



## ÜBERSICHT ZU MOBILITÄT MIT WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

### 3. Fachworkshop Wasserstoffmobilität

Dr. Frank Koch

Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Projekträger:



# AGENDA

**1**

**H2 in der Mobilität**

**2**

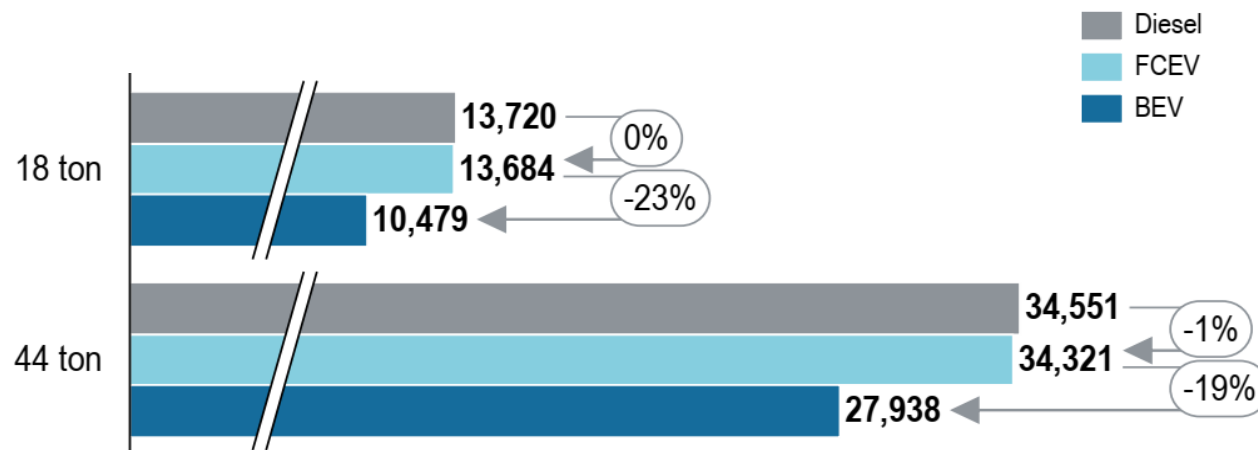
**H2-Tankstellen**

# VERGLEICH DER KRAFTSTOFFSYSTEME

	Antriebsart	Energieinhalt Tank	Verbrauch je 100 km	Tanksystemleistung	Reichweite bei 5 min. tanken
Diesel	 500 km	2.011 kWh (200 l; 180 kg)	40 l	Tankstelle 27.000 kW (ca. 50 l / min)	625 km
H <sub>2</sub>	 500 km	1.332 kWh (40 kg H <sub>2</sub> ; 1,1 t Systemgewicht)	8 kg	HRS 3.000 kW (> 1 kg / min)	62,5 km
Batterie	 560 km	900 kWh (5.440 kg Li-Ion)	ca. 160 kWh	Ladestation 120 kW DC / 1.000 kW DC (2 / 16 kWh/min)	6 / 50 km

