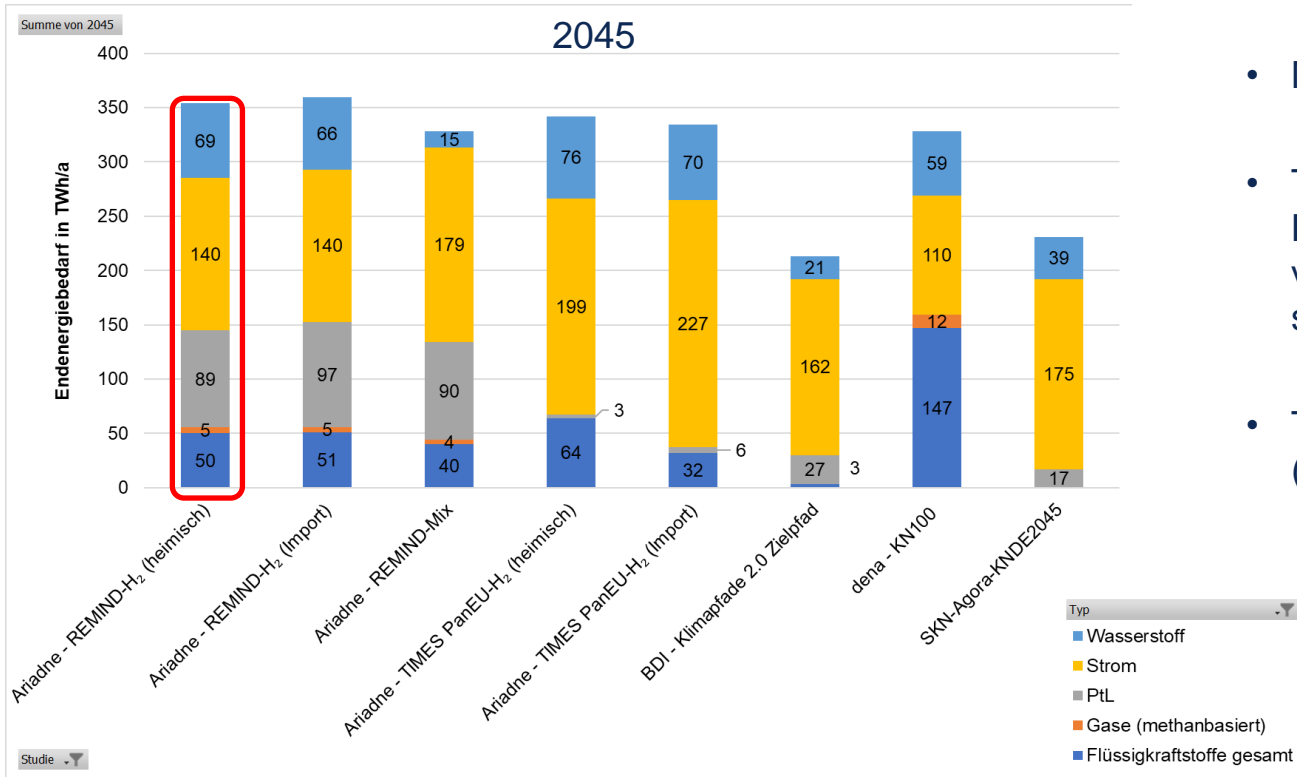
## Inhalte

- Infrastruktur zur Bereitstellung von H<sub>2</sub> im Schwerlastverkehr
- Technische, wirtschaftliche und ökologische Potenziale einer auf dem Gasnetz aufgebauten Versorgung von H<sub>2</sub> Tankstellen
- Standorte für H<sub>2</sub> Tankstellen in Abhängigkeit von Logistikbedarfen und leitungsgebundener Versorgung
- Überprüfung Machbarkeit

## Förderung und Durchführung

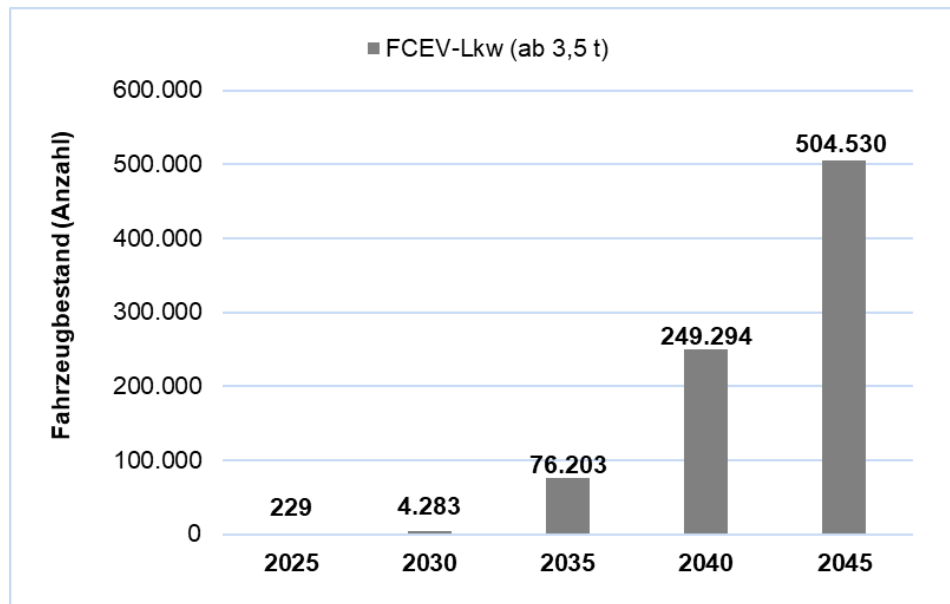
- DVGW Innovationsprogramm Wasserstoff
- Gas Wärme Institut, Essen; Engler Bunte Institut, Karlsruhe; Deutsches Brennstoff Institut, Freiberg; KNT Consult, Essen

