



HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ZUKÜNFTIGE HEAVY DUTY H₂-BETANKUNGSINFRASTRUKTUR

19.09.2023, Fachkonferenz Wasserstoff in der Mobilität, Dr. Marcus Merkel



Foto: Jürgen Hohmuth

Das 1,5 °C-Ziel und der Straßenverkehr

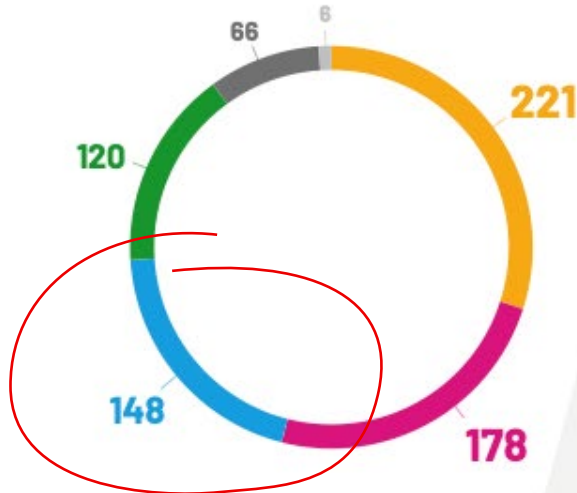


Klimaschutz: Deutschland verfehlt laut Expertenrat Klimaziele

Stand: 23.08.2023 09:18 Uhr

Der Mobilitätssektor muss seinen CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2030 nahezu halbieren, der Schwerlastbereich hat hierbei einen erheblichen Anteil.

Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren in Deutschland 2020
in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent



Energiewirtschaft



Industrie



Verkehr



Gebäude



Landwirtschaft

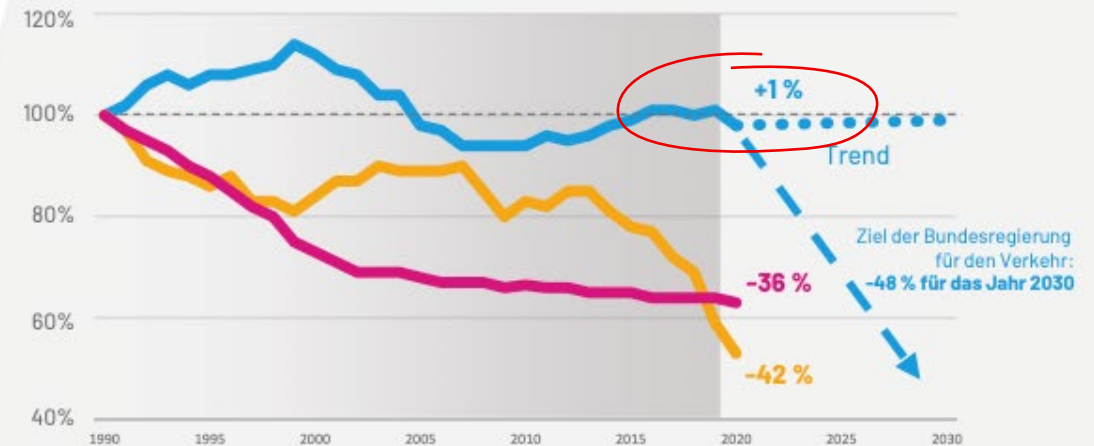


Abfallwirtschaft und Sonstiges

Quelle: Umweltbundesamt
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent>

© Cleanlogistics

Entwicklung CO₂-Emissionen in Deutschland 1990 – 2020



Die Antwort der EU: Die AFIR

- legt Ziele für den Infrastrukturausbau für Wasserstoff und Batterie bis zum Jahr 2030 fest
- für Ten-V-Netz, urbane Knoten
- für Pkw und Lkw

