



Dokumentation der Machbarkeitsstudie für die Umstellung des Fuhrparks auf alternative Antriebe

Gimmler Reisen und Stadtreinigung Wetzlar

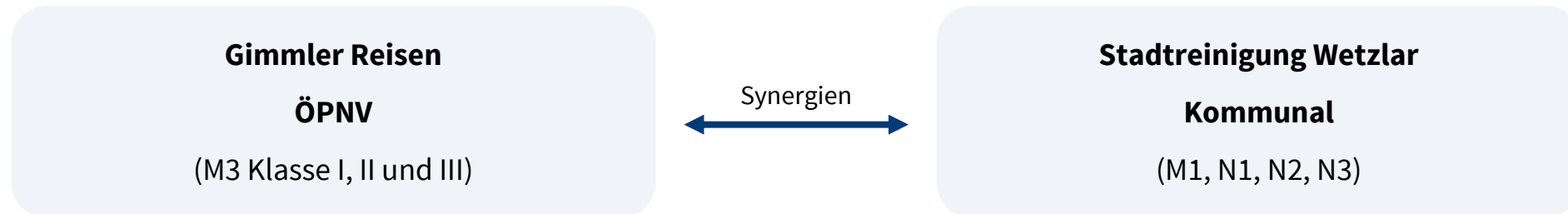
EMCEL GmbH

Machbarkeitsstudie | 22. April 2024

-
- 1. Aufgabenstellung und Leistungsbeschreibung**
 - 2. Grundlagen**
 - 3. ÖPNV-Analyse**
 - 4. Kommunalbetrieb-Analyse**
 - 5. Ergänzende Analyse – CVD-Erfüllung statt Vollumstellung**
 - 6. Betrachtung gemeinsamer Standort**
 - 6.1 Szenario 1 (100% Batterietechnik + Diesel)**
 - 6.2 Szenario 2 (BZ- und Batterietechnik + Diesel)**
 - 7. Umstellungsgeschwindigkeit**
 - 8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**
 - 9. Förderfähigkeit des Projekts**
 - 10. Kritische Infrastruktur**
 - 11. Fazit**
 - 12. Nächste Schritte**

1. Aufgabenstellung und Leistungsbeschreibung

- › Erstellung einer Machbarkeitsstudie für die Gesamtumstellung des Fuhrparks



- › Bewertung aller alternativen Antriebe (technologieoffen) im Kontext von Liniennetz, Fahr- und Routenplänen sowie lokalen Gegebenheiten
- › Bewertende Gegenüberstellung hinsichtlich Technik, Betrieb und Wirtschaftlichkeit
- › **Ziel: Handlungsempfehlungen für die Planungs- und Umsetzungsphase**

2. Grundlagen

Clean Vehicles Directive – Übersicht

- › **Feste Quoten** (Mindestziele) an sauberen/emissionsfreien Fahrzeugen sind bei der Beschaffung von Fahrzeugen durch **öffentliche Auftraggeber** vorgegeben
- › Gilt für Auftraggeber, die zur Anwendung eines Vergabeverfahrens nach **Vergabeverordnung** oder **Sektorenverordnung** verpflichtet sind
 - für Verträge über Kauf, Leasing oder Anmietung von Straßenfahrzeugen
 - für öffentliche Dienstleistungsaufträge (z.B. ÖPNV-Busse)
 - für Dienstleistungsaufträge über Verkehrsdienste (z.B. Paket- und Postdienste, Abholung von Siedlungsabfällen)

2. Grundlagen

Clean Vehicles Directive – Quoten für saubere / emissionsfreie Fahrzeuge

2.1 Güterbeförderung: Fahrzeugklassen N1 – N3

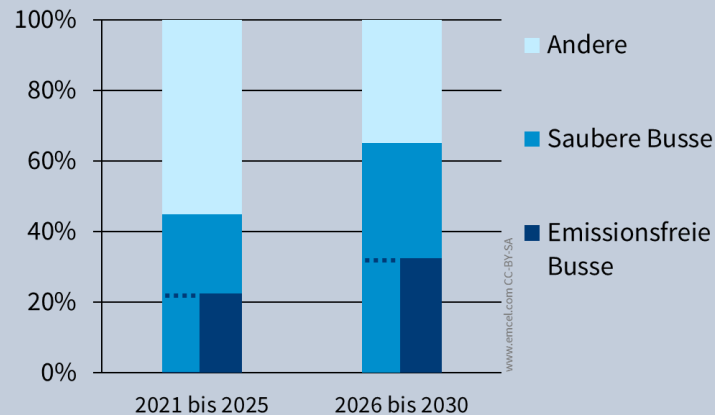
Neubeschaffungsquote	2021 bis 2025	2026 bis 2030
Fahrzeugklasse N1*	38,5 % Saubere Fahrzeuge mit Emissionen unter 50 g _{CO2} /km	38,5 % Saubere (de-facto-emissionsfreie) Fahrzeuge mit Emissionen von 0 g _{CO2} /km
Fahrzeugklassen N2**, N3***	10 % Saubere / emissionsfreie Fahrzeuge mit alternativen Kraftstoffen ¹	15 % Saubere / emissionsfreie Fahrzeuge mit alternativen Kraftstoffen ¹

Ausnahmen:

- › Bundeswehr
 - › Rettungswesen
 - › Polizei/ Zoll
 - › Feuerwehr
 - › Forstwirtschaft
 - › Landwirtschaft
 - › Katastrophenschutz
- › Fahrzeuge für:
 - Baustellen
 - Flughäfen
 - Häfen
 - Steinbrüche

2.2 Personenbeförderung: Fahrzeugklassen M1 – M3

M3- Klasse I:



Ausnahmen:

- › Bundeswehr
- › Rettungswesen
- › Polizei/ Zoll
- › Feuerwehr
- › Forstwirtschaft
- › M3 (Klasse II & Klasse III)

› Einzuhaltende Quoten werden auf Fahrzeugklassen (bspw. N3, M3 Klasse 1) angewendet, nicht auf die verschiedenen Dienstleistungssektoren

2. Grundlagen

Quoten für saubere / emissionsfreie Fahrzeuge (Exkurs: Reisebusse)

CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge

- › EU-Rat und Europäisches Parlament erzielen im Januar 2024 eine vorläufige Einigung über CO₂-Flottenemissionen von Fahrzeugherstellern
- › Für Reisebusse **M3 Klasse III** sollen folgende CO₂-Reduzierungen gelten:
 - Ab 2030: 45 % CO₂-Reduzierung
 - Ab 2040: 65 % CO₂-Reduzierung
 - Ab 2045: 90 % CO₂-Reduzierung

Marktentwicklung

- › Markt für elektrifizierte Reisebusse befindet sich aktuell im Hochlauf
- › 2023 wurden erste Wasserstoff-Reisebusse vorgestellt, batterieelektrische Reisebusse sind bereits im Einsatz

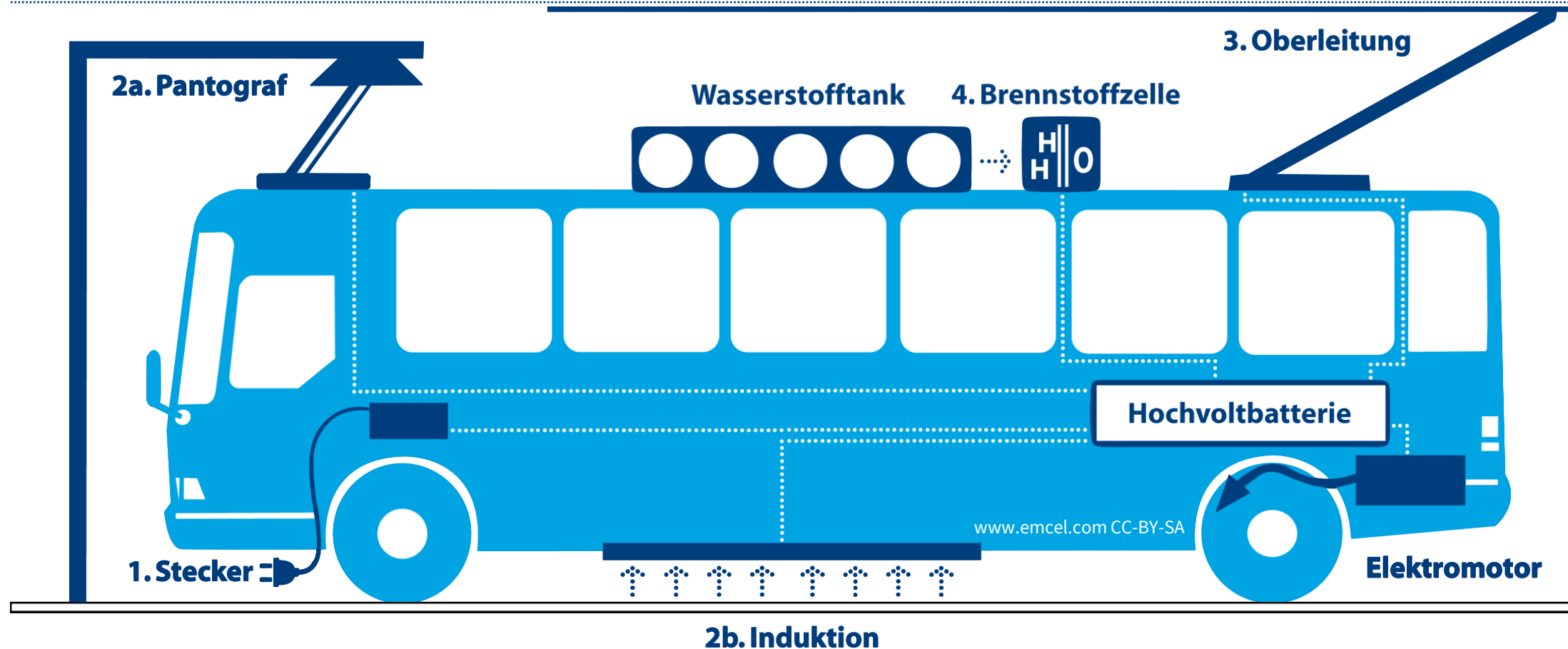


Herstellerübersicht

Batterie	Brennstoffzelle
Van Hool	Irizar
Yutong	Marcopolo
MCI	Temsa / Caetano

Retrofits werden beispielsweise von Equipmake durchgeführt.

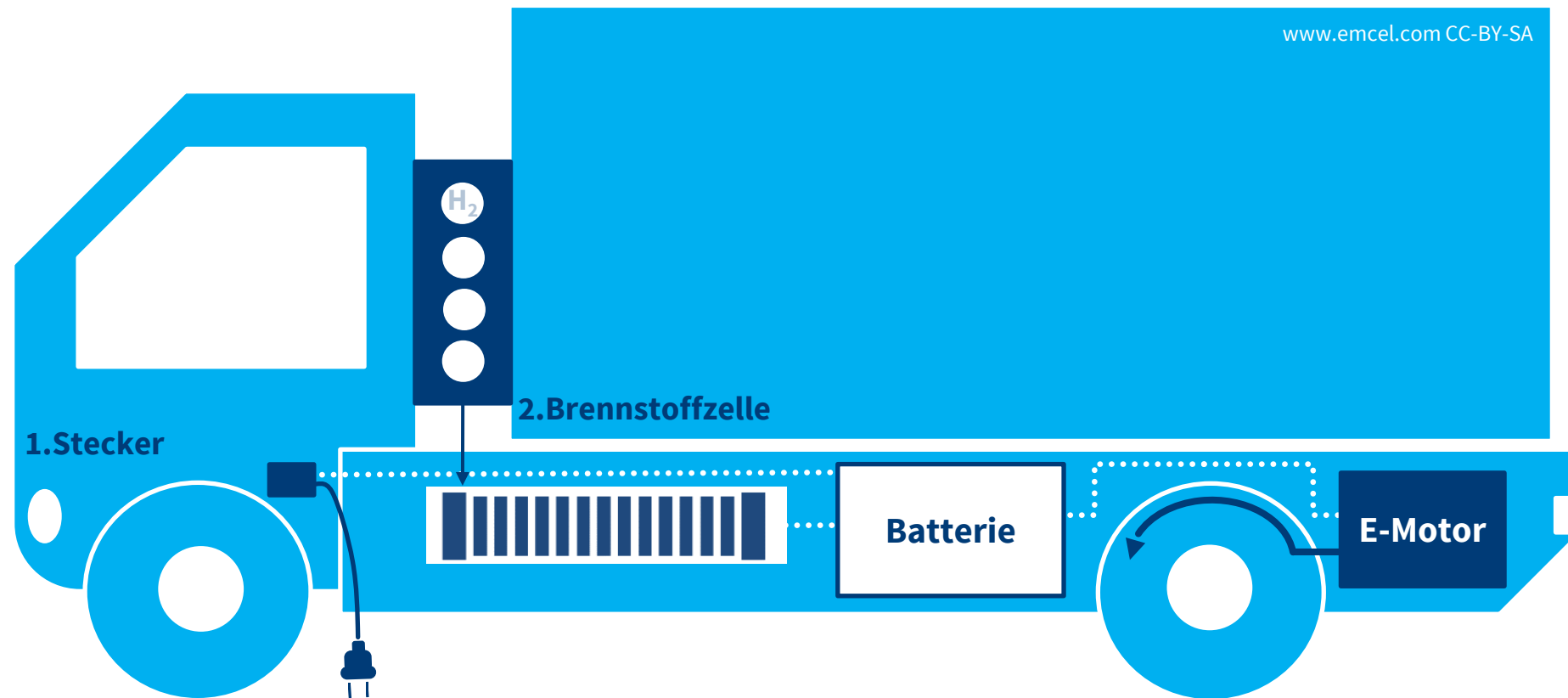
2. Grundlagen Alternative Antriebstechnologien – E-Busse



In Abhängigkeit der lokalen Randbedingungen sind alle Technologien sinnvoll!