# NUTZLASTVERGLEICH BATTERIE- U. BZ-LKW GGÜ. DIESEL

Nutzlastvergleich<sup>1</sup>

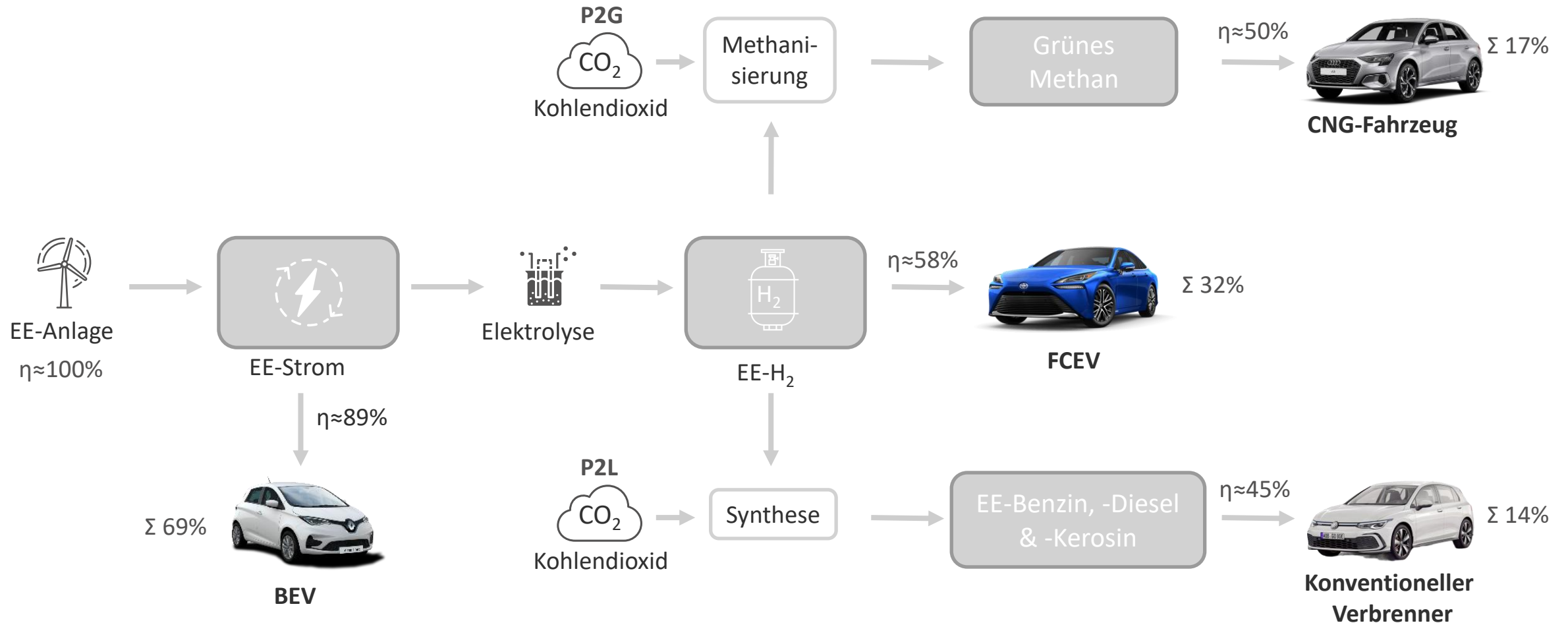


## Schlussfolgerungen

- Bei **großen Reichweiten** sind **Brennstoffzellen-LKW** aufgrund der **geringeren Nutzlastverringerung** wirtschaftlicher
- Bei **gleicher Transportmenge** sind **mehr batterieelektrische LKW** erforderlich