Wasserstoff



Ziel im Jahr 2030

Abstand zueinander: 200 km

Kapazität: 1 t H₂/Tag

Zustand: flüssig/gasförmig

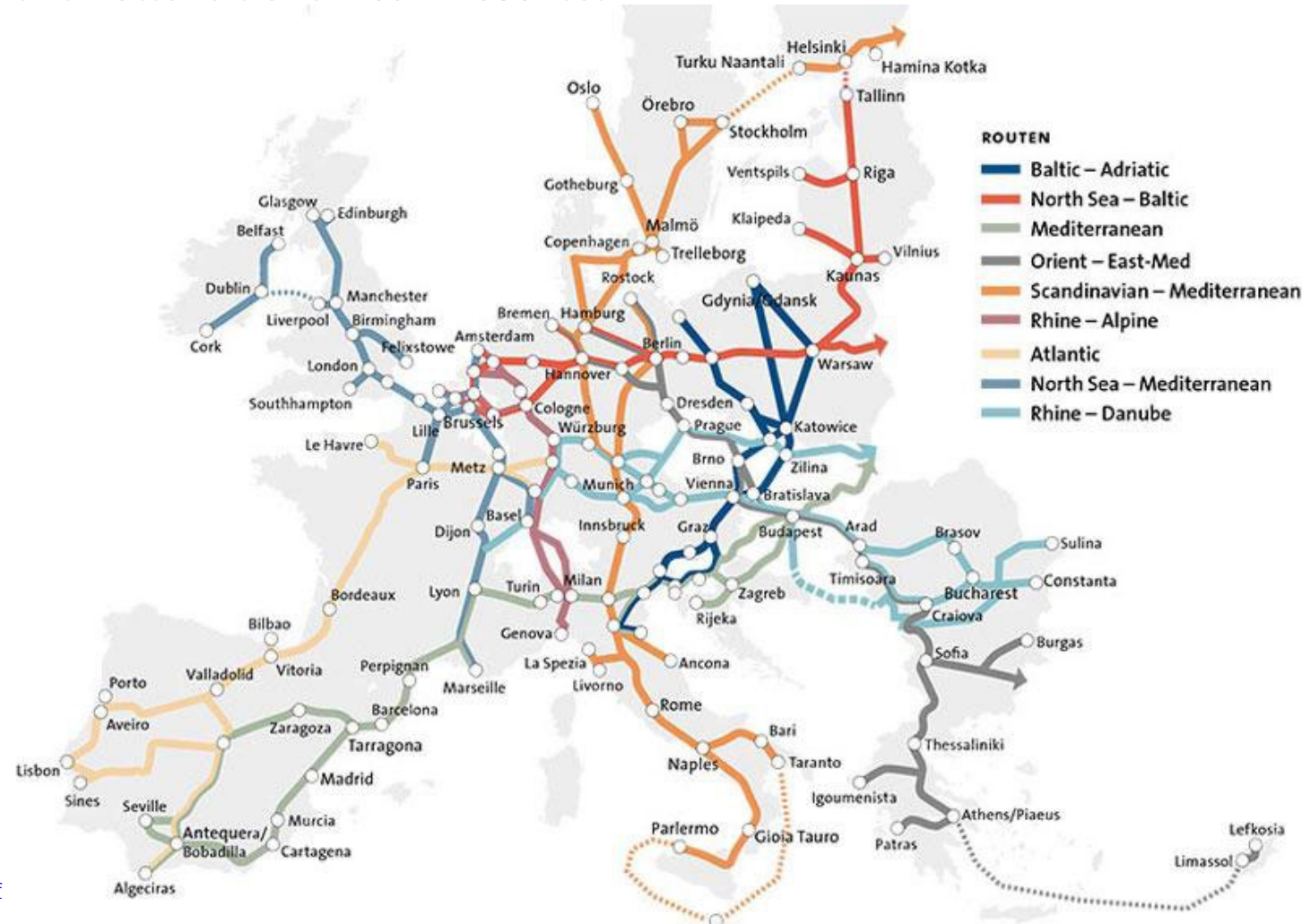
Batterie



Ziel im Jahr 2030

Abstand: 60-100 km

Kapazität: 1.500-3600 kW



Quelle AFIR: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/04/AFIR-EU-Policy-Update-A4-Final.pdf>


Quelle TEN-T Karte: https://www.hwwi.org/fileadmin/_migrated/pics/Tent.jpg

Quelle Wasserstofftankstelle: GP Joule

Quelle Ladepark: https://www.enbw.com/media/imageproxy/1440x824,q80/https://www.enbw.com/media/presse/journal/3_daimler-etruck_woerth_ladepark_009_7x4_1662544938329.jpg

Herausforderung: Tankstellengrößen

Welche Wasserstoff-Tankstellengröße darf es sein?



Größe	S	M	L	2XL
Maximaler Wasserstoffdurchsatz/Tag	200 kg	500 kg	1,000 kg	4,000 kg

Quelle: H₂ MOBILITY 2021, „Wasserstoffbetankung von Schwerlastfahrzeugen – die Optionen im Überblick“, S. 8

Parameter	Unit	XS	S	M	L	XL	XXL
Vehicles	[HDV/d]	19	31	75	150	300	600
Hydrogen demand	[kg_H2]	938	1,875	3,750	7,500	15,000	30,000
Dispenser	[#]	1	2	2	4	8	16

Quelle: Philipp Rose 2020, Modeling a potential hydrogen refueling station network for fuel cell heavy-duty vehicles in Germany in 2050 Modeling a potential hydrogen refueling station network for fuel cell heavy-duty vehicles in Germany in 2050, S. 60

AFIR



Ziel im Jahr 2030

Abstand zueinander: 200 km

Kapazität: 1 t H₂/Tag

Zustand: flüssig/gasförmig

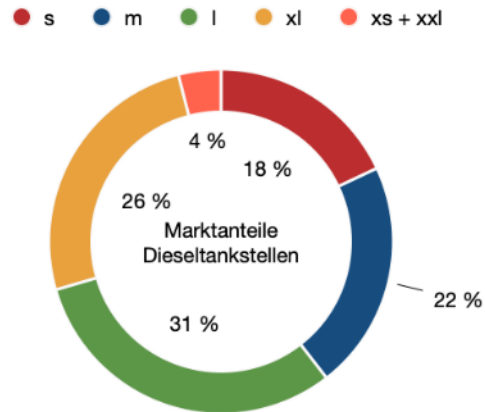
Herausforderung: Tankstellengrößen

Die Dieseltankstellen von heute

Es gibt zwei Typen von Tankstellen:

- 100 % Lkw

- **mix: 55 % Lkw/45 % Pkw** (die gewählte Autobahnreferenztankstelle dient als Grundlage für die weiteren Berechnungen)



Die obere Grafik zeigt die Marktverteilung heutiger Dieseltankstellen nach ihrer Größe.

Diesel (s)

Lkw/Tag:	10
Lkw/Stunde:	2
Kapazität/Tag:	2.250 l
Anschlussleistung:	50 kWA

Diesel (m)

Lkw/Tag:	15
Lkw/Stunde:	3
Kapazität/Tag:	4.000 l
Anschlussleistung:	80 kWA

Diesel (l)

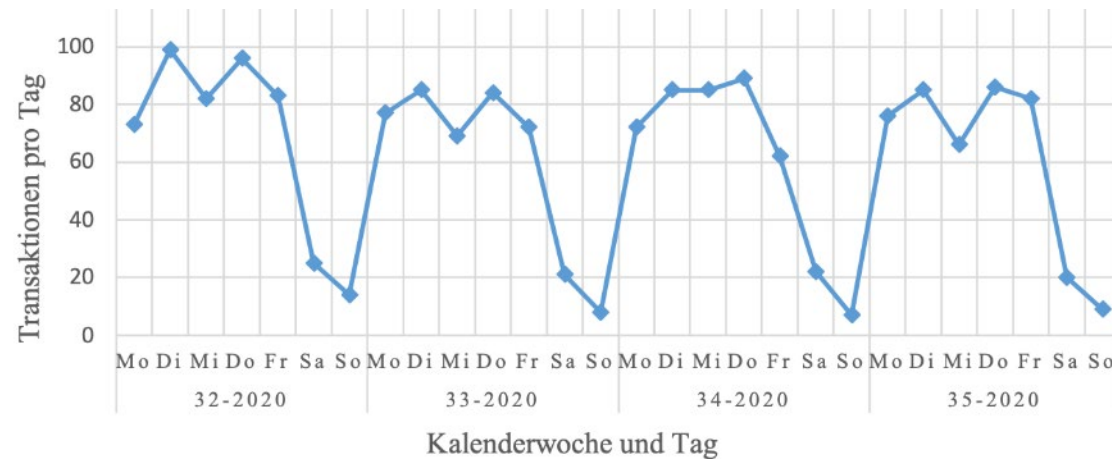
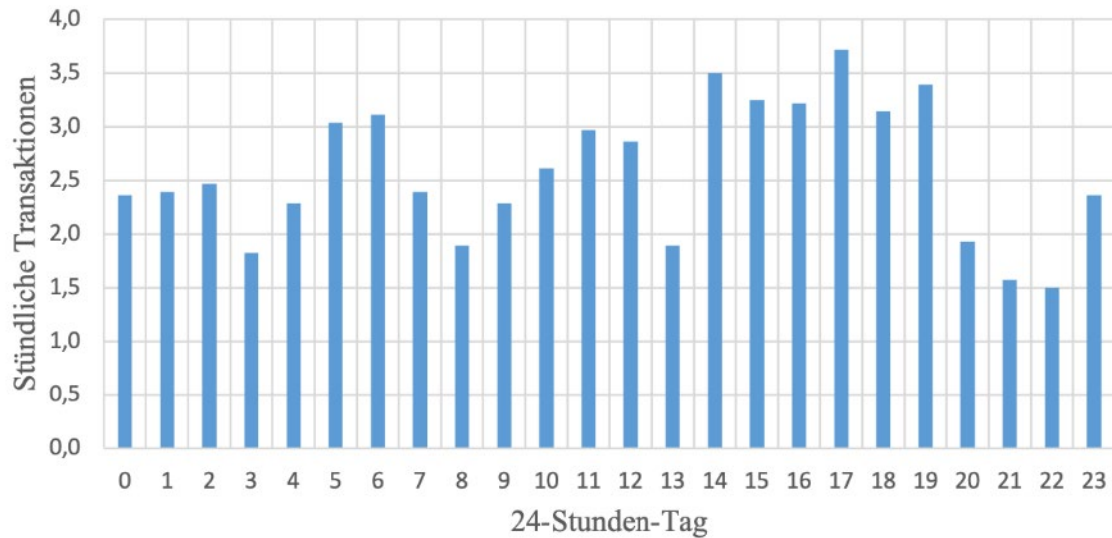
Lkw/Tag:	40
Lkw/Stunde:	8
Kapazität/Tag:	10.000 l
Anschlussleistung:	130 kWA