# Bedarfsanalyse Wasserstoff | Verkehr



- Metaanalyse (8 Studien)
- Technologieoffene Szenarien bei Lkw und verstärkte Verwendung von H<sub>2</sub>, wenn Elektrifizierung schwierig ist (REMIND-H<sub>2</sub>)
- Treiber für H<sub>2</sub>-Bedarf sind (schwere) Lkw

# Hochlauf FCE Lkw (H<sub>2</sub> Szenario)



- Rückrechnung aus Endenergiebedarf über Fahrleistungen und Verbräuche
- Zuwächse bei Lkw > 3,5t zGG ab 2025
- bis 2045 rund 0,5 Mio. FCE Lkw mit Schwerpunkt bei schweren Fahrzeugen (>12t)\*

\* qualitative Bewertung

## Kosten Kraftstoff-/Strombereitstellung

### Techno-ökonomische Analyse Tankstellen

- TRL Bewertung Wasserstoff-Tankstellen
- TCO Wasserstoff-Tankstellen



### Techno-ökonomische Analyse Bz-Fahrzeuge

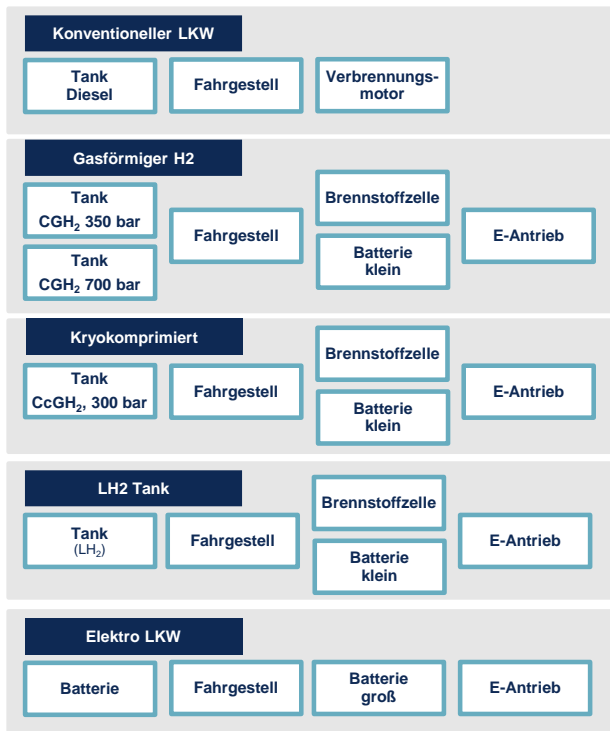
- Marktübersicht und TRL Bewertung
- Entwicklung Kosten Fahrzeugkomponenten