2. Grundlagen

Alternative Antriebstechnologien – E-Kommunalfahrzeuge



2. Grundlagen

Alternative Antriebstechnologien – Batterie / Depotlader

Vorteile

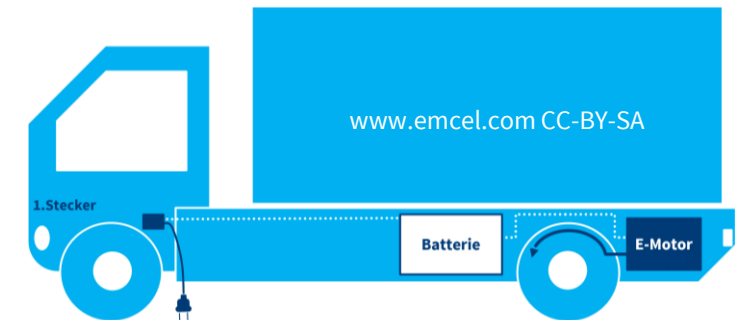
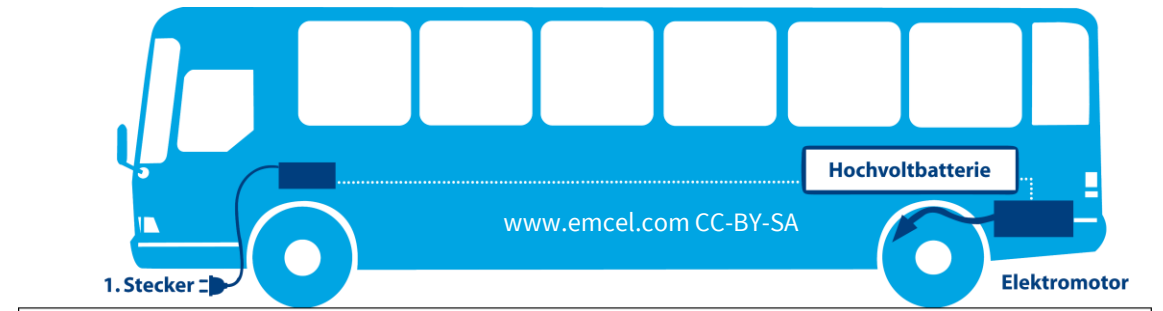
- + Niedrige Einstiegshürde
- + Flexibel einsetzbar

Nachteile

- Anschaffungskosten (Stand heute)
- Reichweite begrenzt, abhängig von Umgebungsbedingungen
- Lange Ladezeiten
- Ggf. Verringerung der Nutzlast / Fahrgastkapazität (Stand heute)

Konsequenz / mögliche Lösung

- › Strecken teilen / kürzen oder Zwischenladungen über Mittag
- › Mehr Fahrzeuge (mehr Fahrer)



2. Grundlagen

Alternative Antriebstechnologien – Gelegenheitslader (Teillader)

Vorteile

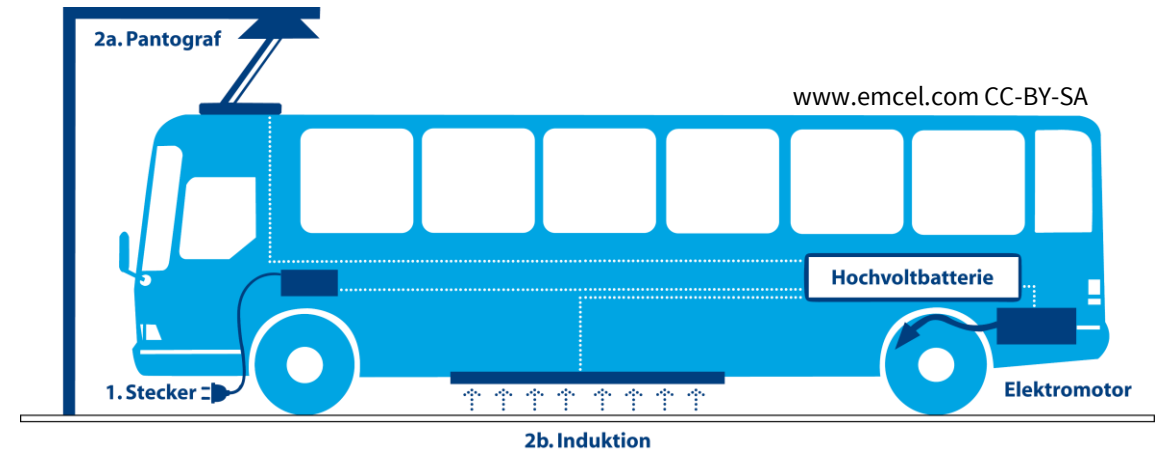
- + „Unendliche“ Reichweite
- + Kleinere Batterien als bei Voll-lader

Nachteile

- Benötigt Wendezeit ca. 10 Min. (abh. von der Linie)
- Flexibilität / Linienwechsel eingeschränkt

Konsequenz / mögliche Lösung

- › Festlegung auf eine Linie
- › Anpassung von Fahrplan und Wendezeit



2. Grundlagen

Alternative Antriebstechnologien – Brennstoffzelle

Vorteile

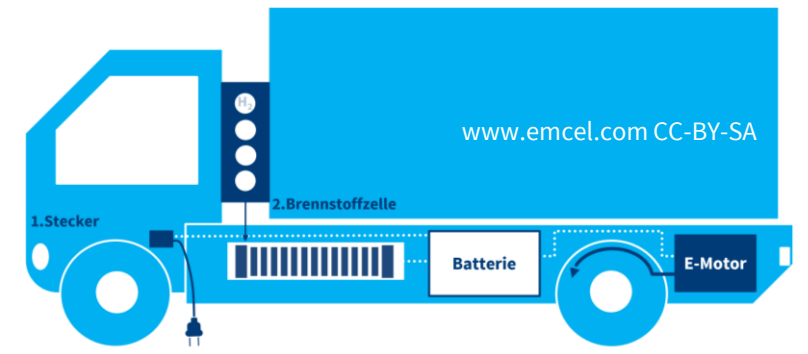
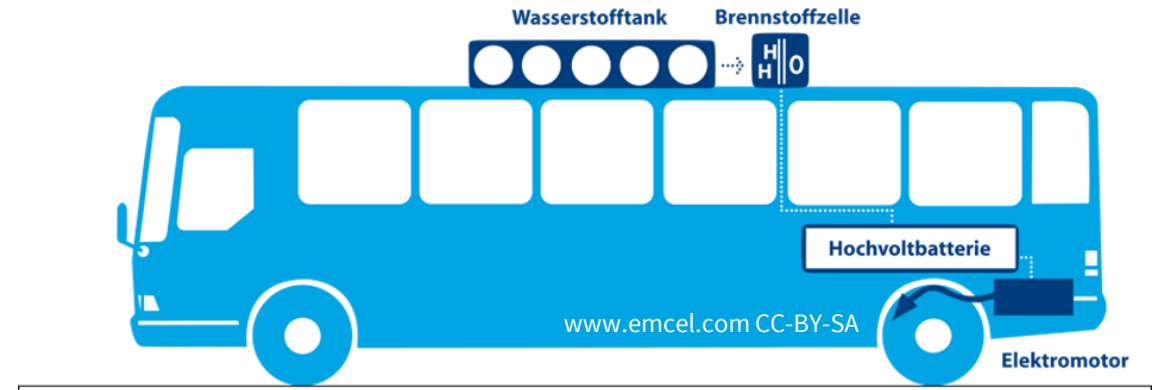
- + Höhere Reichweite möglich
- + Schnelle Betankung möglich
- + Flexibel einsetzbar

Nachteile

- Anschaffungskosten (Stand heute)
- Aufbau eigener Wasserstoffinfrastruktur (Einstiegskosten)
- Ggf. Verringerung der Nutzlast / Fahrgastkapazität (Stand heute)

Konsequenz / mögliche Lösung

- › Gemeinsame Nutzung der Wasserstofftankstelle, auch öffentlich
- › Wasserstofftankstelle als Betreibermodell



3. ÖPNV-Analyse

Bestandsanalyse

Aktuelle Standorte



Sigmund-Hiepe-Straße

Hauptstandort: Abstellung Fahrzeuge (Solo, Gelenk- und Reisebusse), Werkstatt, Diesel-Tankstelle , Verwaltungsgebäude

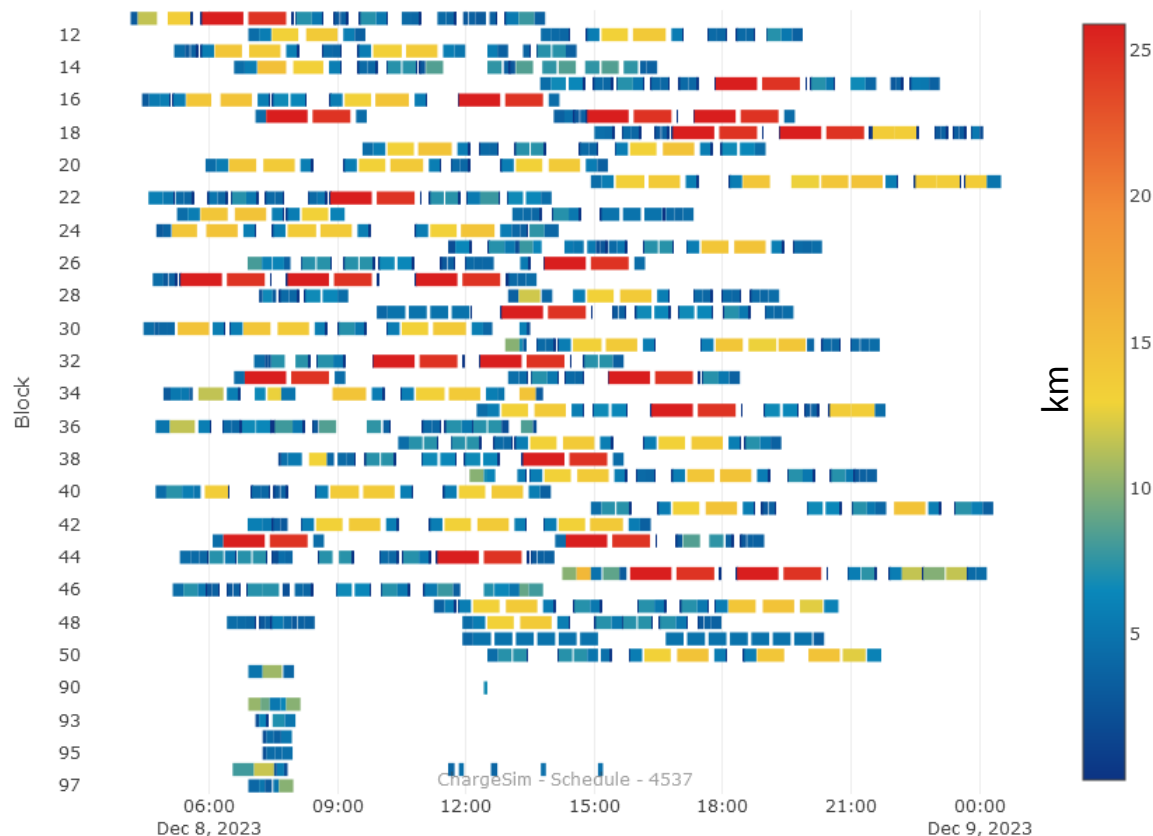
Q4 2024: Errichtung einer Ladeinfrastruktur für die ersten 4 bis 6 E-Busse (2 Midibusse, 2-4 Solobusse)

