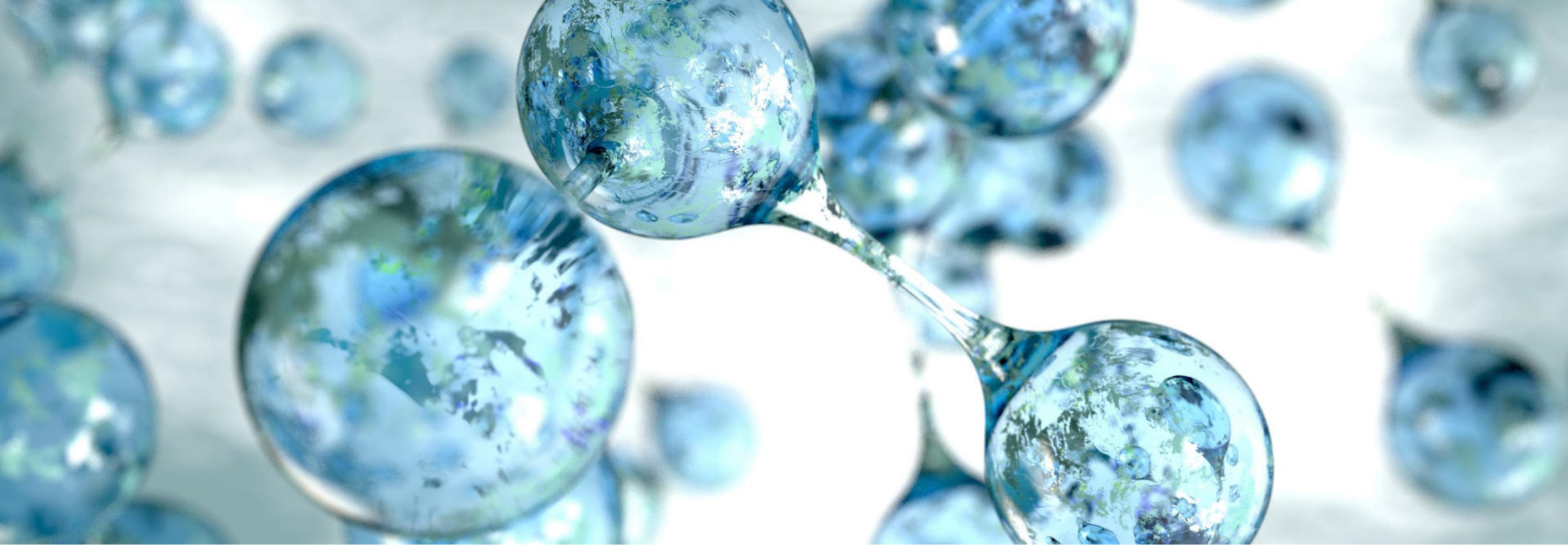


Wasserstoff für den Verkehrssektor am Beispiel des ÖPNV

Webinar der ARISTHODOS AG am 23. November 2023

David Coleman
hynes – Hydrogen and New Energy Solutions GmbH

ARISTHODOS
THE BETTER WAY

hynes
HYDROGEN AND NEW ENERGY SOLUTIONS

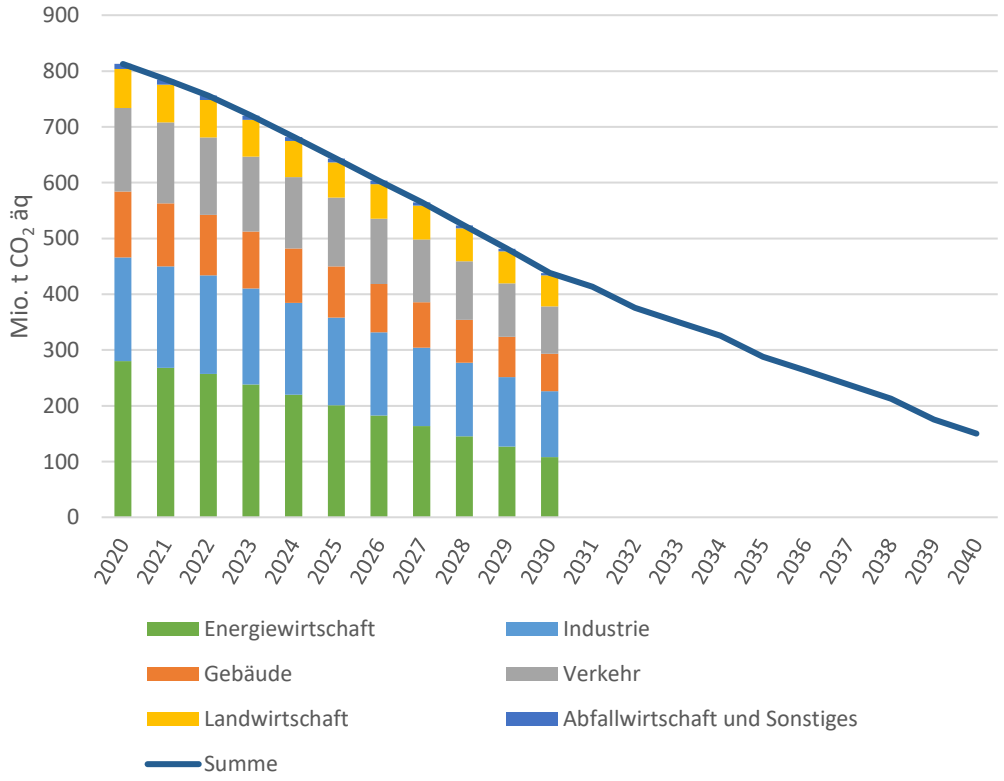
Agenda

1. Motivation
2. Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen
3. Wasserstoff für den ÖPNV

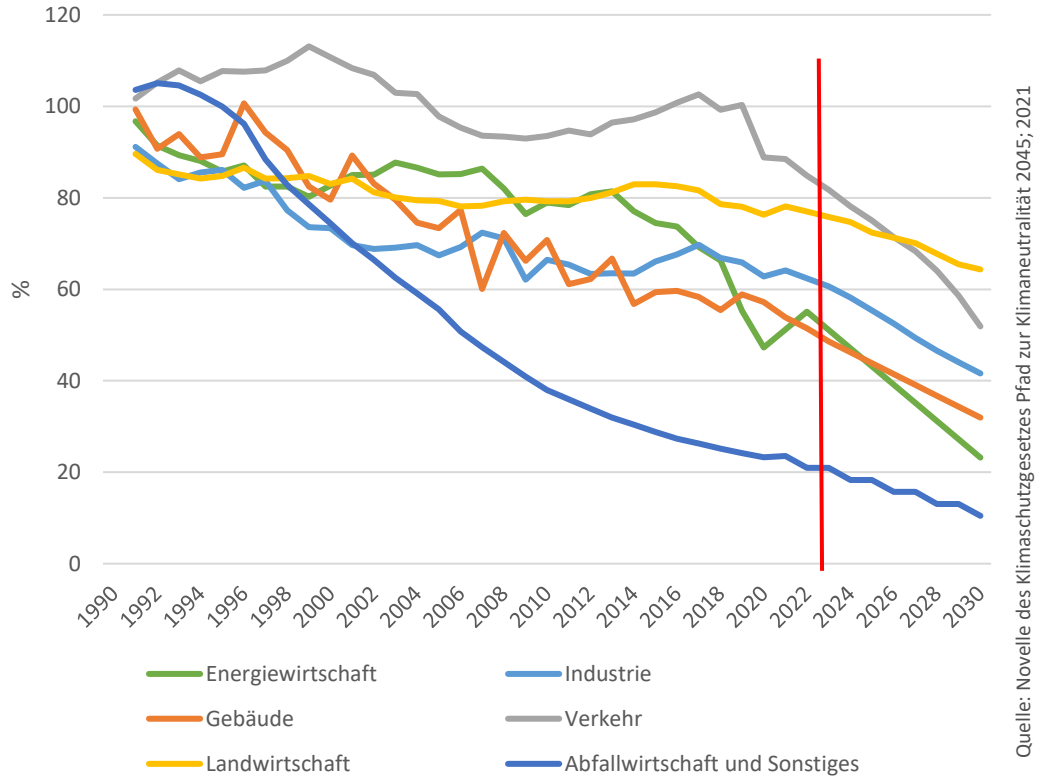
Motivation

Treibhausgasemissionen müssen drastisch gesenkt werden

Absolute THG-Entwicklung bis 2040



Relative THG-Emissionsentwicklung seit 1990

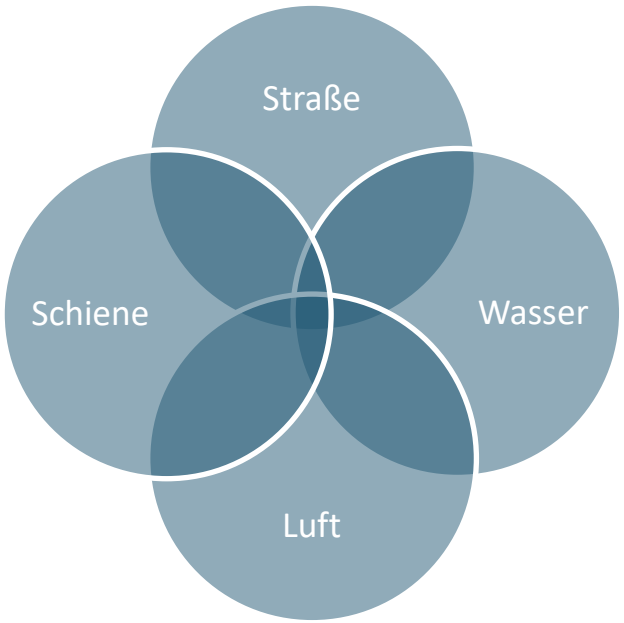


Motivation

Treibhausgasneutralität

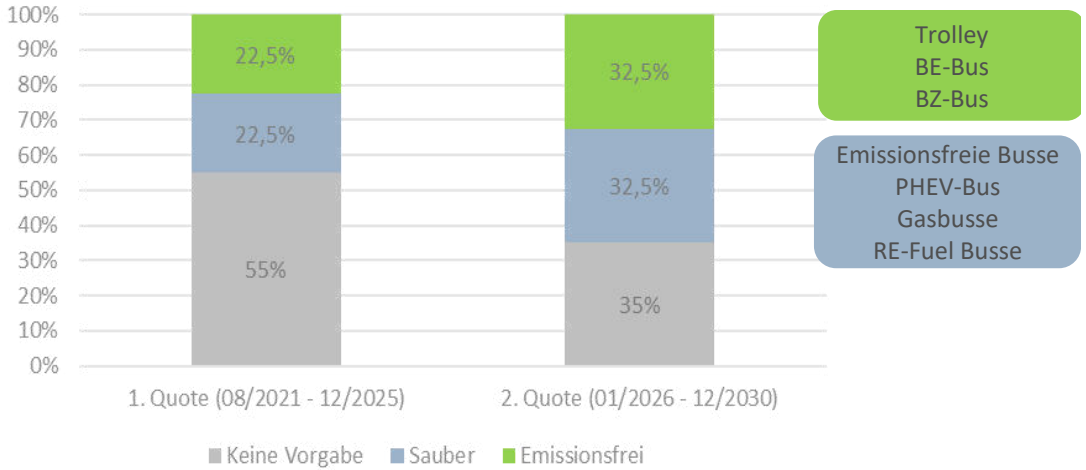
Energiewende

Stromwende | Verkehrswende | Wärmewende



European Green Deal & „Fit for 55“ & REPowerEU

RED II	CVD	AFI-Richtlinie
Steigerung alternativer Kraftstoffe	Quote alternativer Antriebe kommunaler Fahrzeugflotten	Vorgaben an Infrastruktur für alternative Kraftstoffe



Saubere- Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz - SaubFahrzeugBeschG

