



Foto: KVG Braunschweig

Betriebliche Randbedingungen für die Wasserstoffnutzung im Omnibusbetrieb

Teil 1 Ausgangslage

Entwicklung der KVG - Flotte

Rahmenbedingungen

- Ab 2022 mindestens Diesel-Abgasstandard Euro 5
- Diesel bleibt (zunächst) - der letzte Dieselbus wird 2030 gekauft
- Ab 2020 zu 100 % Niederflur im Stadt- und Regionalverkehr

Aktueller Stand

- ca. 50 Busse werden in den nächsten 3 Jahren (inkl. 2020) ausgetauscht
- Stand 05/2021 :
 - 5 Hybridbusse,
 - 22 Leichtbaubusse (CO₂-seitig gleichwertig zu Hybrid)
 - 5 Elektrobusse
 - Rd. 160 „normale“ Dieselbusse



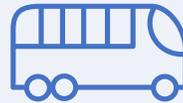
Foto: KVG Braunschweig

Umbau der Flotte auf nachhaltige Antriebe wird fortgesetzt



Antrieb

- Diesel bleibt bis ca. 2040, Anteil nimmt ab
- Ab 2021 Beschaffungsquoten entsprechend CVD
- Ca. 50 E-Busse bis 2025
 - 9 im Zulauf 2021
 - 8 in der Bestellung f. 2022
 - 15 Ausschreibung f. 2022/2023
- Technische Konzepte für Beschaffungen nach 2025 sind in der Prüfung



Differenzierte Bedienung

- Passgenaue Fahrzeugkapazitäten für die Nachfrage zur Reduzierung des Energieeinsatzes
- Streckenbedienung mit großen Fahrzeugen
- Flächenerschließung mit kleinen Fahrzeugen
- Bedarfsgerechte Steuerung durch stärkere Vernetzung der Verkehrsmittel



Autonome Verkehre

- Autonome Busse werden in vielen Städten getestet und erforscht, kommerzieller Einsatz nicht vor 2030, KVG prüft die Einsatzmöglichkeiten

- Für Elektromobilität gibt es auch im Regionalverkehr Einsatzbereiche
- Der emissionsarme und verbrauchsoptimierte Dieselmotor bleibt in den nächsten Jahren eine wesentliche Stütze im Regionalverkehr
- Nachtlader und Reichweitenoptimierung sind die zentralen Randbedingungen für Elektrobusse im Überlandverkehr
- Ausbau der Stromversorgung auf den Betriebshöfen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine langfristig gute Maßnahme
- Grenzen der Nachtladung
 - Jenseits der technisch künftig möglichen Reichweiten gibt Einsatzanforderungen
 - Stromversorgung auf großen Betriebshöfen
 - Kein „Zero-Emission-Betrieb“

Betriebliche Randbedingungen für die Wasserstoffnutzung im Omnibusbetrieb (Teil 2)

