

Fachtagung: „Alternative Antriebe für Bus und Bahn -
Wie gestaltet der Nahverkehr die Energiewende?“

Die Clean Vehicle Directive und wie weiter?

Dresden, 08. Juni 2023

Dr. Jan Werner



ACCUMULATOR TRIEBWAGEN

mit
AFA Accumulatoren

bewährt seit **25** *Jahren*

Entwicklung des Fahrbereichs	45 km.	1900
der im Betrieb befindlichen	60 km.	1906
Wagen:	100 km.	1909
	130 km.	1911
	180 km.	1913
	300 km.	1924

400 km. Höchstleistung bei einer Versuchsfahrt (22.10.24)

ACCUMULATOREN-FABRIK AKTIENGESELLSCHAFT

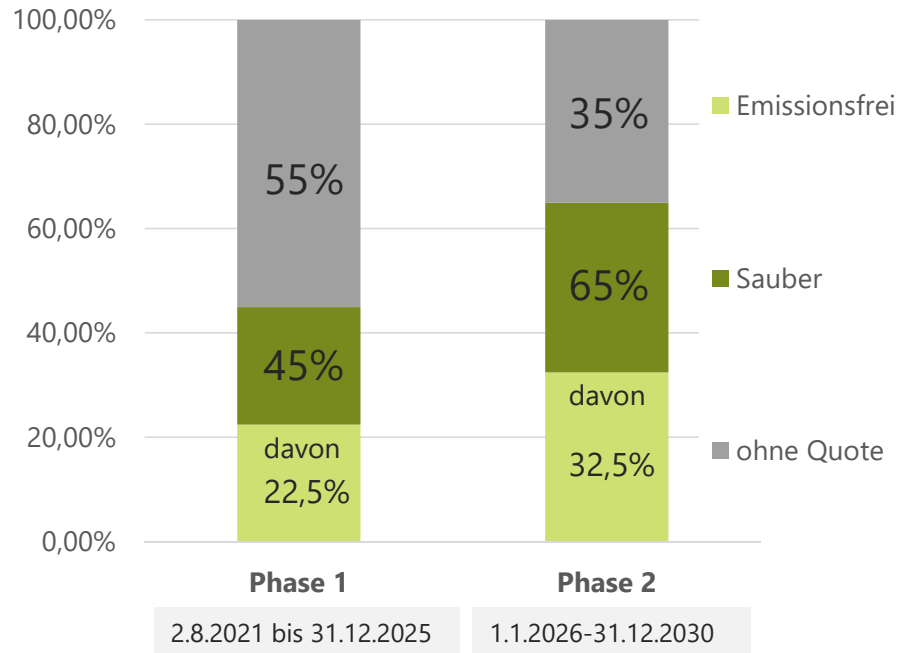
BERLIN SW11 HAGEN i/W. OBERSCHÖNEWEIDE



DIE CLEAN VEHICLE DIRECTIVE

Zur Erinnerung: Ziele und Quoten der Clean Vehicle Directive (CVD)

Mindestquoten bei Beschaffung (CVD)



Saubere Fahrzeuge
= Busse mit alternativen Kraftstoffen und geringen Auspuffemissionen (Detail vgl. Art. 4 Nr. 4 CVD).

Emissionsfreie Fahrzeuge
= Busse ohne Emissionen oder weniger als 1g CO₂/kWh am Auspuff (vgl. Art. 4 Nr. 5 CVD)

Ziele der CVD

- Verbesserung der Energie- und Umweltbilanz des Kraftfahrzeugverkehrs

Mittel der CVD im ÖPNV

- Erhöhung des Anteils von Fahrzeugen mit geringen oder keinen Emissionen bei Stadtbusbeschaffungen
- Markteinführung sauberer und energieeffizienter Fahrzeuge beschleunigen
- Skaleneffekte bei Technik Produktion und Kosten

Quelle: Richtlinie (EU) 2019/1161 des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 (CVD)