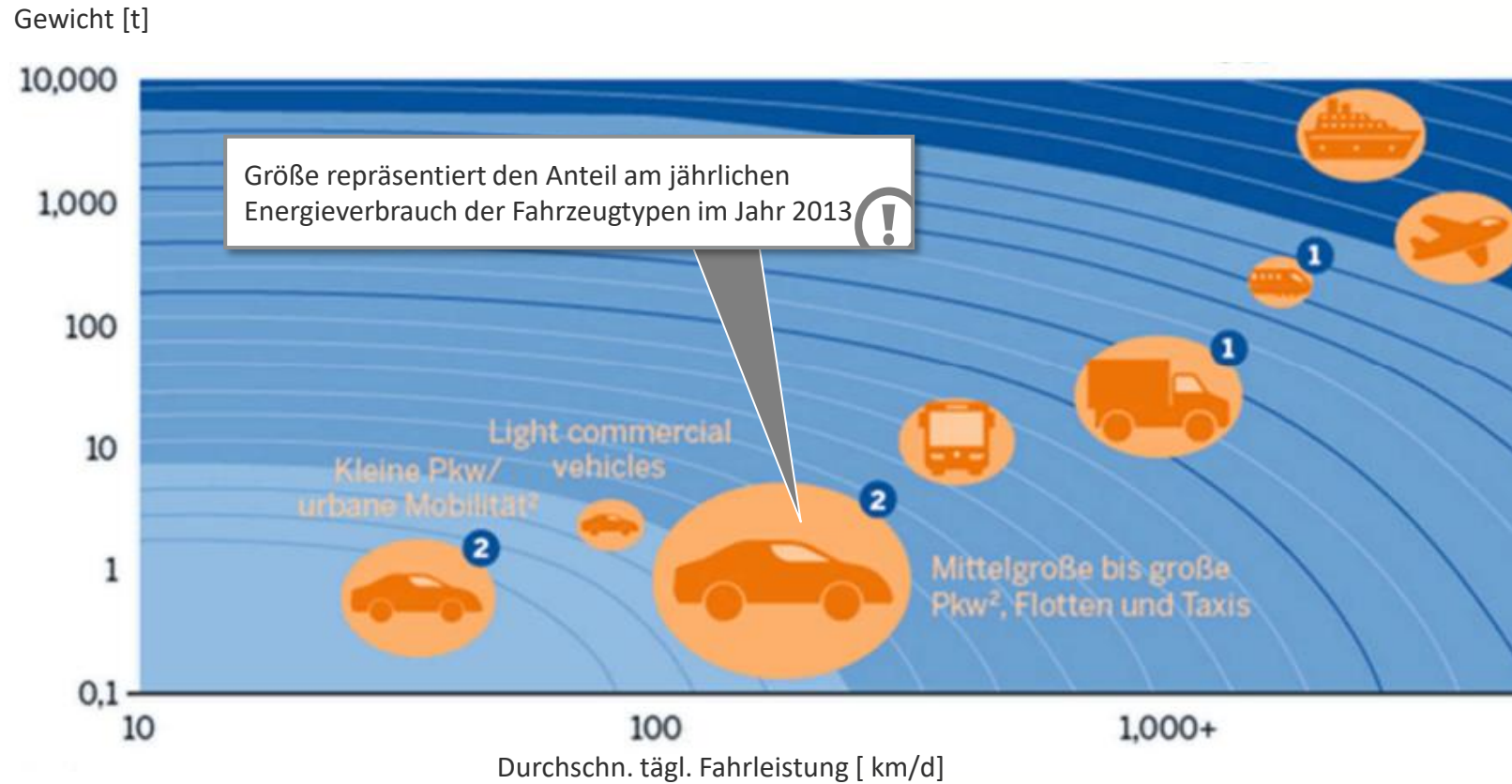
➤ Höheres  
Verkehrsaufkommen

# WIRKUNGSGRADKETTE: BATTERIE, H<sub>2</sub> & CO.



# AUSWAHL DER ANTRIEBSTECHNOLOGIE NACH SYSTEMGEWICHT UND ANWENDUNGSGEBIET

Segmentierung des Verkehrsmarktes<sup>1</sup>



Battery Electric Vehicle

Fuel Cell Electric Vehicle

Bio- und (H2-basierte) synthetische Kraftstoffe

# PKW MIT BRENNSTOFFZELLE



Bildquelle: Toyota



Toyota Mirai



650 km



H2: 5,6 kg



63.900 €



In Serie



Bildquelle: Hyundai



Hyundai Nexo



750 km



H2: 6,3 kg



69.000 €



In Serie

## Taxiflotten in Paris und Kopenhagen



Bildquelle: Hyundai

### Société du Taxi Electrique Parisien (STEP)

- Brennstoffzellen-Taxis in Paris
- > 100 Fahrzeuge
- > 500 km/d



Bildquelle: Everfuel

### DRIVR

- Brennstoffzellen-Taxis in Kopenhagen
- 100 Mirai in Betrieb, 200 Ende 2022



# LEICHTE NUTZFAHRZEUGE MIT H<sub>2</sub>



HYVIA (Renault – Master)



500 km (BEV 120 km)



H2: 3-5 kg + 33 kWh Batt. +  
30 kW Bz



Zielpreis < 50.000 € (akt.  
100.00 €)



Im Pilottest in Frankreich



Stellantis (Opel Vivaro, Citroen  
Jumpy, Peugeot Expert)



400 km



H2: 4,4 kg + 11 kWh Batt. +  
45 kW Bz



Aktuell nur Leasing



Im Pilottest, ca. 1000 Fzge.,  
Leasing-Angebot



H2E-Crafter (Holthausen)



350 km (BEV 130 km)



4 kg H2 + 36 kWh Batterie



























Preise auf Anfrage



Verfügbar, Einzelanfertigung



# SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT H2

1	2	3	4
			
 Hyundai XCient	 Hyzon Motors / Holthausen Basis DAF	 Daimler GENH2 Truck	 IVECO / Nikola
 400 km	 400 - 600 km	 1.000 km	 800 km
 32 kg H <sub>2</sub> @350 bar; 190 kW Bz	 40 kg (250/450 kW Antrieb)	 2 x 40 kg LH <sub>2</sub>	 70 kg H <sub>2</sub> @700 bar
 k.a., auch Leasingangebote	 ab 500.000 € (80% KsNI)	 k.a.	 k.a.
 In Serie	 Serienstart vorr. 2023	 Ab 2025	 Ab Mitte 2024

1 Hyundai | 2 Hyzon | 3 Daimler | IVECO

# SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT BRENNSTOFFZELLE



Clean Logistics Fyuriant,  
Basis DAF



500 km



H2: 42 kg@350 bar, 2x120 kW Bz  
von Refire, 100 kWh Batterie



Preise auf Anfrage



Verfügbar in Serie



Bildquelle: Clean Logistics

[GP Joule bestellt 5.000 Wasserstoff LKW für Nordfriesland \(NDR, 8.8.2022\)](#)

# SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT BRENNSTOFFZELLE



Faun ENGINIUS Citypower;  
Basis MB Atego 16 t



500 km



32 kg H<sub>2</sub>@700 bar; 95 kW Bz  
Hyundai



k.A.