Diesel (xl)

Lkw/Tag:	65
Lkw/Stunde:	13
Kapazität/Tag:	16.500 l
Anschlussleistung:	150 kWA

Herausforderung: Tankstellengrößen

Auslegung von Tankstellen / Profile



Für die Auslegung einer Tankstelle ist deren Auslastung von Bedeutung. Für die Tankstellengrößen in der Studie sind z.T. die Profile einer Shell LNG-Tankstelle hinterlegt, an der ausschließlich Lkw betankt werden.

Deutlich wird, dass Tankstellen in diesem Fall eher auf eine 5 ½ Tage Woche ausgelegt sowie Auslastungsspitzen und Zeiten des Stillstands berücksichtigt werden sollten.

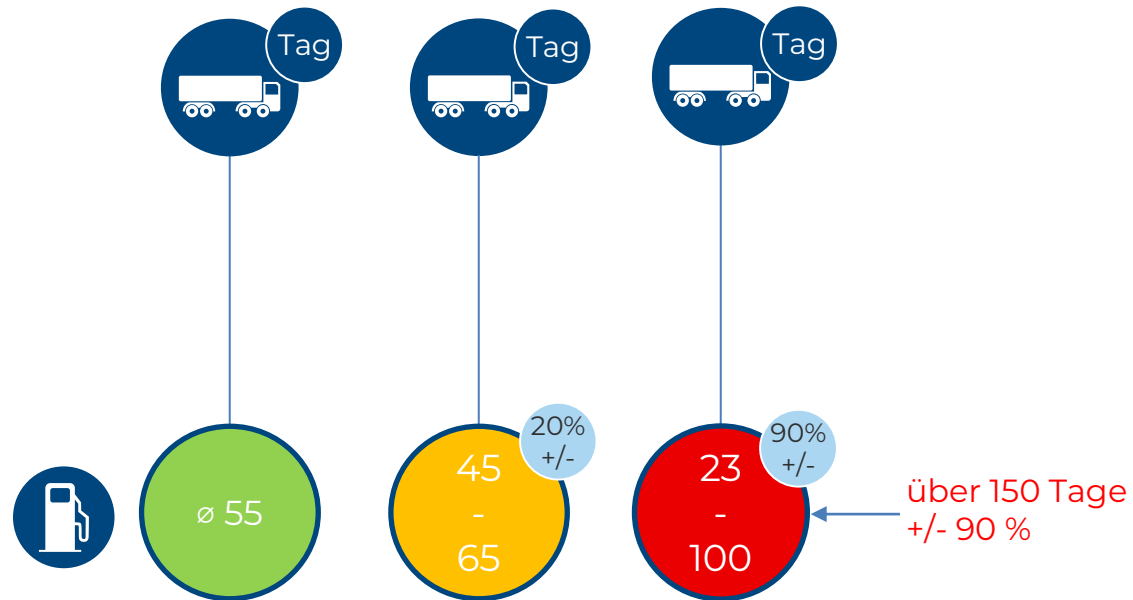
© Philip Kröger (2021), Konzeptentwicklung von Wasserstofftankstellen für den Straßengüterverkehr unter Berücksichtigung notwendiger Erweiterbarkeit bei zukünftig steigender Auslastung, S. 48

Herausforderung: Flexibilität der Technologie

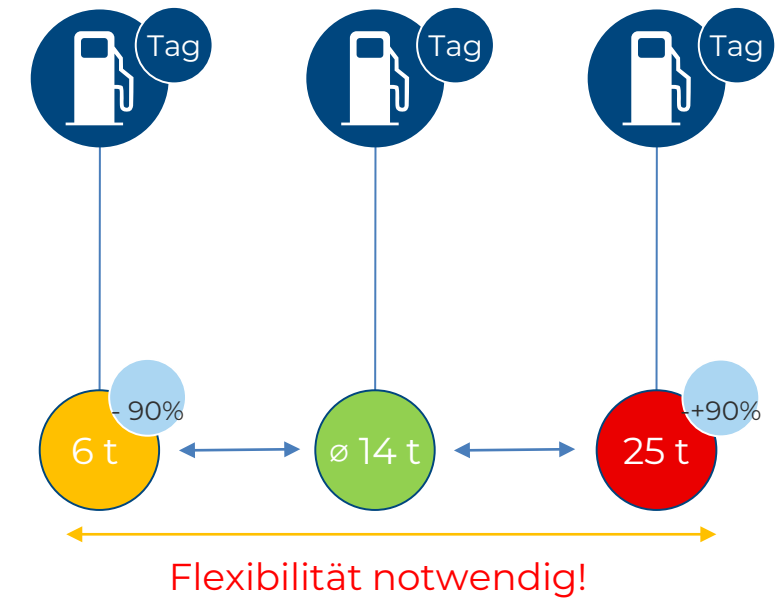
Von der Diesel- zur Wasserstofftankstelle

Annahmen:
 Tägliche Betankungsdaten einer Autobahntankstelle im Jahr 2022 als Referenz
 55 % Lkw, 250 l pro Tankvorgang