### TCO Bz-Sattelzugmaschine (FCE Lkw)

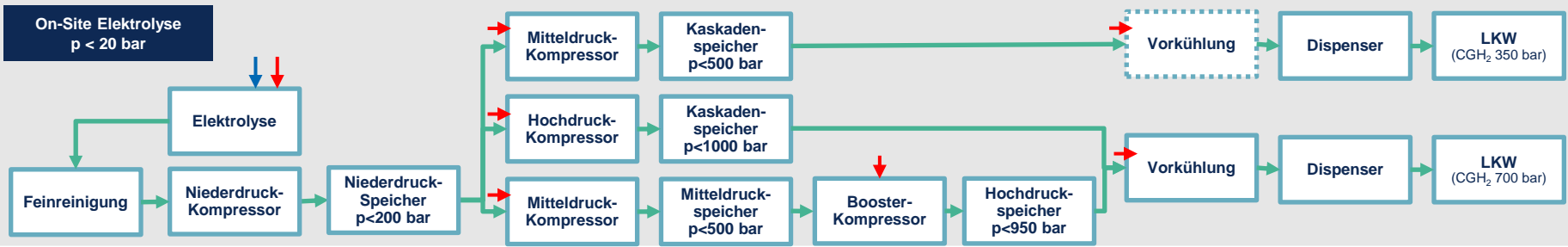
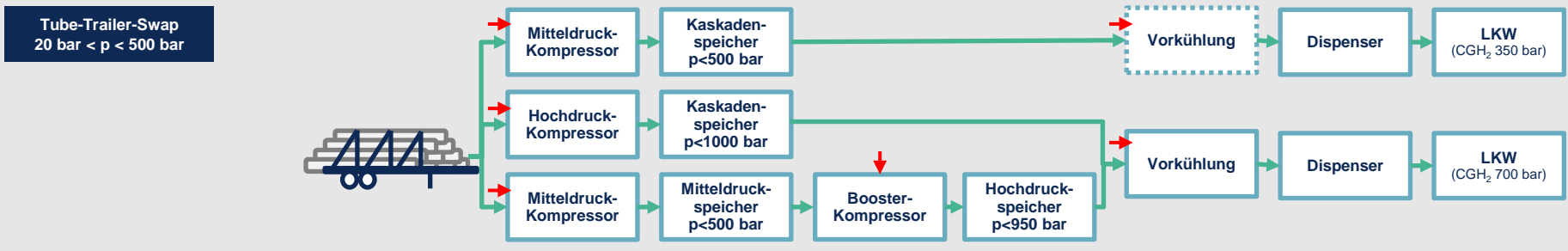
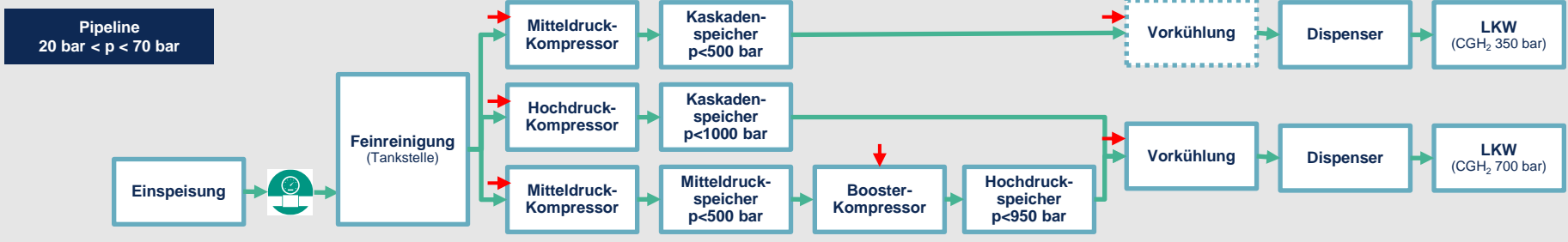
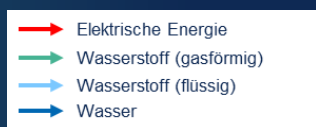
- Verknüpfung Bereitstellung, Betankung & Betrieb
- Vergleich Referenztechnologien (Diesel, BEV, FCEV)
- Auswirkung Förderung, Mautbefreiung, THG-Quotenhandel, CO<sub>2</sub> Bepreisung
- Darstellung unterschiedlicher Bereitstellungspfade

# Eckdaten TCO Berechnung (Lkw)



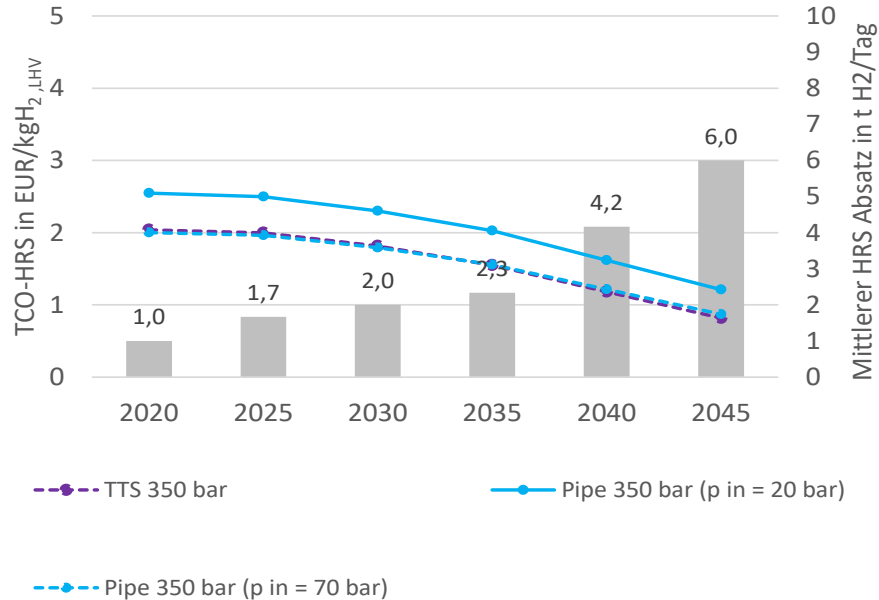
	Diesel Lkw	FCE Lkw	BE Lkw
<b>Achsenkonfiguration</b>	4x2		
<b>Zulässige Gesamtmasse</b>	40 t	42 t	42 t
<b>Leistung Antriebsstrang</b>	330 kW	330 kW	330 kW
<b>Leistung Brennstoffzelle</b>		240 kW	
<b>Kapazität Batterie</b>		100 kWh	600 kWh/1000 kWh
<b>Fahrleistung</b>	120.000 Fzg_km/Jahr		
<b>Erstnutzungsdauer</b>	5 Jahre		
<b>Mittlere Beladung</b>	80 %		
<b>Anteil Leerfahrten</b>	25 %		