Max. Netzanschluss Ladeinfrastruktur: 0,3 MVA

3. ÖPNV-Analyse

Bestandsanalyse

Umläufe Montag - Freitag



- › 10 ÖPNV-Buslinien
 - › 38 Linienbusse (M3 Klasse I) (+ 4 Busse durch Erweiterung Liniennetz in 2024, **insgesamt 42 Busse**)
 - 33 Solobusse
 - 4 Gelenkbusse (+ 2 ab März 2024)
 - 1 Midibus (+ 2 ab Dezember 2024)
 - › Einzelne Umläufe zwischen 11 und 180 km Länge
 - › Tagesfahrleistung der ÖPNV-Busflotte (inkl. Leerfahrten) von ca. 6.200 km
- › Zusätzlich im Fuhrpark:
 - › 27 Reisebusse (24x M3 Klasse III + 3x M3 Klasse II) + 3 Neubeschaffungen bis 06/2025 (3x M3 Klasse III) => insgesamt 30 Busse
 - › 6 Kleinbusse (Fahrzeuglänge <8 m)
 - › 7 PKW, ab Mai 2024 durch E-PKW sukzessiv ersetzt

3. ÖPNV-Analyse

Bestandsanalyse

Fuhrparkzusammensetzung

M3 Klasse I Linienbus



Bild: <https://www.watzinger.de/kelheim-regensburg/>



Bild: KENT C 18,75 | Otokar Europe

z.B. Solobusse (12 m) und Gelenkbusse (18 m)

M3 Klasse II Überlandbus



Bild: Intouro – Mercedes-Benz Buses ([mercedes-benz-bus.com](https://www.mercedes-benz-bus.com))

Hauptsächlich zur Beförderung sitzender Fahrgäste

M3 Klasse III Reisebus



Bild: Stadtbus und Reisebus ([camozzi.com](https://www.camozzi.com))

Ausschließlich zur Beförderung sitzender Fahrgäste

3. ÖPNV-Analyse

Technologiebewertung

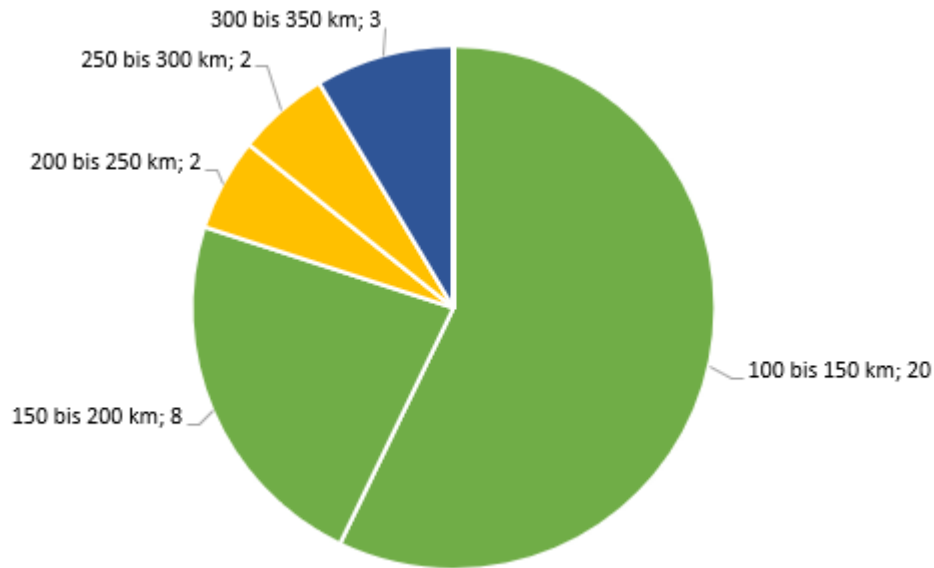
Vorgehensweise

- › Betrachtung einer 100%-igen Flottenumstellung auf emissionsfreie Antriebe (zuerst Fokus auf M3 Klasse I)
- › Vergleich der Technologien Depotladung, Gelegenheitsladung und Brennstoffzelle
- › Analyse basierend auf den zur Verfügung stehenden Umlaufdaten und Fahrplänen

3. ÖPNV-Analyse

100 % Depotladung: Technologiebewertung

Umläufe Montag bis Freitag



Insgesamt: 35 Umläufe

Einteilung nach Tagesfahrleistung

- 0 bis 200 km pro Tag
- 200 bis 300 km pro Tag
- über 300 km pro Tag

100 % Depotladung in Wetzlar

- > Flexibel einsetzbar
- > Niedrige Einstiegshürde für die ersten Busse
- > Keine lokalen Emissionen
- > 100 % der Umläufe sind leicht mit Depotladung zu bedienen
- > 0 - 4 Zusatzbusse notwendig

100 % Umstellung auf Depotladung mit geringer Anpassung des Betriebs und 0 - 4 Zusatzbussen möglich

3. ÖPNV-Analyse

100 % Depotladung: Benötigte Infrastruktur

Energiebedarf Ladeinfrastruktur

- › Annahme durchschnittliche Pausenzeit: 3,5 h
- › Annahme Verbrauch: von 1,5 bis 2,4 kWh/km
- › Minimale Batteriekapazität*: 300 kWh
- › Maximale Batteriekapazität*: 480 kWh
- › Anzahl Fahrzeuge: ca. 42 (inkl. Reservebusse)
- › Ø-Ladeleistung pro Bus: von 60 bis 100 kW
- › Berücksichtigung von intelligentem Lademanagement bringt ca. 30 % Reduktion der Netzanschlussleistung
- › Benötigte Netzanschlussleistung** bei 42 Ladepunkten: **ca. 2,2¹ bis 5,25² MVA** (heute: 0,3 MVA für 4-6 E-Busse)

* Gilt für Solobusse, bei Gelenkbussen ggf. höher

** Inkl. Sicherheitsaufschlag

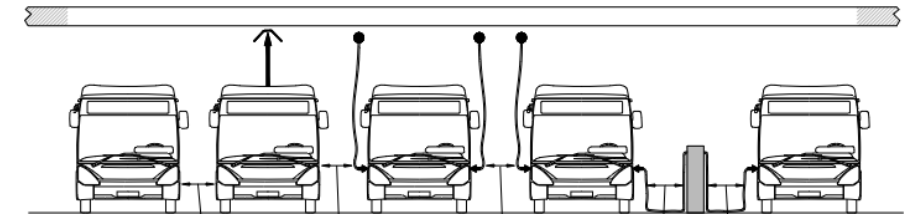
¹ Intelligentes Lastmanagement berücksichtigt – 60 kW Ladeleistung

² Intelligentes Lastmanagement nicht berücksichtigt – 100 kW Ladeleistung

3. ÖPNV-Analyse

100 % Depotladung: Flächenbedarf Linienbusse

Annahmen	Solobus	Gelenkbus
Länge Stellplatz [m]	13,00	20,00
Breite Stellplatz [m]	3,55	3,55
Zusatzlänge LIS [m]	0,40	0,40
Zusatzbreite LIS [m]	0,60	0,60
Sicherheitsfaktor* [-]	1,5	1,5
Flächenbedarf pro Fahrzeug [m ² /Fahrzeug]	~84,00	~127,00



Quelle: VDV-Schrift 825

Flächenbedarf am Depot (keine Zusatzbusse): 3.024 m² (36 Solobusse) plus 762 m² (6 Gelenkbusse). Insgesamt ca. 3.786 m²

* beinhaltet u.a. Fluchtwege, Fahrwege, Rangierflächen

3. ÖPNV-Analyse

100 % Depotladung: Aufstellung



Beispiel für die Aufstellung

3. ÖPNV-Analyse

100 % Depotladung: Bewertung aktueller Standort

Depot an der Siegmund-Hiepe-Straße

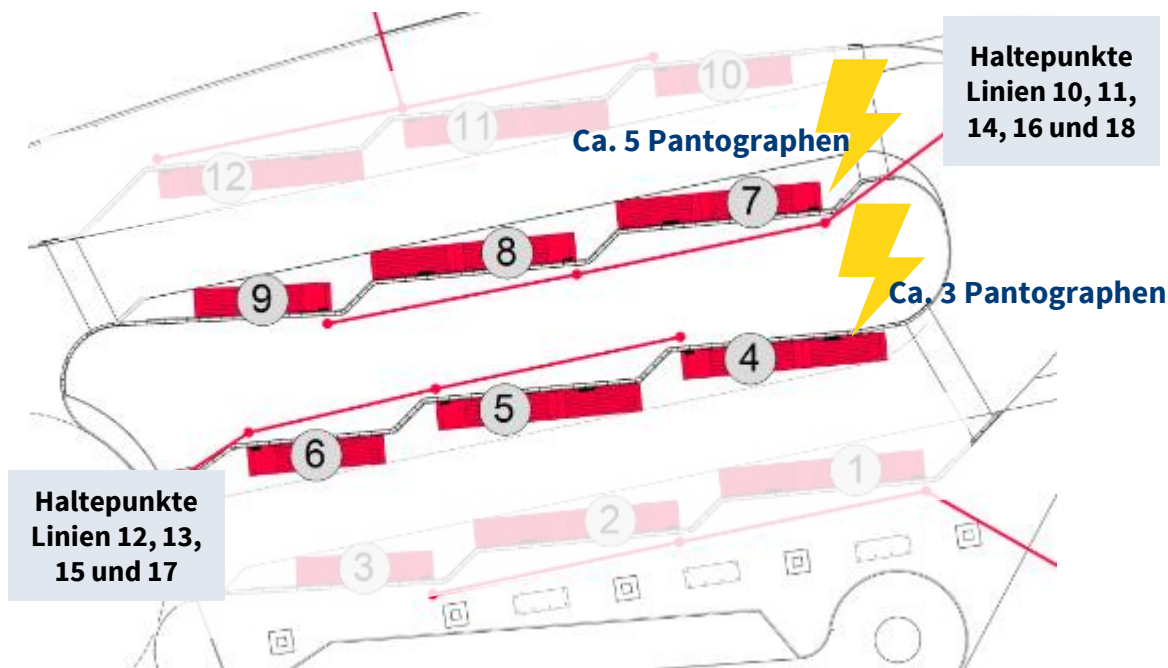
- › Gesamtfläche: **ca. 13.050 m²**
- › Benötigte Fläche für E-Busse : **ca. 3.786 m²**
- › Stand heute: **ca. 1.600 – 2.000 m²** Fläche für Stadtlinienbusse verfügbar
- › Platz für 42 E-Busse mit LIS **nicht** ausreichend
- › Für eine Gesamtumstellung auf Depotladung ist ein alternativer Standort notwendig



Bildquelle: GEO.basis.nrw

3. ÖPNV-Analyse

100 % Gelegenheitsladung: Technologiebewertung



Belegung Haltestellen ZOB Wetzlar

Auswertung Linienfahrpläne (Montag bis Freitag – kein Schulverkehr):

- › **Wetzlar Bahnhof/ZOB** bietet sich als zentrale Haltestelle für die Errichtung von Ladestationen an
- › Genügend Wendezeit (mind. 15 Minuten) für den Großteil der Linien
- › Ausnahme: Linie 12 – keine Zeit zum Nachladen vorhanden, alternativ: Einsatz von Zusatzbussen oder LIS am Asslar Freizeitbad denkbar
- › Unter Voraussetzung einer Neuplanung der Umläufe: ca. 10-13 Pantographen notwendig (Aktuell werden die Umläufe nicht linienrein bedient)
- › Der Bedarf an Zusatzbussen liegt nach Einschätzung bei ca. 15 % (7 E-Busse)

100 % Umstellung auf Gelegenheitsladung nur durch Umplanung der Umläufe und Einsatz von Zusatzbussen

3. ÖPNV-Analyse

100 % Gelegenheitsladung: Benötigte Infrastruktur

Benötigte Ladeinfrastruktur im Depot (Siegmond-Hiepe-Straße)

- › Fahrzeuge kommen i.d.R. nicht komplett entladen von den Linien (Starthaltestelle bis Endhaltestelle)
- › Ladegeräte für ca. die Hälfte der Fahrzeugflotte (inkl. Zusatzbusse) vorzusehen
- › ca. 25 Ladegeräte mit Ladeleistungen von 60 bis 100 kW
- › Insgesamt **ca. 1,35¹ bis 3,15² MVA-Netzanschlussleistung***, je nach Ladeflexibilität

Benötigte Ladeinfrastruktur an der Strecke – ZOB Wetzlar und Asslar Freizeitbad

- › Insgesamt 10 – 13 Pantographen à ca. 300 kW
- › Insgesamt ca. **4,3 MVA-Netzanschlussladeleistung*** (größtenteils davon am ZOB benötigt)
- › Benötigter Netzanschluss ggf. nicht an jeder Haltestelle verfügbar
- › Fläche für Errichtung der LIS nicht durchgehend verfügbar