Referenz-DIESEL-Tankstelle (L-XL) Lkw am Tag



DIESEL-Tankstelle (L-XL) Dieselmenge

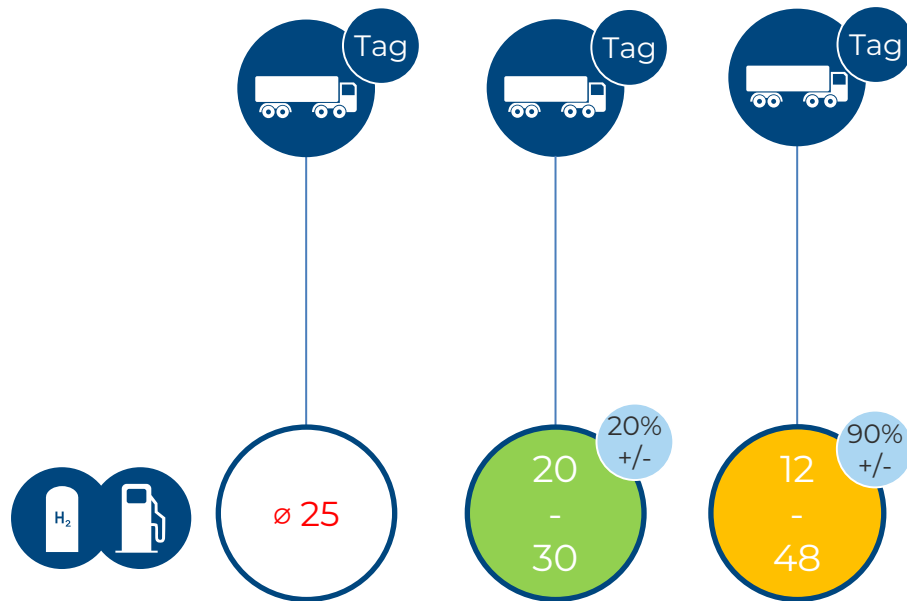


Herausforderung: Flexibilität der Technologie

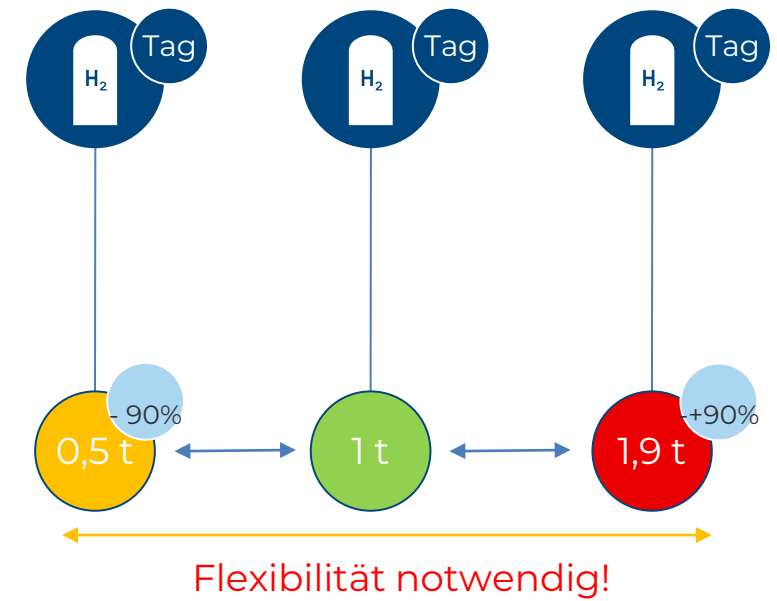
Von der Diesel- zur Wasserstofftankstelle

Annahmen: der Dieseltankstelle auf die AFIR-Tankstelle übertragen

AFIR-Wasserstofftankstelle (1 t/Tag)



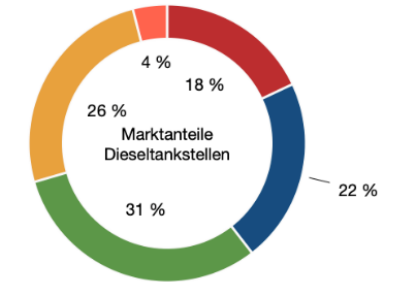
Folgen für Betreiberkonzepte



Herausforderung: Tankstellengrößen

Die Transformation zur Wasserstofftankstelle (55 % Lkw)

Ø 32 kg (350 bar): $\frac{3}{4}$ der Lkw/Busse
 Ø 64 kg (700 bar, sLH₂, CcH₂): $\frac{1}{4}$ der Lkw
 = **Ø 40 kg pro Tankfüllung**
 7,5 kg Verbrauch pro 100 km



Wasserstoff (s)	Wasserstoff (m)	Wasserstoff (l)	Wasserstoff (xl)
			
Lkw/Tag: 10	Lkw/Tag: 20	Lkw/Tag: 50	Lkw/Tag: 80
Dispenser: 2	Dispenser: 2	Dispenser: 4	Dispenser: 5
Kapazität/Tag: 0,5 t	Kapazität/Tag: 0,8 t	Kapazität/Tag: 2 t	Kapazität/Tag: 3,4 t
Anschlussleistung: 150 kW A	Anschlussleistung: 150 kW A	Anschlussleistung: 350 kW A	Anschlussleistung: 650 kW A