Reinhard Schmidt, VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH

Unternehmergespräch Energie

Dresden, 17. Juni 2021

Agenda

1 Herausforderungen

2 Antriebskonzepte

3 Wasserstoffinfrastruktur

4 Zusammenfassung

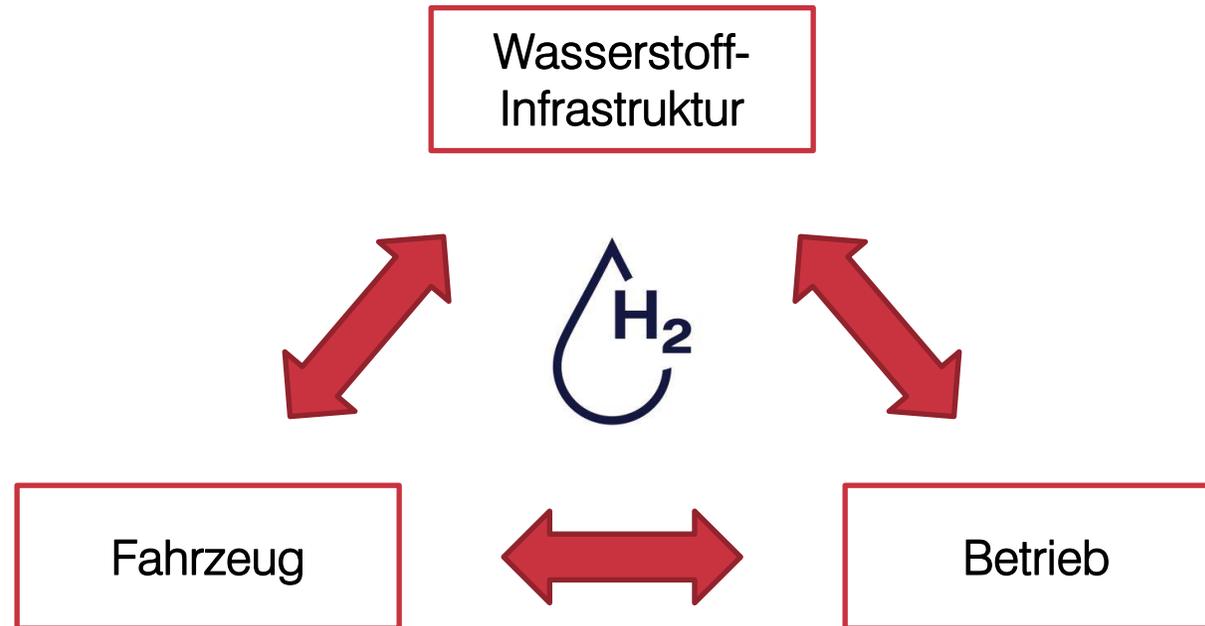
1

Herausforderungen

Komplexes Zusammenspiel der Systemkomponenten

Abhängigkeit

- » isolierte Betrachtung einer Komponente nicht zielführend



