

# CHYSTARTER

WASSERSTOFFREGIONEN IN DEUTSCHLAND

## WASSERSTOFF-MOBILITÄT: NUTZFAHRZEUGE & H2-TANKSTELLEN

Online Workshop

Dr. Frank Koch, Frederik Budschun, Justus Beste

Gefördert durch:



Koordiniert durch:

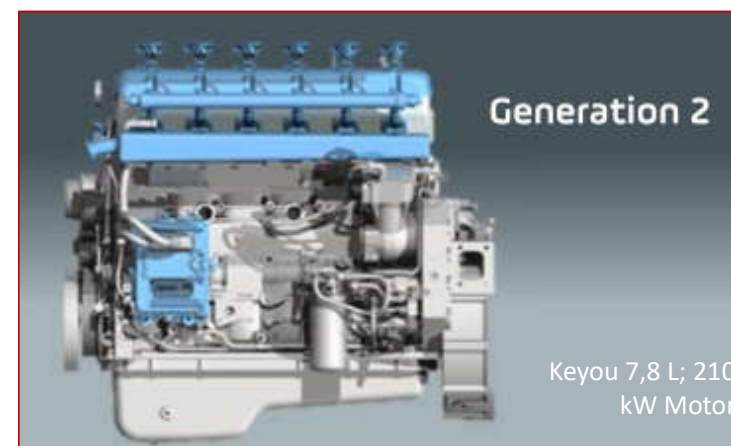


Projektträger:



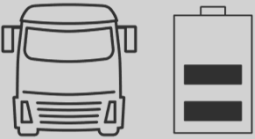


# VERGLEICH: BRENNSTOFFZELLE VS. H<sub>2</sub>-VERBRENNUNGSMOTOR

	Brennstoffzelle	H <sub>2</sub> -ICE <sup>1,2</sup>
<b>Wirkungsgrad</b>	50-60 %	Ca. 40 %
<b>Lebensdauer</b>	35.000 h	Wie Dieselmotor
<b>Anforderung H<sub>2</sub>-Qualität</b>	5.0	3.0
<b>H<sub>2</sub>-Verbrauch</b>	6-10 kg/100 km	> 10 kg/100 km
<b>Schadstoffemissionen</b>	Keine	Mit SCR << Euro VI
<b>Lärmemissionen</b>	Wie E-Fahrzeug	Wie Dieselfahrzeug
<b>Nutzlast i. Vgl. zu Diesel</b>	85-95 %	95 %
<b>Anschaffungskosten</b>	Ca. 2,5 x Dieselfzg.	Ca. 1,5 x Dieselfzg.