# H<sub>2</sub> Tankstelle (HRS) mit gasförmiger Belieferung

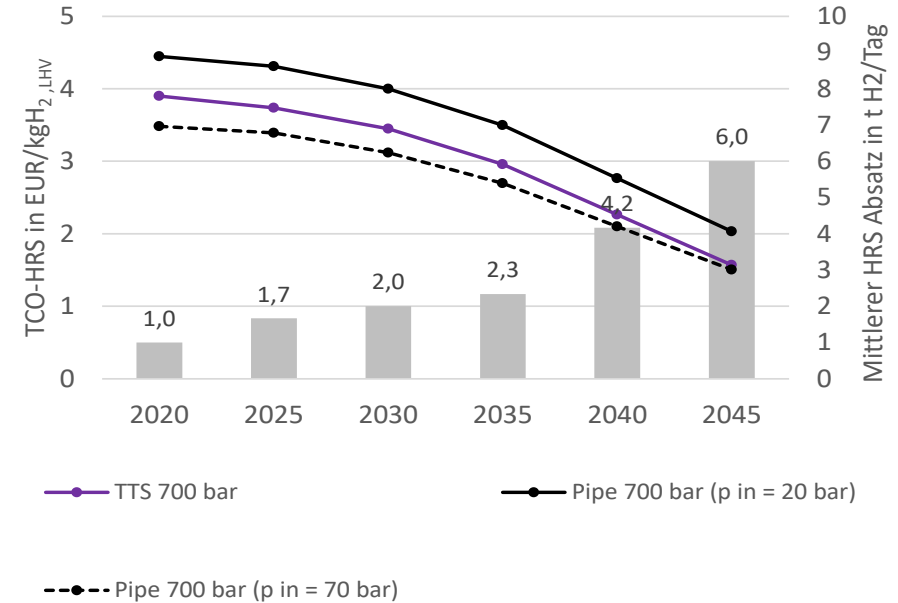


# Tankstellenkosten

Simulationsergebnisse TCO 350 bar Wasserstofftankstelle unterschiedlicher Belieferungsarten ohne Förderung der Investitionskosten

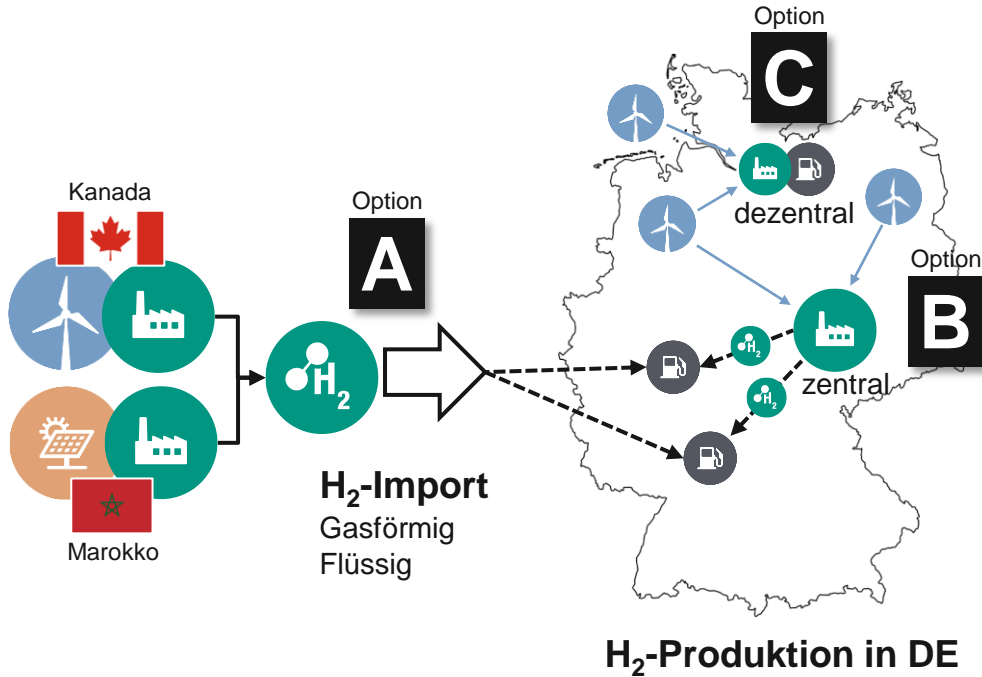


Simulationsergebnisse TCO 700 bar Wasserstofftankstelle unterschiedlicher Belieferungsarten ohne Förderung der Investitionskosten