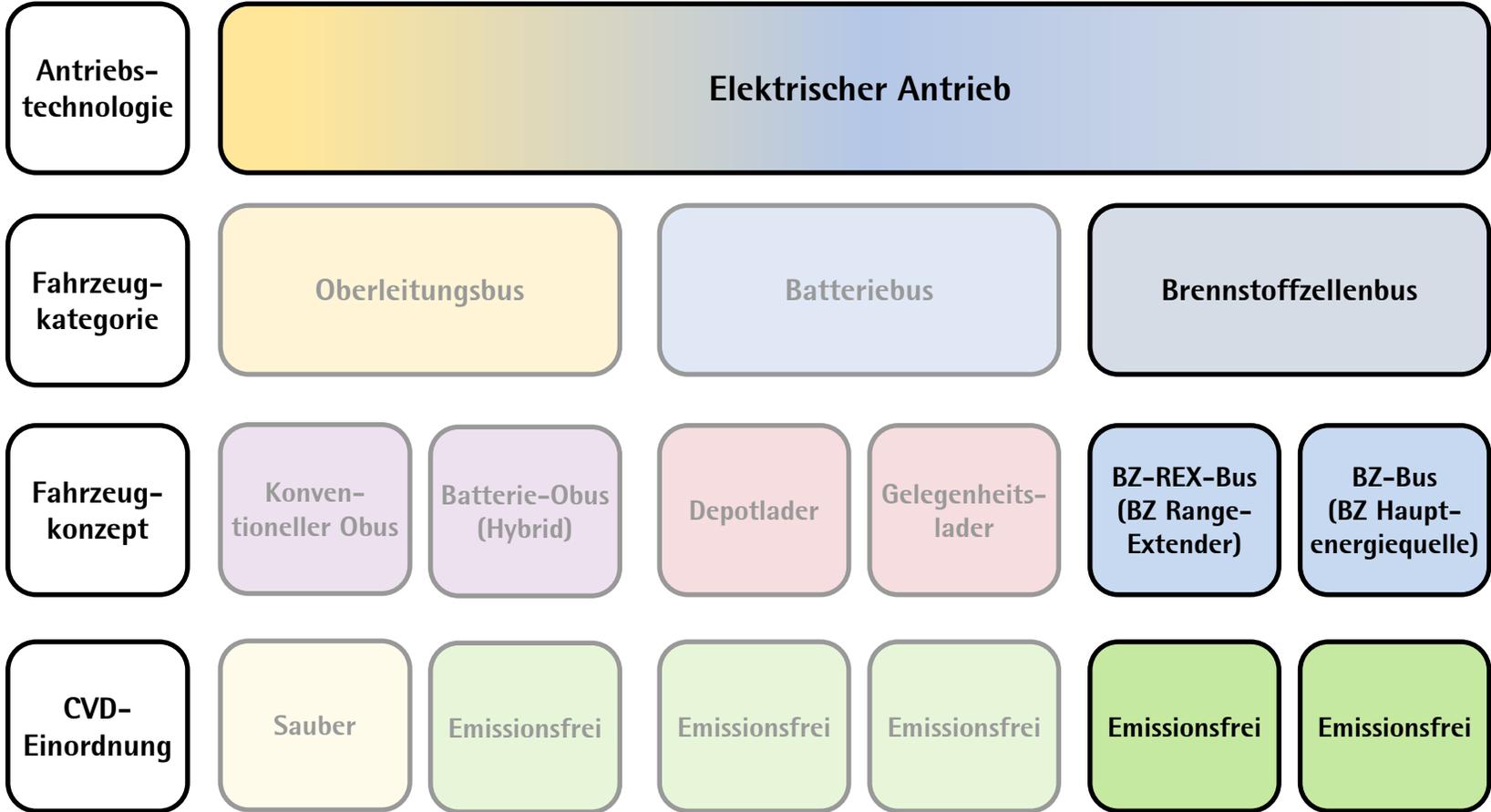
VCDB - Team Innovative Verkehrssysteme



2

Antriebskonzepte

Emissionsfreie/saubere* Fahrzeugkonzepte



* nach CVD-Definition

Wirkungsgradkette für PtX-betriebenen Bus versus BZ-/BZ-REX-Busse

Verbrennungsmotor mit PtX-Bus

- » Power-to-X zur Erzeugung eines synthetischen Kraftstoffs
- » Verbrennungsmotor