Motivation

Transformationspfade im Energiesystem sind vorgezeichnet

Keine Bildrechte vorliegend

https://www.barometer-energiewende.de/de/barometer_2020/endenergiebedarf2050.html

- Strom wird aufgrund der hohen Effizienz zum zukünftigen Primärenergieträger
- 2050 liegt der Strombedarf für Deutschland bei ca. 1.800 TWh.
  - Nur die Hälfte lässt sich im Inland regenerativ erzeugen.
  - Für eine vollständige Dekarbonisierung werden Wasserstoff- und PtL-Importe essenziell.
- „Es bedarf dringend eines Markthochlaufs für H_2- und PtL-Importe außerhalb Deutschlands und Europas“

Quelle: Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen

Fahrplan der Antriebstechnologien im Nutzfahrzeugsektor

Keine Bildrechte vorliegend

https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/

Quelle: https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/

Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen

Fahrzeugflottenbetreiber im Spannungsfeld zukünftiger Innovationen

Fahrzeuge/ Fuhrpark

Um welche Fahrzeugklassen handelt es sich?

Welche Güter sollen transportiert werden?

Wie groß ist der Fuhrpark?

Ist der Fuhrpark sortenrein?

Einsatzzweck

Welche Fahrleistung weisen die Fahrzeuge auf?

Wie sieht das Fahrprofil aus?

Wie ist die lokale Topographie?

Ist der Betrieb alljährlich im Sommer- und Winterbetrieb?

Infrastruktur

Wie oft werden die Fahrzeuge betankt/ beladen?

Wie wird die Wartung und Instandhaltung durchgeführt?

Um was für eine Fläche handelt es sich?

Wie viel freier Platz steht zur Verfügung?

Was bietet die eigene Infrastruktur?

Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen

- Lokal emissionsfrei
- BEV & BZ komplementäre Technologien
- Synergie-potentiale
- Netzdienlicher Betrieb der Infrastruktur
- Beitrag zur Erreichung der Klimaziele

Wasserstoff für den ÖPNV

ARISTHODOS
THE BETTER WAY
hynes
HYDROGEN AND NEW ENERGY SOLUTIONS

Wie viel Batterie wie viel Wasserstoff

Wie viel H_2 benötige ich?

Wo kommt mein H_2 her?

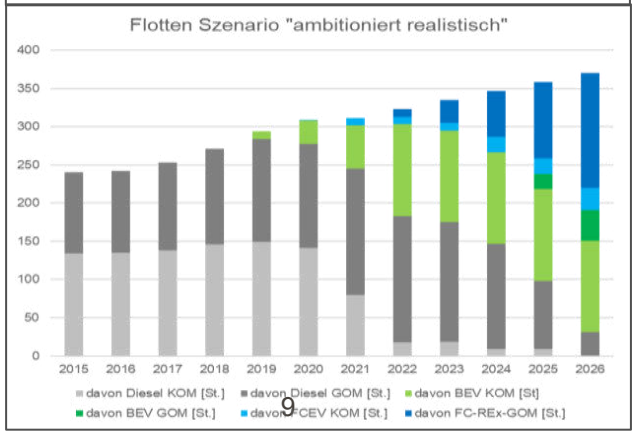
Wie ändern sich meine Betriebsabläufe?

Wie kommt der H_2 an meinen Betriebshof?