Aktuelle Ausschreibungen

AFIR 1/t

Technologie-
wechsel

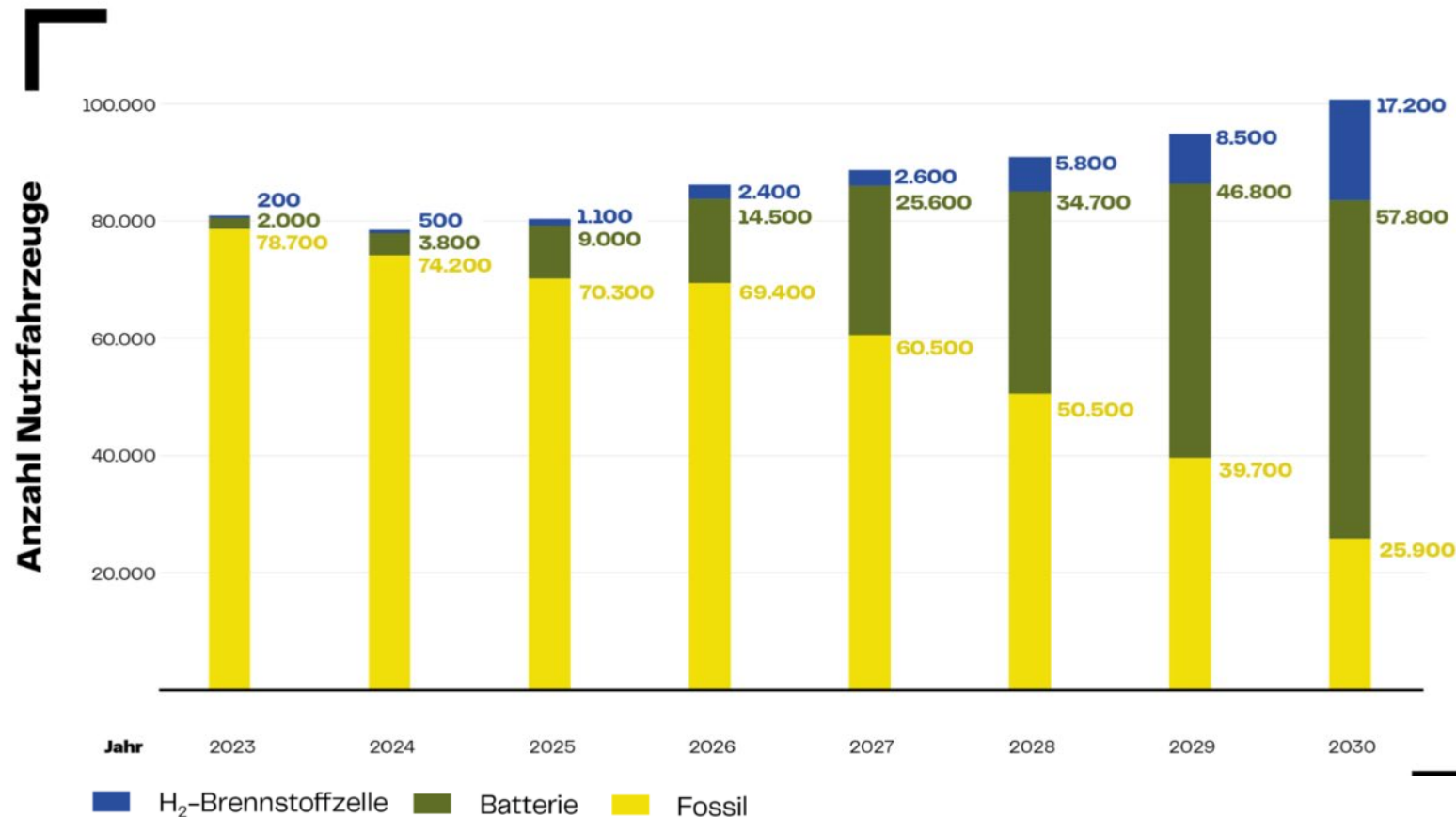
Herausforderung: Lkw-Hochlauf in Deutschland

Auf welchen Bedarf treffen die AFIR-Tankstellen?

2030

= 38.300 H₂-Lkw

= 194.200 BEV-Lkw

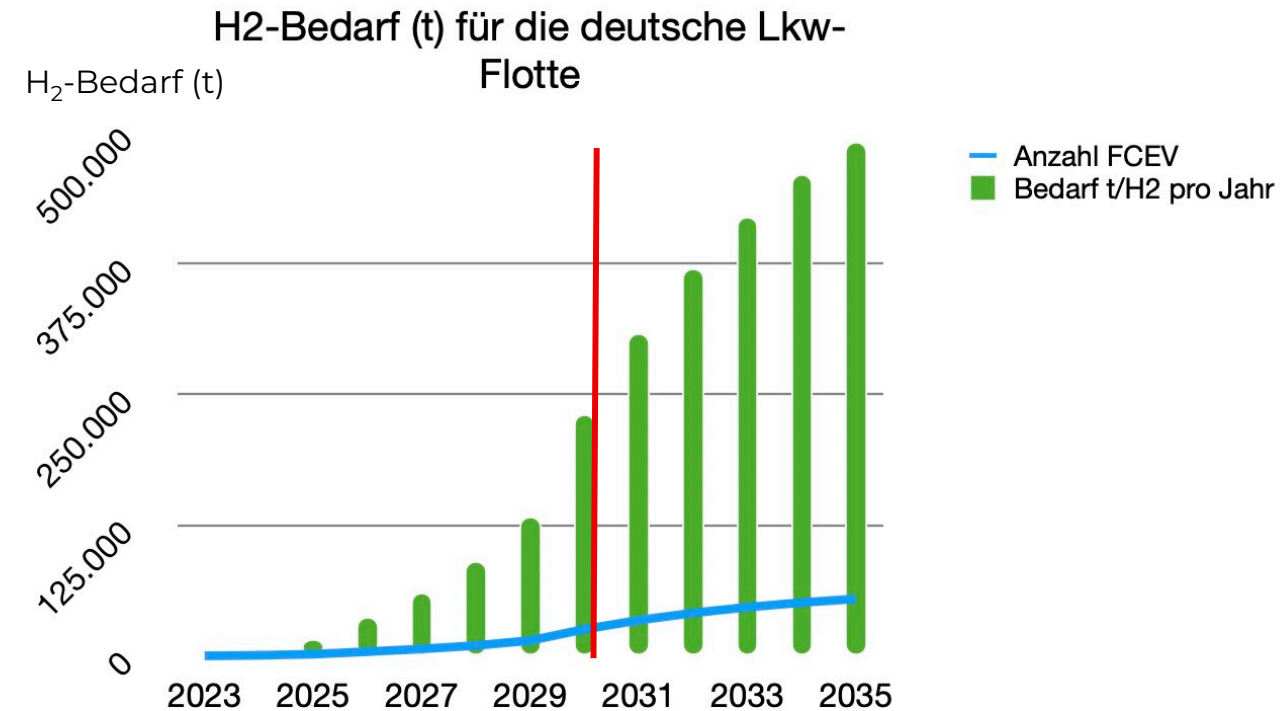
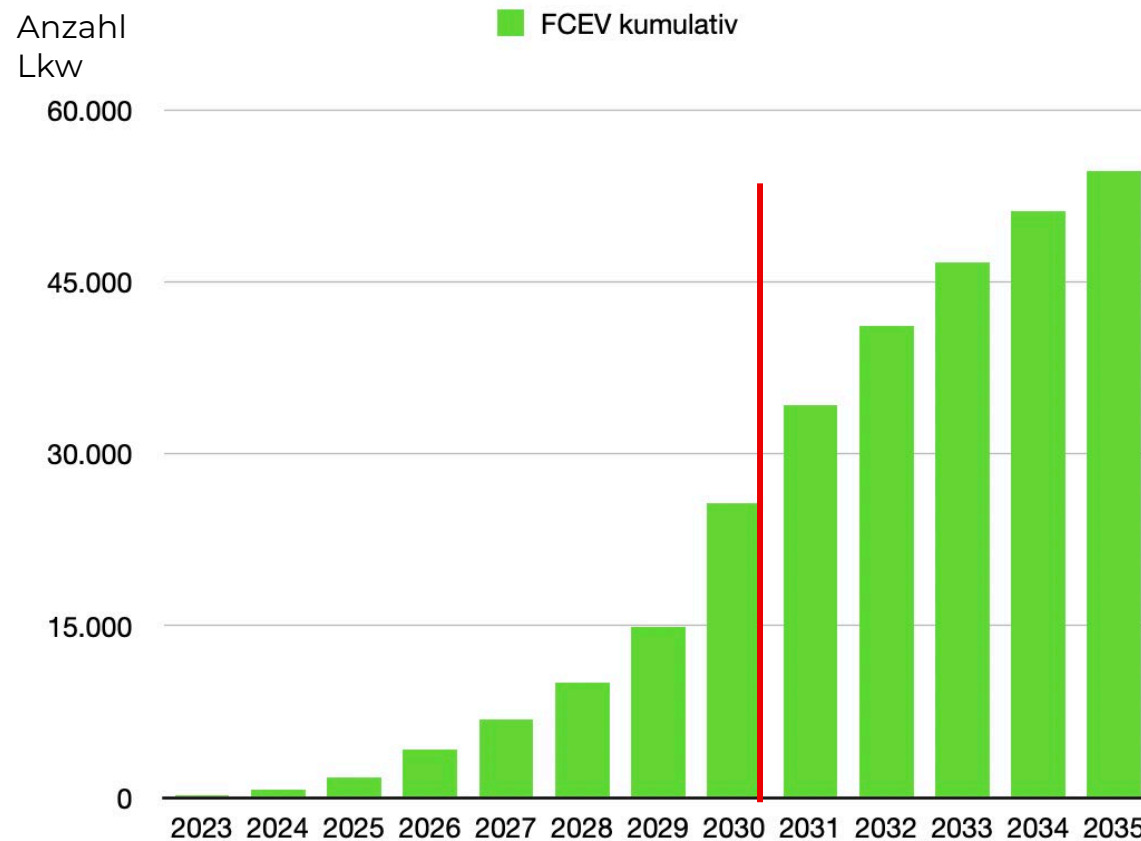