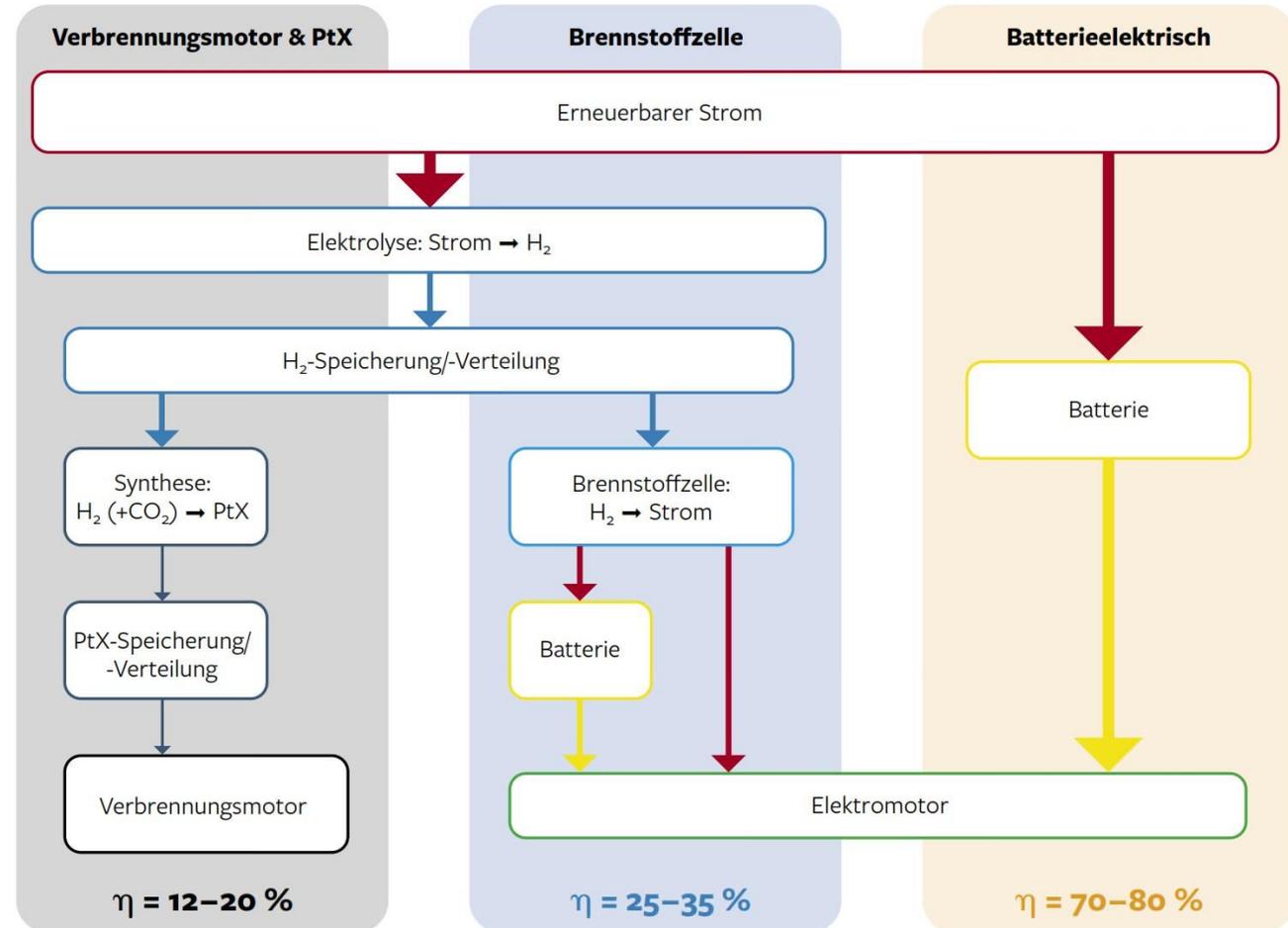
BZ-Bus

- » Elektrolyse
- » Brennstoffzelle
- » Elektromotor

BZ-REX-Bus

- beim BZ-REX-Bus gemischt
- » eher batterieelektrisches Fahren

Energetischer Gesamtwirkungsgrad (η) verschiedener Antriebsoptionen



Quelle: SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen): Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor. Berlin, S. 86, 2017

Marktübersicht BZ-Busse – 12 m

Hersteller	Modell	Gefäßgröße	Reichweite	Konzept	Druckspeichertank	Energieinhalt Batterie	Status
Caetano Bus	H2.City Gold	10,7 m	400 km	BZ-Bus	37,5 kg	29 - 44 kWh	Serie
		12,0 m	400 km	BZ-Bus	37,5 kg	29 - 44 kWh	Serie
Solaris	Urbino 12 Hydrogen	12,0 m	350 km	BZ-Bus	37,0 kg	29 kWh	Serie
Van Hool	A330 FC (6W/8W)	12,0 m	350 km	BZ-Bus	38,5 kg	24 kWh	Serie