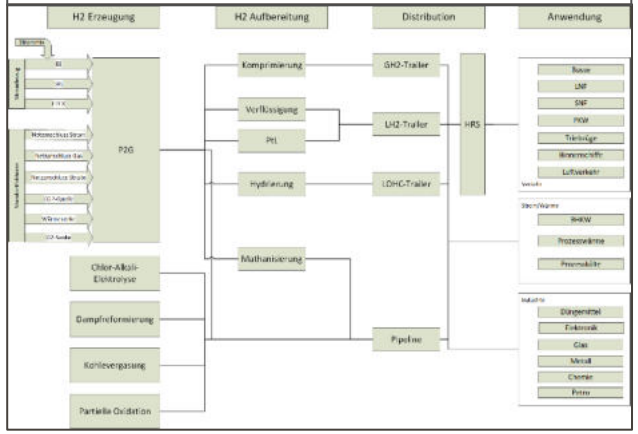
Wie kommt der H_2 in mein Fahrzeug?

Welche Rolle spielt die H2-Farbe?

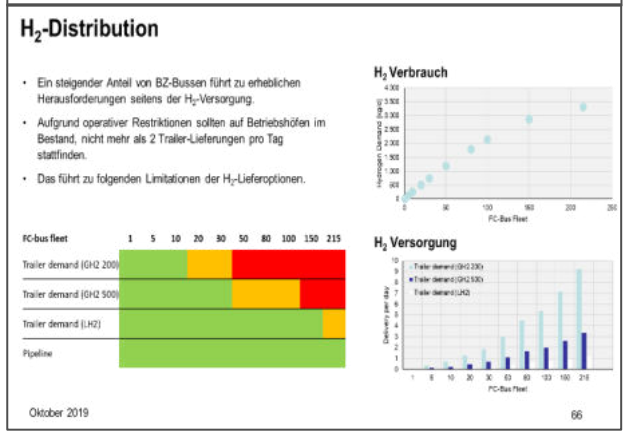
Flottenszenarien



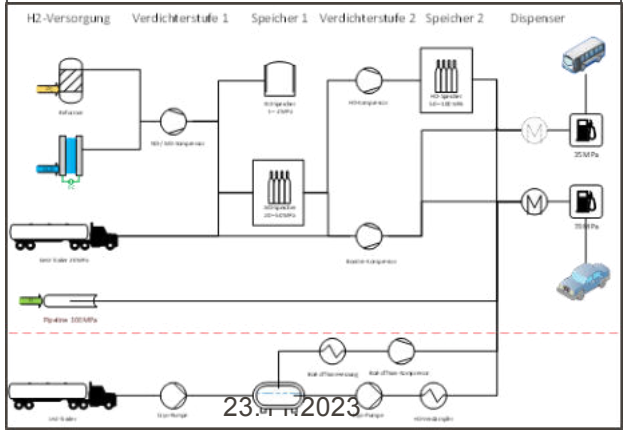
H_2-Wertschöpfungsmodell



H_2-Distributionsmodell



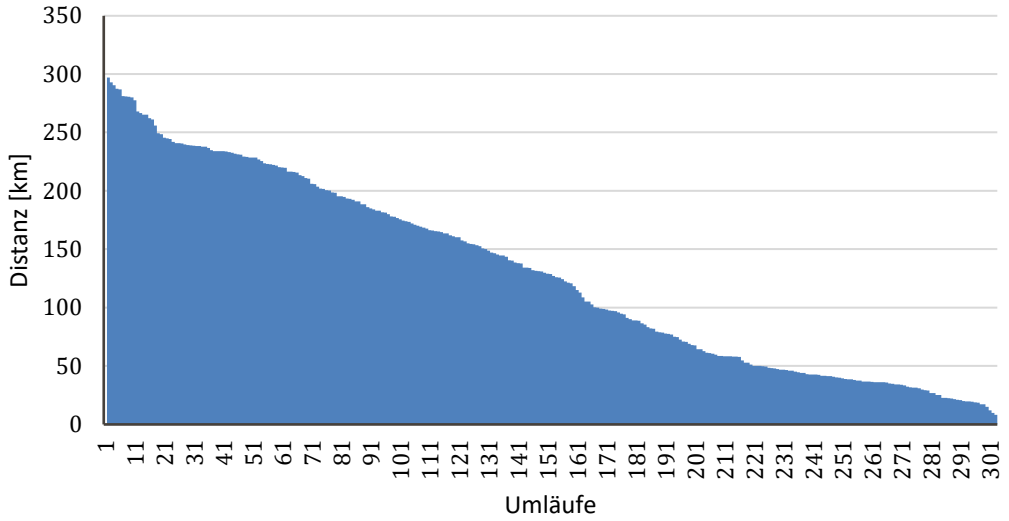
H_2-Betankungsmodell

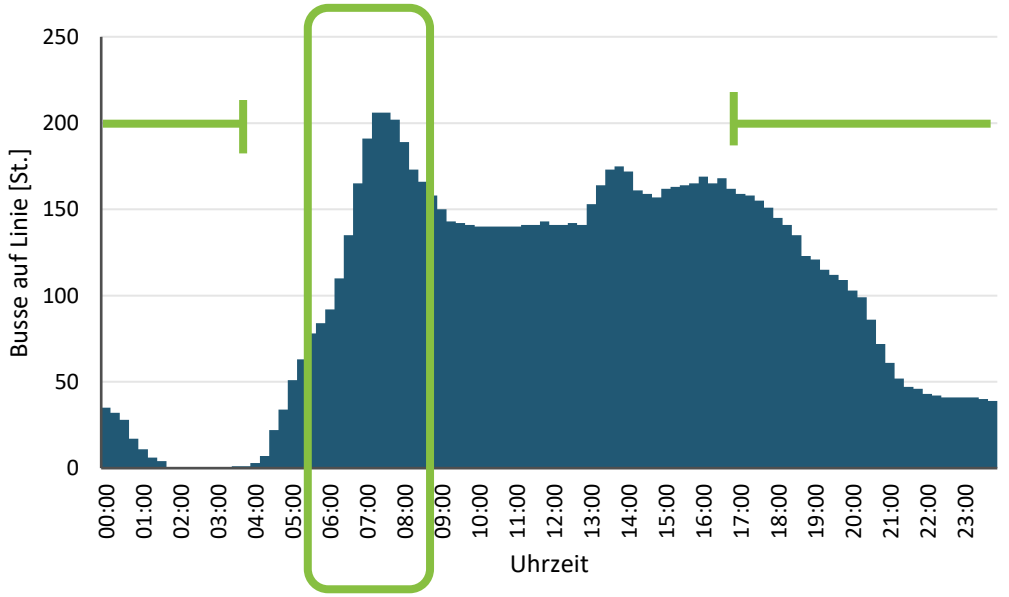


Wasserstoff für den ÖPNV

Parameter		Einheit	Wert
Linien		#	41
Umläufe		#	303
	Summe	km	39.000
	Durchschnitt	km	128