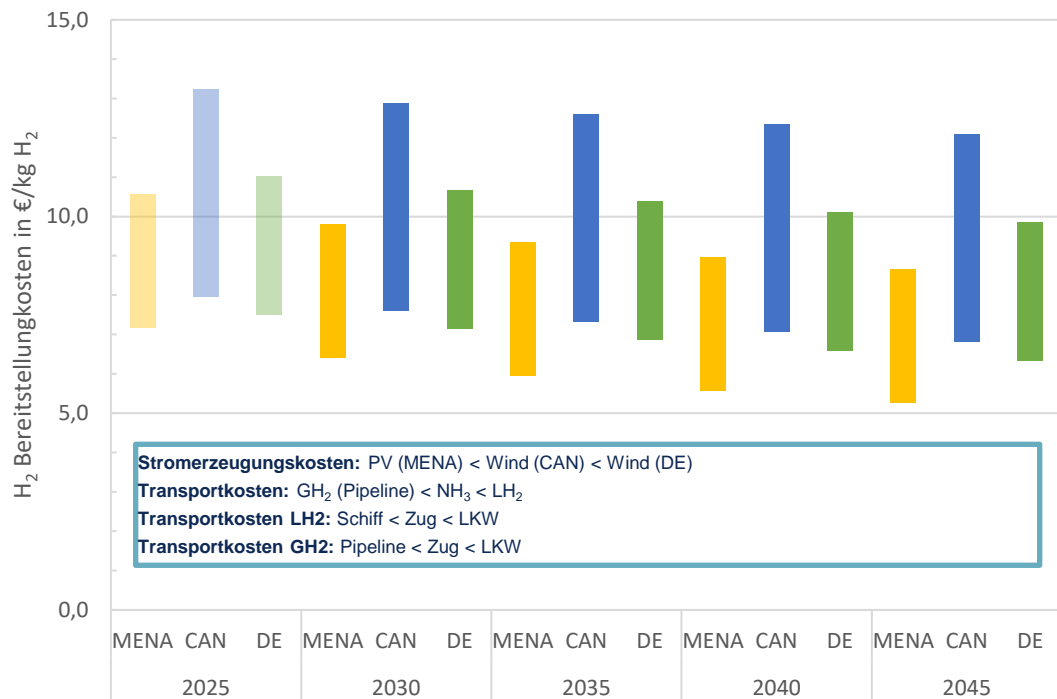
# H<sub>2</sub> Versorgungskonzepte



## Analyse der H<sub>2</sub>-Bereitstellungsoptionen und Ermittlung der Bereitstellungskosten

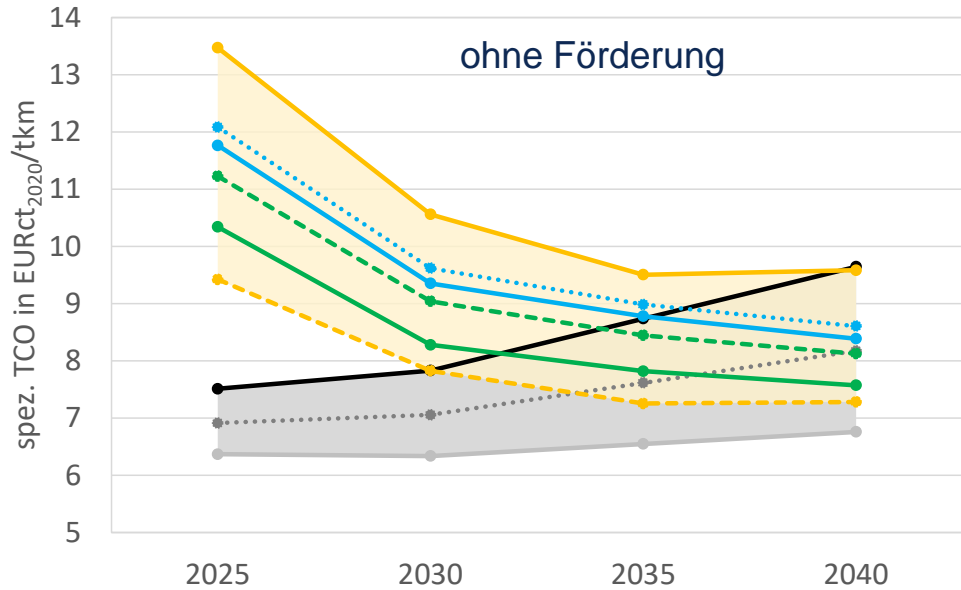
- Import (A)
- Inländische Produktion
  - Zentral (B)
  - Dezentral an Tankstelle (C)

# H<sub>2</sub> Bereitstellungskosten



- 19 unterschiedliche Pfade
  - 4 Pfade – H<sub>2</sub> von MENA Region
  - 9 Pfade – H<sub>2</sub> von Kanada
  - 6 Pfade – H<sub>2</sub> von DE
- Der günstigste Pfad (Pfad #2) ist der Import von H<sub>2</sub> aus der MENA-Region und Einspeisung ins Netz.
  - 2025 → 7,2 €/kgH<sub>2</sub>
  - 2045 → 5,3 €/kgH<sub>2</sub>
- Der teuerste Pfad (Pfad #10) ist der Import von LH<sub>2</sub> aus Kanada per Schiffe.
  - 2025 → 13,2 €/kgH<sub>2</sub>
  - 2045 → 12,1 €/kgH<sub>2</sub>