* Inkl. Sicherheitsaufschlag

¹ Intelligentes Lademanagement berücksichtigt – 60 kW Ladeleistung

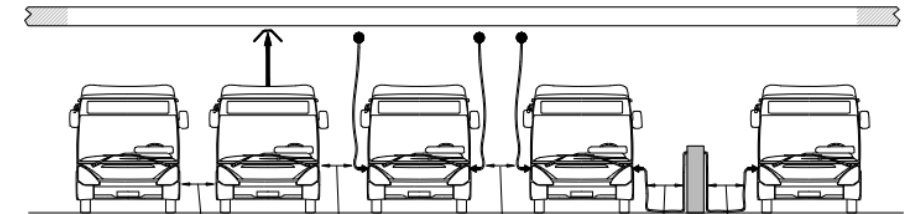
² Intelligentes Lademanagement nicht berücksichtigt – 100 kW Ladeleistung

3. ÖPNV-Analyse

100 % Gelegenheitsladung: Flächenbedarf Linienbusse

Flächenbedarf

Annahmen	Solobus	Gelenkbus
Länge Stellplatz [m]	13,00	20,00
Breite Stellplatz [m]	3,55	3,55
Zusatzlänge LIS [m]	0,40	0,40
Zusatzbreite LIS [m]	0,60	0,60
Sicherheitsfaktor* [-]	1,5	1,5
Flächenbedarf pro Fahrzeug [m ² /Fahrzeug]	~84,00	~127,00



Quelle: VDV-Schrift 825

Flächenbedarf am Depot (inkl. Zusatzbusse): 3.612 m² (43 Solo-Busse) plus 762 m² (6 Gelenk-Busse). **Insgesamt ca. 4.374 m²**

Flächenbedarf am ZOB Wetzlar: 504 – 672 m² (6 – 8 Solo-Busse) plus 254 m² (2 Gelenk-Bus). **Insgesamt ca. 758 – 926 m²**

Flächenbedarf am Asslar Freizeitbad: ca. 254 – 381 m² (2 – 3 Gelenk-Busse)

* beinhaltet u.a. Fluchtwege, Fahrwege, Rangierflächen

3. ÖPNV-Analyse

100 % Gelegenheitsladung: Aufstellung



Beispiel für die Aufstellung

3. ÖPNV-Analyse

100 % Gelegenheitsladung: Bewertung aktueller Standort

Depot an der Siegmund-Hiepe-Straße

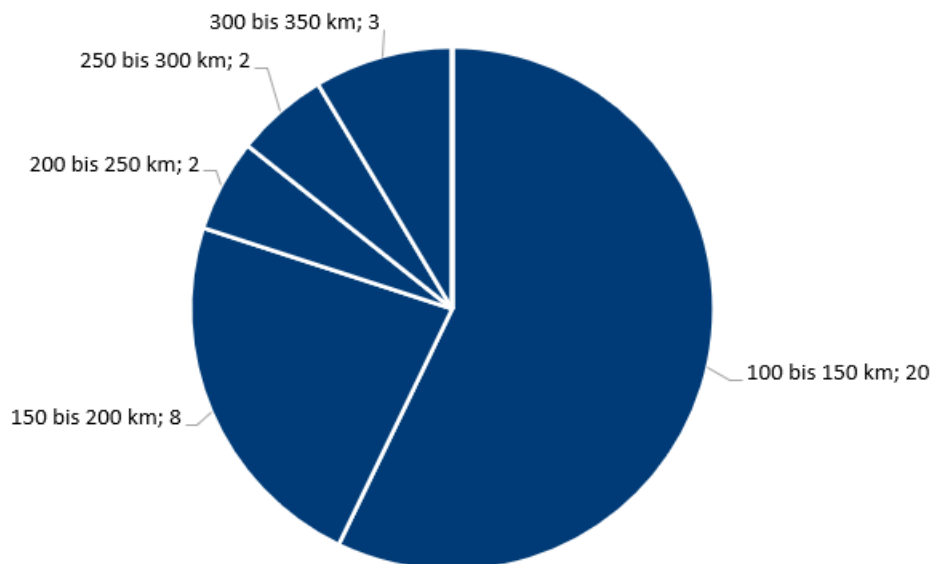
- › Gesamtfläche: **ca. 13.050 m²**
- › Benötigte Fläche für E-Busse : **ca. 4.374 m²**
- › Stand heute: **ca. 1.600 – 2.000 m²** Fläche für Stadtlinienbusse verfügbar
- › Platz für 49 E-Busse (inkl. Zusatzbusse) mit LIS **nicht** ausreichend
- › Für eine Gesamtumstellung auf Gelegenheitsladung ist ein alternativer Standort notwendig



3. ÖPNV-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Technologiebewertung

Umläufe Montag bis Freitag



Insgesamt: 35 Umläufe

Einteilung nach Tagesfahrleistung

- Bis 400 km pro Tag: 1 zu 1 Ersatz möglich
- Über 400 km pro Tag: ggf. Umlauftrennung oder Zwischenbetankung

100 % BZ-Busse in Wetzlar

- › Flexibel einsetzbar
- › Keine lokalen Emissionen
- › Reichweite für alle Umläufe ausreichend
- › Keine Wasserstofftankstelle in der Nähe: nächste in Gießen in ca. 20 km
- › Keine Zusatzbusse notwendig

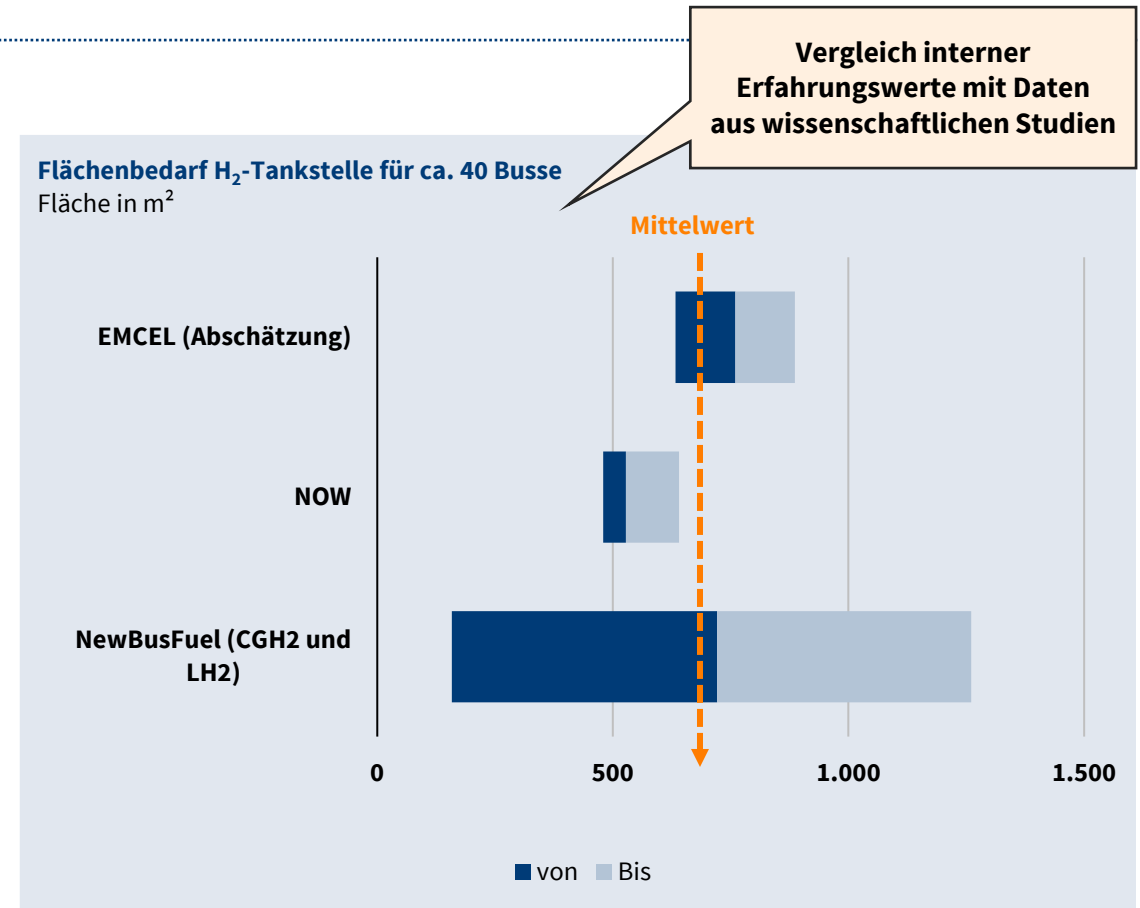
100 % Umstellung auf BZ-Busse mit geringer Anpassung des Betriebs und ohne Zusatzbusse möglich. Errichtung einer Wasserstofftankstelle notwendig.

3. ÖPNV-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Benötigte Infrastruktur und Flächenbedarf

H₂-Tankstelle für ca. 40 Busse

- › Abschätzung Wasserstoffbedarf: ca. 1 t_{H₂}/d
- › Abschätzung Flächenbedarf*: ca. 700 m² ± 25 %
- › Ca. 1 – 2 H₂-Trailer pro Tag (H₂-Tankstelle mit Anlieferung)
- › Erforderliche Netzanschlussleistung: ca. 0,7 MVA
- › Erhöhter Flächenbedarf und deutlich höhere Netzanschlussleistung bei H₂-Erzeugung vor Ort (Elektrolyse)



* Ohne Rangier- und Tankflächen. Das Flächenlayout einer H₂-Tankstelle ist individuell anpassbar (effizientes Layout, wie z.B. Brandschutzwände zur Reduzierung von Schutz- und Sicherheitsabständen, Stapelung von Container-Komponenten etc.).

3. ÖPNV-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Aufstellung



Beispiel für die Aufstellung



Quelle: IBAA

3. ÖPNV-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Bewertung aktueller Standort

Depot an der Sigmund-Hiepe-Straße

- › Gesamtfläche: **ca. 13.050 m²**
- › Benötigte Fläche für BZ-Busse: wie heute bei Diesel (Stand heute: **ca. 1.600 – 2.000 m²** Fläche für Stadtlinienbusse verfügbar) **plus ca. 422 m²** für die Flottenerweiterung
- › Platzbedarf H₂-Tankstelle: **520 – 875 m²**
- › Platz für 42 BZ-Busse mit H₂-Tankstelle **nicht** ausreichend
- › Für eine Gesamtumstellung auf Brennstoffzellentechnik ist ein alternativer Standort notwendig



3. ÖPNV-Analyse

Bewertungsmatrix

	Diesel	Batterie Depotlader	Batterie Gelegenheitslader	Brennstoffzelle
Aufwand Betriebsumstellung	Bekannte Technik	0 - 4 Zusatzbusse notwendig, ggf. zusätzliches Fahrpersonal und Umlaufneuplanung	ca.15 % Zusatzbusse (und zusätzliches Fahrpersonal), Umlaufneuplanung	Keine Zusatzbusse notwendig
Aufwand Infrastruktur	Bekannte Technik	Ladeinfrastruktur im Depot mit ca. 2,2 bis 5,25 MVA ¹ Anschlussleistung, Platzbedarf im Depot	Ladeinfrastruktur im Depot mit ca. 1,35 bis 3,15 MVA ^{1 2} Anschlussleistung, ca. 10 Pantographen auf der Strecke mit insgesamt ca. 4,3 MVA Anschlussleistung, Platzbedarf im Depot, am ZOB und am Asslar Freizeitbad	Betreibermodell oder eigene Infrastruktur, ca. 0,7 MVA Anschlussleistung und Platzbedarf im Depot
Emissionen	Lokale Emissionen	Keine lokalen Emissionen	Keine lokalen Emissionen	Keine lokalen Emissionen

www.emcel.com CC-BY-SA

Die technisch und wirtschaftlich beste Lösung zählt!

