Osnabrücker Logistik Forum 12. November 2021

CO_2-Reduktion durch alternative Antriebe in der Logistik

Prof. Dr. Lutz Mardorf

Hochschule Osnabrück
Technische Thermodynamik

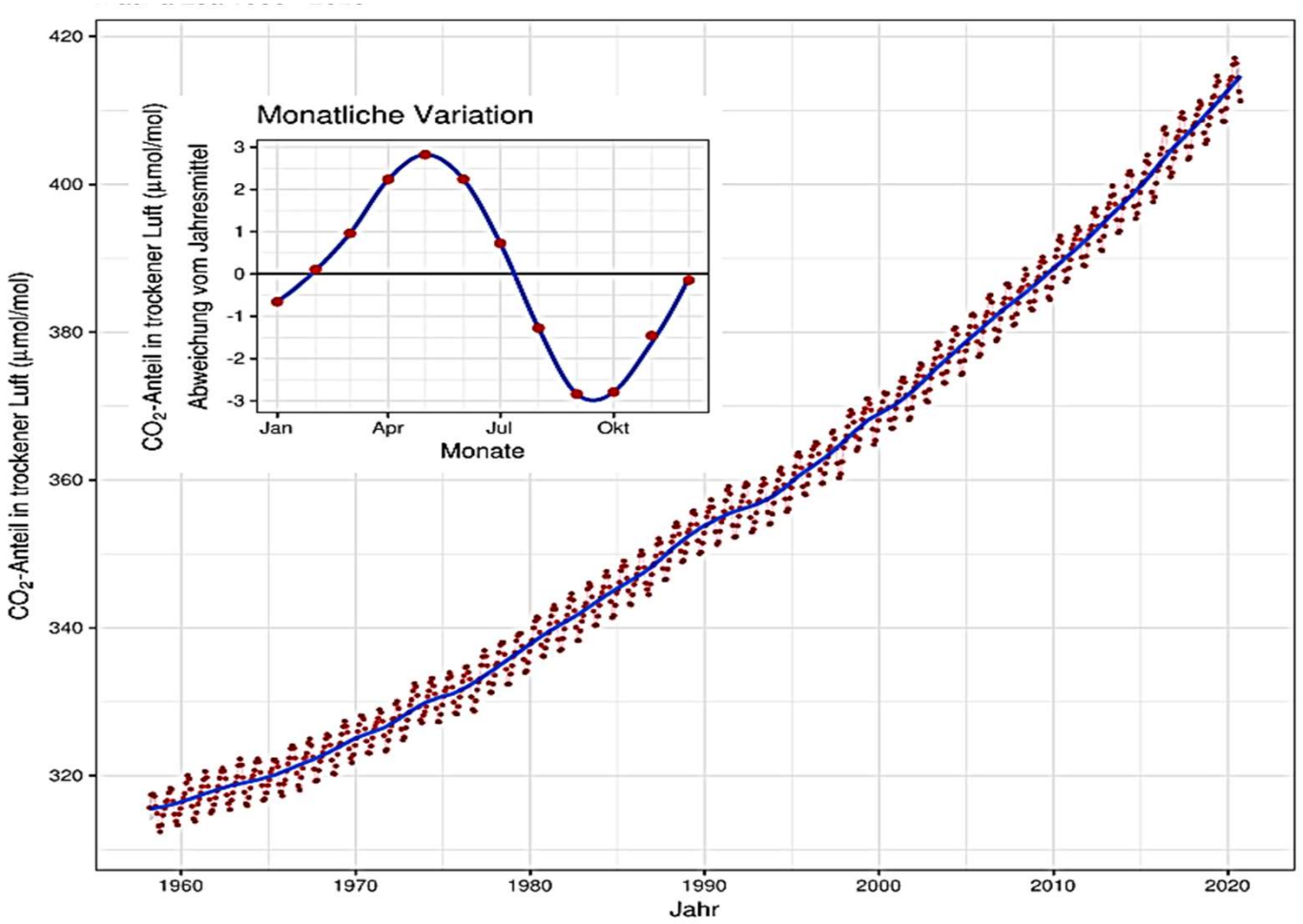
CO_2-Reduktion durch alternative Antriebe in der Logistik

Gliederung

1. Einleitung
2. Anforderung an die Logistik
3. LKWs mit reinem Elektro-Antrieb
4. LKWs mit sog. E-Fuels bzw. synthetischen Kraftstoffen
5. LKWs mit Wasserstoff-Brennstoffzellen
6. Ziele bei der laufenden Entwicklung von modernen LKWs
   - 6.1 Verringerung der CO_2-Emission bei modernen Diesel-LKWs
   - 6.2 Verringerung des Treibhauspotenzials bei LNG-LKWs
7. Fazit