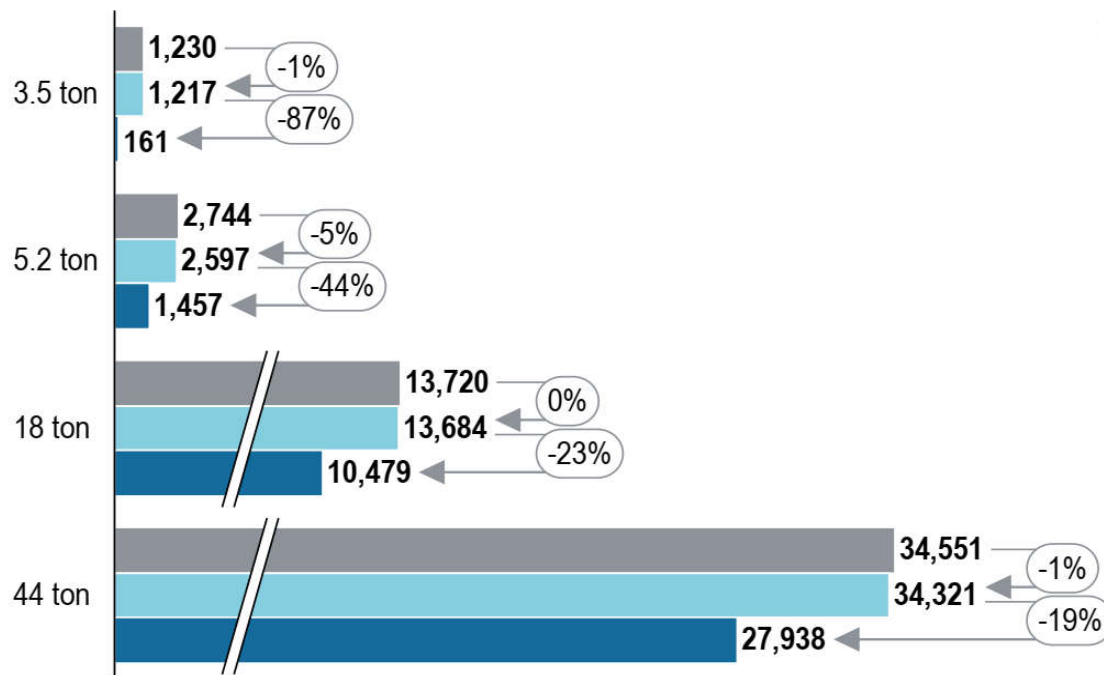


# VERGLEICH DER KRAFTSTOFFSYSTEME

	Antriebsart	Energieinhalt Tank	Verbrauch je 100 km	Tanksystemleistung	Reichweite bei 5 min. tanken
Diesel	 <p>1.125 km</p>	<p>4.525 kWh (450 l; 402 kg)</p>	<p>40 l</p>	<p>Tankstelle 27.000 kW (ca. 50 l / min)</p>	<p>625 km</p>
H <sub>2</sub>	 <p>500 km</p>	<p>1.332 kWh (40 kg H<sub>2</sub>; 1,1 t Systemgewicht)</p>	<p>8 kg</p>	<p>HRS 3.000 kW (&gt; 1 kg / min)</p>	<p>62,5 km</p>
Batterie	 <p>560 km</p>	<p>900 kWh <b>(5.440 kg Li-Ion)</b></p>	<p>ca. 160 kWh</p>	<p>Ladestation 120 kW DC (2 kWh / min)</p>	<p>6 km</p>

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

Nutzlastvergleich<sup>1</sup>



■ Battery Electric Vehicle
 ■ Fuel Cell Electric Vehicle
 ■ Diesel

<sup>1</sup> US Department of Energy 2016 | Annahme: Reichweite 800 km

## Schlussfolgerungen

- Bei großen Reichweiten sind Brennstoffzellen-LKW aufgrund der geringeren Nutzlastverringerng wirtschaftlicher
  - Bei gleicher Transportmenge sind mehr batterieelektrische LKW erforderlich
- » Höheres Verkehrsaufkommen

# LEICHTE NUTZFAHRZEUGE MIT H<sub>2</sub> BEREITS VON VERSCHIEDENEN HERSTELLERN VERFÜGBAR



Renault - Master



400 km (BEV 120 km)



Master: 2,1 kg + 33 kWh



< 50.000 €



Ab März 2022



Stellantis (Opel Vivaro, Citroen Jumpy, Peugeot Expert)



400 km



6,3 kg / 0,8 kg pro 100 km



69.000 €



Seit Ende 2021 bestellbar



HH-Transporter (z. B. T6)



250 km



2 kg H<sub>2</sub> + 25 kWh Batterie



> 100.000 €



Verfügbar auf Anfrage

# SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT H<sub>2</sub> BEREITS VON VERSCHIEDENEN HERSTELLERN VERFÜGBAR



Hyundai XCient



400 km



k.a.



k.a.



1.600 in Schweiz bestellt



Hyzon Motors / Holthausen



400 - 600 km



40 kg (250/450 kW Antrieb)



ab 500.000 € (80% KsNI)



Seit 2021



Daimler GENH2 Truck



1.000 km



2 x 40 kg LH<sub>2</sub>



k.a.



Ab 2025

# EU-PROJEKTE FÖRDERN DEN EINSATZ VON WASSERSTOFF IM SCHWERLASTVERKEHR

## H2Haul

- Testprojekt für 16 H<sub>2</sub>-Lkw in Europa am 01.10.2019 gestartet
- Bis 44-Tonnen-Gelenkzug
- 16 Fahrzeuge (4 DAF + 12 IVECO)
- 4 Einsatzorte (Belgien, Frankreich, Deutschland und Schweiz)
- Bosch ist seit Juli 2020 Projektpartner



1 H2Haul | 2 WyRefueler / Wystrach

## H2Share

- Testprojekt für H<sub>2</sub>-Lkw und mobile HRS
- 27-Tonnen-Lkw (DAF-VDL)
- Brennstoffzellenleistung 88 kW
- Reichweite 400 km
- 6 Standorte in den Benelux-Ländern
- Mobile Wasserstofftankstelle „WyRefueler“ von Wystrach