Serienstart 2023





# SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT BRENNSTOFFZELLE



Quantron FCEV EU Truck 4x2, 6x2



700 – 1.500 km



H2: 50-122 kg; 240 kW Bz Ballard;  
120 kWh Batt. ; 550 kW Antrieb



Preise auf Anfrage



Ab Q2/2023



Bildquelle: Quantron

# SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT BRENNSTOFFZELLE



Paul Hydrogen Power Truck; Basis  
MB Atego 16t



450-500 km



30 kg H<sub>2</sub>@350 bar; 80 kW Bz  
Toyota; 2x60 kWh Batt.



Preise auf Anfrage



Serienstart Anfang 2023



Quelle: Next Mobility Konsortium

# AUTARKE KÜHLTRAILER

Kühltrailer mit autarker, Brennstoffzellen-basierter Stromversorgung

- Brennstoffzelle von Bosch (Lamberet)
- Brennstoffzelle von H2SYS (Chereau)
- H2 Tanks, Brennstoffzelle und Pufferbatterie auf dem Trailer montiert
- 2 Tage Autonomie
- 10 Min. Tankzeit
- Leiser Betrieb ohne Abgasemissionen





# SONDERFAHRZEUGE

Müllfahrzeuge



Faun



Hytrucks / Geesinknorba



HS-Fahrzeugbau



Faun



Holthausen



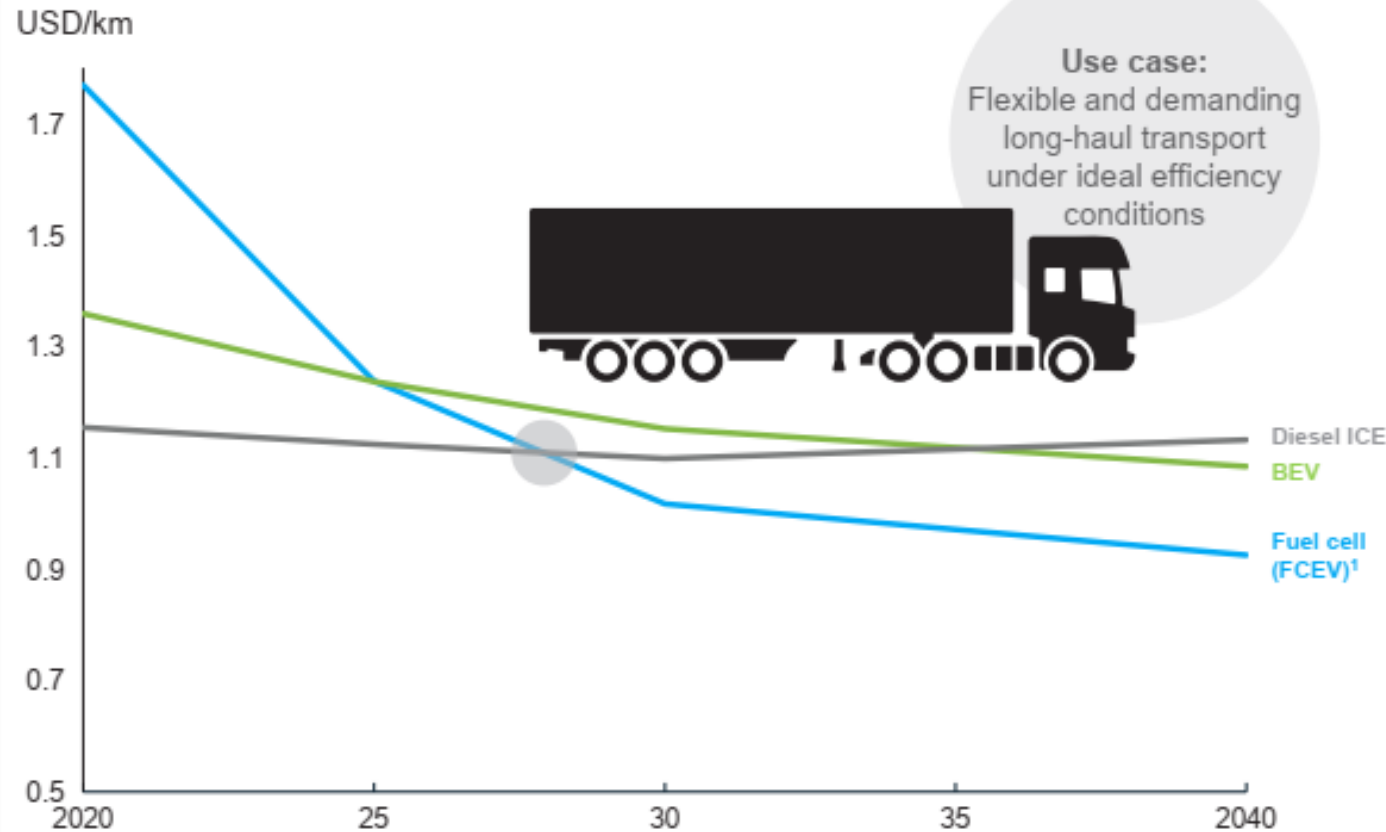
Palfinger

Kehrmaschinen /  
Hakenfahrzeuge

# TOTAL COST OF OWNERSHIP

## KOSTENENTWICKLUNG FÜR LKW

Segmentierung des Verkehrsmarktes<sup>1</sup>



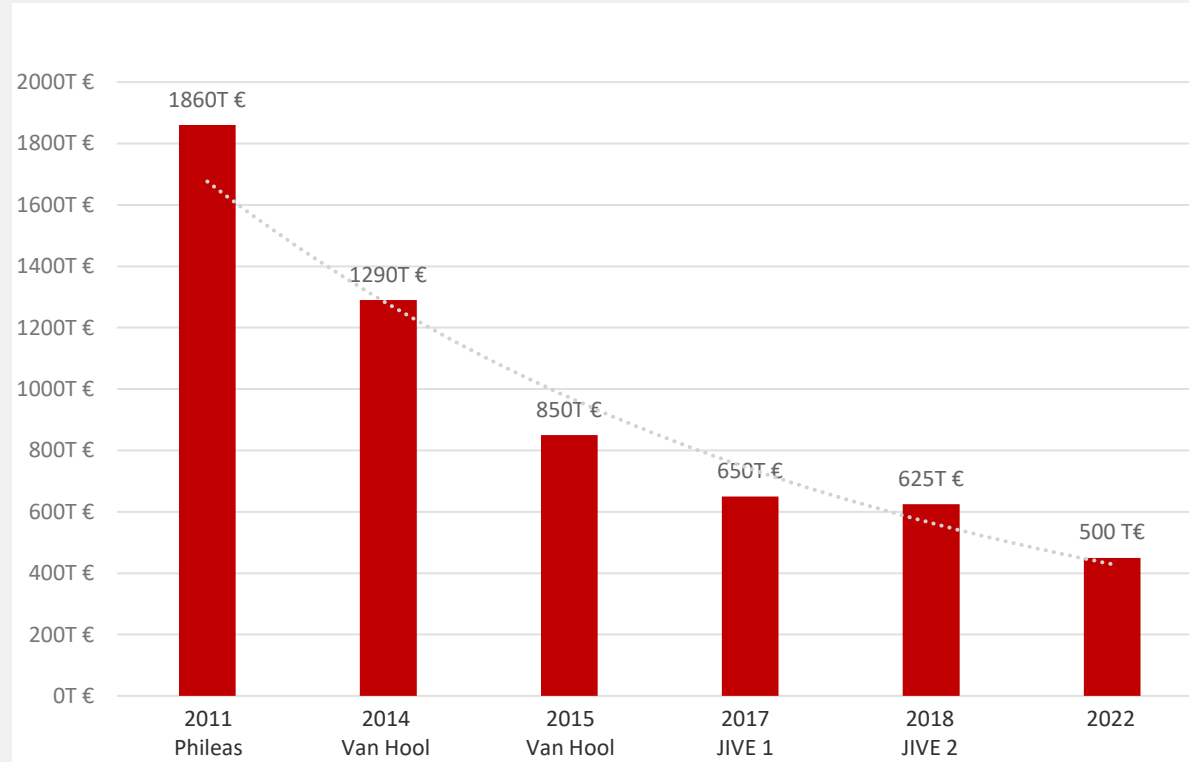
### Annahmen

- » Lebensdauer 10 Jahre
- » 150.000 km/Jahr
- » H<sub>2</sub> Preis 4 USD/kg in 2030
- » 70 % Kostenreduktion im Antrieb zw. 2020 und 2030