		13,2m	300 km	BZ-Bus	38,5 kg	24 kWh	Serie
	A 12	<i>12,0 m</i>		<i>BZ-Bus</i>	<i>36,0 kg</i>	<i>36 kWh</i>	<i>Entwicklung (2022)</i>
	A 15	<i>15,0 m</i>		<i>BZ-Bus</i>	<i>45,0 kg</i>	<i>130 kWh</i>	<i>Entwicklung (2024)</i>

Angekündigte Fahrzeuge in blauer, kursiver Schrift

Marktübersicht BZ-Busse – 18 m

Hersteller	Modell	Gefäßgröße	Reichweite	Konzept	Druckspeichertank	Energieinhalt Batterie	Status
Caetano Bus	<i>H2.City Gold</i>	<i>18 m</i>		<i>BZ-Bus</i>			<i>Entwicklung</i>
Solaris	<i>Urbino 18 Hydrogen</i>	<i>18 m</i>		<i>BZ-Bus</i>			<i>Entwicklung (2022)</i>
Van Hool	Exqui.City 18 FC	18,2 m	350 km	BZ-Bus	39,0 kg	36 kWh	Test (BRT-Design)
	<i>A 18</i>	<i>18 m</i>		<i>BZ-Bus</i>	<i>45,0 kg</i>	<i>130 kWh</i>	<i>Entwicklung (Q1 2023)</i>