Flottengröße aus dem
NOW- Cleanroomprozess

Grundlage sind Rückmeldungen der OEMs, die heute 95 % Marktanteil haben; Umrüster sind nicht berücksichtigt; Berechnung: kumulativ ohne Bereinigung durch Abgänge

Herausforderung: Die Infrastruktur

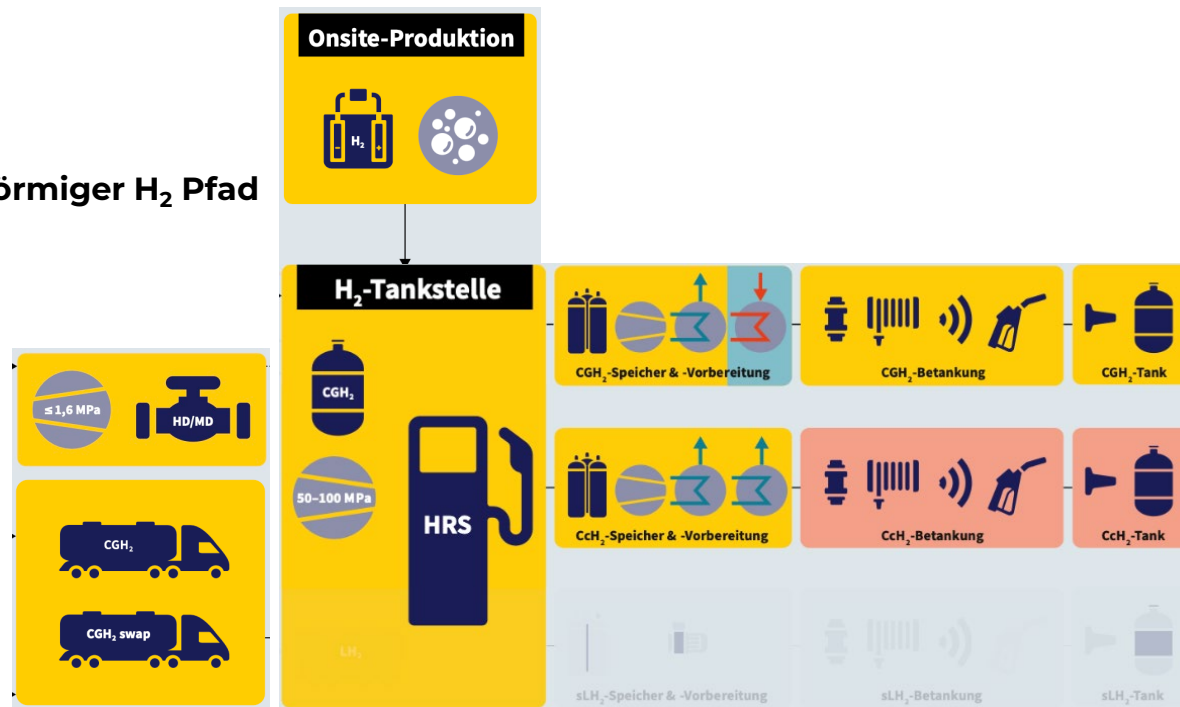
Berechnung der H₂-Bedarfe in Abhängigkeit der Flottengröße



Herausforderung: Infrastruktur

Die AFIR hat sich auf beide Pfade der H₂Infrastruktur festgelegt

Gasförmiger H₂ Pfad



Der Pfad mit gasförmigem Wasserstoff schließt zumindest die Betankung mit Flüssigwasserstoff aus. Dafür gibt es mehr Anlieferungsmöglichkeiten für gasförmigen Wasserstoff als für Flüssigwasserstoff.

Flüssiger H₂ Pfad

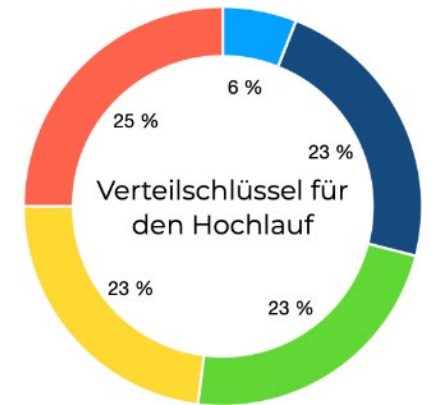
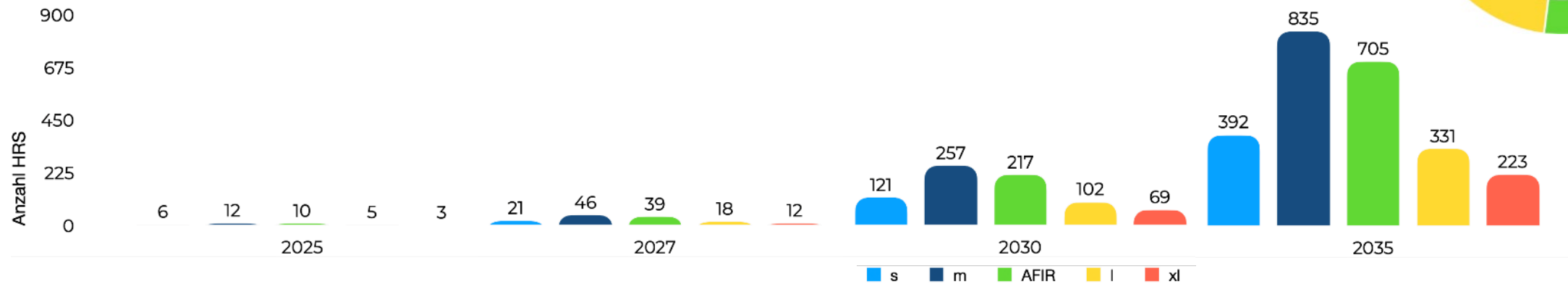


Der Flüssigwasserstoffpfad ermöglicht die Betankung mit flüssigem, tiefkalten gasförmigen und mit Druckwasserstoff. Ab bestimmten Tankstellengrößen wird die Versorgung mit Flüssigwasserstoff wahrscheinlicher.