# TCO Vergleich für FCE Lkw, BE Lkw, Diesel Lkw



- Entwicklungsraum Diesel
- Entwicklungsraum E-SZM
- TCO Diesel HDV (CO2 plan)
- TCO Diesel HDV (CO2 moderat)
- TCO Diesel HDV (CO2 teuer)
- TCO BZ H35 HDV
- TCO BZ H70 HDV
- TCO BZ LH2 HDV
- TCO BZ CcH2 HDV
- TCO E-Szm 600kWh (Strom günstig)
- TCO E-Szm 1000kWh (Strom teuer)

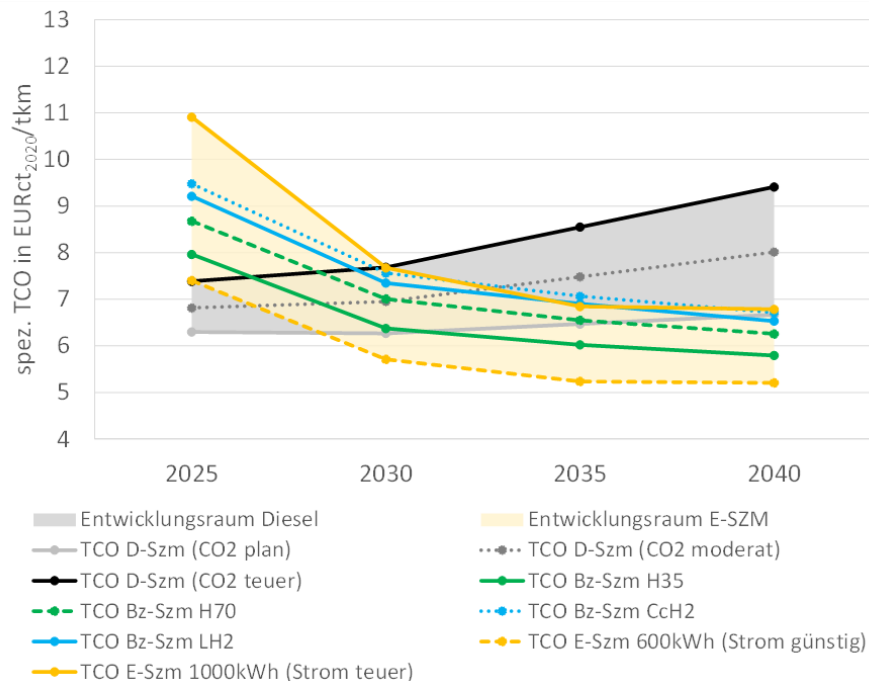
Basis: Kosten H<sub>2</sub> Produktion, Bereitstellung, Tankstelle, Lkw

- FCE Lkw haben weiter einen Kostennachteil gegenüber dem Dieselantrieb
- Kostendegression (Lkw, Tankstelle, H<sub>2</sub> Produktion und Verteilung) verbessert Positionierung FCE Lkw
- Über CAPEX Förderung und Mautbefreiung kann Wettbewerbsfähigkeit zu Diesel zeitnah erreicht werden
- starker Hebel ist CO<sub>2</sub> Verteuerung