Angekündigte Fahrzeuge in blauer, kursiver Schrift

Marktübersicht BZ-REX-Busse – 12/18 m

Hersteller	Modell	Gefäßgröße	Reichweite	Konzept	Druckspeichertank	Energieinhalt Batterie	Status
Safran	<i>Businova 10-H2</i>	<i>10,6 m</i>		<i>BZ-Rex</i>	<i>30,0 kg</i>	<i>132 kWh</i>	<i>Entwicklung (2024)</i>
	Businova 12-H2	12,0 m	350 km	BZ-Rex	30,0 kg	132 kWh	Serie

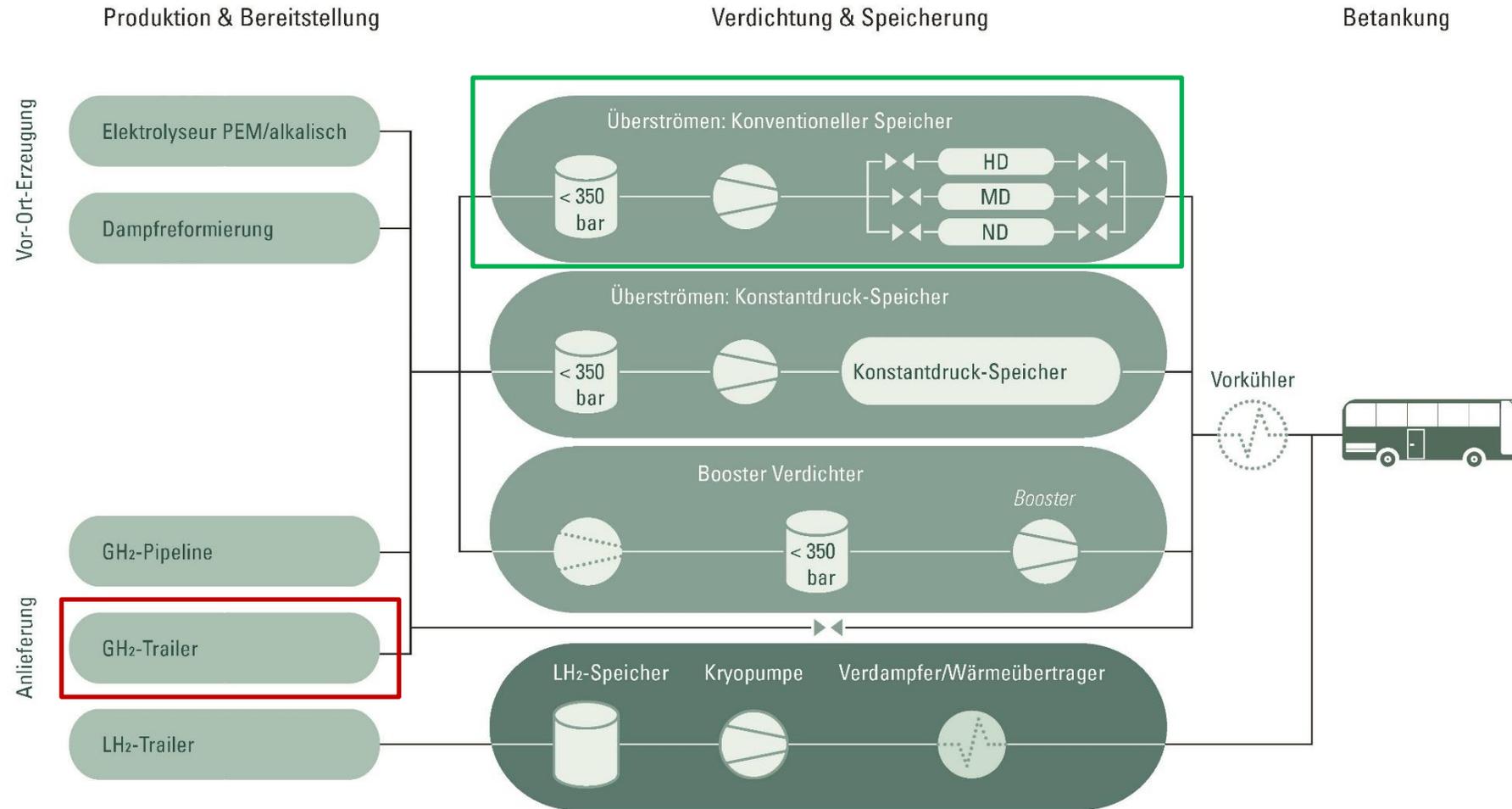
Angekündigte Fahrzeuge in blauer, kursiver Schrift