Herausforderung: Lkw-Hochlauf in Deutschland

Ausbauszenarien bis 2035

2025: 1.800 Lkw;
2027: 6.800 Lkw
2030: 38.300 Lkw
2035: 125.000 Lkw



Die Herausforderung der Ausbauszenarien liegt darin, dass zu kleine HRS zukünftigen Bedarfen nicht gerecht werden, zu große sich jedoch kaputtstellen könnten – eine Erfahrung, die beim Ausbau des 700 bar-Pkw-HRS-Netzes bereits gemacht worden ist. Legt man den Schwerpunkt also auf einen breiten Netzausbau mit kleineren HRS oder auf größere Stützpunkttankstellen? So könnte ein Szenario aussehen.

Die multimodale Mobilität benötigt eine multimodale Infrastruktur!



Ansprechpartner



Reinhold Wurster

RCS, H₂Bedarfe

reinhold.wurster@lbst.de



Tom Elliger

RCS

tom.elliger@lifteh2.de



Dennis Hager

HRS, H₂Bedarfe

dennis.hager@lifteh2.de



Paul Karzel

HRS, H₂Bedarfe

paul.karzel@lifteh2.de



Dr. Marcus Merkel

HRS, H₂Bedarfe

marcus.merkel@spilett.com



Stephan Martin

H₂Infrastruktur

stephan.martin@zbt.de



Dr. Christian Spitta

H₂Infrastruktur

christian.spitta@zbt.de



Markus Jenne

HRS, RCS

markus.jenne@zs-bw.de

Herausforderung: Betankungstechnologie

OEMs reagieren auf Infrastrukturkonzepte

sLH₂
CCH₂



© Daimler

35 MPa

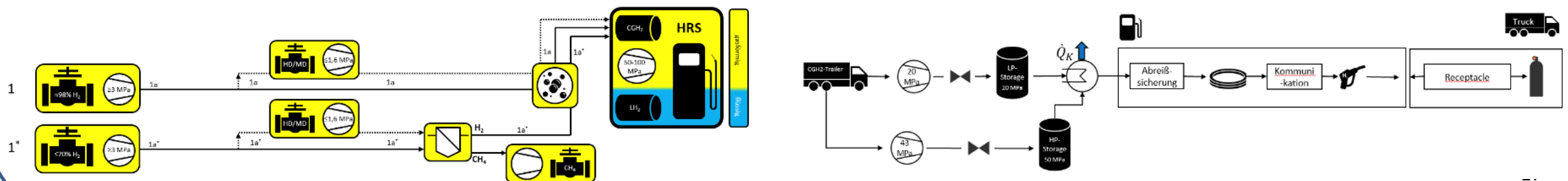


© Hyundai

70 MPa

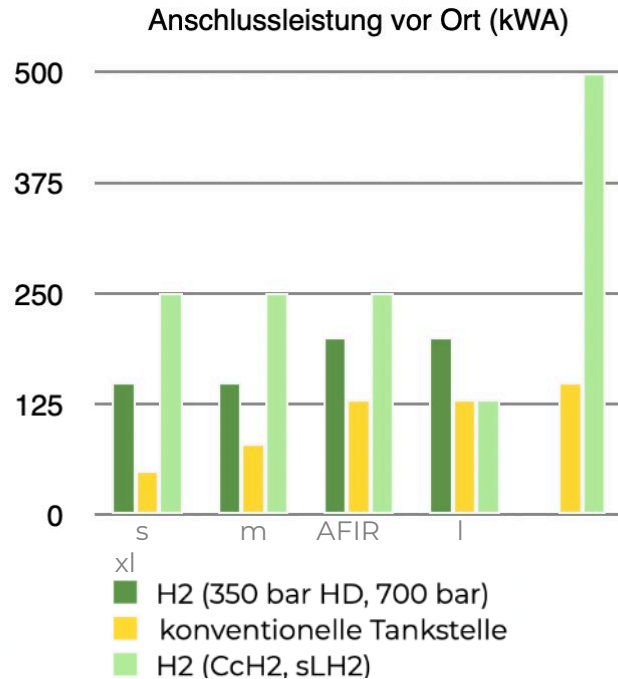


© Toyota

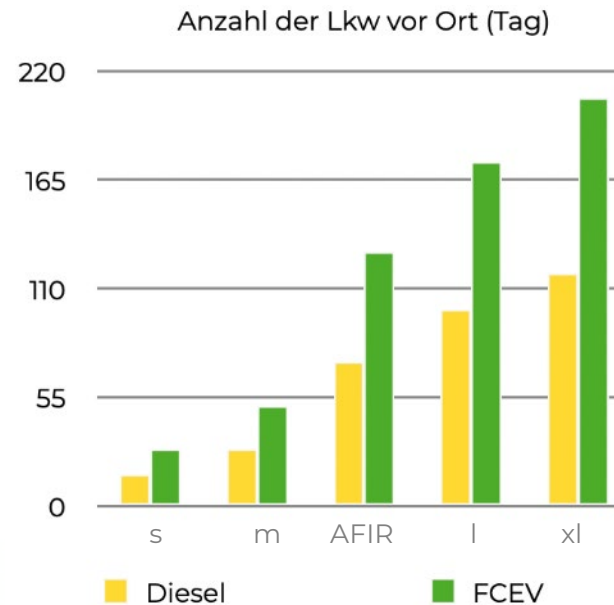


Alle Herausforderungen sind zu meistern!