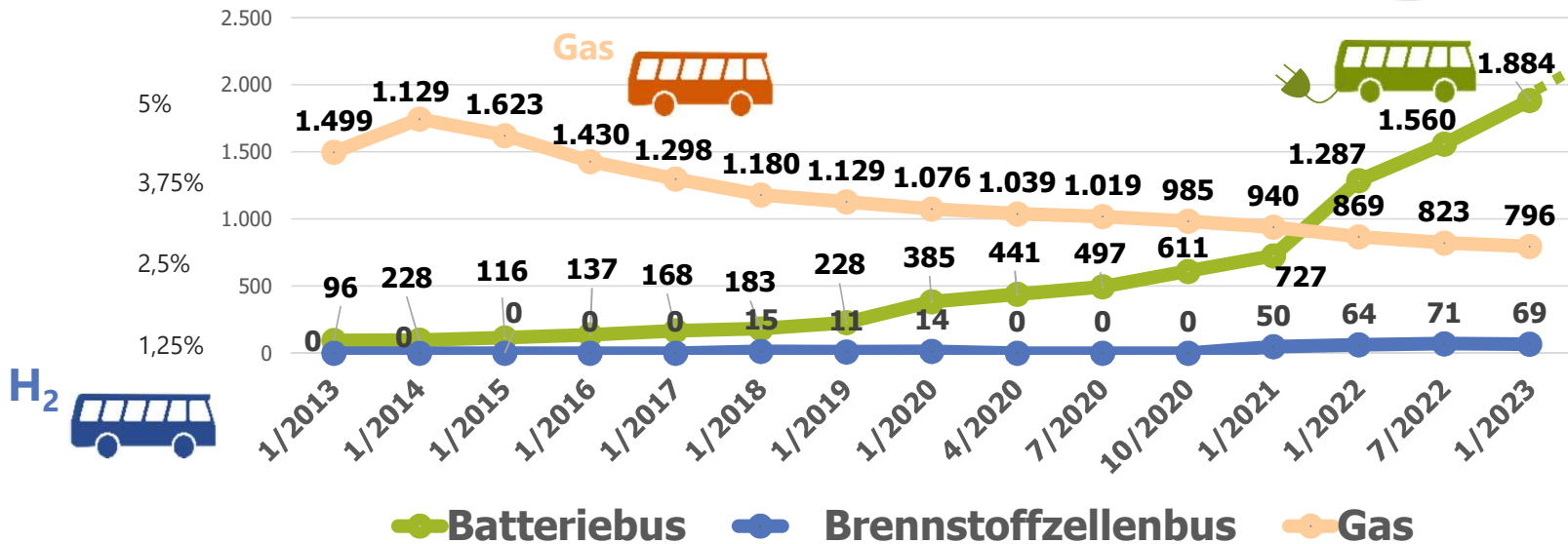


DIE CLEAN VEHICLE DIRECTIVE

Bestandsaufnahme zur bisherigen Wirkung

Entwicklung Anzahl „sauberer Busse“

100 % = ca. 40.000 Linienbusse im ÖPNV in Deutschland



1/2023
emissionsfrei
5%

zzgl.
Förderung bis
2025/26
13%

Gefördert (bis 2025/26):
 +2.800 Batteriebusse
 +50 Batterie-Obusse
 +480 Brennstoffzellen
 = 3.330 emissionsfreie Busse
 +140 Gasbusse
 = 3.470 saubere Busse
 Förderbescheide BMDV, 4/2023

Die Werte entsprechen dem Bestand der zum genannten Zeitpunkt beim KBA registrierten Kraftomnibusse (inkl. Reisebusse). Busse mit emissionsfreien Antrieben sind fast ausschließlich ÖPNV-Linienbusse. Batteriebusse enthalten auch Batterie-Oberleitungsbusse

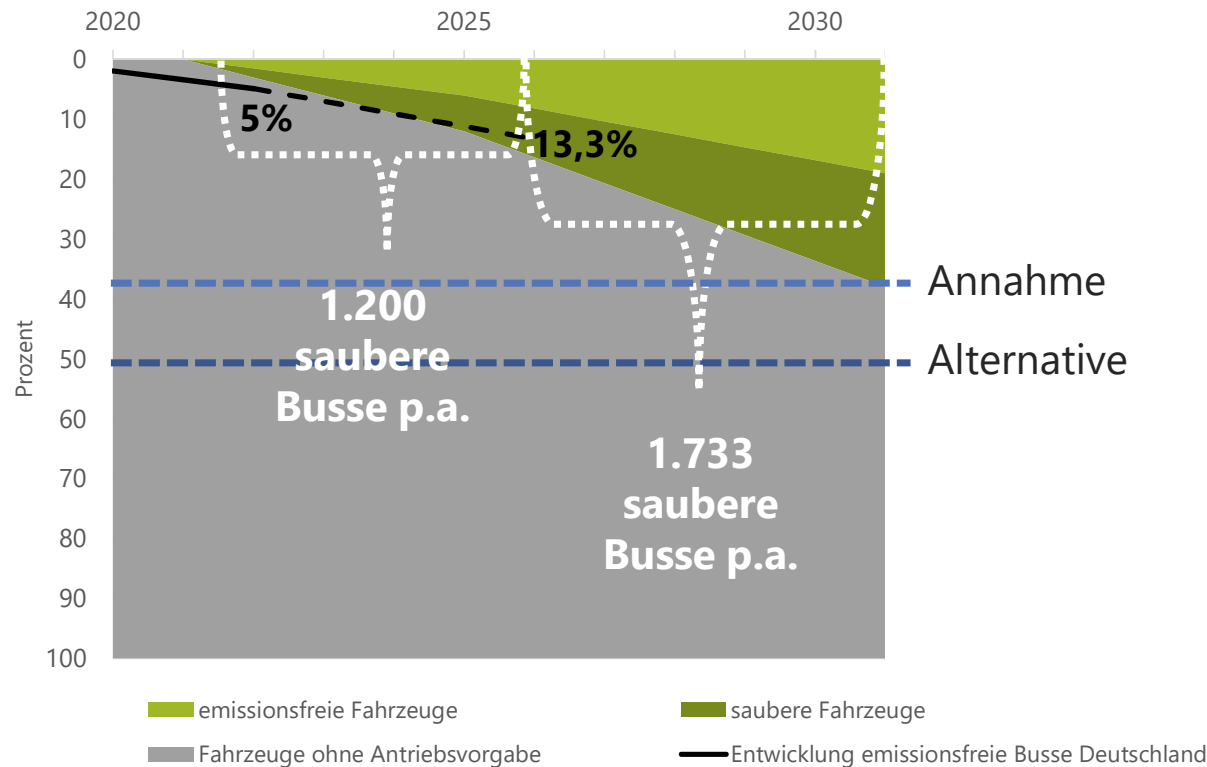
Quelle: Eigene Darstellung aus Daten vom KBA, Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, Jahre 2014-2022