	Längster	km	397
	Kürzester	km	8
Betrieb	Start	hh:mm	03:30
	Ende	hh:mm	01:30
Busse	Solo (12)	#	141
	Gelenk (18)	#	107
H_2-Verbrauch	Solo	kg/km	0,10
	Gelenk	kg/km	0,14
H_2-Lieferkapazität	GH2 200	kg/Trailer	400
	GH2 500	kg/Trailer	1.100
	LH2	kg/Trailer	3.000

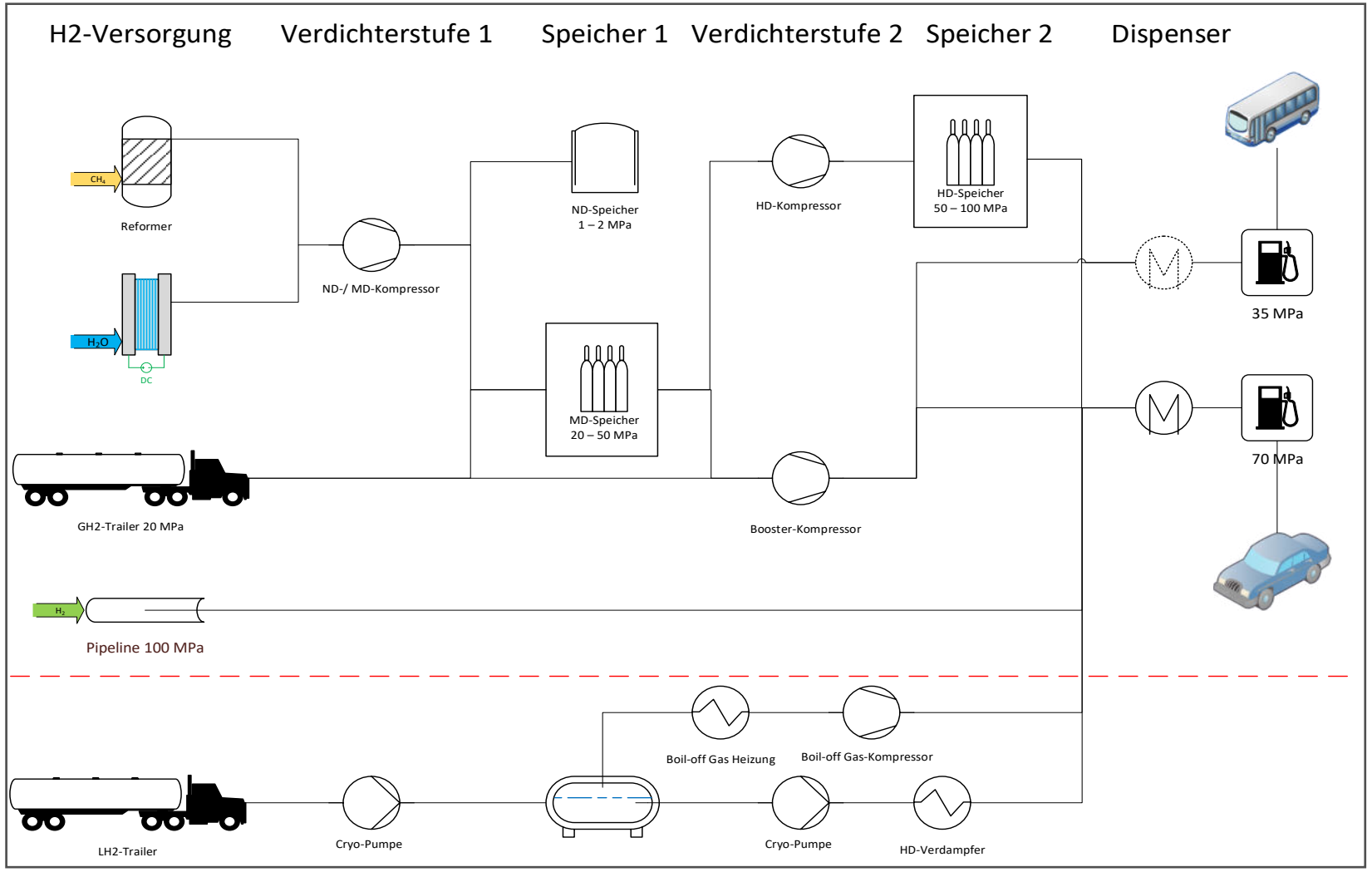
- Tagesfahrleistung von ca. 39.000 km bei 303 Umläufen
- Limitierender Faktor der Gesamtflotte: Morgenspitze
- Entwicklung von Fuhrparkszenarien auf Basis unterschiedlicher Fahrzeugentwicklungen





