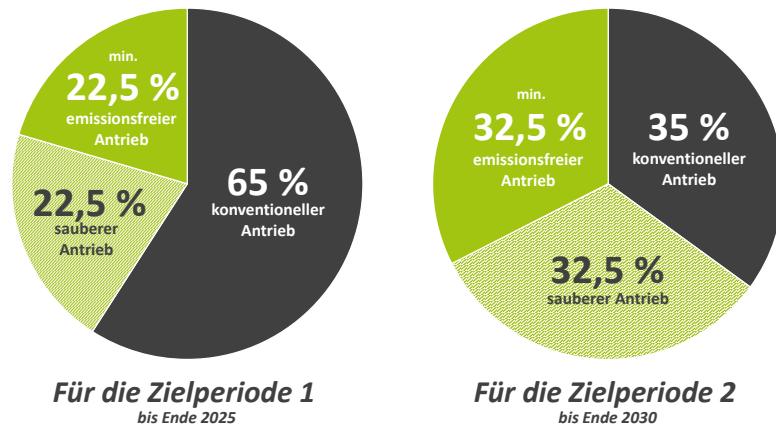


**Abbildung 4: Quoten für die Anteile sauberer bzw. emissionsfreier Fahrzeuge an den Neubeschaffungen mit den Zielzeitpunkten Ende 2025 bzw. 2030**



### Was ist emissionsfrei?

Als emissionsfrei gelten dabei Fahrzeuge ohne konventionellen Verbrennungsmotor oder mit Verbrennungsmotor, der weniger als 1 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>10</sup> bzw. CO<sub>2</sub>/km<sup>11</sup> emittiert. Von praktischer Bedeutung werden in diesem Sinne vor allem Busse mit batteriebetriebenen Elektromotor und mit einem Brennstoffzellenantrieb sein. Auch Trolleybusse mit vollelektrischem Notfahrregulat gelten als emissionsfrei, Hybrid-Busse fallen hier jedoch klar heraus.

Für die Erfüllung der Quote können neben Neubeschaffungen auch Fahrzeuge in ein sauberes oder emissionsfreies Fahrzeug umgerüstet werden. Hier gilt es jedoch auch, die Wirtschaftlichkeit der Nachrüstung zu bewerten.

### Ab 2027 wird die Clean Vehicles Richtlinie erneut überarbeitet

Über die konkret durchgeführten Maßnahmen zur Umsetzung der Clean Vehicles Richtlinie müssen die einzelnen Mitgliedstaaten bis zum 2. August 2022 berichten. Bis zum 31. Dezember 2027 sieht die Kommission eine erneute Überprüfung der Richtlinie 2009/33/EG vor. Je nach Erfolg der Richtlinienumsetzung muss gegebenenfalls mit noch ehrgeizigeren Zielvorgaben ab 2030 gerechnet werden.

<sup>10</sup> Messmethodik im Sinne (EG) Nr. 595/2009.

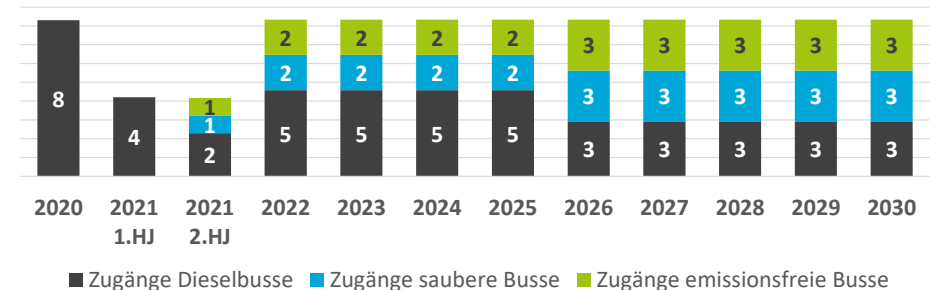
<sup>11</sup> Messmethodik im Sinne (EG) Nr. 715/2007.

### Derzeit sind verschiedene Beschaffungsszenarien denkbar

Die aus der aktualisierten Clean Vehicles Richtlinie resultierenden Vorgaben werden die betroffenen Verkehrsunternehmen vor große beschaffungstechnische, finanzielle und vergaberechtliche Herausforderungen stellen. Um die Auswirkungen der vorgestellten Beschaffungsquoten einordnen zu können, soll die folgende Modellrechnung unterschiedliche exemplarische Beschaffungsszenarien eines Muster-Verkehrsunternehmens mit einer Flottenstärke von 100 Fahrzeugen aufzeigen. In den Betrachtungszeitraum fallen die beiden Zielperioden der Clean Vehicles Richtlinie. Darüber hinaus wird eine Fahrzeug-Nutzungsdauer von insgesamt zwölf Jahren angenommen und die neuen Busse sind jeweils entsprechend Ersatzbeschaffungen.