DIE CLEAN VEHICLE DIRECTIVE

Annahmen zur Wirkung bis 2030

Bestands sauberer und emissionsfreier Busse bei Erfüllung CVD



Quelle: Eigene Darstellung aus Daten vom KBA

Erläuterung

- Pflichten CVD gelten bis 2031
- Jährlich zu beschaffende Busse
 - > **1.200** in Phase 1 (2023-2025)
 - > **1.700** in Phase 2 (2026-2030)

Annahme

- Ø Nutzungsdauer Dieselbusse 15 Jahre
- 7% Erneuerungsquote pro Jahr
- in 2030 gutes Drittel saubere Linienbusse

Alternative

- Ø Nutzungsdauer Dieselbusse 10 Jahre
- 10% Erneuerungsquote → mehr Fz p.a.
- in 2030 die Hälfte saubere Linienbusse

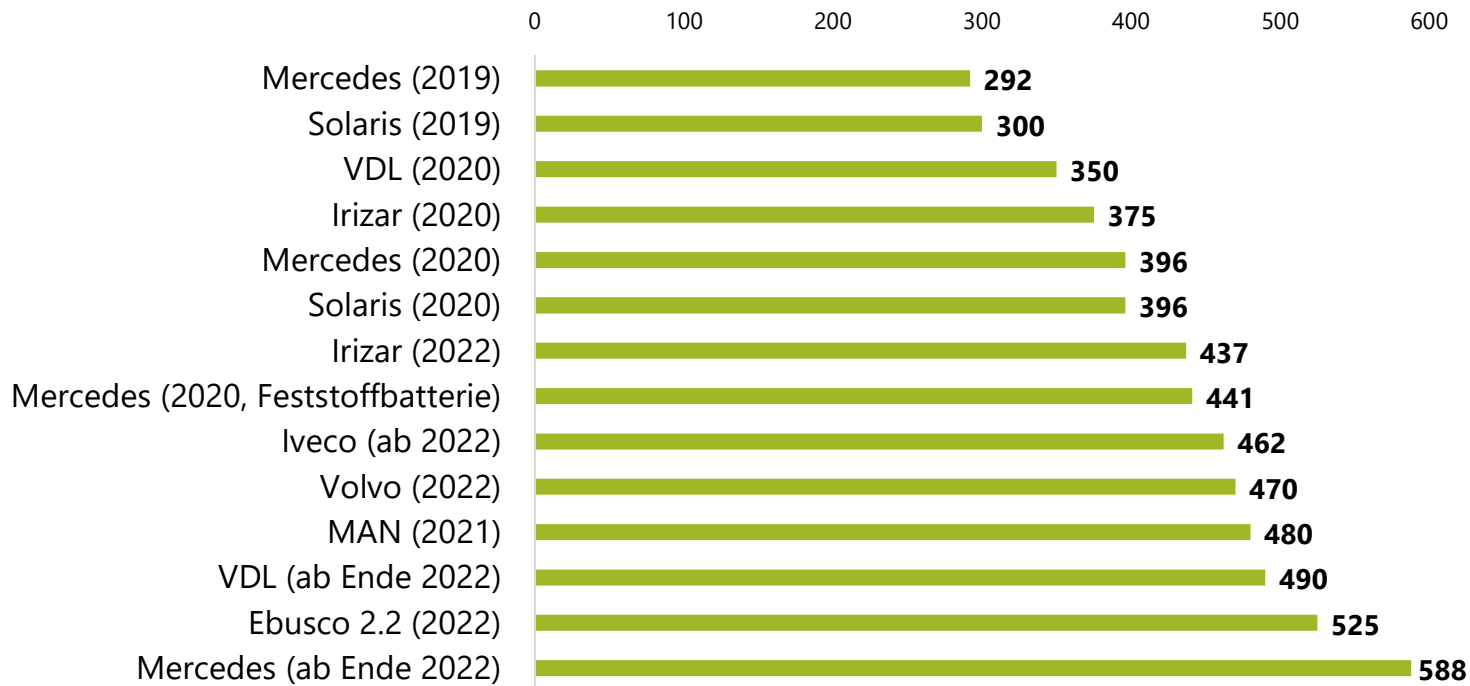
Frage → Investition in saubere oder in lokal emissionsfreie Fahrzeuge?