→ eingeschränkte Fahrzeugverfügbarkeit für BZ-Gelenkbusse und BZ-REX-Busse

3

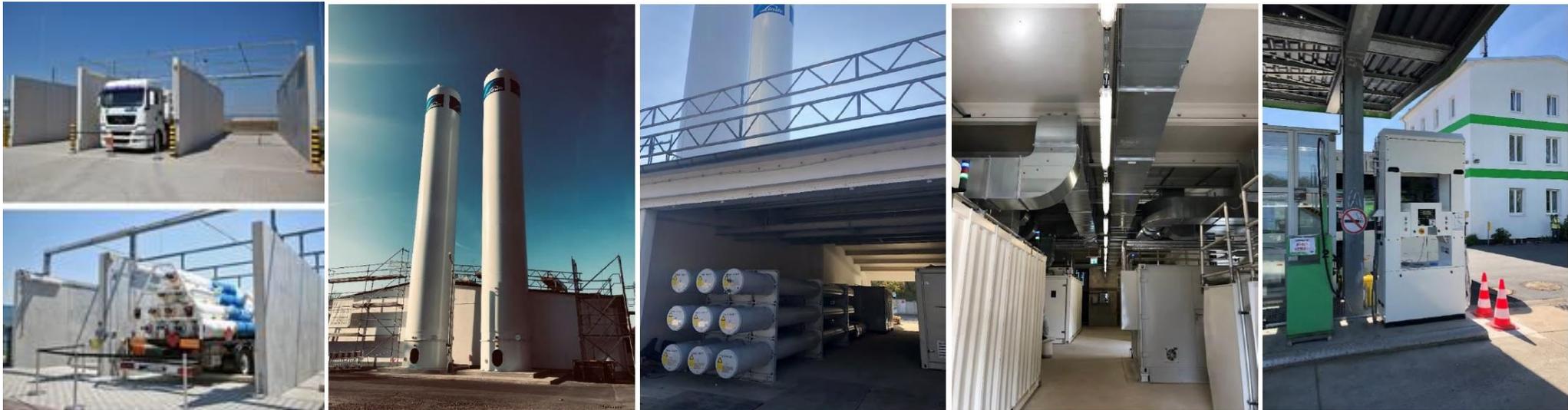
Wasserstoffinfrastruktur

Anlieferungskonzepte Wasserstoff-Tankstelle



Quelle: NOW, Leitfaden zur Einführung von Wasserstoff-Bussen im ÖPNV, 2019

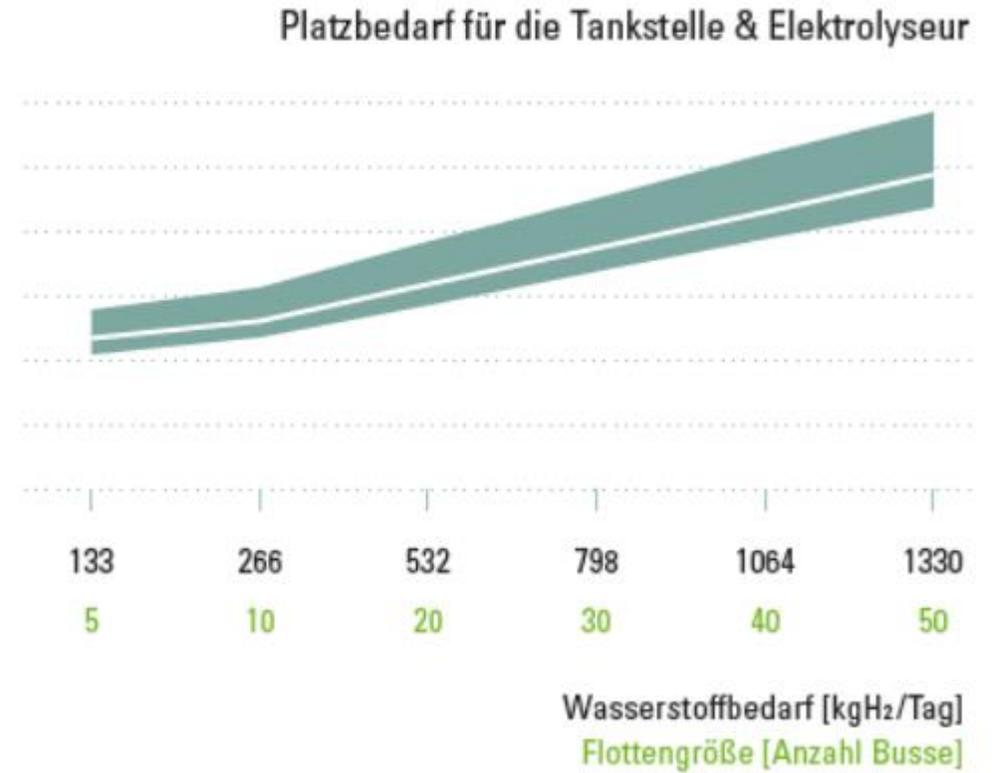
Wasserstoff-Infrastruktur – exemplarische Komponenten



Quelle: Foto: Anna Durst,
forschung-energiespeicher.info

Quelle: Vortrag RVK im Rahmen der Deutschen Wasserstoff-Vollversammlung;
Wasserstoffinfrastruktur Tankstelle Wermelskirchen

H₂-Infrastruktur: Platzbedarf



Quelle: NOW, Leitfaden zur Einführung von Wasserstoff-Bussen im ÖPNV, 2019

H₂-Infrastruktur: Genehmigungsverfahren

Genehmigungsrelevante Fragen:

- » Wird Wasserstoff angeliefert oder vor Ort erzeugt?
- » Übersteigt die gelagerte Wasserstoffmenge drei Tonnen?