Wasserstoff für den ÖPNV

H_2-Tankstellenkonzepte

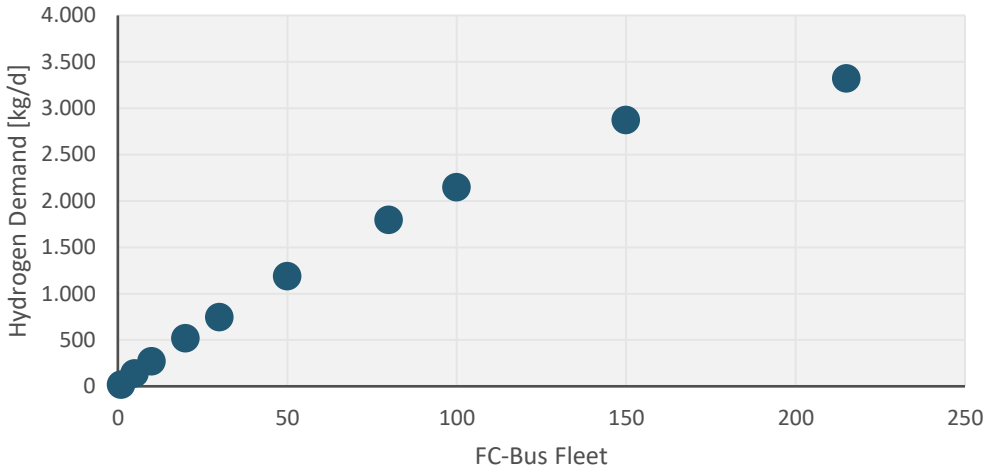


Wasserstoff für den ÖPNV

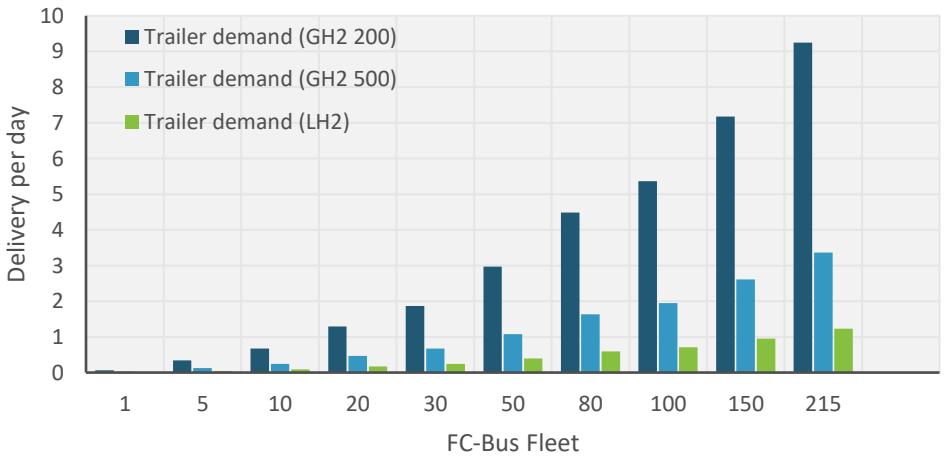
H_2-Versorgungsoptionen

- Ein steigender Anteil von BZ-Bussen führt zu erheblichen Herausforderungen seitens der H_2-Versorgung.
- Das führt zu folgenden Limitationen der H_2-Lieferoptionen.