CVD: BESTANDAUFNAHME ZUR WIRKUNG

Batteriebusse: 2019 → 2023 Trend zu steigender Batteriekapazität und Reichweite

Maximale Batteriekapazitäten für Standardbusse ausgewählter europäischer Fahrzeughersteller in kWh



Quelle Grafik: Eigene Darstellung

Wie weiter? +20% Energiedichte bis Horizont 2028 laut Batterieherstellern

Reichweitengarantie

(Stadtverkehr, abhängig insb. von Heizkonzept)

Stand 2019/2020:
130-150 km

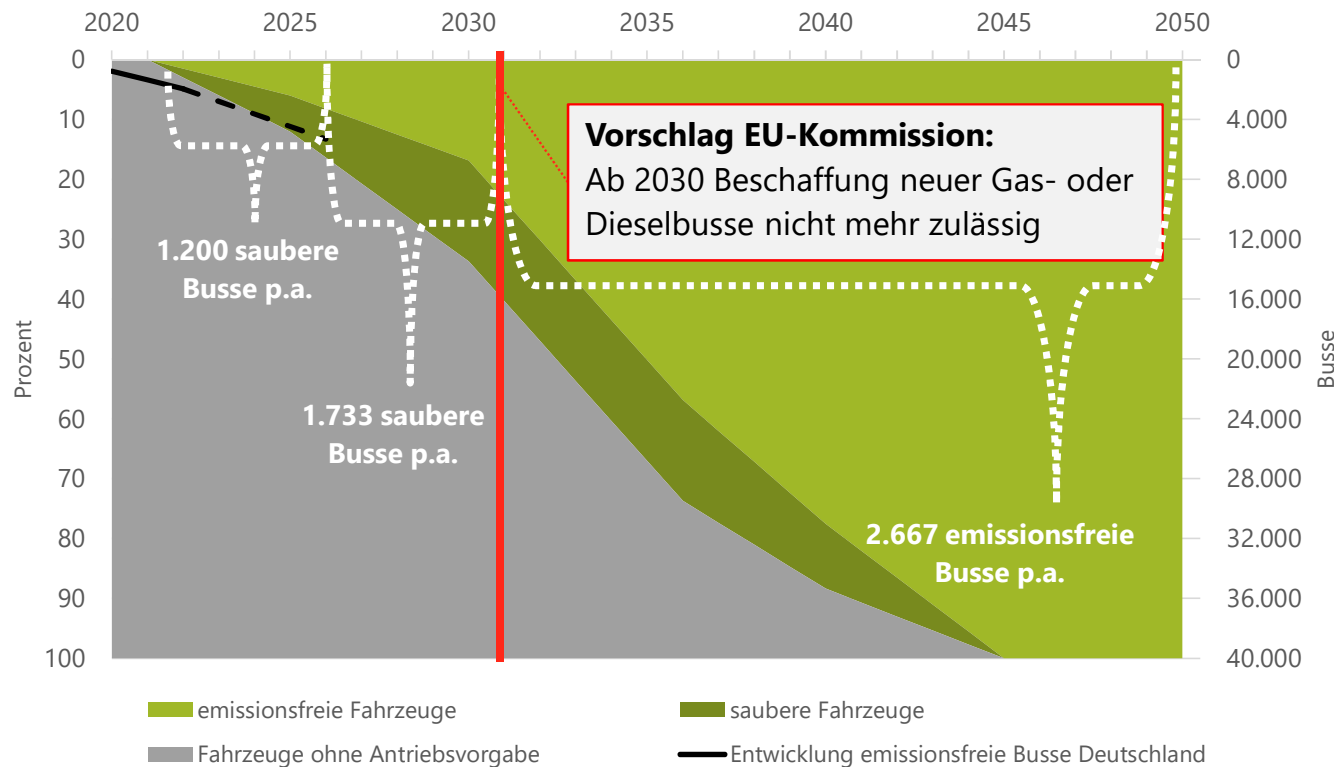
~ Verdoppelung

Aktuell/2023:
250-300 km



DIE CLEAN VEHICLE DIRECTIVE

Wie weiter nach 2030?



Quelle Grafik: Eigene Darstellung aus Daten vom KBA

Quelle EU-Kommission: Vorschlag vom 14.02.2023 https://germany.representation.ec.europa.eu/news/kommissions-vorschlag-neue-co2-standards-fur-lkw-emissionsfreie-stadtbusse-ab-2030-2023-02-14_de (Abruf 14.05.2023)

Vorschlag EU-Kommission

Kontext Paket *Fit für 55*: Beschaffung neuer Stadtbusse ab 2030 nur noch emissionsfrei

Klimaschutzgesetz Deutschland:

- Deutschland bis 2045 klimaneutral
- Erfordert ebenfalls Ausstieg ca. 2030

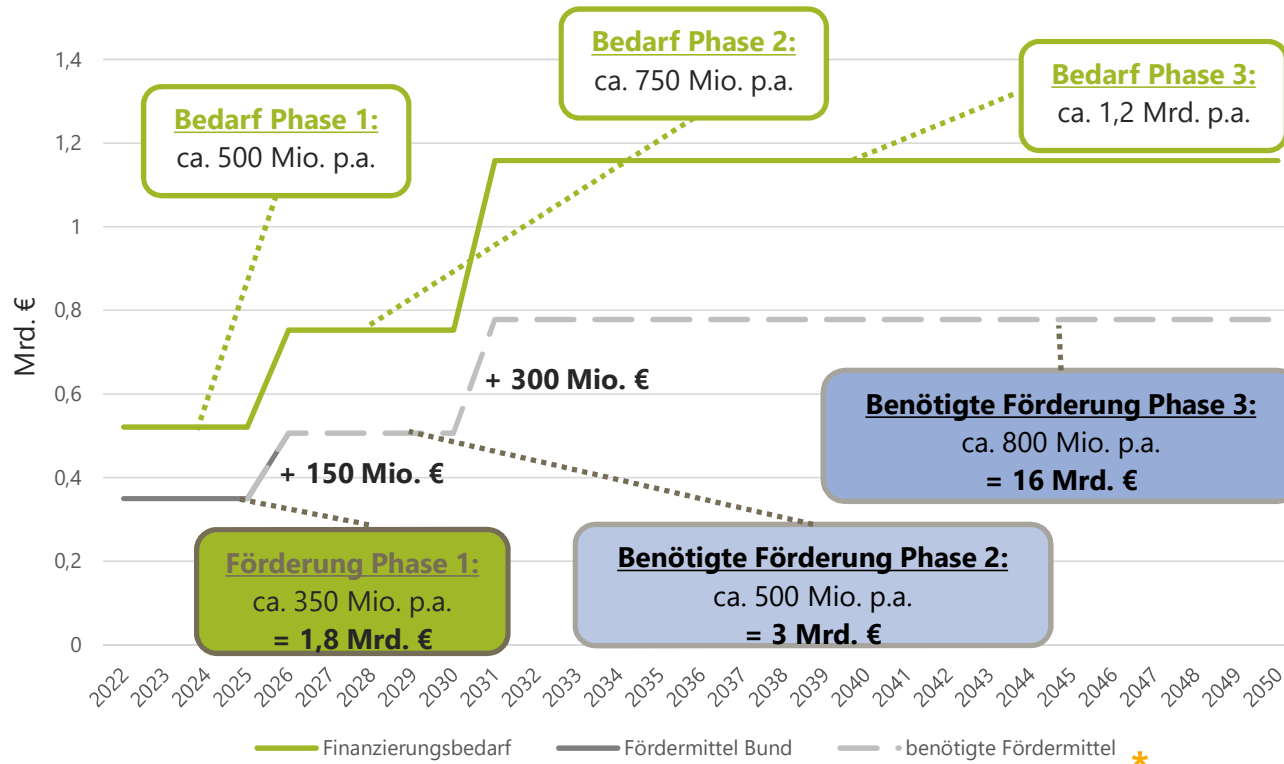
Konsequenzen:

- ➔ Investition in Zwischenlösung (z.B. Gas) in 2023 nicht (mehr) rentabel
- ➔ Fokussierung auf lokal emissionsfreie Busse (Batterie- oder Wasserstoff-elektrisch)
- ➔ Geschwindigkeit und Zeitpunkte Flottenaustausch abhängig von Restnutzungsdauer Bestandsflotte und Zeitbedarf für Aufbau Ladeinfrastruktur
- ➔ Optimierung durch Analyse



CVD: FINANZIERUNGSBEDARF (PREISSTAND 2023)

Finanzierung einer vollständig emissionsfreien Busflotte in Deutschland (E-Busse)



Finanzierungsbedarf

- Investitionen in Fahrzeugflotte, Werkstätten und Ladeinfrastruktur weit höher als bei Fortführung Dieselbus
- Kommunen wohl überfordert

Mehrkosten E-Bus zu Dieselbus

- Mehrkosten Solobus: ca. 300.000 €
- Mehrkosten Gelenkbus: 400.000 €
- Ladeinfrastruktur: 100.000 € pro Bus
- Hohe zus. Investitionen für Werkstätte und Neubau von Betriebshöfen ggf. nötig!
- Neue Anforderungen z.B. Lademgmt. nötig

Fördermöglichkeiten/Erlöse/Vorteile

- Bundesförderung – ca. 1,75 Mrd. € bis 2025 (deutlich überzeichnet)
- Erlöse aus THG-Quotenhandel (§ 37a BImSchG)
- Geringere Betriebskosten möglich (Strompreis)