¹ Je nach Ladeleistung (60 – 100 kW) und Berücksichtigung eines intelligenten Lastmanagements

² Ca. die Hälfte der Fahrzeugflotte (inkl. Zusatzbusse) mit Ladegerät ausstatten

3. ÖPNV-Analyse

Zwischenfazit

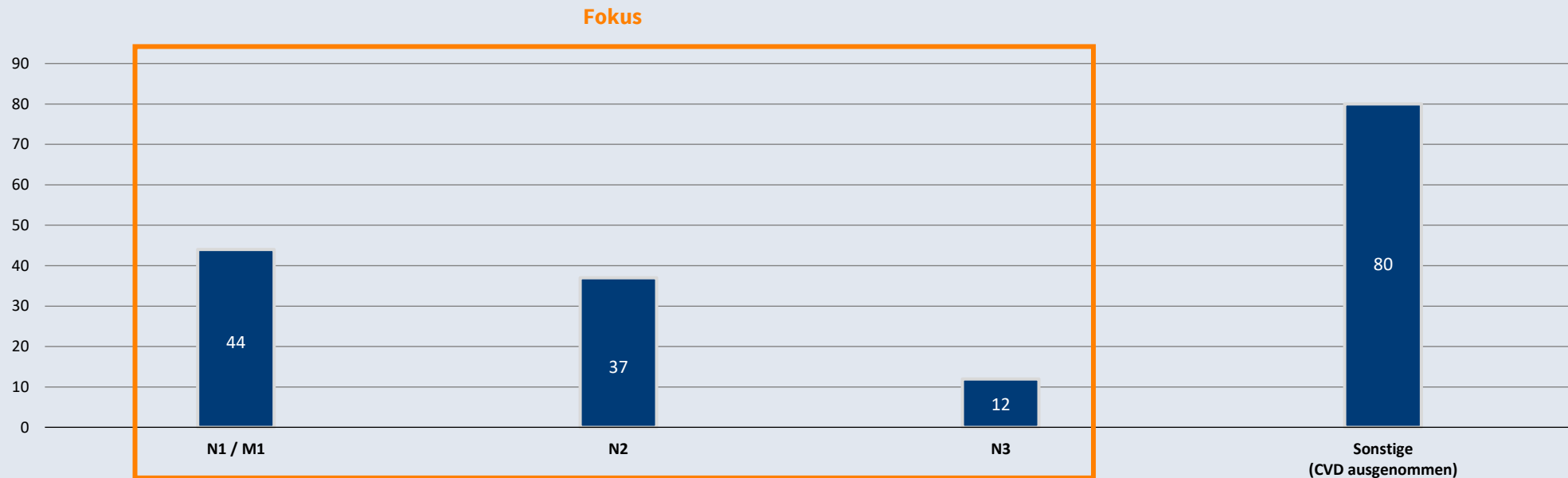
- › Für eine Umstellung auf E-Busse bieten sich aus technischer Sicht die Technologien Depotladung und Brennstoffzelle an.
- › Gelegenheitsladung aufgrund von Zusatzbussen und einer erforderlichlich neuen Umlaufplanung eher ungeeignet.
- › Aktueller Standort ist für eine 100%-ige Umstellung von Diesel auf E-Antriebe (Stadtbusse) ungeeignet (Platzbedarf, Aufwand Erweiterung Netzanschluss).

4. Kommunalbetrieb-Analyse

Bestandsanalyse

Fuhrparkzusammensetzung

Fahrzeuganzahl
je Fahrzeugkategorie (gemäß CVD)



z.B. PKW, Transporter Pritsche

z.B. LKW Müllfahrzeug, LKW Kipper,
Transporter Pritsche

z.B. LKW Müllfahrzeug, LKW Kipper,
LKW Abrollkipper

z.B. Feuerwehrfahrzeug, Traktor,
Kanalspülfahrzeug, Kehrmaschine,
Winterdienst, sfAm

4. Kommunalbetrieb-Analyse

Bestandsanalyse

Fuhrparkzusammensetzung

N1/M1

< 3,5 t



Bild: https://konfigurator.vw-nutzfahrzeuge.at/cc-at/de_AT_LNF22/L/models



Bild: <https://www.ford.de/nutzfahrzeuge-modelle/ford-transit-connect>

z.B. PKW, Transporter Pritsche

N2

3,5 t – 12 t



Bild: Mercedes-Benz Trucks: Atego

z.B. LKW Müllfahrzeug, LKW Kipper, Transporter Pritsche

N3

> 12 t



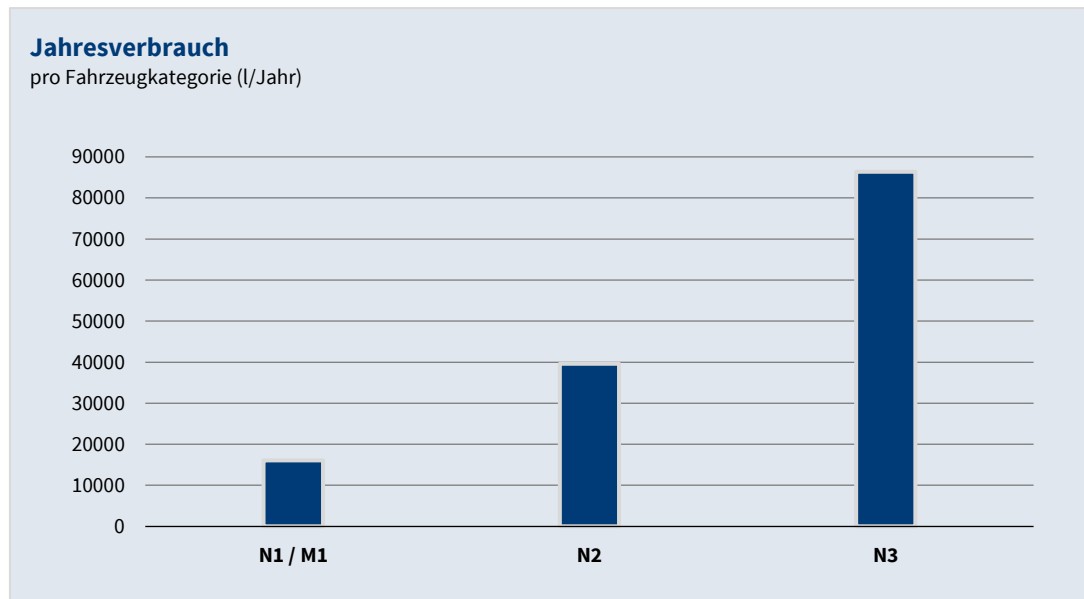
Bild: <https://biagroup.com/group/en/products/man-trucks>

z.B. LKW Müllfahrzeug, LKW Kipper, LKW Abrollkipper

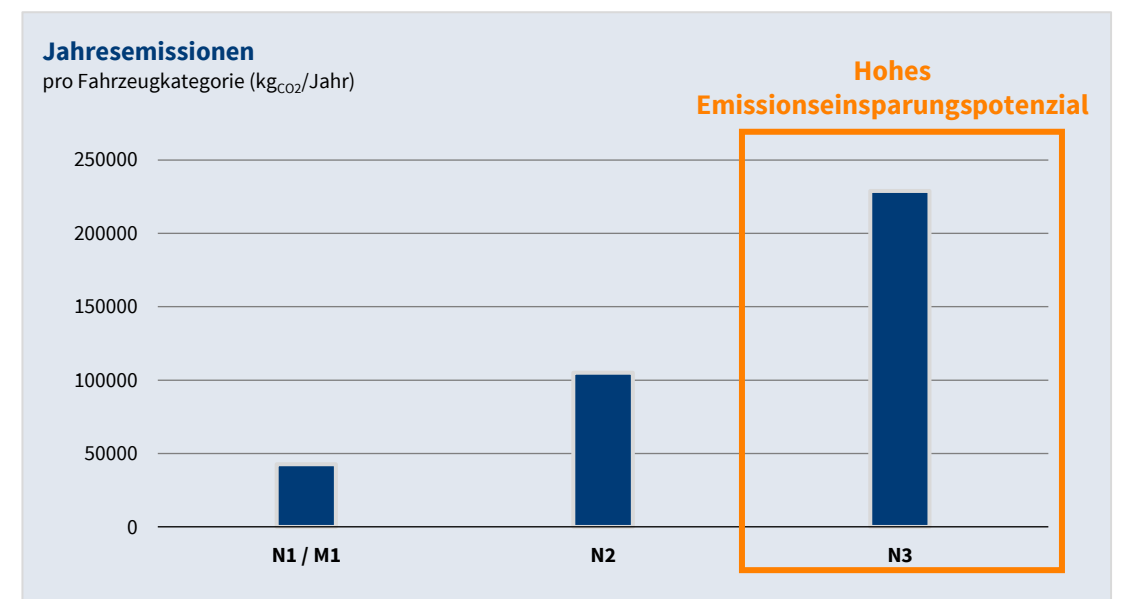
4. Kommunalbetrieb-Analyse

Bestandsanalyse

Jahresverbräuche und CO₂-Emissionen



Basierend auf Fahrzeugliste (Stand November 2023) und Durchschnittsverbräuchen 2023 (Stand Januar 2024). Fahrzeuge mit fehlender Datengrundlage (z.B. Dieserverbrauch) sind nicht berücksichtigt. Annahme für Betriebstage pro Jahr: 250



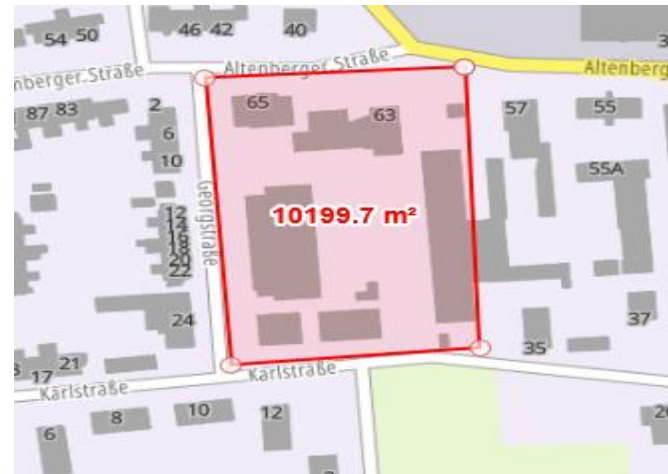
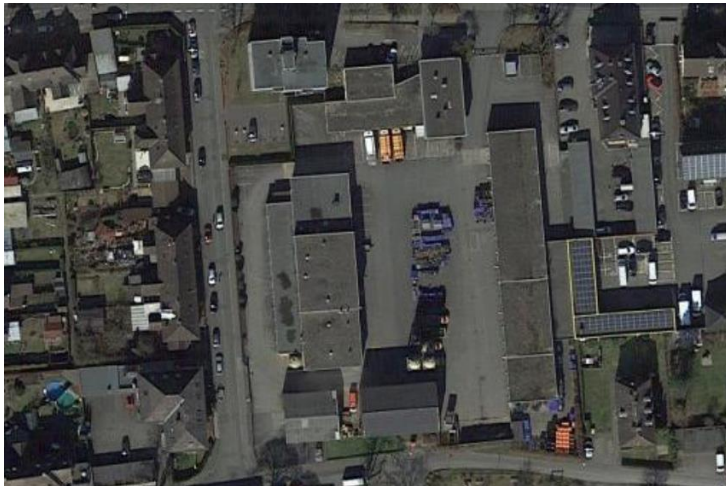
Annahme: Dieseldieselkraftstoff

Insbesondere durch die Umstellung schwerer Nutzfahrzeuge (N3) können CO₂-Emissionen, auch kurzfristig, stark reduziert werden

4. Kommunalbetrieb-Analyse

Bestandsanalyse

Aktuelle Standorte



Altenberger Straße

Hauptstandort: Abstellung Fahrzeuge, Werkstatt,
Behälter, Diesel-Tankstelle, Verwaltungsgebäude

4. Kommunalbetrieb-Analyse

Technologiebewertung

Vorgehensweise

- › Betrachtung einer 100 %-igen Flottenumstellung (Ziel: Emissionsfreiheit 2030)
- › Vergleich der Technologien rein batterieelektrisch und Brennstoffzelle
- › Unterscheidung zwischen den Fahrzeugklassen N1 / M1, N2 und N3
- › Analyse basierend auf den zur Verfügung stehenden Jahresverbräuchen und -fahrleistungen
- › Annahme: 250 Einsatztage pro Jahr pro Fahrzeug

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Batterie: Technologiebewertung und benötigte Infrastruktur

Fahrzeugkategorie N1 / M1

Parameter	Stadtreinigung Wetzlar
Tagesfahrleistung [km/Tag]	15 - 75
Ø-Dieserverbrauch [l/100 km]	4,5 - 20
Erforderliche Batteriekapazität [kWh]*	10 - 35

Typische Batteriekapazitäten am Markt [kWh]	10 - 90
--	----------------

- › 100 % Flottenumstellung denkbar (bei ausreichender Batteriekapazität)
- › Marktangebot aktuell eingeschränkt, aber starke Entwicklung (Modelle, Batteriekapazitäten etc.)
- › Ladeinfrastruktur benötigt

Ladeinfrastruktur

- › Angenommene Standzeit der Fahrzeuge: ca. 8 Stunden
- › Angenommene Ø-Batteriekapazität: 25 kWh
- › Erforderliche Ladeleistung: ca. 4 kW
- › **Typische Ladeleistung am Markt: 11 kW (AC)**
- › **Erforderliche Netzanschlussleistung für 44 Ladepunkte:**
 - **ca. 0,6 MVA (ohne LMS**)**
 - **ca. 0,4 MVA (mit LMS**)**
- › Für erste Fahrzeuge mit ggf. geringer Batteriekapazität sind auch geringere Ladeleistungen denkbar (z.B. 3 kW).