- H_2 Verbrauch

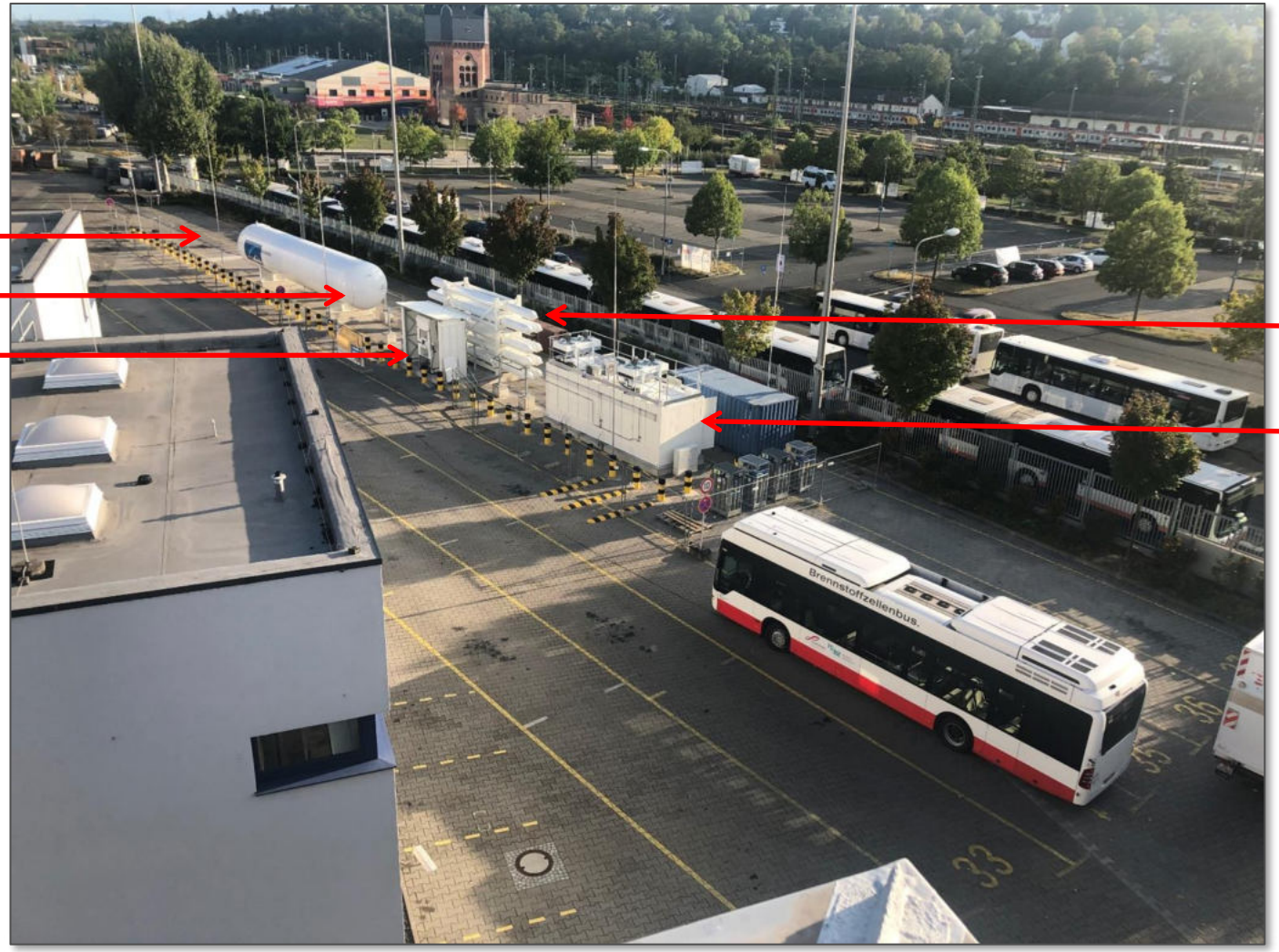


- H_2 Versorgung



Wasserstoff für den ÖPNV

Komponenten einer Wasserstofftankstelle



HESSEN
Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

RheinlandPfalz
MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, ERNÄHRUNG UND FORSTEN