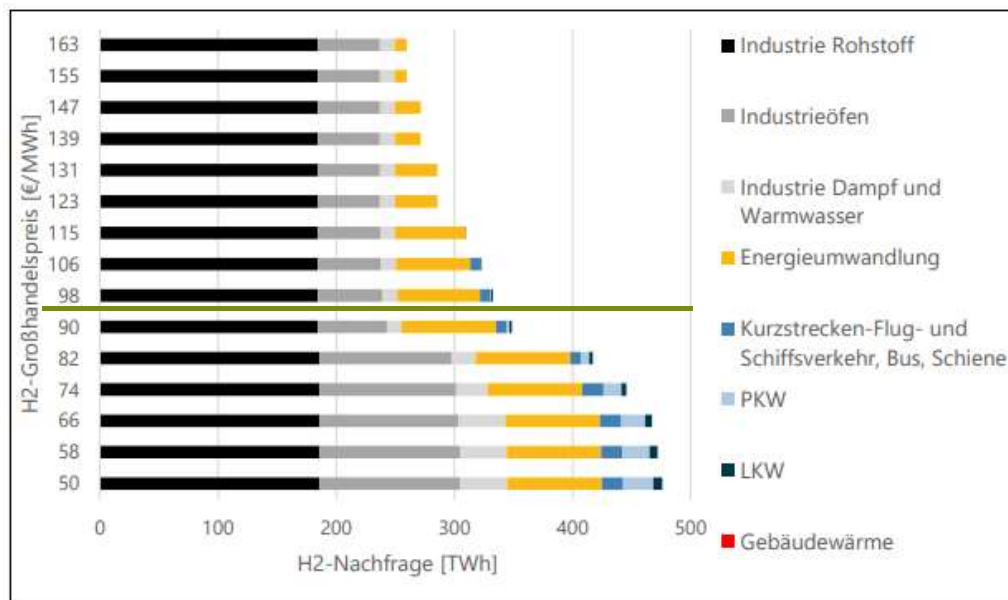
Quelle:
Eigene Darstellung

* Annahme: der Bedarf wird wie in der aktuellen Phase zu 67% durch Bundesmittel gedeckt
 ** Bei 100% emissionsfreien Bussen

CVD: NACHFRAGE UND PREISENTWICKLUNG WASSERSTOFF

Brennstoffzellen bei Bahn und Bus – Marktpreisprognosen als Hemmnis

Preisabhängige Wasserstoffnachfrage 2045 in D



Hinweis: die Studie geht davon aus, dass der internationale Flug- und Schiffsverkehr synthetische Kraftstoffe von ca. 209 TWh nachfragt, die allerdings durch biogene Quellen gedeckt werden.

Quelle: Fraunhofer ISI: https://www.hypat.de/hypat-wAssets/docs/new/publikationen/HyPAT_Working-Paper-01_2023_Preiselastische-Nachfrage.pdf , 11. Mai 2023

Marktpreisabhängigkeiten für Wasserstoff

- Wasserstoff ist für bestimmte Anwendungen alternativlos (u.a. Stahlsektor, Grundstoffchemie) und wird weitgehend preisunelastisch nachgefragt (2045 ca. 250 TWh).
- Wahlfreie Wasserstoff-Nachfrager (Energieumwandlung, Kurzstreckenflüge, Binnenschiffe, Bus, Schiene), werden diesen nur nutzen, wenn er per Saldo günstiger ist, als die Alternativen (z. B. Elektrifizierung/Elektrizität).
- Eine aktuelle Studie zeigt, dass **Preise unter 90 €/MWh** in 2045 weltweit nur an wenigen Standorten realisierbar sein werden. Es ist strukturell mit höheren Preisen zu rechnen. Da Nachfrage erst mit der Umstellung ab 2030 steigt, sind Phasen niedrigerer Preise vorab denkbar.

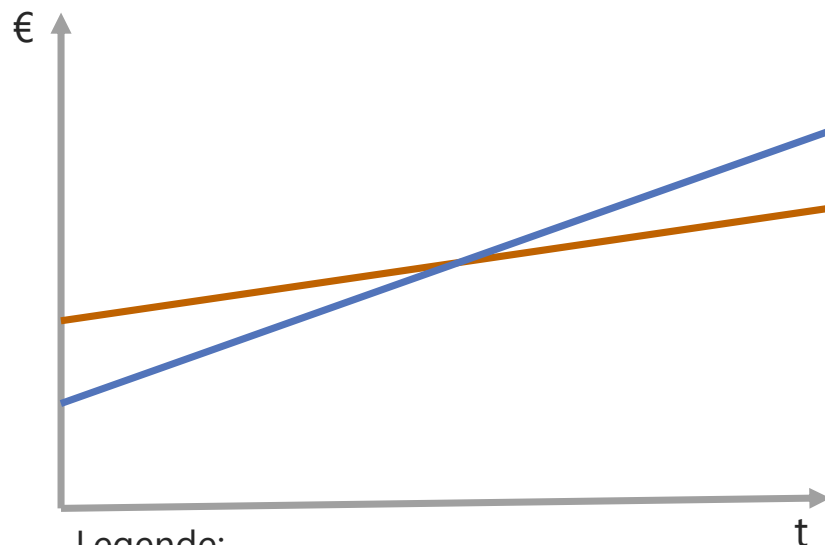
➔ Für ÖPNV auf Schiene und Straße ist fraglich, ob Wasserstoff eine wirtschaftliche Alternative zur Elektrifizierung darstellt.