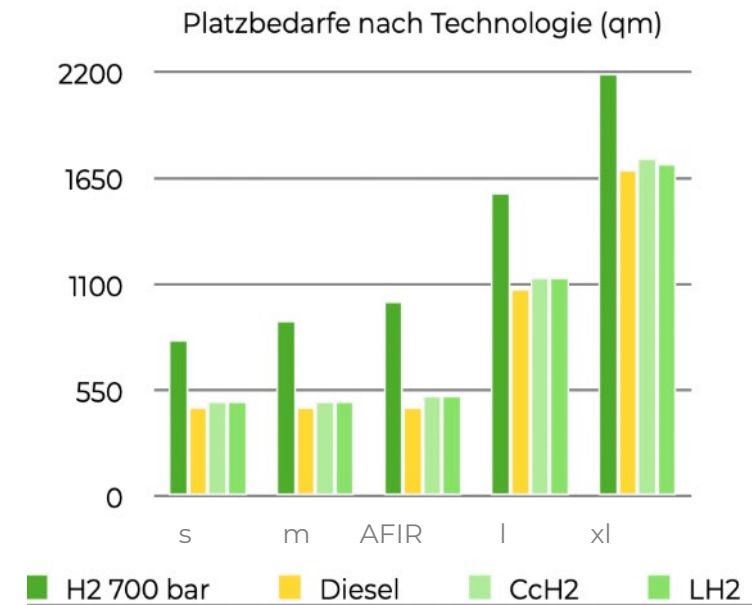
Für die HEAVY DUTY H₂-TANKINFRASTRUKTUR



Der Unterschied der Betankungsformen zueinander (gasförmig, flüssig) ist bei der Integration des Wasserstoffs in konventionelle Tankstellenstandorte unproblematisch. Herausforderungen sind eher die Anschlussleistungen vor Ort.



Die steigende Lkw-Anzahl an bisher konventionellen Tankstellen, wird von diesen zumeist aufgefangen werden können – insbesondere bei Autobahntankstellen.



Die Wasserstofftechnologie bedarf im Vergleich zur Dieseltechnologie ein wenig mehr Platz. Heutige Projekte zeigen aber, dass dies gelöst werden kann.

Herausforderung: Betankungstechnologie

Speicherichten im Fahrzeug, der Grund für die unterschiedlichen Ansätze

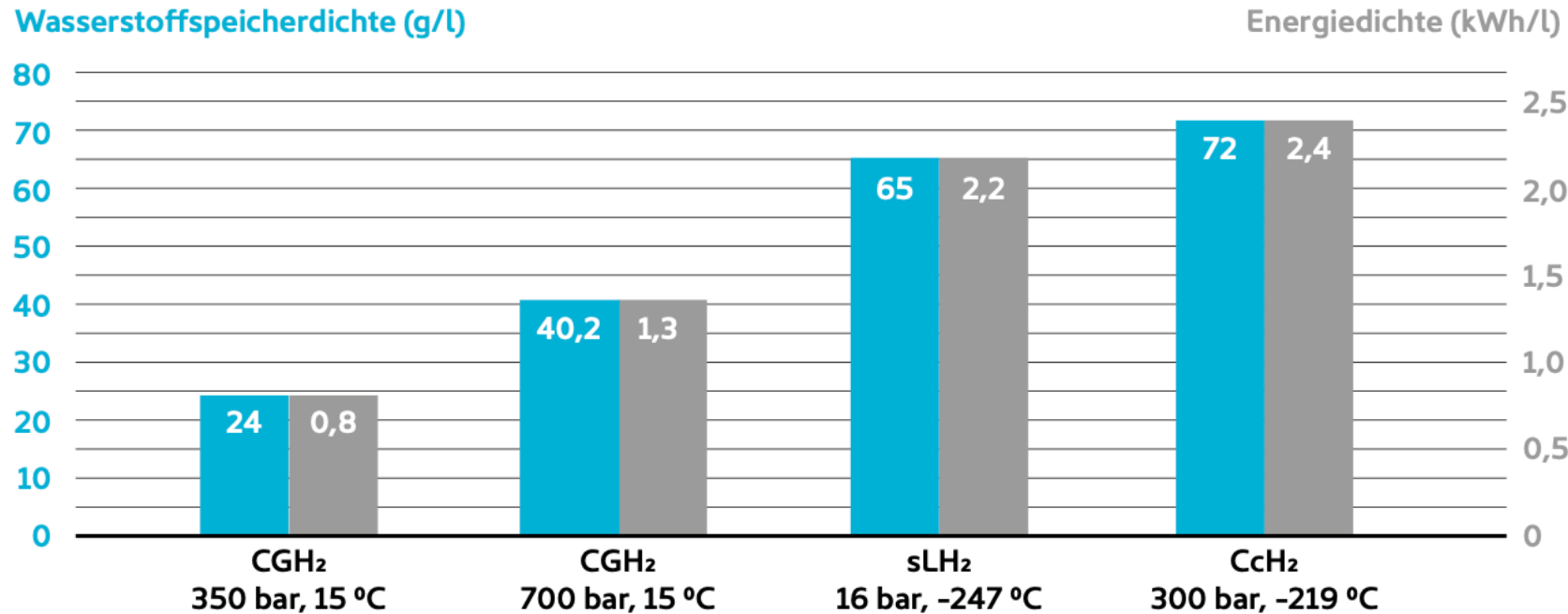






Abb. 7 – Wasserstoffspeicherdichte bei 100 % Füllstand (SOC) im Fahrzeugtank

Ursächlich für die von der Industrie präferierten unterschiedlichen H₂-Betankungstechnologien sind einerseits die Speicherdichten (siehe Abb.), andererseits die jeweils erwarteten Market Readiness Level.

Quelle: H2 MOBILITY 2021, „Wasserstoffbetankung von Schwerlastfahrzeugen – die Optionen im Überblick“, S. 14

Einordnung der AFIR-Tankstellengröße

55% Lkw

Diesel (s)	Diesel (m)	AFIR	Diesel (l)
			
Lkw/Tag: 10	Lkw/Tag: 15	Lkw/Tag: 25	Lkw/Tag: 40
Lkw/Stunde: 2	Lkw/Stunde: 3	Dispenser: 3	Lkw/Stunde: 8
Kapazität/Tag: 2.250 l	Kapazität/Tag: 4.000 l	Kapazität/Tag: 1 t	Kapazität/Tag: 10.000 l
Anschlussleistung: 50 kVA	Anschlussleistung: 75 kVA	Anschlussleistung: 180 kVA	Anschlussleistung: 130 kVA

Bildquelle Diesel s: <https://newsroom.kues.de/2021/05/12/lkw-tanken-dann-zahlen-per-app/>

Bildquelle Diesel m: <https://lipps-energie.de/produkte/tankkarte>

Bildquelle Diesel l: <https://www.donaukurier.de/lokales/landkreis-pfaffenhofen/wasserstoff-tankstelle-nahe-der-schweitenkirchener-autobahn-6752630>

Bildquelle Diesel xl: <https://www.trucker.de/nachrichten/transport/inntal-autobahn-tanken-nur-fuer-lkw-2430309>