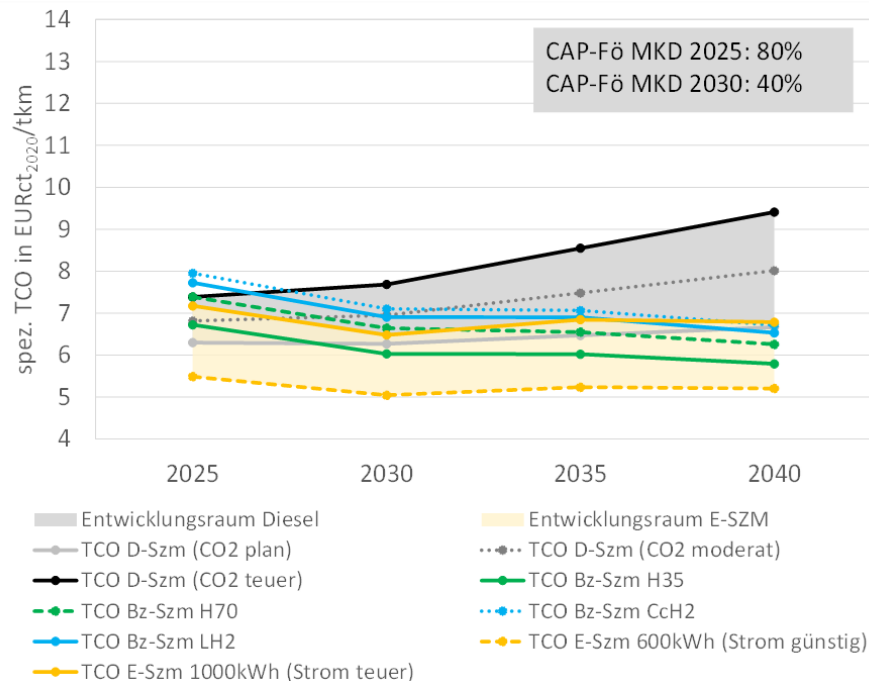


# TCO Vergleich und Wirkung von Förderelementen

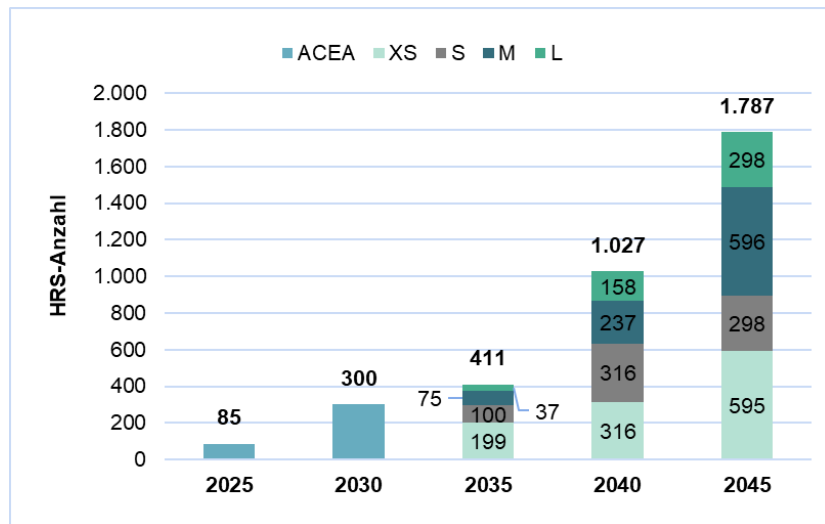
TCO mit Mautbefreiung für emissionsfreie Nutzfahrzeuge, ohne Förderung der Investitionsmehrkosten; ohne Berücksichtigung von Erlösen der THG-Quotenhandels.



TCO mit Förderung der Investitionsmehrkosten sowie Berücksichtigung von Erlösen der THG-Quotenhandels für Bz-Szm. Für E-Szm sind die Erlöse aus THG-Quotenhandel nicht berücksichtigt.



# Hochlauf H<sub>2</sub> Tankstellen (H<sub>2</sub> Szenario)



XS: 1 t H<sub>2</sub>/d  
S: 2 t H<sub>2</sub>/d  
M: 4 t H<sub>2</sub>/d  
L: 7,5 t H<sub>2</sub>/d

- Rückrechnung aus Endenergiebedarf über gemittelten Tankstellenabsatz (rechnerischer Ansatz)
- Mix aus Tankstellen (1 t/d – 7,5 H<sub>2</sub> t/d) und starkem Zuwachs an “großen“ Tankstellen nach 2030
- 2025 85 und 2030 300 Tankstellen zur regionalen Abdeckung\*

\* Vorschlag ACEA für ausreichende Abdeckung



## Ergebnis der Modellierung von HDV-HRS-Standorten

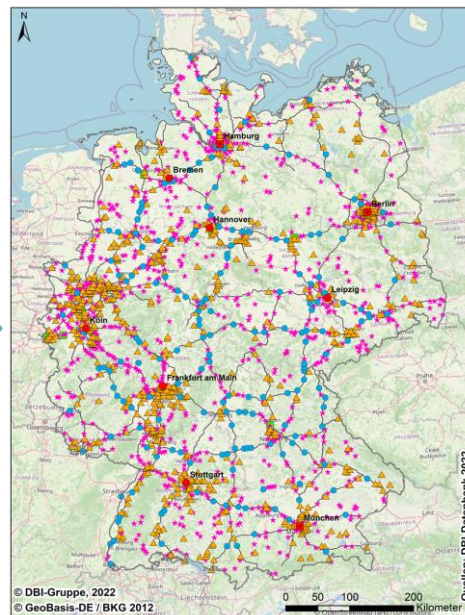
- HRS (Autohof)
- ⚡ HRS (Logistikzentrum)
- △ HRS (Neubaufäche)
- ∕ HRS (Bestand)
- Bundesautobahn