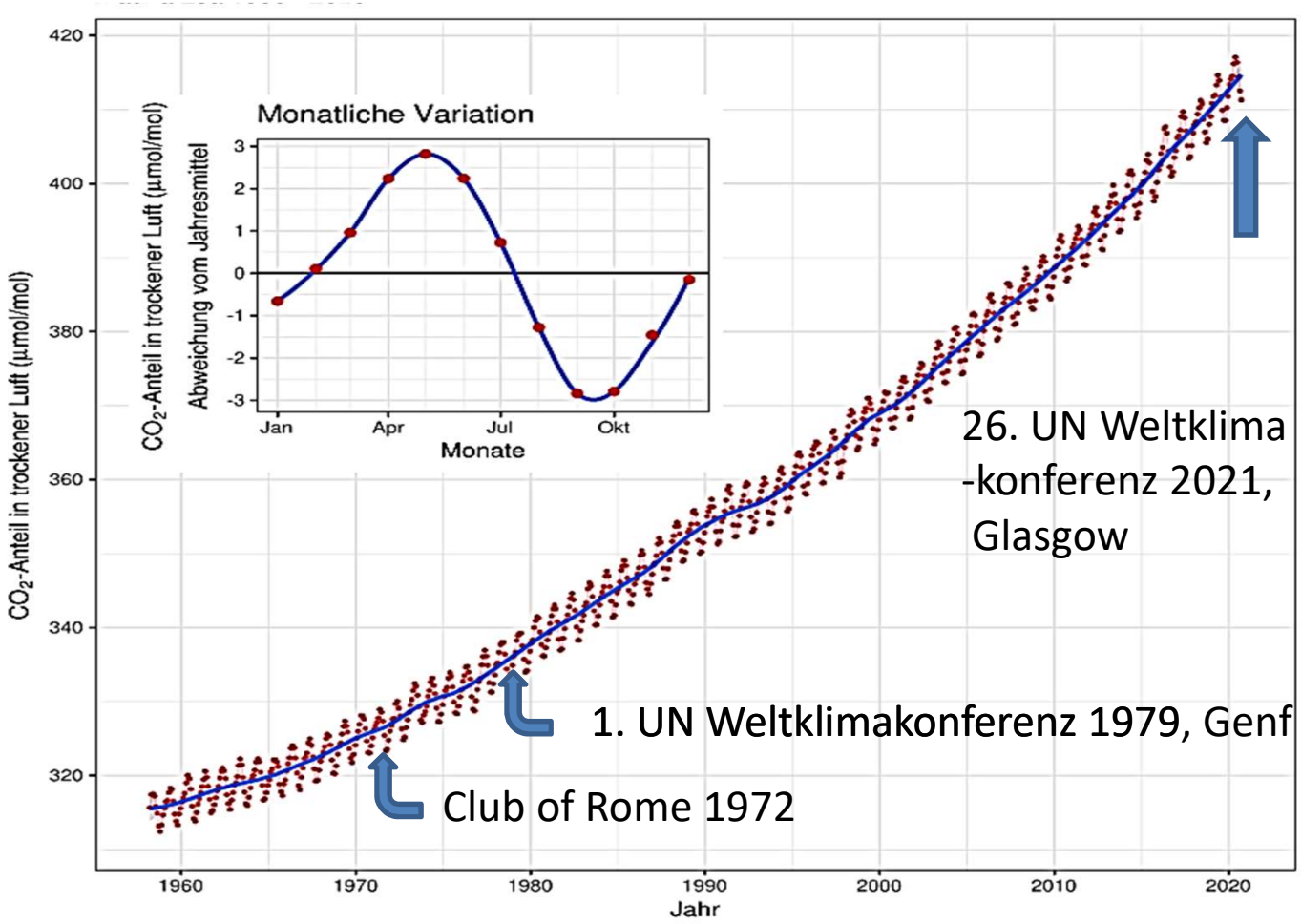
Prof. Dr. Lutz Mardorf Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik

Monatliche durchschnittliche CO_2-Konzentration , Mauna Loa



Quelle: Institution of Oceanography, 2020, San Diego, Messung in ca. 4000 m ü.M.

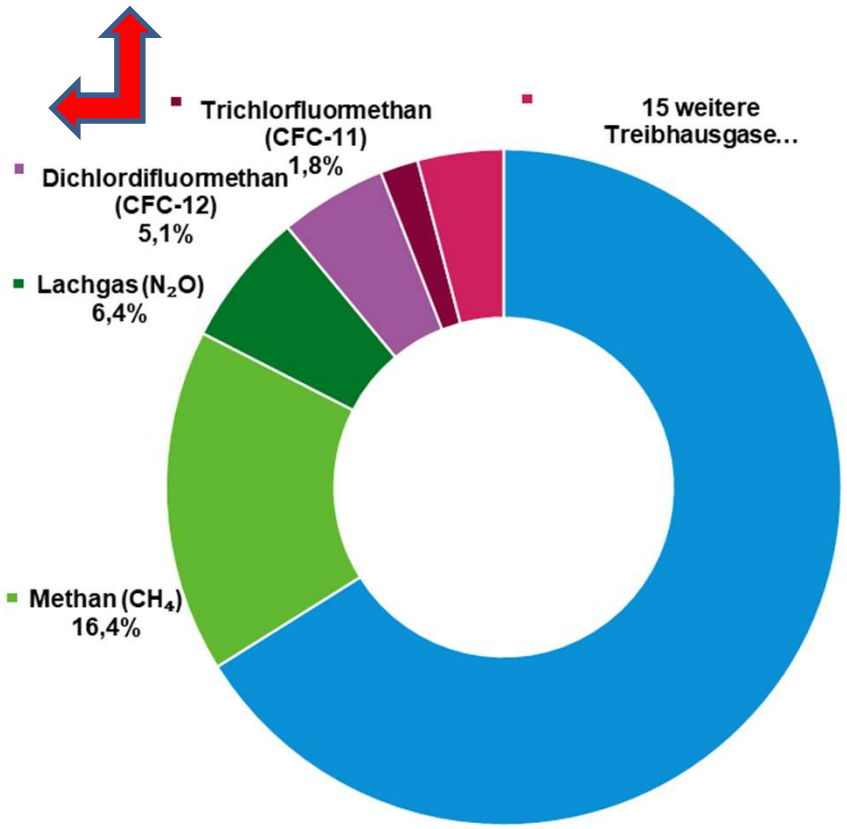
Monatliche durchschnittliche CO_2-Konzentration , Mauna Loa



Quelle: Institution of Oceanography, 2020, San Diego

Beitrag zum Treibhauseffekt

Klimaanlage
Kältemittel



Verbrennung

Oktan als Bestandteil von Benzin:

$2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O + \Delta H$

Decan als Bestandteil von Diesel:

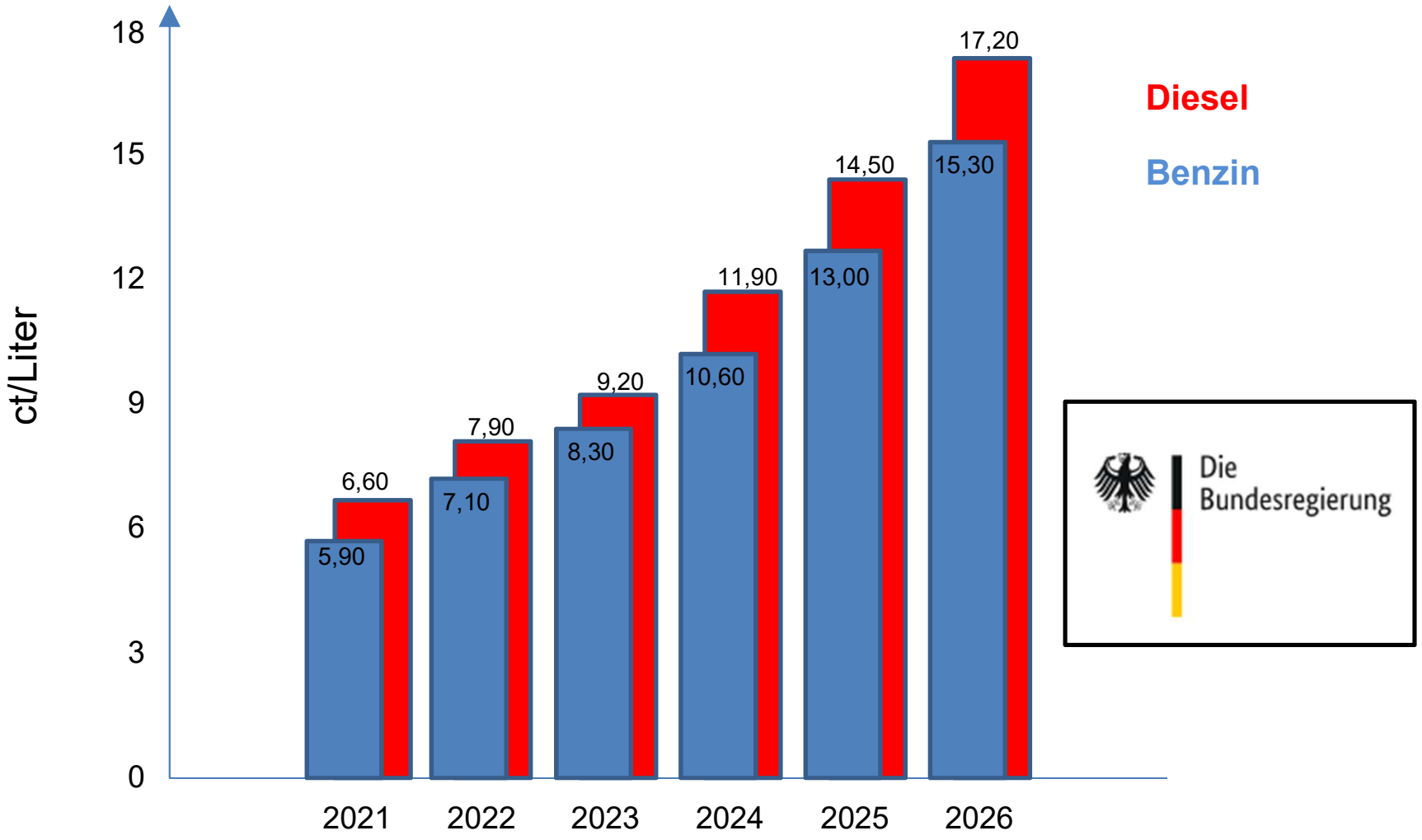
$2\ C_{10}H_{22} + 31\ O_2 \rightarrow 20\ CO_2 + 22\ H_2O + \Delta H$

CO_2

Quelle: NOAA Earth System Research Laboratory, Boulder CO, The NOAA annual greenhouse gas index, 2020

Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

CO_2-Steuer nach Klimaschutzprogramm 2030



Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

EU Regeln bezogen auf CO_2-Emission

Die Infrastruktur- und Benutzungsgebühren
für schwere Nutzfahrzeuge EU-weit soll auf Grundlage
der CO_2 - Emissionen erhoben werden

Zeitvignetten für schwere Nutzfahrzeuge
im transeuropäischen Verkehrsnetz TEN-T
Kernnetz innerhalb von acht Jahren
nach Inkrafttreten der Richtlinie auslaufen

Für Transporter und Kleinbusse gelten ab 2026
abweichende Maut-oder Nutzungsgebühren
basierend auf den von ihnen verursachten
Umweltbelastungen.

EUROPÄISCHE UNION

Anforderungen an die Logistikbranche

Ganzheitliche Klimastrategie entwickeln

Anforderungen geprägt durch steigende Warenmengen

Onlinehandel mit Verteil- und Sortierzentren, Paketdienste

Beitrag zur Reduktion Treibhausgas-Emission

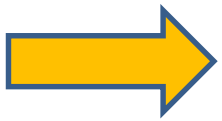
Hub-to-Hub-Transport Produktions- Logistikcenter

finanzielle Auswirkung auf Unternehmen der Logistikbranche

Digitale Beschaffungsprozesse und Optimierung von Einkaufs-Prozesse bewirken **Leistungsschub im Fernverkehr**

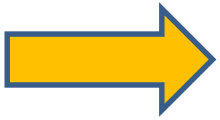
Diskussion der Technologien zur Erfüllung der Anforderungen

Nutzfahrzeugverkehr
kurze und mittlere Strecken



Batterieelektrische Fahrzeuge

Nutzfahrzeugverkehr
Langstrecken und
nutzlastsensible Anwendung



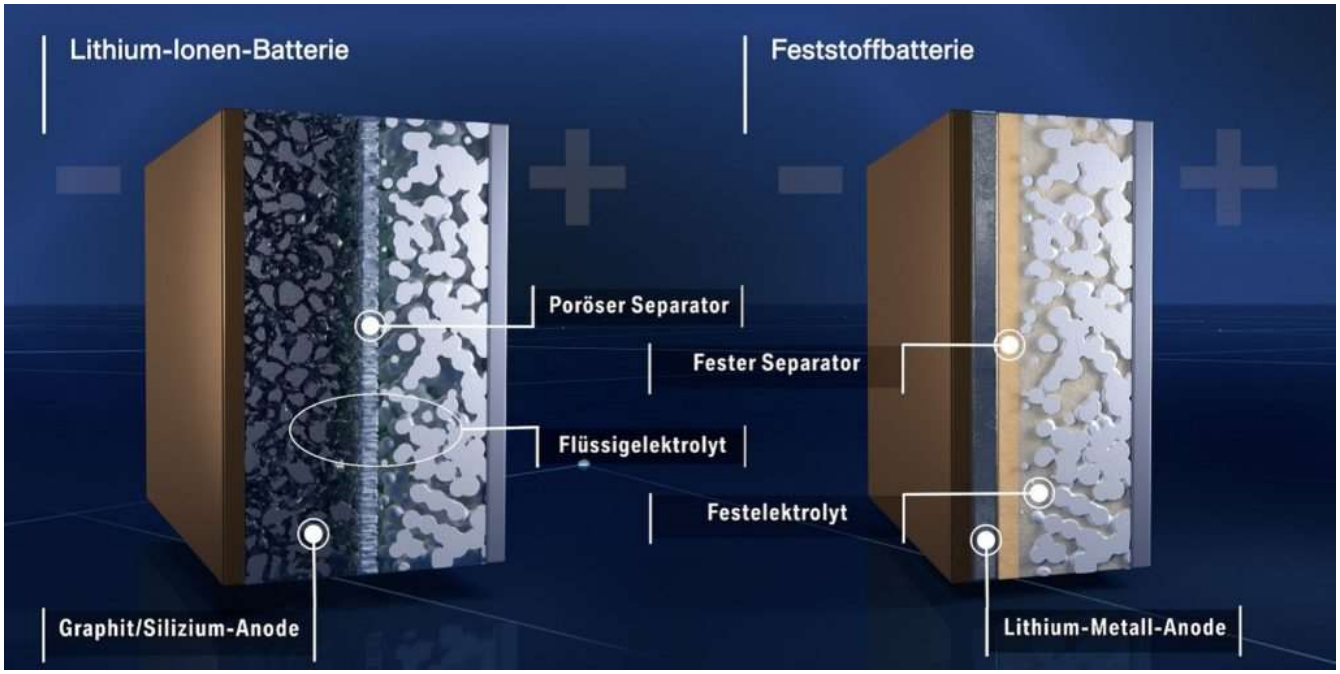
Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge

E-Fuels

Ziele für LKWs mit reinem Elektro-Antrieb

Thermisches Design von
Lithium-Ionen Batteriezellen
für Elektrofahrzeuge
Elektrolyt: die leitende Flüssigkeit

Vereinfachung des Designs von Solid-State
im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien:
weniger Kobolt:
Schnellere Ladezeiten, größere Reichweite



Quelle: BMW

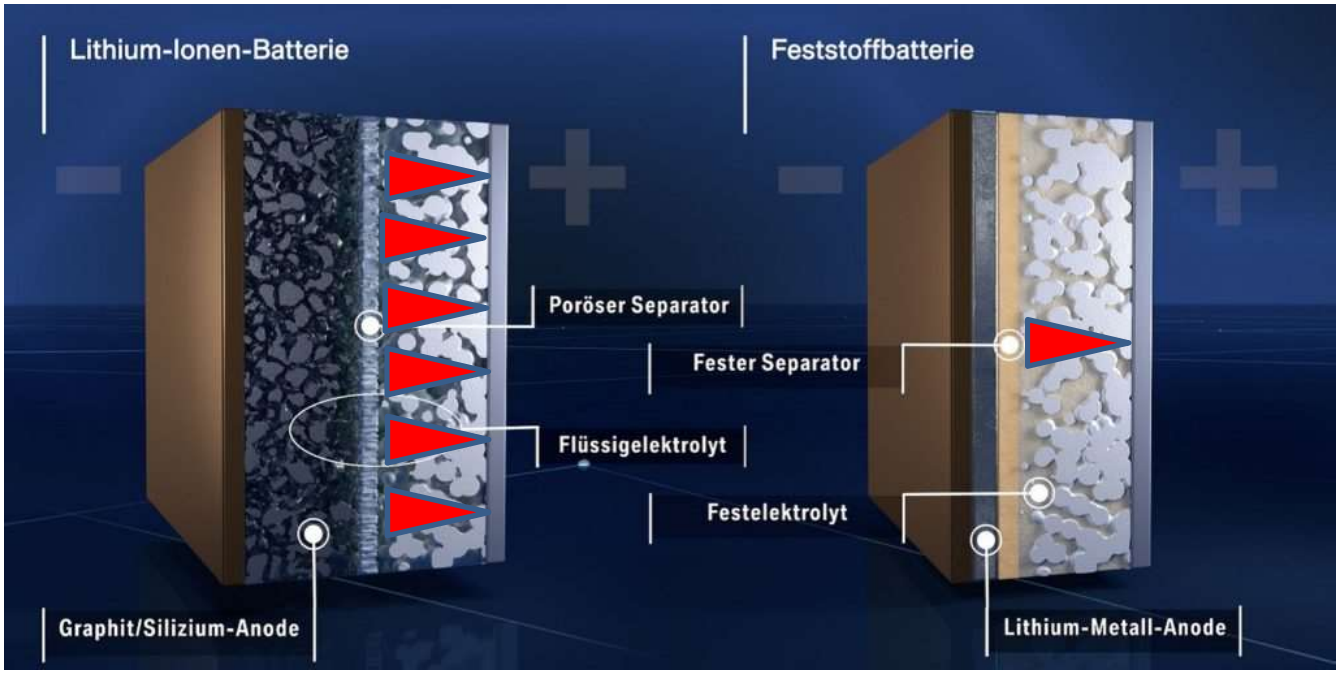
Entwicklungsziele:
Ersatz von Lithium durch Natrium, Magnesium - mit neuen Polymer-oder Graphitelektroden

Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

Ziele für LKWs mit reinem Elektro-Antrieb

Lösung der Brandgefahrprobleme

Dendritenwachstum auf der Elektrodenoberfläche
werden sie zu lang:
Kathodenkontakt > Kurzschluss



Modulbauweise
mit einzelnen
Zellen

Bei Feststoffelektroden
Risiko der Brandgefahr geringer

Quelle: Helmholtz-Institut Ulm (HIU), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Ziele für LKWs mit reinem Elektro-Antrieb

Wie sieht eine europäische Ladeinfrastruktur für Batterie-Lkw aus?

Begrenzte Reichweite erfordert Schnellladungen mit hoher Leistung – bei kurzen Pausen im Fern- oder Regionalverkehr.