Infrastruktur Wasserstoff

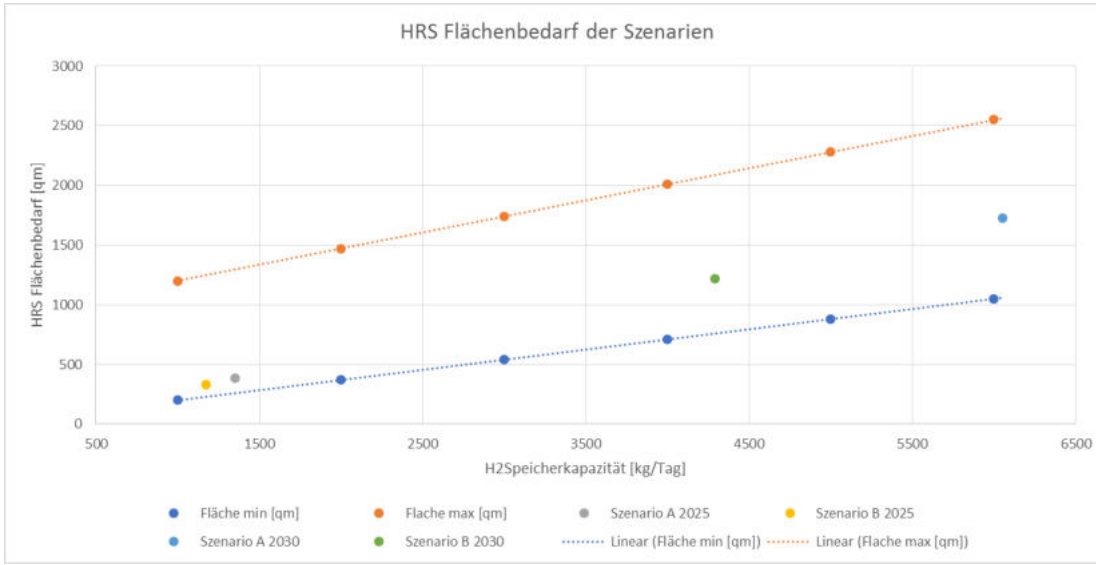
Impressionen: Nutzfahrzeug-Tankstellen

Quelle: D. Coleman & G. Derscheid

Wasserstoff für den ÖPNV

H_2-Tankstellenkonzepte

Größe	Einheit	S	M	L	XXL
Fahrzeug-klassen		PKW	PKW, LNF	LNF, SNF	SNF
H_2-Durchsatz (Max.)	kg/d	200	500	1.000	4.000
H_2-Durchsatz (Durchschn.)	kg/d	150	350	700	2.500
Jährliche Nachfrage	t/ a	10	100 – 500	500 – 1.000	> 1.000
Zapfpistolen	#	1	1 - 2	2 - 3	2 – 4
Platzbedarf	m^2	80 – 200	200 – 400	400 – 800	



Wasserstoff für den Verkehrssektor
Tankstellendichte

Bestand an 700 bar H_2-Tankstellen

Keine Bildrechte vorliegend

https://h2.live/

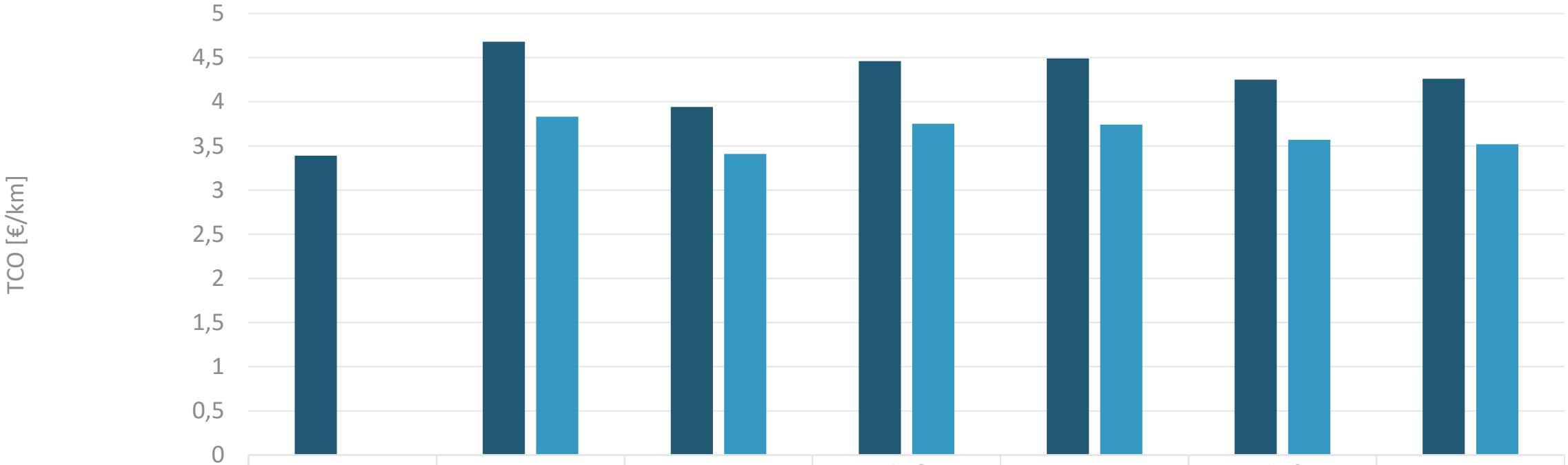
Bestand an 350 bar H_2-Tankstellen

Keine Bildrechte vorliegend

https://h2.live/

Quelle: https://h2.live/; Zugriff am 14.06.2023

Wasserstoff für den ÖPNV



	Diesel	BEV DL	BEV GL	H_2-Anlieferung (A)	H_2-Vor-Ort-Erzeugung (VO)	H_2-Anlieferung (A)	H_2-Vor-Ort-Erzeugung (VO)
				BZ REX		BZ	
TCO	3,39	4,68	3,94	4,46	4,49	4,25	4,26
TCO inkl. Förderung		3,83	3,41	3,75	3,74	3,57	3,52

Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2022: Programmbegleitforschung Innovative Antriebe und Fahrzeuge - Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV; Abschlussbericht; 04/ 2022 https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Abschlussbericht_Begleitforschung-Bus.pdf

Fazit

- Unter der Voraussetzung, dass wir keinen 4°C Pfad anstreben, müssen alternative Antriebe im Nutzfahrzeugbereich schnell umgesetzt werden.
- Wir müssen uns von der One-Size-Fits-All Lösung des Diesels verabschieden.
- Es ist ein regulatorischer Rahmen für einen effizienten, nachhaltigen und betrieblich umsetzbaren Technologiemix von Flottenbetreibern nötig.
- Es braucht systemische Lösungsansätze, um Lock-In Effekte und Fehlinvestitionen zu vermeiden.
- Die Technologien – Antrieb & Infrastruktur – sind da, erfordern aber weiterhin kontinuierliche Weiterentwicklung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

https://hynes.eu/

David Coleman

E-Mail: david.coleman@hynes.eu

Die hynes GmbH ist damit einverstanden, dass das Werk im Rahmen der Webinar Reihe der ARISTHODOS AG genutzt wird