TECHNOLOGIEN: LCC-KOSTEN IM EISENBAHNVERKEHR

Wasserstoff-Elektrisch und Batterie-Elektrisch in LCC-Konkurrenz (außerhalb CVD)

Veranschaulichung Lebenskostenanalyse



Legende:

Batterie-elektrische Triebwagen (**BEMU**)

Wasserstoff-elektrische Triebwagen (**HEMU**)

Nicht dargestellt: Elektrische Züge (EMU) ohne Akku

Quelle: Eigene Darstellung

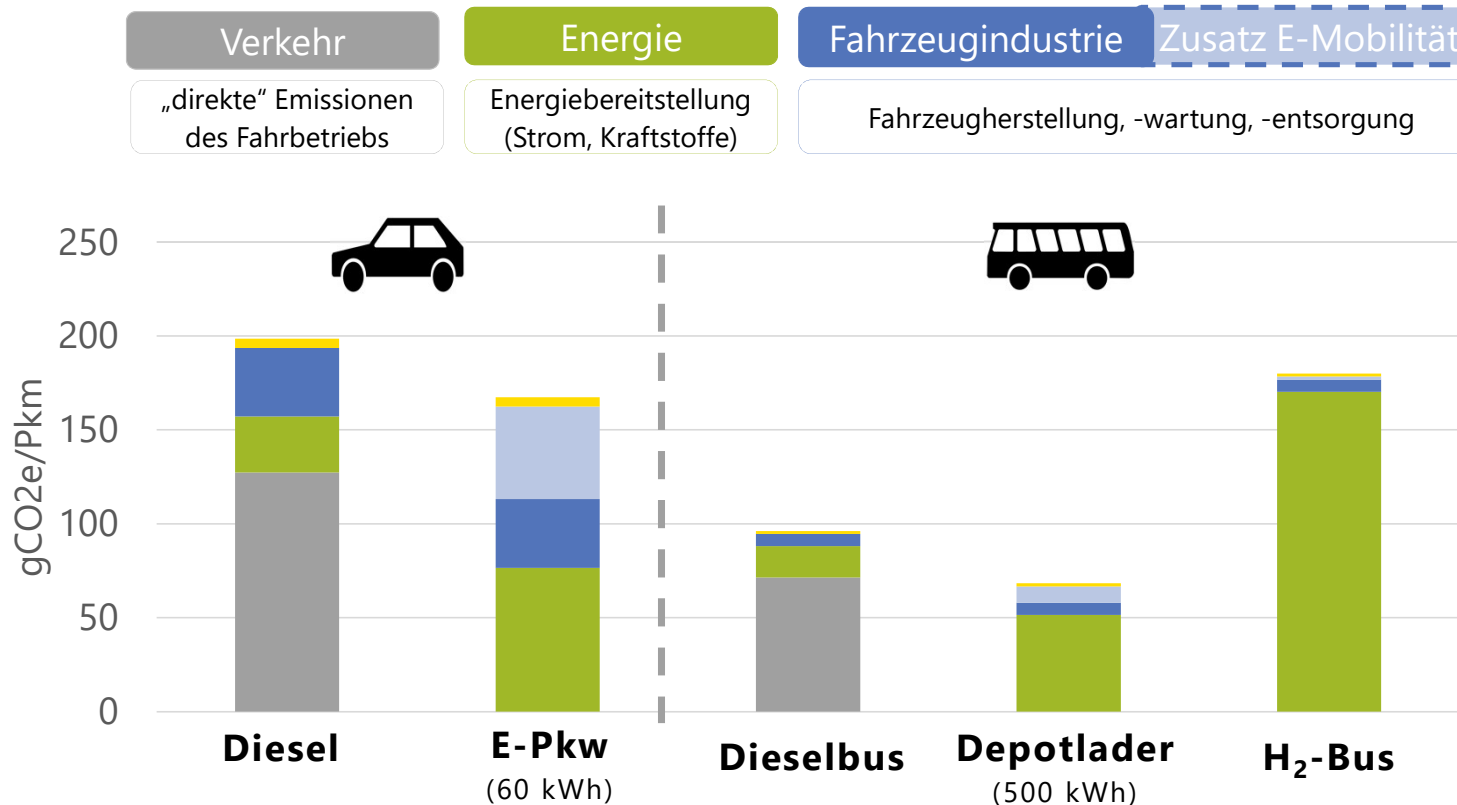
Projektkalkulation mit Prognosen erforderlich

- LCC-Analyse mit langfristigen Preisannahmen
 - ➔ Projektbezogener Investitionsbedarf
 - ➔ Projektbezogene Laufleistungen
 - ➔ Risiken der Kostenentwicklung (Szenarien)
- Treiber von AHK und Kapitalkosten (AfA + Zinsen)
 - ➔ Fahrzeuge generell und als „Ladereserve“
 - ➔ Ladeinfrastruktur/Oberleitung
 - ➔ Speicherkapazitäten
 - ➔ Zinsentwicklung
- Treiber der Verbrauchskosten
 - ➔ Instandhaltung
 - ➔ Treibenergie + Transportkosten/Netzentgelte



TECHNOLOGIEN: KLIMANUTZEN

Heute: Klimabilanz Busantriebe nach aktuellem Stand (Bund, 2017)



ÖPNV mit Bussen im Durchschnitt klimafreundlicher als der Pkw-Verkehr

Klimaeffizienz bei Bussen hängt stark von der Antriebstechnologie und -energie ab