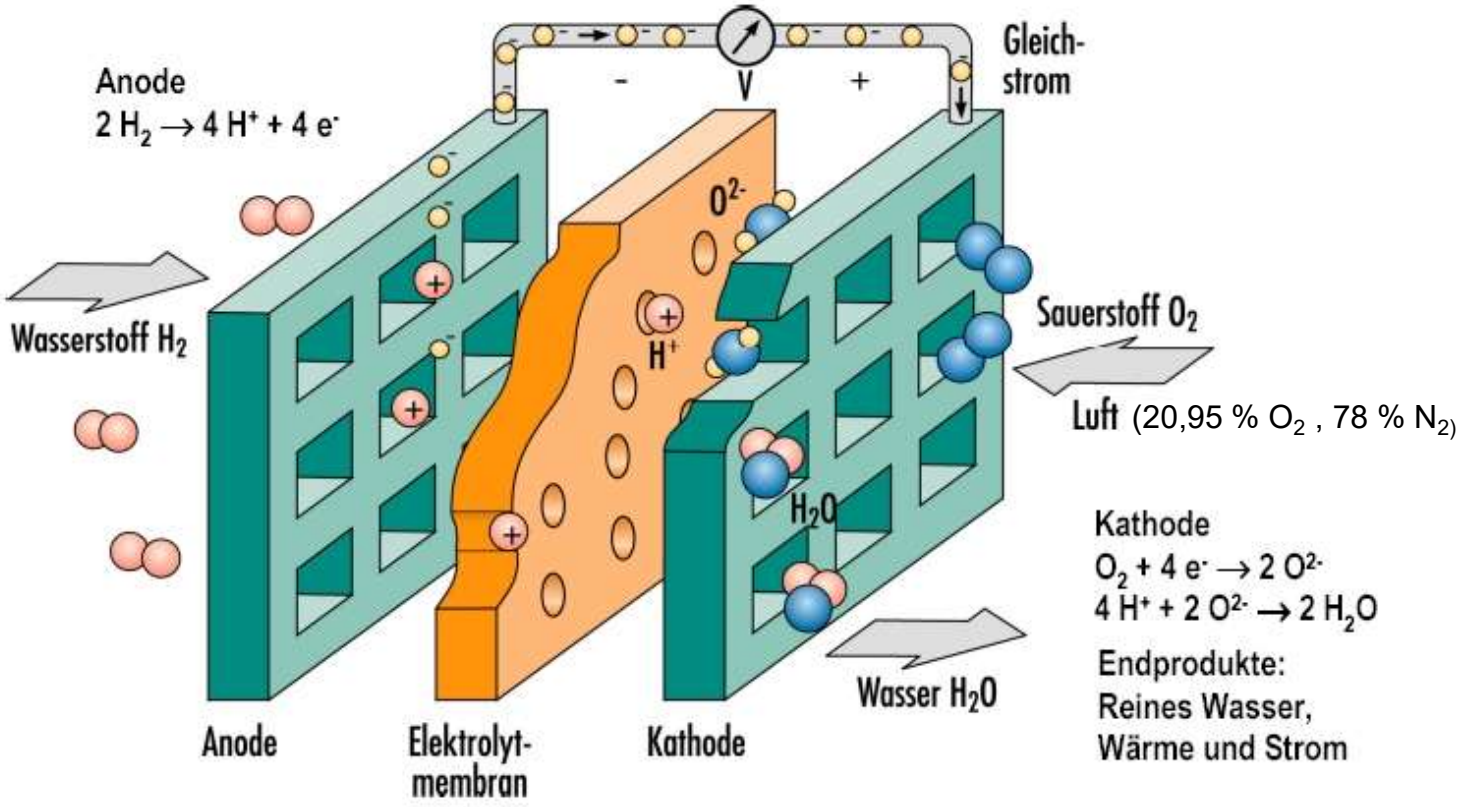
Lkw-Fahrer müssen in der EU nach spätestens 4,5 Stunden Lenkzeit mindestens 45 Minuten Pause einlegen.



- Ladeleistung bis zu 500 kW (Gleichstrom-Ultraschnellladung, DC Ultra-Fast)
- Reichweite mit einer Ladung: bis zu 400 km Reichweite in unter 10 Minuten Ultraschnellladung an großen Straßen und in Innenstädten.
- Ladung mit hoher Stromstärke für große Nutzfahrzeuge.

Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

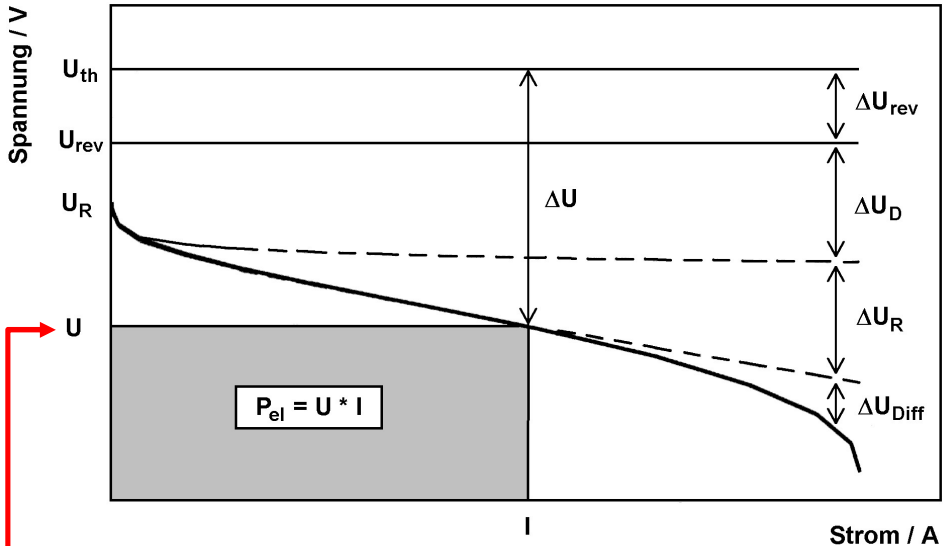
Ziele für LKWs mit Wasserstoff-Brennstoffzellen