# BRENNSTOFFZELLEN-BUSSE

## PREISE FÜR H<sub>2</sub>-BUSSE SINKEN STETIG

### Preisentwicklung von 12 m H<sub>2</sub>-Bussen



### Aktuelle Modelle



Solaris



Van Hool



Skoda



Caetano



Wright Bus



Rampini



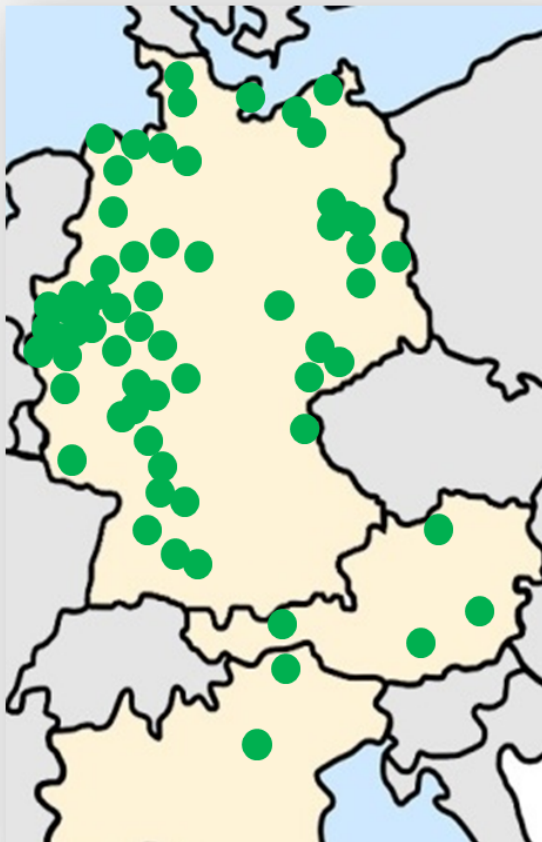
Clean Logistics



Karsan



# DEUTSCHER BRENNSTOFFZELLENBUS-CLUSTER



In Betrieb oder bestellt (337)

Beschaffung in Gremien beschlossen (420)

Neuzugänge seit März 2022

1. GP Joule, Reußenköge (12+18)
2. DB Regio Autokraft GmbH (2)
3. Hochbahn Hamburg (2)
4. Flughafen Hamburg
5. Verkehrsbetriebe Kreis Plön
6. KVG Stade
7. Kieler Verkehrsgesellschaft
8. Emsländische Eisenbahn GmbH
9. Weser-Ems-Bus
10. Kreisbahn Aurich
11. VWG Oldenburg (4)
12. BremerhavenBus (7)
13. Meyering Reisen, Lingen
14. Stadtwerke Lingen
15. Stadtwerke Münster (1+3)
16. Regionalverkehr Münsterland
17. Westfälische Verkehrsgesellschaft
18. moBiel Bielefeld (4)
19. Verkehrsverbund Rhein-Ruhr
20. Ruhrbahn GmbH, Essen (19+30)
21. Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft (10)
22. Stadtwerke Krefeld (10)
23. Vestische Straßenbahnen, Herten (5+5)
24. Rheinbahn Düsseldorf (10)
25. NIAG Kamp-Lintfort
26. WestVerkehr Geilenkirchen (12)
27. Bahnen der Stadt Monheim
28. Wuppertaler Stadtwerke (10+10+40)
29. Stadtwerke Hamm (30)
30. KVG Lippe
31. Padersprinter
32. Märkische Verkehrsgesellschaft
33. Oberbergische Verkehrsgesellschaft (15)
34. Regionalverkehr Köln (2+35+15+108)
35. ASEAG, Aachen (21)
36. Rurtalbus, Düren (5+20)
37. Rhein-Erft-Verkehrsgesellschaft (10+16)
38. VVR Stralsund
39. Rebus Rostock (52)
40. Nahverkehr Schwerin
41. Stadt- und Überlandwerke Lübben
42. Berliner Verkehrsgesellschaft
43. Verkehr in Potsdam
44. Barnimer Busgesellschaft (6)
45. Verb. Mitteldeutscher Busunternehmer
46. Cottbusverkehr (11)
47. Oberhavel Verkehrsgesellschaft
48. Stadtwerke Weimar
49. PVG mbh Weimarer Land
50. VWG Sömmerda
51. OVG mbH Sonneberg
52. Kombus GmbH
53. THÜSAC Personennahverkehrsgesellschaft
54. BKW Bad Wildungen
55. Verbandsgemeinde Kaisersesch
56. Mainzer Verkehrsgesellschaft (1)
57. Stadtwerke Bingen am Rhein
58. ESWE Wiesbaden (10)
59. Main-Taunus-Verkehrsgesellschaft
60. Stadtwerke Rodgau
61. traffiQ Frankfurt (13+10)
62. Stadtwerke Aschaffenburg (12)
63. Lokale Nahverkehrsgesellschaft mbH Kreis Groß-Gerau (24)
64. Fahrzeugmanagement Region Frankfurt RheinMain GmbH (fahma) (2)
65. LandesEnergieAgentur Hessen
66. Rhein-Neckar-Verkehr, Heidelberg (40+35)
67. Reutlinger Stadtverkehr
68. Kreis Reutlingen
69. Stuttgarter Straßenbahnen AG (4)
70. Landkreis Wunsiedel
71. Bottenschein Reisen GmbH
72. TB Offenburg
73. DB Zug und Bus, Ulm
74. Saarbahn (28)
75. IVB Innsbruck
76. ÖBB Postbus GmbH
77. Holding Graz (1)+(7) +(3)
78. Bacher Reisen Radenthein
79. SASA / IIT Bozen (5+12)
80. Silbernagl Reisen
81. TTE SERCIZIO, Rovereto