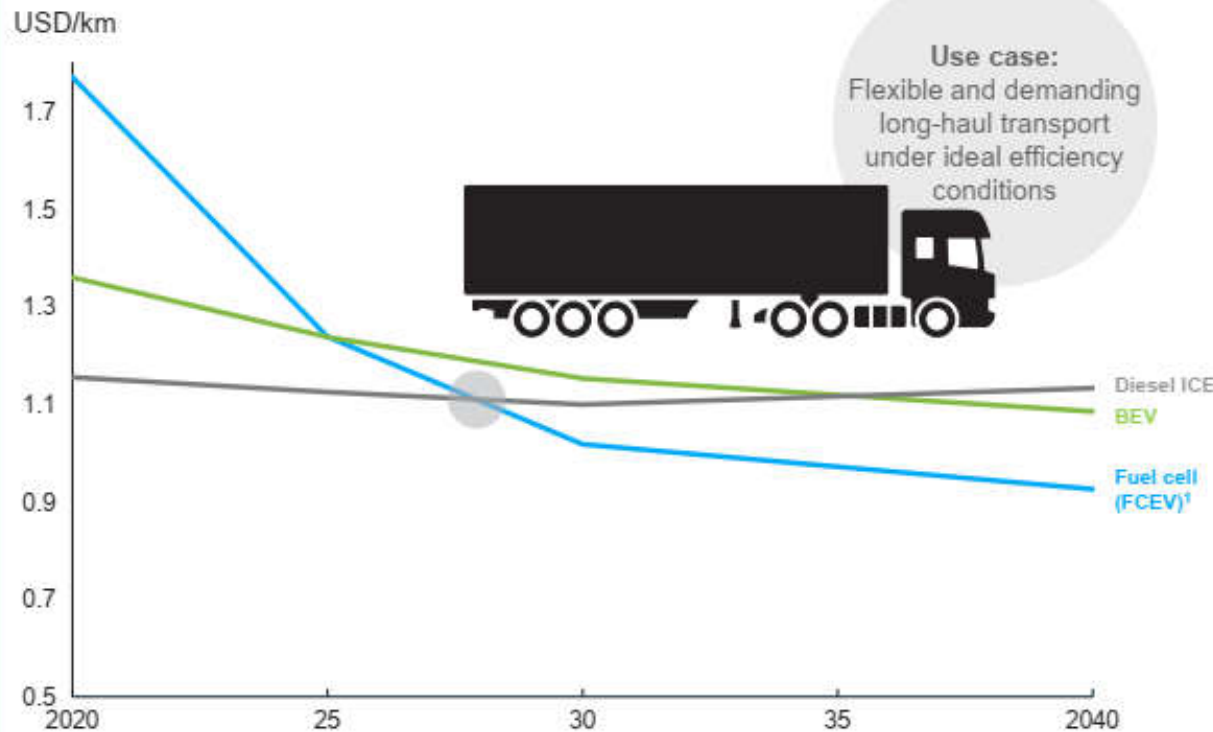




# TOTAL COST OF OWNERSHIP

## KOSTENENTWICKLUNG FÜR LKW

Segmentierung des Verkehrsmarktes<sup>1</sup>



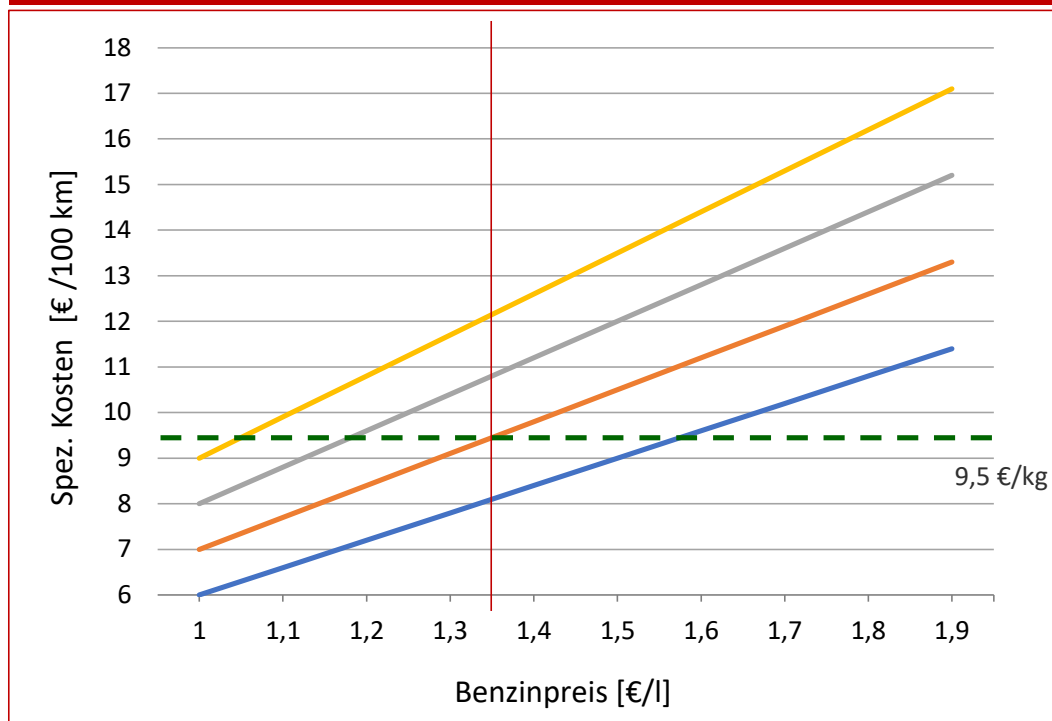
### Annahmen

- » 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



# KRAFTSTOFFKOSTENPARITÄTEN

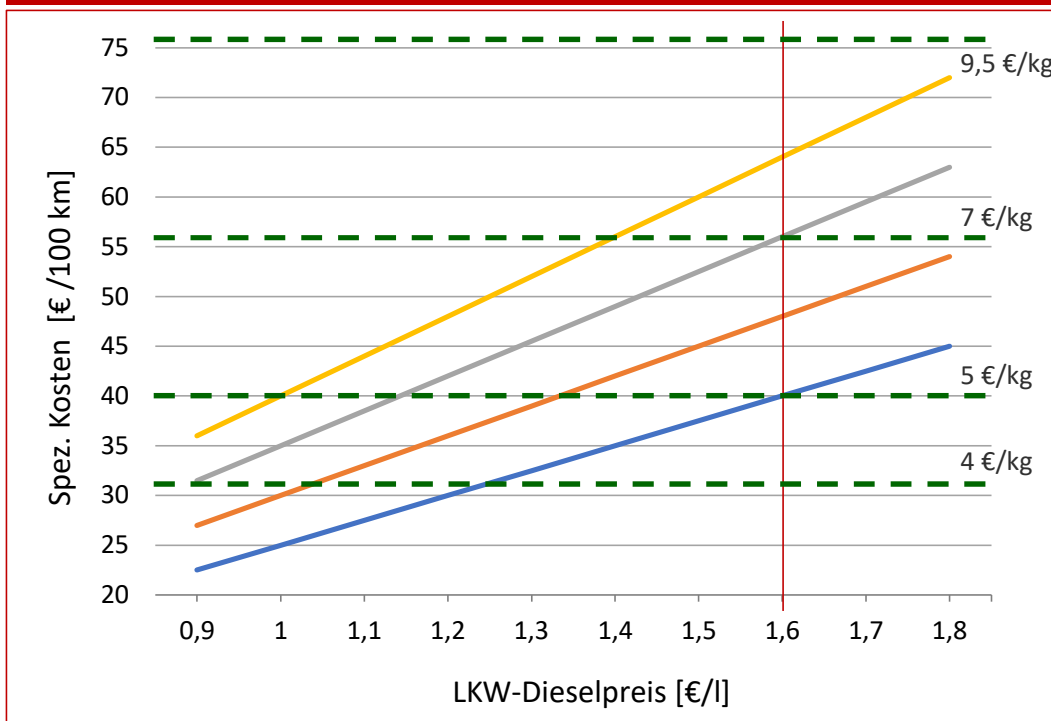
**PKW**



Annahme: 1 kg H<sub>2</sub> /100 km; 7 L/100 km  
 Bei einem H<sub>2</sub>-Preis von 9,5 €/kg erreicht man die Parität bereits bei einem Benzinpreis von 1,35 €/L

■ 6 L/100 km   ■ 7 L/100 km   ■ 8 L/100 km   ■ 9 L/100 km

**LKW**



Annahme: 8 kg H<sub>2</sub> /100 km; 35 L/100 km  
 Bei einem LKW-Dieselpreis von 1,6 €/L erreicht man die Parität bereits bei einem H<sub>2</sub>-Preis von < 7€/kg

■ 25 L/100 km   ■ 30 L/100 km   ■ 35 L/100 km   ■ 40 L/100 km

# SONDERFAHRZEUGE MIT H<sub>2</sub>



Faun Brennstoffzellen-Müllsammler (REX)



200 – 400 km



20 kg + 85 kWh (ca. 8 kg/100 km)



Energiebereitstellung für Antrieb und Presse



7 Fahrzeuge (Hector), erste in 2020



Linde BZ-Gabelstapler



600 g H<sub>2</sub> für 33 h Betriebszeit



< 1 Min. Tanken i. Vgl. zu 15 Min. Batteriewechseln



Indoor-Betankung möglich



ca. 80 H<sub>2</sub>-Stapler im BMW-Werk Leipzig & 3 im Sprinterwerk Düsseldorf



Green Machines: Modell GM 500H2



Eingebauter H<sub>2</sub>-Tank für 8 Stunden Betrieb (700 Bar)



Kartuschensystem mit H<sub>2</sub>-PODs, 1 kg für 3 Stunden Betrieb (350 Bar)



210.000 € (150.000 € für BEV)



3 Prototypen in Amsterdam, Utrecht und Deutschland

# ABSCHLUSSFOLIE



**Dr. Frank Koch**  
Senior Consultant

Tel.: +49 173 724 1853

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