**Intelligentes Lademanagementsystem – bis zu ca. 30 % Einsparung möglich

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Batterie: Technologiebewertung und benötigte Infrastruktur

Fahrzeugkategorie N2

Parameter	Stadtreinigung Wetzlar
Tagesfahrleistung [km/Tag]	15 - 80
Ø-Dieserverbrauch [l/100 km]	15 - 30
Erforderliche Batteriekapazität [kWh]*	20 - 85

Typische Batteriekapazitäten am Markt [kWh]	40 - 120
--	-----------------

- › 100 % Flottenumstellung denkbar (bei ausreichender Batteriekapazität)
- › Marktangebot aktuell eingeschränkt, aber starke Entwicklung (Modelle, Batteriekapazitäten etc.)
- › Ladeinfrastruktur benötigt

Ladeinfrastruktur

- › Angenommene Standzeit der Fahrzeuge: ca. 8 Stunden
- › Angenommene Ø-Batteriekapazität: 50 kWh
- › Erforderliche Ladeleistung: ca. 7 kW
- › **Typische Ladeleistung am Markt: 11 kW (AC)**
- › **Erforderliche Netzanschlussleistung für 37 Ladepunkte:**
 - **ca. 0,4 MVA (ohne LMS**)**
 - **ca. 0,27 MVA (mit LMS**)**
- › Höhere Ladeleistungen können einen flexibleren Einsatz der Fahrzeuge ermöglichen (z.B. 22 kW / 50 kW).

**Intelligentes Lademanagementsystem – bis zu ca. 30 % Einsparung möglich

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Batterie: Technologiebewertung und benötigte Infrastruktur

Fahrzeugkategorie N3

Parameter	Stadtreinigung Wetzlar
Tagesfahrleistung [km/Tag]	30 - 65
Ø-Dieserverbrauch [l/100 km]	50 - 80
Erforderliche Batteriekapazität [kWh]*	120 - 300

Typische Batteriekapazitäten am Markt [kWh]	50 - 450
--	-----------------

- › 100 % Flottenumstellung denkbar (bei ausreichender Batteriekapazität)
- › Gute HerstellerAuswahl für Abfallsammelfahrzeuge vorhanden, zukünftig weitere Anbieter
- › Ladeinfrastruktur benötigt

Ladeinfrastruktur

- › Angenommene Standzeit der Fahrzeuge: ca. 8 Stunden
- › Angenommene Ø-Batteriekapazität: 300 kWh
- › Erforderliche Ladeleistung: ca. 38 kW
- › **Typische Ladeleistung am Markt: 50 kW (DC)**
- › **Erforderliche Netzanschlussleistung für 12 Ladepunkte:**
 - **ca. 0,6 MVA (ohne LMS**)**
 - **ca. 0,4 MVA (mit LMS**)**
- › Höhere Ladeleistungen können einen flexibleren Einsatz der Fahrzeuge ermöglichen (z.B. 100 kW).

**Intelligentes Lademanagementsystem – bis zu ca. 30 % Einsparung möglich

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Batterie: Flächenbedarf

Flächenbedarf am Depot- Ladeinfrastruktur

› Anzahl Fahrzeuge und erforderlicher Flächenbedarf* (ohne LIS):

- N1 / M1: 44 Fahrzeuge; ca. 20 m²/Fahrzeug
- N2: 37 Fahrzeuge; ca. 30 m²/Fahrzeug
- N3: 12 Fahrzeuge; ca. 45 m²/Fahrzeug

› Bis ca. 50 % Mehrflächenbedarf** bezogen auf heutige Aufstellfläche für LIS pro Fahrzeug.

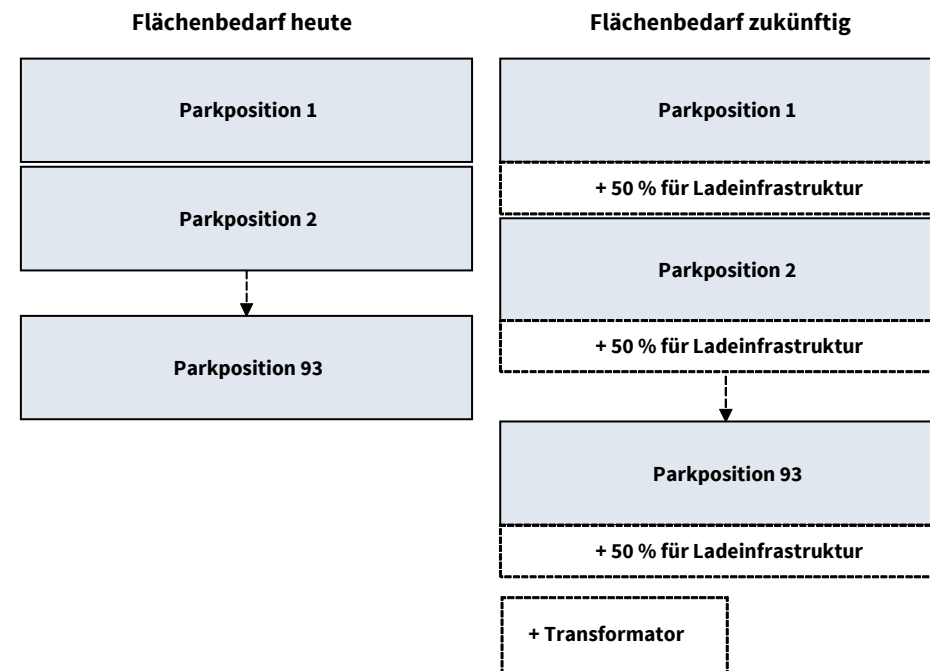
Bis zu ca. 1.265 m² Mehrflächenbedarf

(= ca. 12 % der Gesamtfläche Altenberger Straße)

- › Evtl. erforderliche Rangierflächen sind zusätzlich zu berücksichtigen
- › Evtl. erforderlicher Transformator benötigt ebenfalls Fläche

*Annahme EMCEL basierend auf typischen Fahrzeugabmaßen
(N1/M1: 6mx3,55m; N2: 8mx3,55m N3: 12,50mx3,55m)

**Basierend auf Erfahrungswerten



4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Technologiebewertung und Wasserstoffbedarf

Fahrzeugkategorie N1 / M1

Parameter	Stadtreinigung Wetzlar
Tagesfahrleistung [km/Tag]	15 - 75
Ø-Dieserverbrauch [l/100 km]	4,5 - 20
Wasserstoffverbrauch [kg/100 km]*	0,8 - 3,5

Typische Reichweiten am Markt [km]	300 - 400
---	------------------

- › 100 % Flottenumstellung denkbar
- › Marktangebot aktuell kaum vorhanden (vereinzelte Fahrzeuge), zukünftig Modelle zu erwarten (Fokus des Marktes derzeit vorzugsweise auf N2 und N3)
- › Wasserstoffinfrastruktur benötigt

Wasserstoffbedarf

- › Täglicher Wasserstoffbedarf pro Fahrzeug: ca. 0,5 – 1,0 kg
- › Anzahl Fahrzeuge N1 / M1: 44
- › **Summe täglicher Wasserstoffbedarf: ca. 20 kg**

- › Tägliche Betankung bei voraussichtlichen Fahrleistungen und Tankgrößen nicht immer erforderlich

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Technologiebewertung und Wasserstoffbedarf

Fahrzeugkategorie N2

Parameter	Stadtreinigung Wetzlar
Tagesfahrleistung [km/Tag]	15 - 80
Ø-Dieserverbrauch [l/100 km]	15 - 30
Wasserstoffverbrauch [kg/100 km]*	1,0 - 5,0

Typische Reichweiten am Markt [km]	300 - 400
---	------------------

- › 100 % Flottenumstellung denkbar
- › Marktangebot aktuell kaum vorhanden (vereinzelte Fahrzeuge), zukünftige Entwicklungen zu erwarten
- › Wasserstoffinfrastruktur benötigt

Wasserstoffbedarf

- › Täglicher Wasserstoffbedarf pro Fahrzeug: ca. 0,5 – 2,5 kg
- › Anzahl Fahrzeuge N2: 37
- › **Summe täglicher Wasserstoffbedarf: ca. 30 kg**
- › Tägliche Betankung bei voraussichtlichen Fahrleistungen und Tankgrößen nicht immer erforderlich

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Technologiebewertung und Wasserstoffbedarf

Fahrzeugkategorie N3

Parameter	Stadtreinigung Wetzlar
Tagesfahrleistung [km/Tag]	15 - 65
Ø-Dieserverbrauch [l/100 km]	50 - 80
Wasserstoffverbrauch [kg/100 km]*	7,5 - 12

Typische Reichweiten am Markt [km]	200 - 300
---	------------------

- › 100 % Flottenumstellung denkbar
- › Gute Herstellerwahl für Abfallsammelfahrzeuge vorhanden, leichte Einschränkungen ggü. Batterie
- › Wasserstoffinfrastruktur benötigt

Wasserstoffbedarf

- › Täglicher Wasserstoffbedarf pro Fahrzeug: ca. 1,5 – 8 kg
- › Anzahl Fahrzeuge N3: 12
- › **Summe täglicher Wasserstoffbedarf: ca. 55 kg**

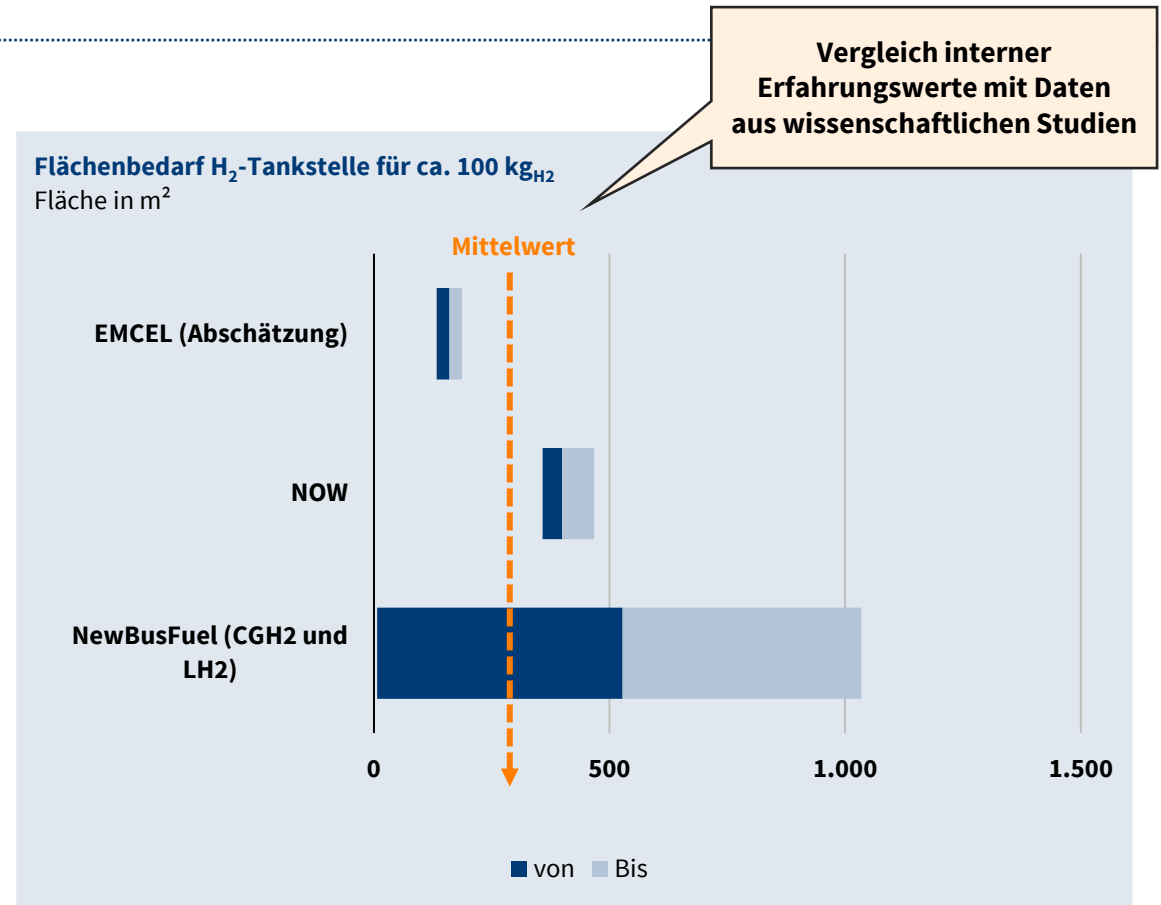
- › Tägliche Betankung bei voraussichtlichen Fahrleistungen und Tankgrößen nicht immer erforderlich

4. Kommunalbetrieb-Analyse

100 % Brennstoffzelle: Benötigte Infrastruktur und Flächenbedarf

H₂-Tankstelle für ca. 100 kg_{H2}

- › Wasserstoffbedarf für M1, N1, N2 und N3 Fahrzeuge
- › Abschätzung Flächenbedarf*: ca. 350 m² ± 25 %
(= ca. 4 % der Gesamtfläche Altenberger Straße)
- › Ca. 1 H₂-Trailer pro Woche
(H₂-Tankstelle mit Anlieferung)
- › Erforderliche Netzanschlussleistung: ca. 0,3 MVA
- › Erhöhter Flächenbedarf und deutlich höhere Netzanschlussleistung bei H₂-Erzeugung vor Ort (Elektrolyse)



* Ohne Rangier- und Tankflächen. Das Flächenlayout einer H₂-Tankstelle ist individuell anpassbar (effizientes Layout, wie z.B. Brandschutzwände zur Reduzierung von Schutz- und Sicherheitsabständen, Stapelung von Container-Komponenten etc.).