2025



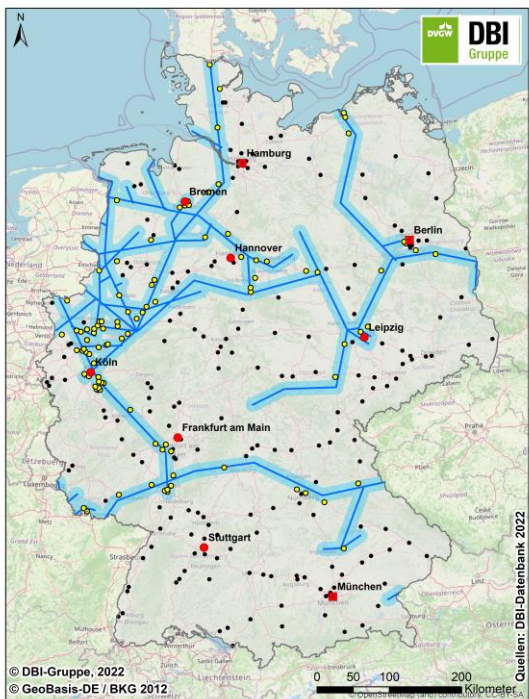
2035



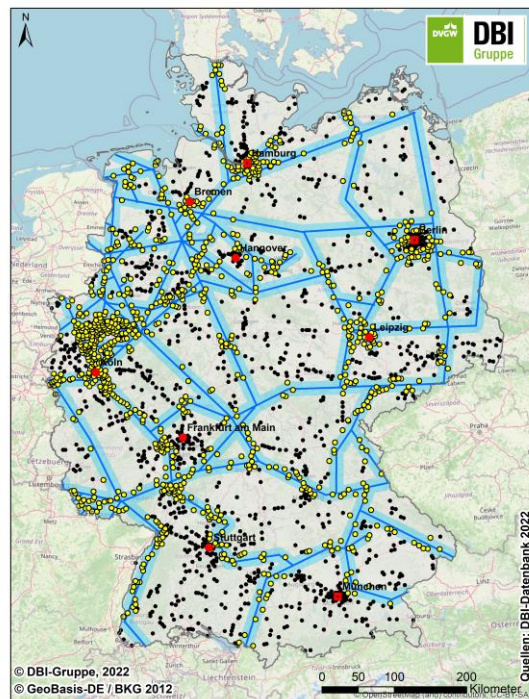
2045

# Leitungsgebundene Versorgung von Tankstellen für FCE Lkw (links: 2030, rechts: 2050)

- ◆ HDV-HRS (Netzversorgung)
- HDV-HRS (Trailer-Versorgung)
- H2-Netz (FNB-Planung 2030)
- Modellierung netzversorgtes Gebiet (Puffer = 10 km)



- ◆ HDV-HRS (Netzversorgung)
- HDV-HRS (Trailer-Versorgung)
- H2-Netz (FNB-Planung 2050)
- Modellierung netzversorgtes Gebiet (Puffer = 10 km)



# Phasen des Infrastrukturhochlaufs

2023

Durchführung von Pilotprojekten an ausgewählten Standorten (z.B. Betriebshöfe, Autohöfe) und Anpassung des H<sub>2</sub> Tankstellen Netzes an Lkw Bedarfe (350 bar, 700 bar)

2025

Skalierung des Baus von Wasserstofftankstellen und Aufbau H<sub>2</sub> Tankstellennetz entlang BAB (z.B. Autohöfe) und Logistikzentren  
Tankstellenkapazität > 1 t/d

2030

Verdichtung öffentlicher Tankstelleninfrastruktur entlang BAB (insb. Autohöfe) und in Logistikzentren  
Tankstellenkapazität > 4 t/d

2035

Vollständiger Aufbau öffentlicher Tankstelleninfrastruktur entlang BAB (insb. Autohöfe) und in Logistikzentren und Ballungsräumen  
Tankstellenkapazität > 4 t/d

2045



# Kernaussagen H<sub>2</sub> Tankstelleninfrastruktur (FCE Lkw)

## **Wettbewerbsvorteil „hohe Reichweiten bei FCE Lkw“**

-> 700 bar Technologie

## **Versorgung der Tankstellen**

-> bei größeren Absatzmengen (ab 2030) zunehmend Belieferung über Leitungen oder über leitungsgebundene H<sub>2</sub> Hubs

## **Verdichtung von H<sub>2</sub> Tankstelleninfrastruktur**

-> Hochlauf von FCE Lkw erfordert zügigen Aufbau der Infrastruktur. Das Tankstellenetz sollte ambitionierter aufgebaut werden, als gemäß Vorgaben der AFIR vorgesehen

## **regulatorischer Rahmen auf Ebene EU und D**

-> klare und konsistente Regelungen: Definition, Zertifizierung von grünem H<sub>2</sub> bei Nutzung als Kraftstoff; Anerkennung grüner Eigenschaft (Umsetzung RED II delegated act in nationale Gesetzgebung); grenzüberschreitende Handelbarkeit von grünem H<sub>2</sub>; Steuern und Abgaben

## **Genehmigungsprozesse**

-> Für eine schnelle Umsetzung des Aufbaus von H<sub>2</sub> Tankstelleninfrastruktur sind Anforderungen an Genehmigungen zu vereinheitlichen und Verfahren zu vereinfachen

## **Förderelemente**

-> Paket aus mehreren stützenden Elementen im Blick auf Energieträger, Infrastruktur und Fahrzeuge und Fokussierung auf deutliche CO<sub>2</sub> Verteuerung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