Im ersten Szenario sind die jährlichen Beschaffungsvolumen für Dieselbusse, sowie saubere und emissionsfreie Busse unter der Prämisse einer stetigen Beschaffung der Fahrzeuge dargestellt.

**Abbildung 5: Szenario einer stetigen Beschaffung unter Anwendung der CVD-Quoten ab Mitte 2021**



Über beide CVD-Zielperioden hinweg müssen so insgesamt 48 saubere und emissionsfreie Busse angeschafft werden, davon 24 Busse mit batterieelektrischem oder Wasserstoffantrieb.

Das zweite Szenario sieht einen „Vorratskauf“ von Diesel-Fahrzeugen vor dem jeweiligen Beginn der Zielperioden vor. Hier zeigt sich ein gewisser Handlungsspielraum in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen der CVD. Erfolgt die (Vorab-) Bekanntmachung der Vergabe bis spätestens am 1. August 2021, fällt die Vergabe zunächst nicht unter die Beschaffungsquoten der CVD. Alle anfallenden Ersatzbeschaffungen innerhalb der CVD-Zielperioden werden dabei vor den jeweiligen Perioden-Beginn gezogen, um die niedrigeren Quoten ausnutzen zu können. Es wird deutlich, dass in diesem Szenario im Betrachtungszeitraum deutlich weniger saubere bzw. emissionsfreie Busse beschafft

## Marktübersicht Fahrzeughersteller

Übersicht der vorherrschenden E- und H<sub>2</sub>-Bus-Anbieter auf dem deutschen Markt. Änderungen und Abweichungen sind wegen der Markt-Dynamik anzunehmen.

Fahrzeuglänge [m]	E-Bus				FC-Bus		
	< 10	10 – 13	18	24	10 – 13	18	24
Hersteller							
<b>Alexander Dennis</b>		X					
<b>Alstom</b>		X					
<b>Bolloré/bluebus</b>	X	X					
<b>BYD</b>	X	X	X				
<b>CaetanoBus</b>		X			X		
<b>Carrosserie HESS</b>		X	X	X			
<b>Ebusco</b>		X	X				
<b>Ekova electric</b>		X	X				
<b>Heuliez Bus</b>	X	X	X				
<b>Irizar Group</b>		X	X				
<b>Karsan</b>	X						
<b>Linkker</b>		X					
<b>MAN</b>		X	X				
<b>Mercedes-Benz</b>		X	X		X		
<b>Otokar</b>		X					
<b>Rampini</b>	X	X					
<b>Scania</b>		X					
<b>Sileo</b>		X	X	X			
<b>Skoda Transportation</b>	X	X					
<b>Solaris Bus &amp; Coach</b>	X	X	X	X	X	X	
<b>SOR Libchavý</b>	X	X					
<b>Temsa</b>	X	X					
<b>Tribus</b>	X						
<b>Van Hool</b>		X	X	X	X	X	X
<b>VDL Bus &amp; Coach</b>	X	X	X				
<b>Volvo</b>		X	X				

## Marktübersicht Hersteller Infrastruktur

Ähnlich wie der Fahrzeugmarkt, sind die Märkte für Ladeinfrastruktur und Wasserstoff-Infrastruktur stark veränderlich. Hier aufgeführt ist eine nicht zwingend vollständige Übersicht der Anbieter auf dem deutschen Markt.

### Hersteller DC-Ladeinfrastruktur

- ABB
- Allego
- Alpitronic
- Circontrol
- Charge-IT
- Chargepoint
- Compleo
- Delta
- E4you
- EEBC
- Efacec
- EkoEnergetyka
- ENERCON
- Heliox
- Jema (Irizar)
- Medcom
- SBRS (ehem. Schaltbau Refurbishment)
- Siemens
- Tritium

### Hersteller H<sub>2</sub>-Komplettsysteme

- Air Liquide
- Air Products
- Anleg GmbH
- Areva H2Gen
- Haskel Butech
- Hydrogenics
- Linde AG
- McPhy
- Nel Hydrogen
- NPROXX
- Siemens

Abbildung 9: Mobiles Ladegerät (Bild: EEBC)