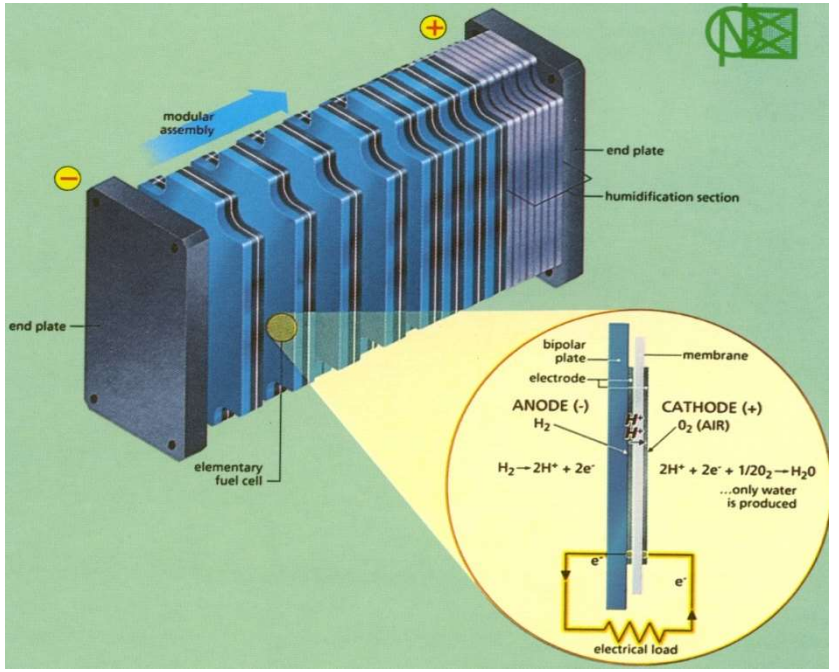


Proton Exchange Membrane Fuel Cell

Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

Ziele für LKWs mit Wasserstoff-Brennstoffzellen





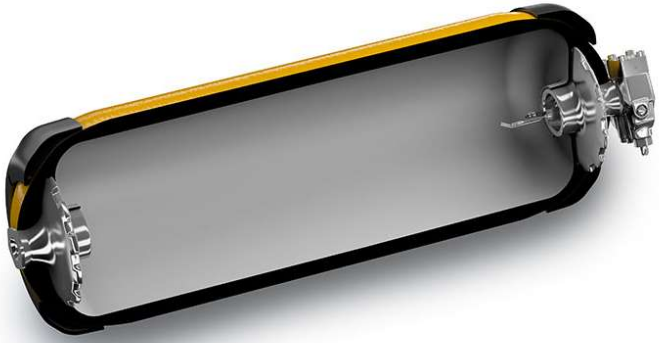
Zellspannung ca. 0,60 bis 0,70 Volt
Gleichstrom

Rund **400 Zellen** ergeben eine elektrische Leistung von **120 kW**

Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

Ziele für LKWs mit Wasserstoff-Brennstoffzellen

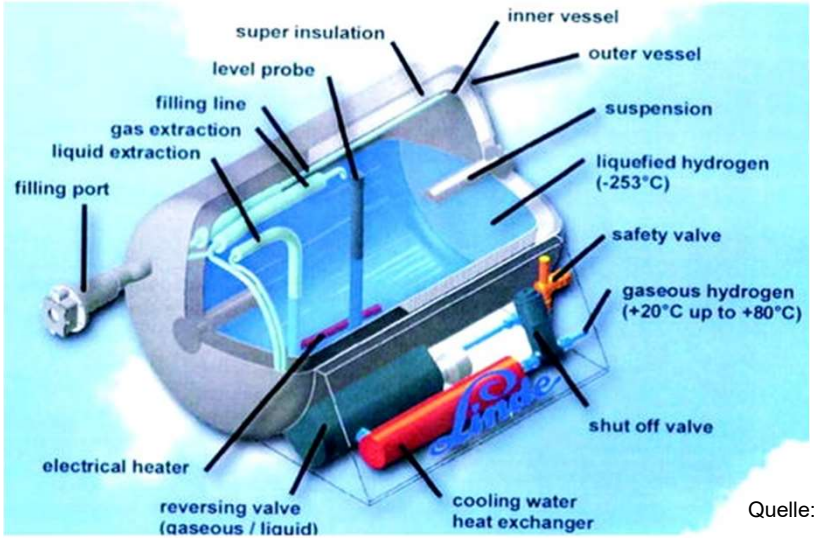
700-bar-**Druckgasspeicher**
LKW der 34-Tonnen-Klasse mit
Tankvolumen von 55 kg Wasserstoff
ca. 640 km Reichweite



Quelle: Leipniz-Institut für Verbundwerkstoffe, Kaiserslautern

LH_2 **Kryotank**:
Wasserstoffspeicherung bei – 253 °C (=20 K)
und niedrigem Druck < 10 bar
Höhere Dichte als Flüssiggas bei 0 °C und 1 bar
Faktor 700
30 % höhere volumetrische Energiedichte
als 700 bar

Holdtime 9 Tage bis zum Boil-off bei 5 bar



Quelle: LindeGas

Ziele für LKWs mit E-Fuels bzw. synthetischen Kraftstoffen

Kohlenstoffhaltige Rohstoffquellen

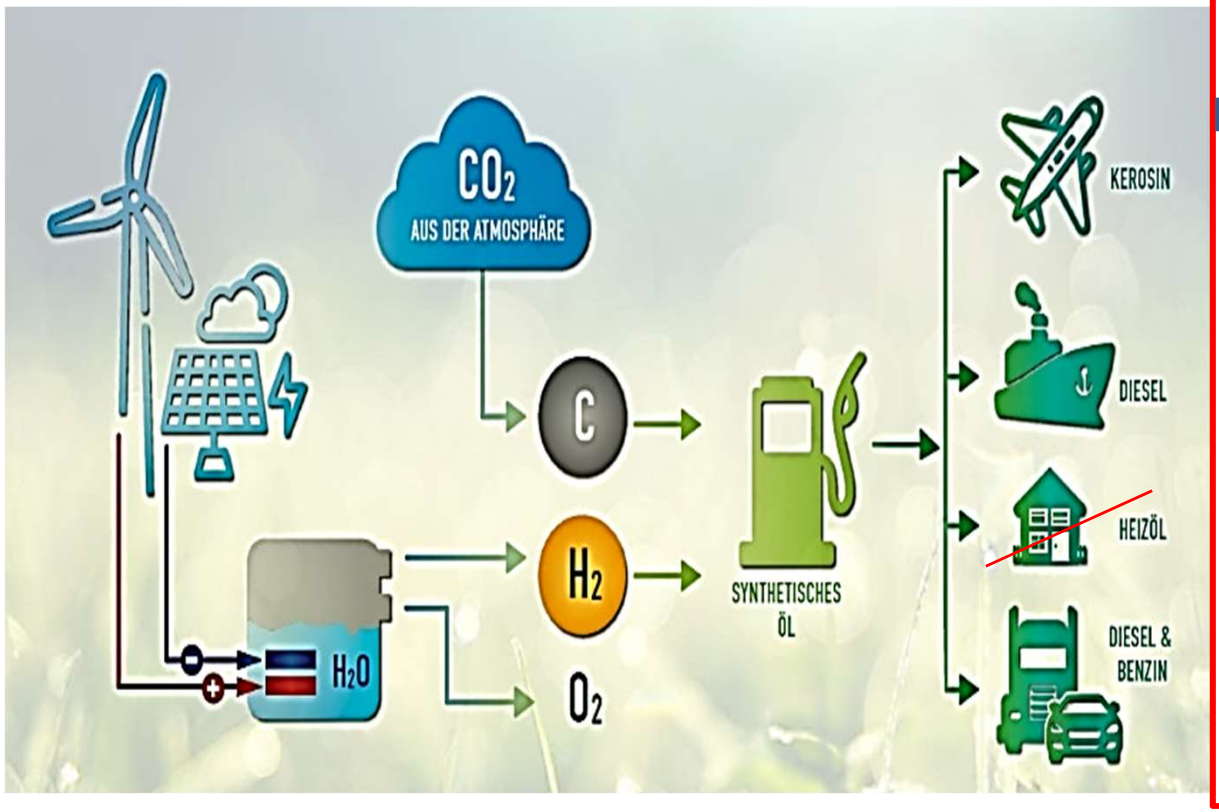
Synthetische Kraftstoffe aus Biomasse mit Kohlenstoffanteil
→ Thermo-Katalytisches-Reforming mit Pyrolyse