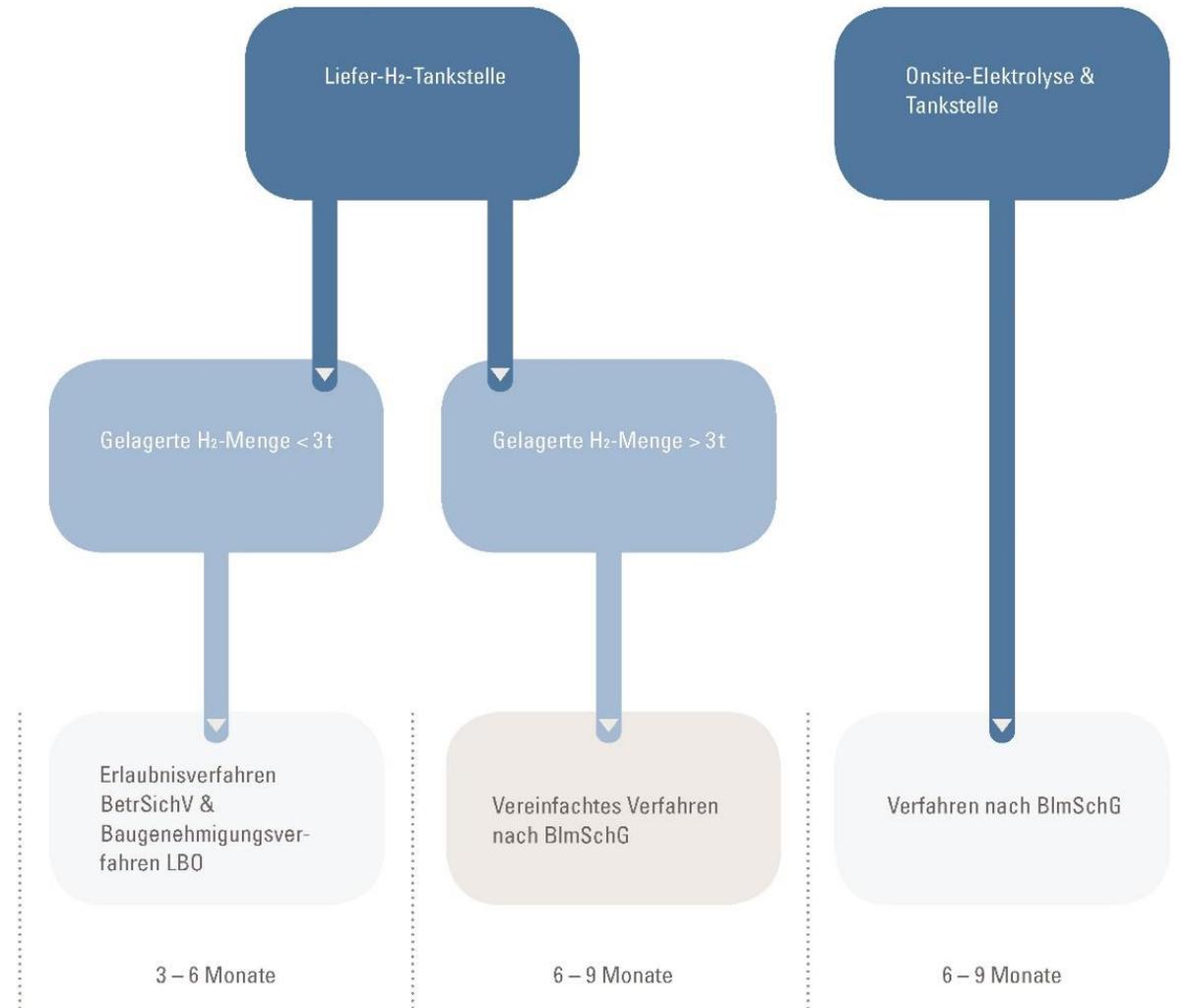
Bis 3 t gelagertem Wasserstoff /

Anlieferung

- » Landesbauordnung (LBO)
- » Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Über 3 t / Vor-Ort-Erzeugung

- » Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)



Quelle: NOW, Leitfaden zur Einführung von Wasserstoff-Bussen im ÖPNV, 2019

Ist die Brennstoffzellentechnologie eine Alternative?

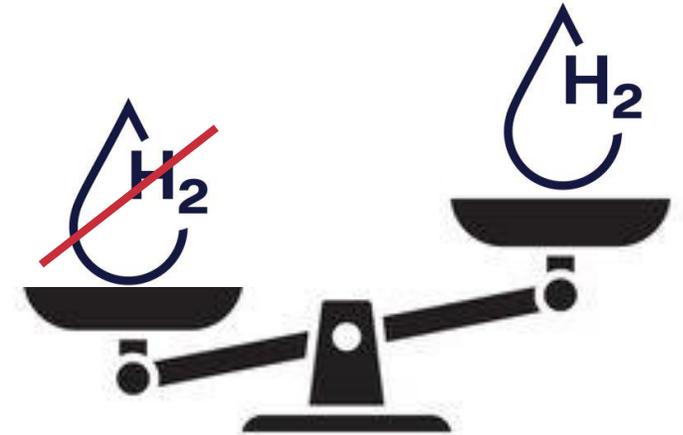
Ja, wenn...

- » bestehende Tankinfrastruktur/HyPerformer-Region in der Nähe ist
- » eigene Tankinfrastruktur auf dem Betriebshof errichtet wird
- » Fahrzeugverfügbarkeit durch Markthochlauf verbessert wird
- » politische Unterstützung vorhanden ist

Eher nicht, wenn...

- » andere Antriebstechnologien ökonomische/ökologische Vorteile bieten
- » der Wasserstoff-Bezugspreis zu hoch ist

Aber: differenzierte Betrachtung für jeden Einzelfall nötig!





Dipl.-Ing. Reinhard Schmidt
Innovative Verkehrssysteme -
Elektromobilität

+49 351 4 82 31 76
r.schmidt@vcdb.de

VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH

Know-how und Leidenschaft für nachhaltige Mobilität

Es bleibt spannend!