Eckdaten 2017:

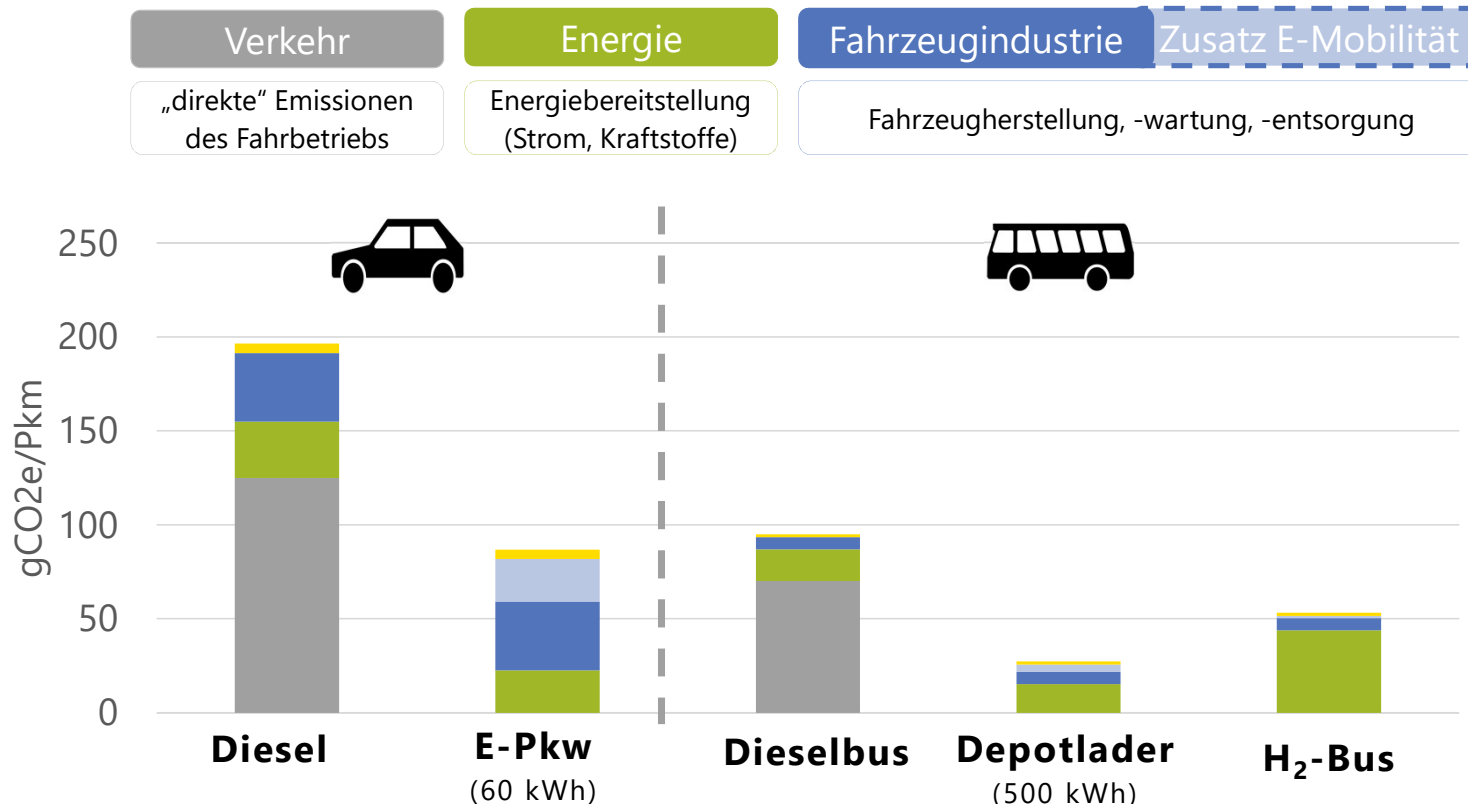
- CO₂-Intensität Strom: Ca. 520 gCO₂e/kWh inkl. Vorkette (Bruttostromverbrauch)
- Batterieproduktion in Asien

Quelle: KCW, eigene Berechnungen, Emissionen für Bau und Unterhalt von Infrastruktur der E-Mobilität nicht berücksichtigt (fehlende Daten)



TECHNOLOGIEN: KLIMANUTZEN

2030: Klimabilanz Busantriebe, Horizont 2030 (Bund)



Mit „grünerem“ Strommix verbessert sich die Klimabilanz alternativer Antriebe im Horizont 2030 deutlich

Annahmen Horizont 2030:

- Ca. 75% EE im Strommix Deutschland (→ ca. 150 gCO₂e/kWh inkl. Vorkette)
- Batterieproduktion in Europa

Quelle: KCW, eigene Berechnungen, Emissionen für Bau und Unterhalt von Infrastruktur der E-Mobilität nicht berücksichtigt (fehlende Daten)



KONTAKT

Dr. Jan Werner | Geschäftsführer KCW GmbH

KCW GmbH
Bernburger Str. 27
10963 Berlin

030 4081768-60
werner@kcw-online.de
www.kcw-online.de