Synthetische Kraftstoffe aus CO_2 direkt aus Industrieabgasen
oder aus der **Luft** mit dem Direct Air Capture - DAC Verfahren
Filter mit thermische Verfahren

Nutzung von CO_2 mit regenerativen Wasserstoff als Reaktionspartner

Prof. Dr. Lutz Mardorf **Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik**

Ziele für LKWs mit sog. E-Fuels bzw. synthetischen Kraftstoffen



Regenerativer Strom
für Wasserstoff-Elektrolyse
→ H_2 und O_2

CO_2 als Abfallprodukt
oder aus Luft extrahiert

Flüssiges synthetisches Öl
Lagerbar

bei der Herstellung
von E-Fuels
hohe Wirkungsverluste

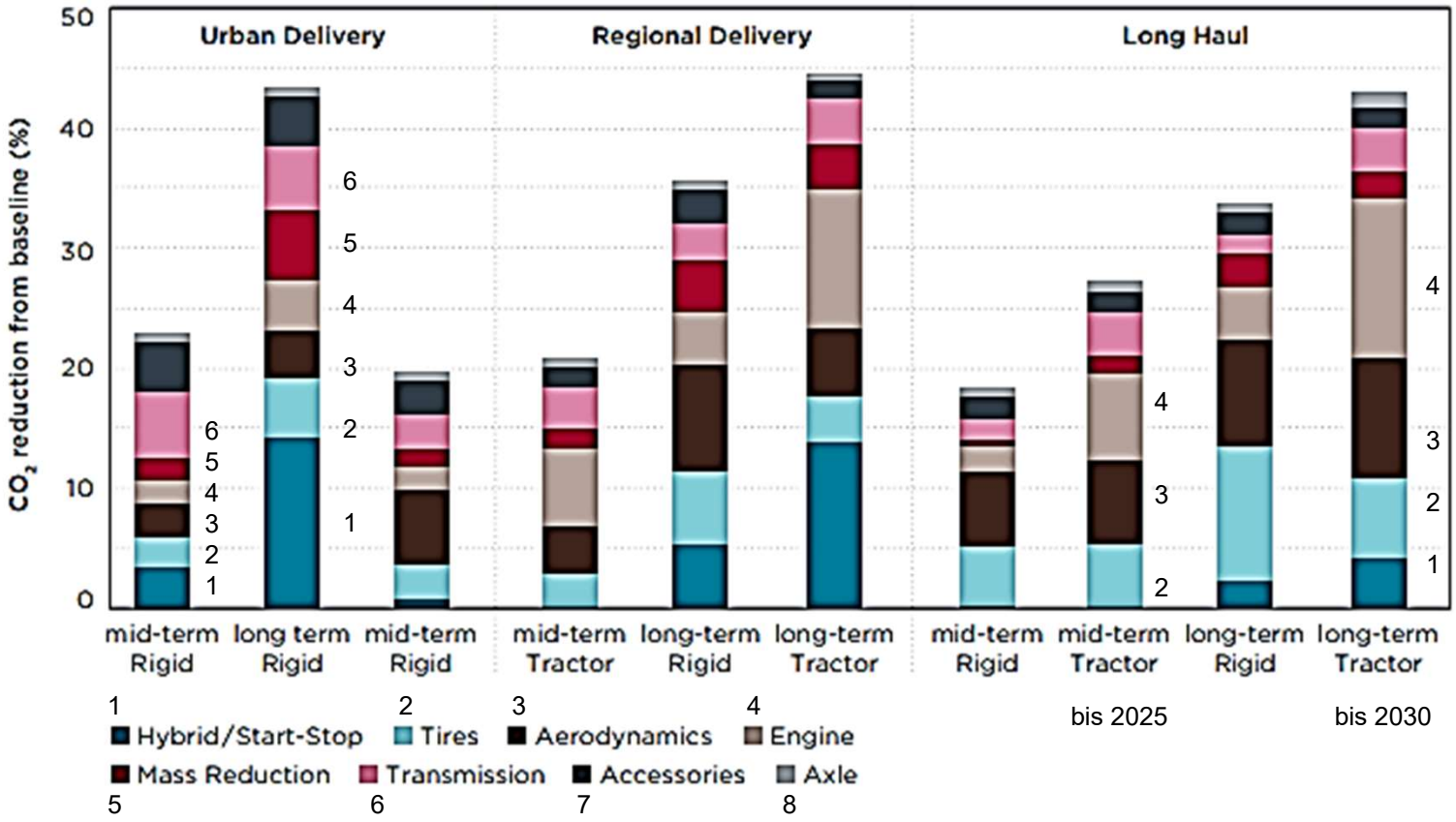
Anwendung in optimierten
Verbrennungsmotoren

»Fischer-Tropsch-Verfahren« flüssige Kraftstoffe aus Synthesegasen

Quelle: Fraunhofer-Institut für Mikrostrukturen von Werkstoffen und Systemen, IMWS Halle(Saale)