4. Kommunalbetrieb-Analyse

Zwischenfazit

- › Für eine 100%-ige Umstellung des Fuhrparks auf emissionsfreie Antriebe kommt sowohl die Batterie- als auch die Brennstoffzellentechnologie in Frage.
- › Wasserstofftankstelle nur sinnvoll in Zusammenhang mit weiteren Abnehmern (Hintergrund: geringer täglicher Bedarf).
- › Am aktuellen Standort stehen kaum Zusatzflächen zur Verfügung. Kapazität und möglicher Ausbau des aktuellen Netzanschlusses im Hinblick auf vollelektrische Umstellung (ca. 1 bis 1,6 MVA benötigt) ist noch zu prüfen.

- › Für eine 100%-ige Umstellung des Fuhrparks auf emissionsfreie Antriebe kommt sowohl die Batterie- als auch die Brennstoffzellentechnologie in Frage.
- › Die aktuellen Standorte bieten kaum Flächen für eine Elektrifizierung der Flotte inkl. Lade- bzw. Betankungsinfrastruktur.
- › **Ein Umzug der zwei Betriebe ist notwendig.**

Empfehlung / nächste Schritte

- › Betrachtung eines neuen gemeinsamen Standortes für ÖPNV und Kommunalbetrieb
- › Mögliche Szenarien:
 1. 100 % Umstellung auf Batterietechnologie
 2. Mischflotte Batterie- und Brennstoffzellentechnik

Eine Dieselinfrastruktur soll für beide Szenarien ebenfalls berücksichtigt werden.

5. Ergänzende Analyse – CVD-Erfüllung statt Vollumstellung ÖPNV

Unter Berücksichtigung einer typischen jährlichen Ersatzbeschaffung von 10 % des Fuhrparks ergeben sich folgende Zahlen:

- › Ca. 24 Busse müssen im Zeitraum 2025 - 2030 neubeschafft werden
- › Unter der Annahme, dass die CVD-Quote ausschließlich durch emissionsfreie Busse erfüllt wird, sind folgende E-Bus-Beschaffungen zu tätigen:
 - 4 E-Busse bis inkl. 2025
 - 13 E-Busse bis inkl. 2030
 - Summe: bis zu 17 E-Bussen im Zeitraum 2025-2030
- › Über 2030 hinaus ist es zu erwarten, dass eine höhere Quote als 65 % (Referenzzeitraum II CVD) gelten wird. CO₂-Flottenemissionen von Fahrzeugherstellern im Zeitraum 2030 - 2035: 90 %

5. Ergänzende Analyse – CVD-Erfüllung statt Vollumstellung Kommunalbetrieb

Unter Berücksichtigung einer typischen jährlichen Ersatzbeschaffung von 10 % des Fuhrparks ergeben sich folgende Zahlen:

- › Ca. 42x N1, 35x N2 und 14x N3 (Summe: 91 Fahrzeuge) müssen im Zeitraum 2025 - 2030 neubeschafft werden
- › Unter der Annahme, dass die CVD-Quote ausschließlich durch emissionsfreie Fahrzeuge erfüllt wird, sind folgende Beschaffungen an E-Fahrzeuge zu tätigen:
 - 5x N1, 1x N2 und 1x N3 bis inkl. 2025
 - 12x N1, 4x N2 und 2x N3 bis inkl. 2030
 - Summe: bis zu 25 E-Fahrzeuge im Zeitraum 2025 - 2030
- › Über 2030 hinaus ist zu erwarten, dass eine höhere Quote als 15 % bzw. 38,5 % (Referenzzeitraum II CVD) gelten wird. CO₂-Flottenemissionen von Fahrzeugherstellern im Zeitraum 2030 - 2035: 45 %

5. Ergänzende Analyse – CVD-Erfüllung statt Vollumstellung

Fazit

- › Eine Teilumstellung des Fuhrparks, welche lediglich die Einhaltung der CVD-Richtlinie vorsieht, erfordert folgende Elektrifizierungsziele:
 - ÖPNV: ca. 40 % E-Anteil bis 2030, voraussichtlich ca. 80 % bis 2035*
 - Kommunal: ca. 25 % E-Anteil bis 2030, voraussichtlich ca. 60 % bis 2035*

Beide Standorte sind trotz Reduzierung der Umstellungsquoten kurzfristig als ungeeignet zu bewerten.

6. Betrachtung gemeinsamer Standort Szenarien

Szenario 1



ÖPNV

- › Stadtbusse – 100 % Batterieelektrisch (Depotladung)
- › Reise- und Überlandbusse: zuerst Diesel, perspektivisch 100 % Batterieelektrisch

Kommunal

- › M1/N1, N2, N3 – 100 % Batterieelektrisch (CVD-pflichtige Fahrzeuge)
- › Sonstige Fahrzeuge: zuerst Diesel, perspektivisch Batterieelektrisch

Szenario 2



ÖPNV

- › Busse – 50 % Batterieelektrisch, 50 % Brennstoffzelle
- › Reise- und Überlandbusse : zuerst Diesel, perspektivisch 50 % Batterieelektrisch, 50 % Brennstoffzelle

Kommunal

- › (CVD-pflichtige Fahrzeuge):
 - › M1/N1 – 100 % Batterieelektrisch
 - › N2 – 50 % Batterie, 50 % Brennstoffzelle
 - › N3 – 100 % Brennstoffzelle
- › Sonstige Fahrzeuge: zuerst Diesel, perspektivisch 50 % Batterie, 50% Brennstoffzelle

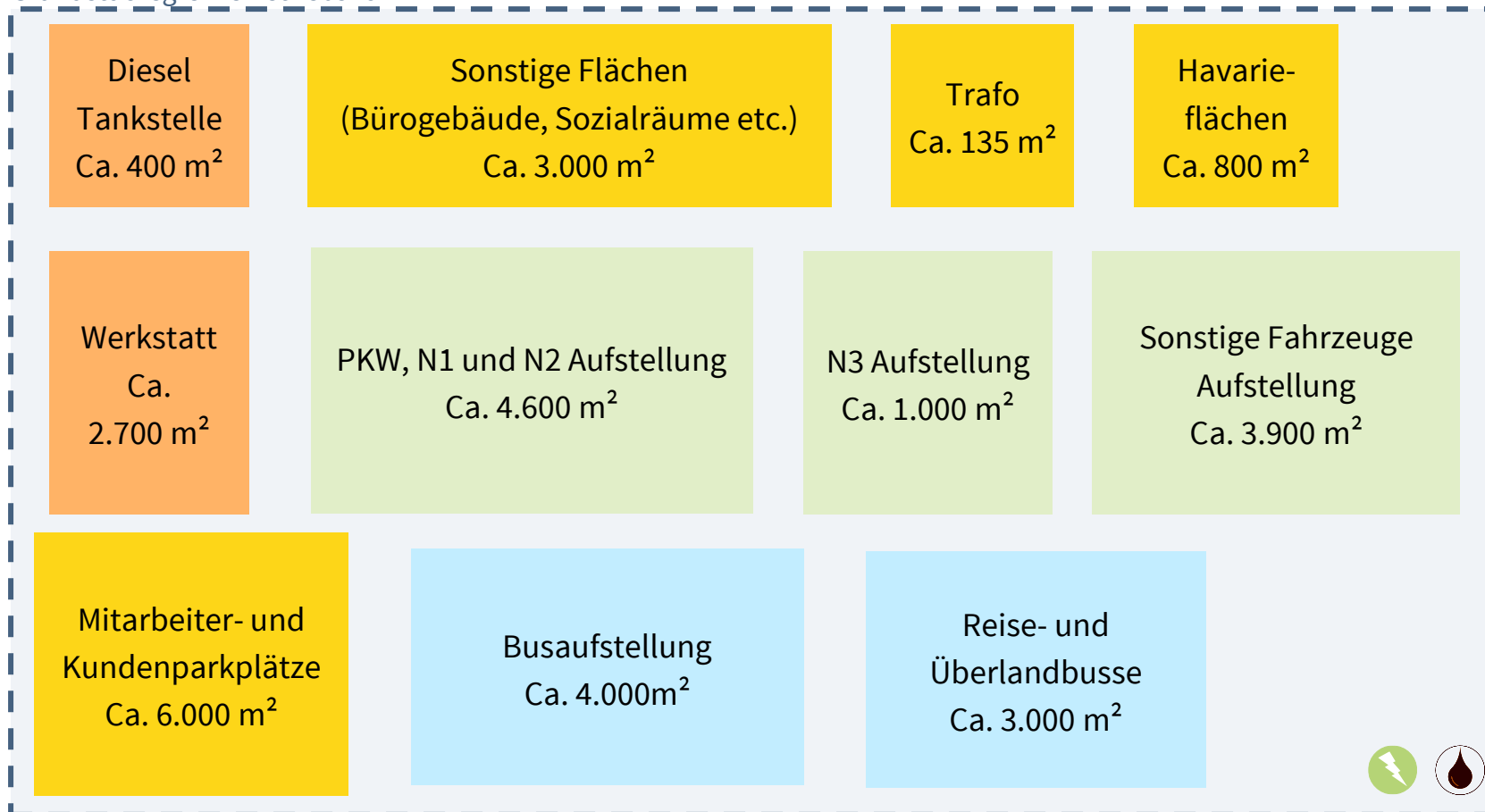
6. Betrachtung gemeinsamer Standort Szenarien

Basierend auf der Flottenzusammensetzung wurden folgende Aspekte untersucht:

- › Flächenbedarf (Abstellung Fahrzeuge, Lade- bzw. Betankungsinfrastruktur, Werkstatt, Verwaltungsgebäude, Rangierflächen, Sonstige Flächen, usw.)
- › Netzanschluss (Gebäudeversorgung, Versorgung Lade- bzw. Betankungstechnik, usw.)
- › Werkstatt (Dimensionierung, benötigte Ausstattung, usw.)

6.1 Szenario 1 (100 % Batterietechnik + Diesel) Flächenbedarf

Grundstücksgrenze Betriebshof



Skizzenhafte Darstellung; Größenverhältnisse nicht maßstäblich

Ergebnis aus der
Flächenbedarfsanalyse:
ca. 30.000 m²

(Gilt basierend auf der
Fuhrparkanalyse, nicht betrachtet:

Äußere Einflussfaktoren wie
Grundstücksform, öffentliche
Infrastruktur, Sonderflächen,
Anbauverbotszonen, usw.)

6.1 Szenario 1 (100 % Batterietechnik + Diesel)

Netzanschluss

Netzanschlussleistung

- › Notwendige Netzanschlussleistung: **ca. 7 - 15 MVA**
- › Benötigte Anschlussleistung abhängig von Ladeleistungen pro Fahrzeug, Lademanagement, usw.
- › Ausreichend Anschlussleistung bei Planung des neuen Betriebshofes berücksichtigen!