## 3

# Einführung der elektrischen Traktion im Busbetrieb

Mit der zweiten industriellen Revolution hat der Elektromotor Einzug in den Industriealltag erhalten. Auch wenn heute Produktionsanlagen ohne Elektromotoren undenkbar erscheinen, zweifelten Ingenieure bis in die 1870er-Jahre an ihrer Einsatzfähigkeit für die Industrie. Neben der technischen Motorenentwicklung waren Energieversorgung und Systemintegration die Schwachstellen der neuen Technik. Oftmals wurden die verbreiteten Dampfmaschinen einfach durch zentrale Elektromotoren ersetzt, um ein komplexes System aus Wellen und Riemenantrieben anzutreiben. Erst die Systemintegration vieler kleiner Elektromotoren unmittelbar am Nutzungsort brachte die erwartete Effizienzsteigerung und läutete den Siegeszug der elektrisch angetriebenen Maschinen ein.

Die Elektromobilität, speziell im Bus-ÖPNV oder anderen Flottenanwendungen, steht ähnlichen Problemstellungen gegenüber. Auch hier ist die Energieversorgung ein zentrales Thema, da den Fahrzeugen große elektrische Energiemengen zur Verfügung gestellt werden müssen. Mit steigender Flottengröße steigt die Bedeutung dieses Problems.

Weitaus entscheidender kann aber die Integration der Antriebstechnologie in das bestehende System, den Verkehrsbetrieb, sein. Häufig kann beobachtet werden, dass E-Busse ohne weitere Planung „eins zu eins“ als Ersatz für Dieselbusse eingesetzt werden sollen. Dies kann dazu führen, dass die Vorteile der Elektromobilität nicht zur Geltung kommen.

Für die erfolgreiche Einführung von Elektromobilität in den Bus-ÖPNV ist ein strategischer Ansatz erforderlich. Hier gilt „If you fail to plan you plan to fail“ (Benjamin Franklin). Umfassende Planung und Konzepterprobung sind der Schlüssel, um die Vorteile der Technologie voll zu nutzen und sich nicht in den „Wellen und Riemenantrieben“ des Gesamtsystems zu verlieren.

Langfristig sollte jeder Betreiber innerbetriebliches Fachwissen zur neuen Antriebsform aufbauen. So kann er die notwendigen Planungsschritte unabhängig in Eigenregie durchführen. Kurzfristig können Beratungsunternehmen die Know-how-Lücken schließen und wertvolles Fachwissen im Zuge der Umstellung einbringen.

## Die Stufen von der Idee bis zur Umsetzung

### Stufe 1: Strategie

Jedes Elektromobilitätsprojekt beginnt mit einer Strategie. In diesem theoretischen Schritt wird die Grundlage für alle weiteren Schritte gelegt. Es gilt festzulegen, welche Grenzen der Systementwurf hat. Oder umgekehrt, welche Gestaltungsmöglichkeiten bestehen: Gibt es Ansätze die kategorisch ausgeschlossen werden? Welche Standorte

Vielerorts scheitert die Elektromobilität im ÖPNV noch an den hohen Kosten, insbesondere für die Anschaffung emissionsfreier Busse und den Aufbau der dazugehörigen Ladeinfrastruktur. Anders als bei den Dieselfahrzeugen ist der Erfahrungsschatz bezüglich des Einsatzes und Betriebs, aber vor allem auch hinsichtlich der Kosten bei vielen Verkehrsbetrieben zu gering. Die Elektromobilität stellt als neue Entwicklung im ÖPNV die Unternehmer hier vor diverse Fragen: Was würde mich das Ganze kosten? Wo gibt es vielleicht Einsparpotentiale? Ein wichtiger Schritt in Richtung E-Mobilität ist dabei, die anstehenden Kosten der Elektromobilität umfassend und betriebsspezifisch kalkulierbar zu machen. Eine ganzheitlich durchgeführte Analyse der Kosten ergibt nicht selten überraschende Ergebnisse.

## Welche Kosten gilt es zu berücksichtigen?

Der Technologiewechsel hin zur Elektromobilität führt dazu, dass Verkehrsbetriebe mit Kosten anderer Art und Höhe rechnen müssen. Hier geht es nicht nur um die Kapitalkosten für Investitionen in die Fahrzeuge und die notwendige Infrastruktur, sondern auch um betriebsgebundene Kosten, die durch Wartung, Instandhaltung und Personal entstehen und um verbrauchsgebundene Kosten, die unmittelbar mit der Verkehrsleistung zusammenhängen.

**Abbildung 27: Unterscheidung wesentlicher Kostenarten der Elektromobilität im ÖPNV**