Ziele bei der laufenden Entwicklung von modernen LKWs

Verringerung der CO_2-Emission bei Diesel-LKWs

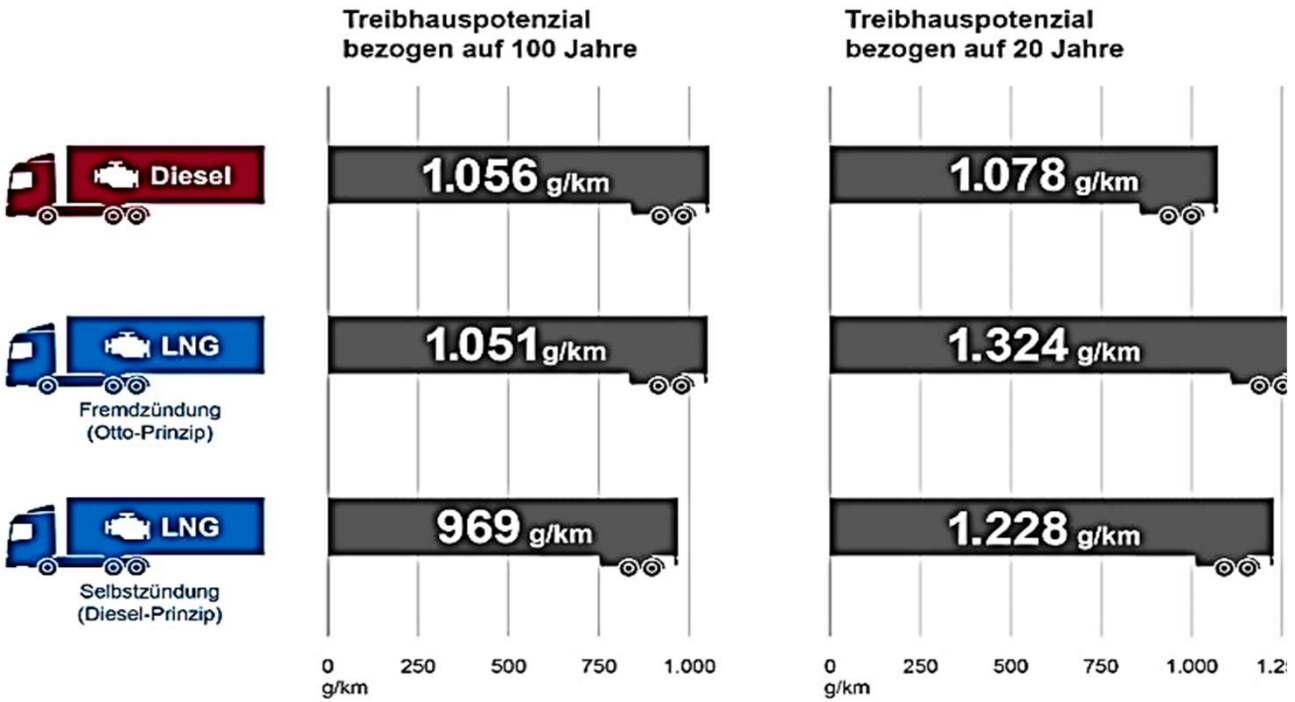


Quelle: International Council on Clean Transportation Europe, Berlin

Stand 2017: Reduktion des Kraftstoffverbrauchs von knapp 33 Litern auf 24 Liter pro 100 Kilometer

Ziele bei der laufenden Entwicklung von modernen LKWs

Verringerung des Treibhauspotenzials bei Liquefied Natural Gas (LNG)-LKW



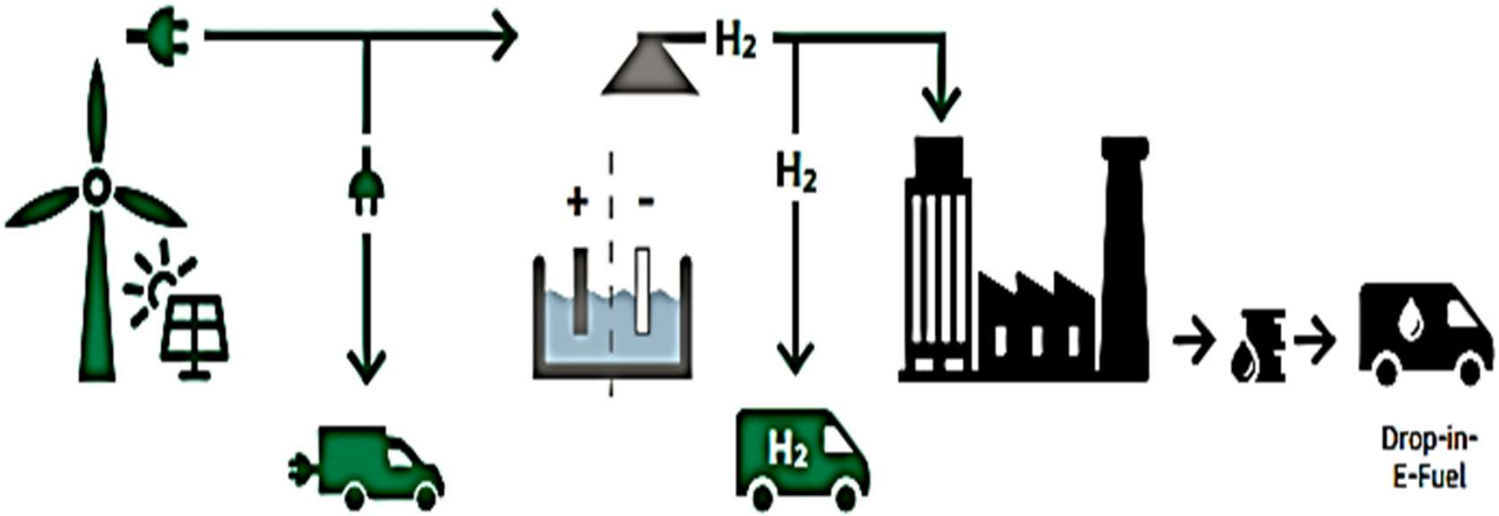
Unter Berücksichtigung von Methan als Beitrag zum Treibhauseffekt

Quelle: Öko-Institut, Freiburg, International Council on Clean Transportation Europe, Berlin, 2020

Fazit

Diesel-Kraftstoff oder…..

Ökostrom oder **Wasserstoff** oder **Power-to-Liquid**



Batterie **Brennstoffzelle** **Drop-in-E-Fuels**

Quelle: Deutsche Post DHL Group, Bonn

Fazit

Durchsetzbarkeit

eher eine Frage der zeitnahen wirtschaftlichen Rentabilität unter den gegebenen Umweltauflagen

als eine Frage der zeitlich verfügbaren Technologien

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Lutz Mardorf Hochschule Osnabrück – Technische Thermodynamik