Im Auftrag der:



# SCHIENENFAHRZEUGE



Siemens



Siemens Mireo Plus H



160 kg H<sub>2</sub> @350 bar;  
2 x 200 kW Bz



800-1000 km



In Erprobung



Alstom



Alstom Coradia iLint



180 kg H<sub>2</sub> @350 bar;  
2 x 200 kW Bz



800-1200 km



In Serie

# AGENDA

1

**H2 in der Mobilität (Busse, LKW, leichte Nutzfahrzeuge)**

2

**H2-Tankstellen**

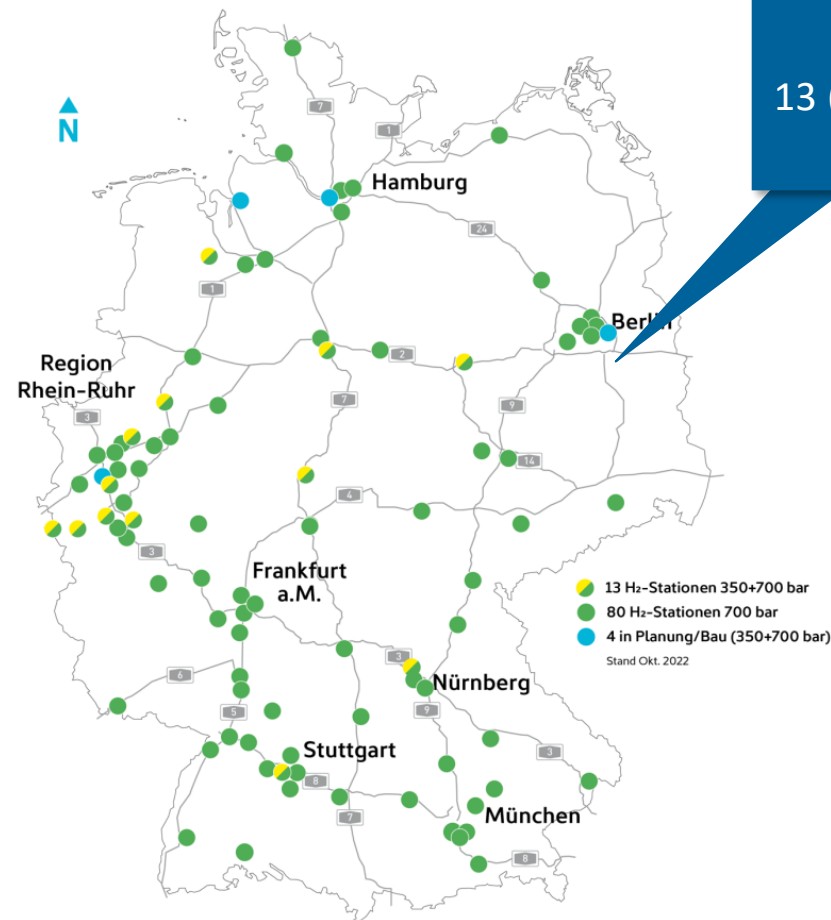


# TANKSTELLEN-INFRASTRUKTUR

Entwurf der Alternative Fuel  
Infrastructure Regulation – AFIR:

- Alle 100 km eine H2-Tankstelle bis 2028 (urspr. alle 150 km bis 2030) entlang der sog.. TEN-T Korridore → ca. 140 Tankstellen entlang der 14.000 Autobahnkilometer
- Kapazität 6 t/Tag

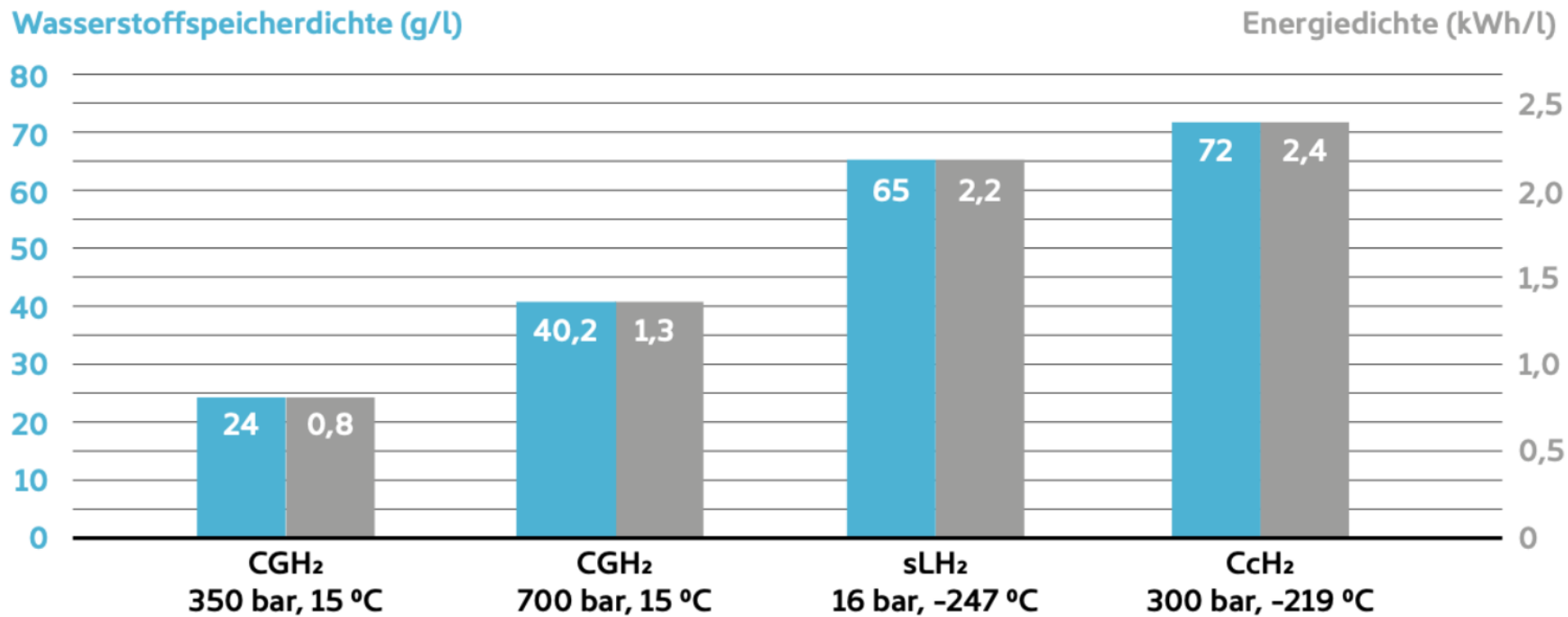
## H2 MOBILITY Netzwerk



80 öffentliche  
700 bar Tankstellen zzgl.  
13 (+4) 350/700 bar Tankstellen  
( Stand Oktober 2022)

Quelle: H2 Mobility

# WASSERSTOFFSPEICHERDICHTEN



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

# FRAGEN?



**Dr. Frank Koch**  
Senior Consultant

Tel.: +49 173 724 1853

E-Mail: [koch@energy-engineers.de](mailto:koch@energy-engineers.de)