→ **Frühzeitige Abstimmung mit Netzbetreiber erforderlich**



Quelle: ABB

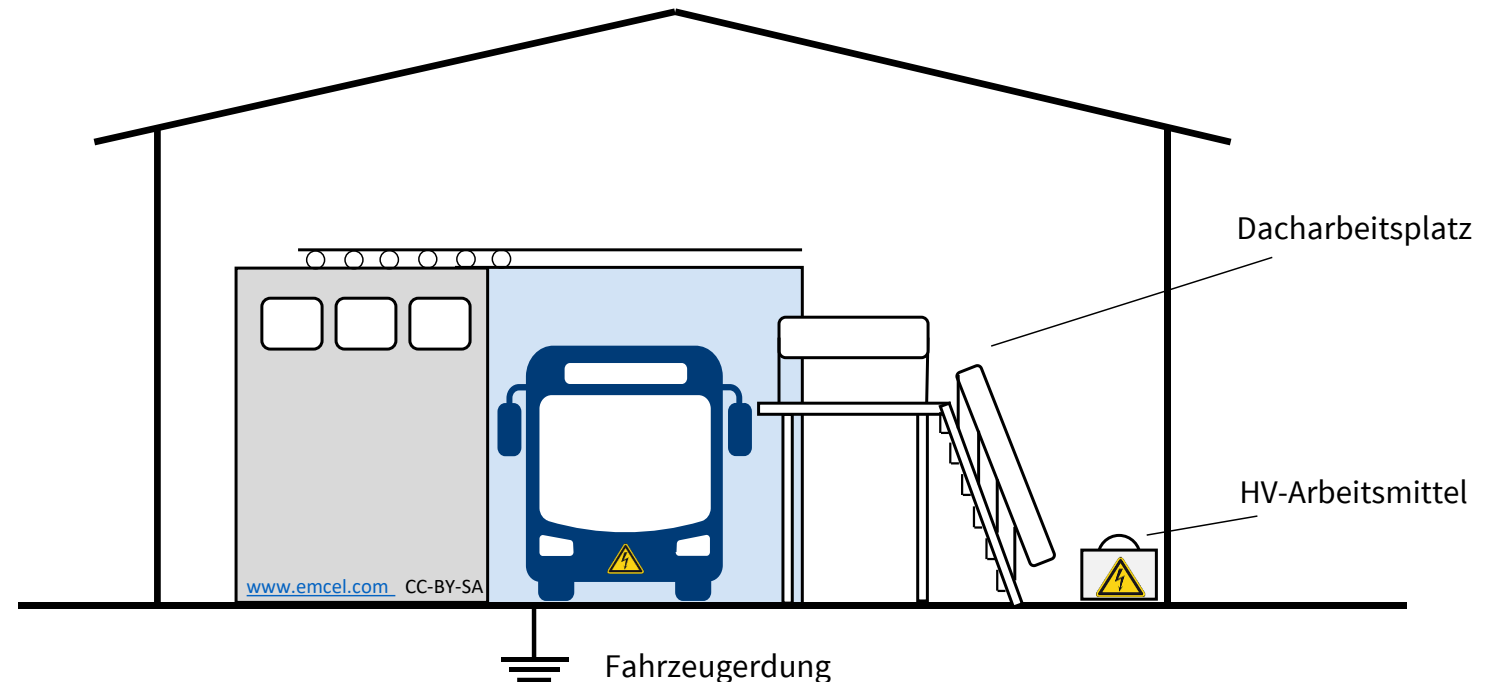
*inkl. 25 % Sicherheitsaufschlag; unter Berücksichtigung eines intelligenten Lademanagements mit Optimierungspotential von ca. 30 %

6.1 Szenario 1 (100 % Batterietechnik + Diesel) Werkstattkonzept (HV)

Typische Ertüchtigungsmaßnahmen:

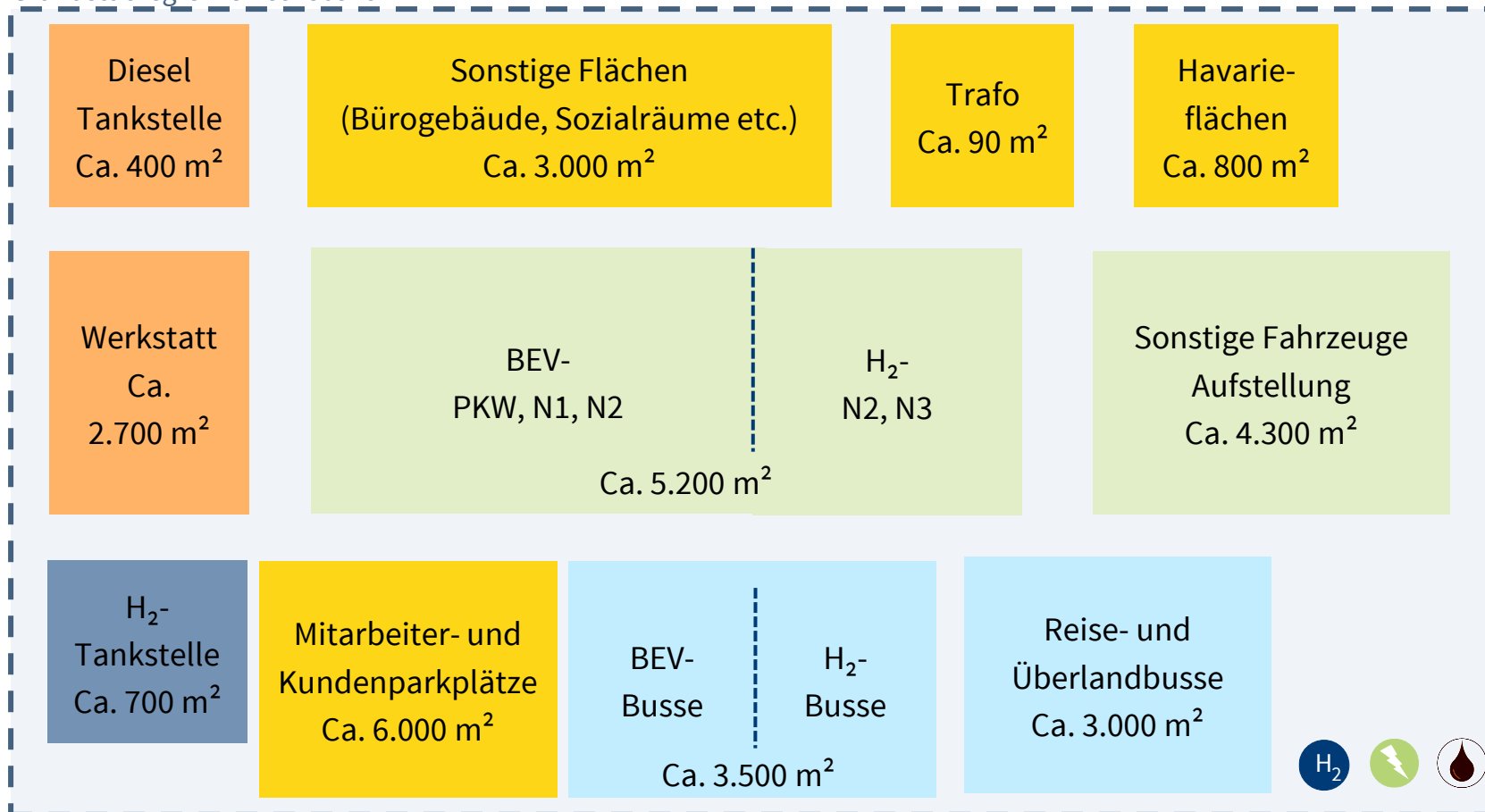
- › Dacharbeitsplatz (HV-Komponenten, wie z.B. Batterien, vorrangig dachseitig verbaut)
- › Beschaffung von entsprechenden HV-Arbeitsmitteln (z.B. isoliertes Werkzeug, Spannungsmessgeräte, HV-Handschuhe, Warnschilder, Absperrsysteme)

Herstellerabhängig können noch weitere spezielle Werkzeuge für z.B. Ausbau der Batterien erforderlich werden.



6.2 Szenario 2 (BZ- und Batterietechnik + Diesel) Flächenbedarf

Grundstücksgrenze Betriebshof



Skizzenhafte Darstellung; Größenverhältnisse nicht maßstäblich

Änderungen zu Szenario 1

- › Keine Zusatzbusse
- › Weniger Ladeinfrastruktur
- › Zusätzliche H₂-Tankstelle

Gesamtflächenbedarf bleibt gleich, Flächenbedarf gesamt: **ca. 30.000 m²**

(Gilt basierend auf der Fuhrparkanalyse, nicht betrachtet:

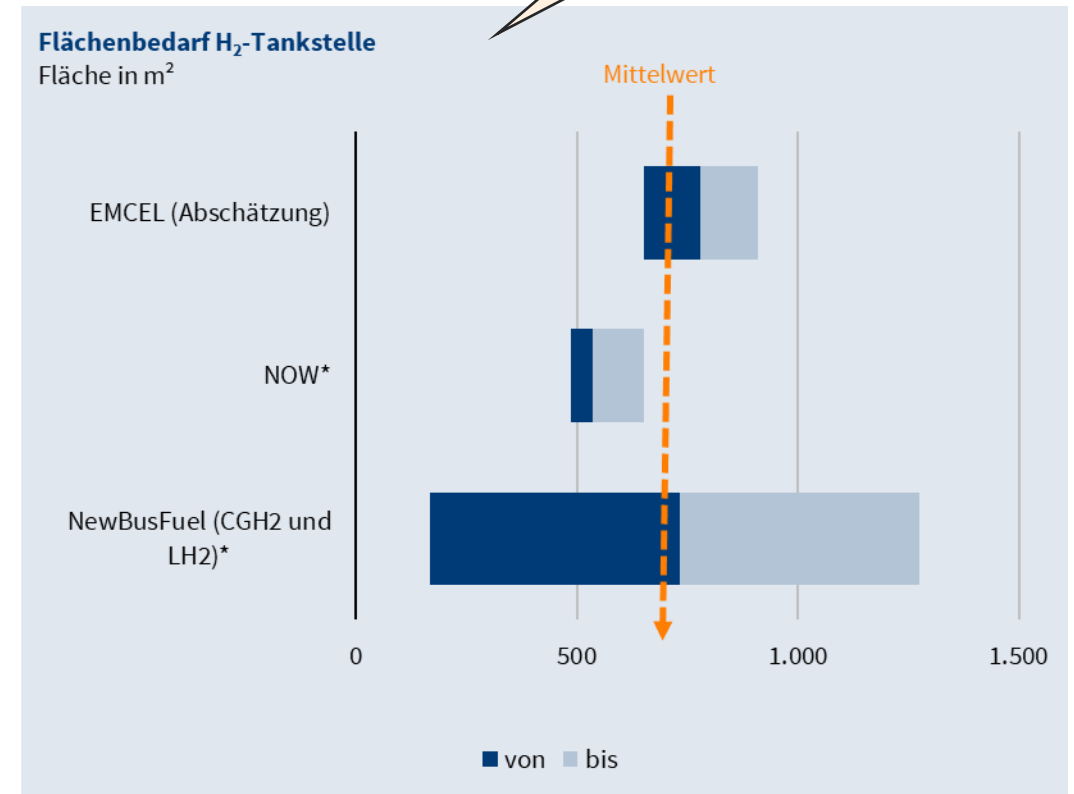
Äußere Einflussfaktoren wie Grundstücksform, öffentliche Infrastruktur, Sonderflächen, Anbauverbotszonen, usw.)

6.2 Szenario 2 (BZ- und Batterietechnik + Diesel) H₂-Tankstelle

Grobe Dimensionierung:

- › Abschätzung Wasserstoffbedarf: ca. 1 t_{H₂}/d
- › Abschätzung Flächenbedarf*: ca. 700 m² ± 25%
- › Ca. 1 – 2 H₂-Trailer pro Tag
(H₂-Tankstelle mit Anlieferung)
- › Erforderliche Netzanschlussleistung: ca. 0,7 MVA
- › Erhöhter Flächenbedarf und deutlich höhere
Netzanschlussleistung bei H₂-Erzeugung vor Ort (Elektrolyse)

Vergleich interner
Erfahrungswerte mit Daten
aus wissenschaftlichen Studien



* Ohne Rangier- und Tankflächen. Das Flächenlayout einer H₂-Tankstelle ist individuell anpassbar (effizientes Layout, wie z.B. Brandschutzwände zur Reduzierung von Schutz- und Sicherheitsabständen, Stapelung von Container-Komponenten etc.).

6.2 Szenario 2 (BZ- und Batterietechnik + Diesel) Netzanschluss

Netzanschlussleistung

- › Notwendige Netzanschlussleistung: **ca. 4 - 8 MVA**
(ca. - 45 % im Vergleich zu Szenario 1)
- › Benötigte Anschlussleistung abhängig von Ladeleistungen pro Fahrzeug, Lademanagement, usw.
- › Ausreichend Anschlussleistung bei Planung des neuen Betriebshofes berücksichtigen!



Quelle: ABB

→ **Frühzeitige Abstimmung mit Netzbetreiber erforderlich**

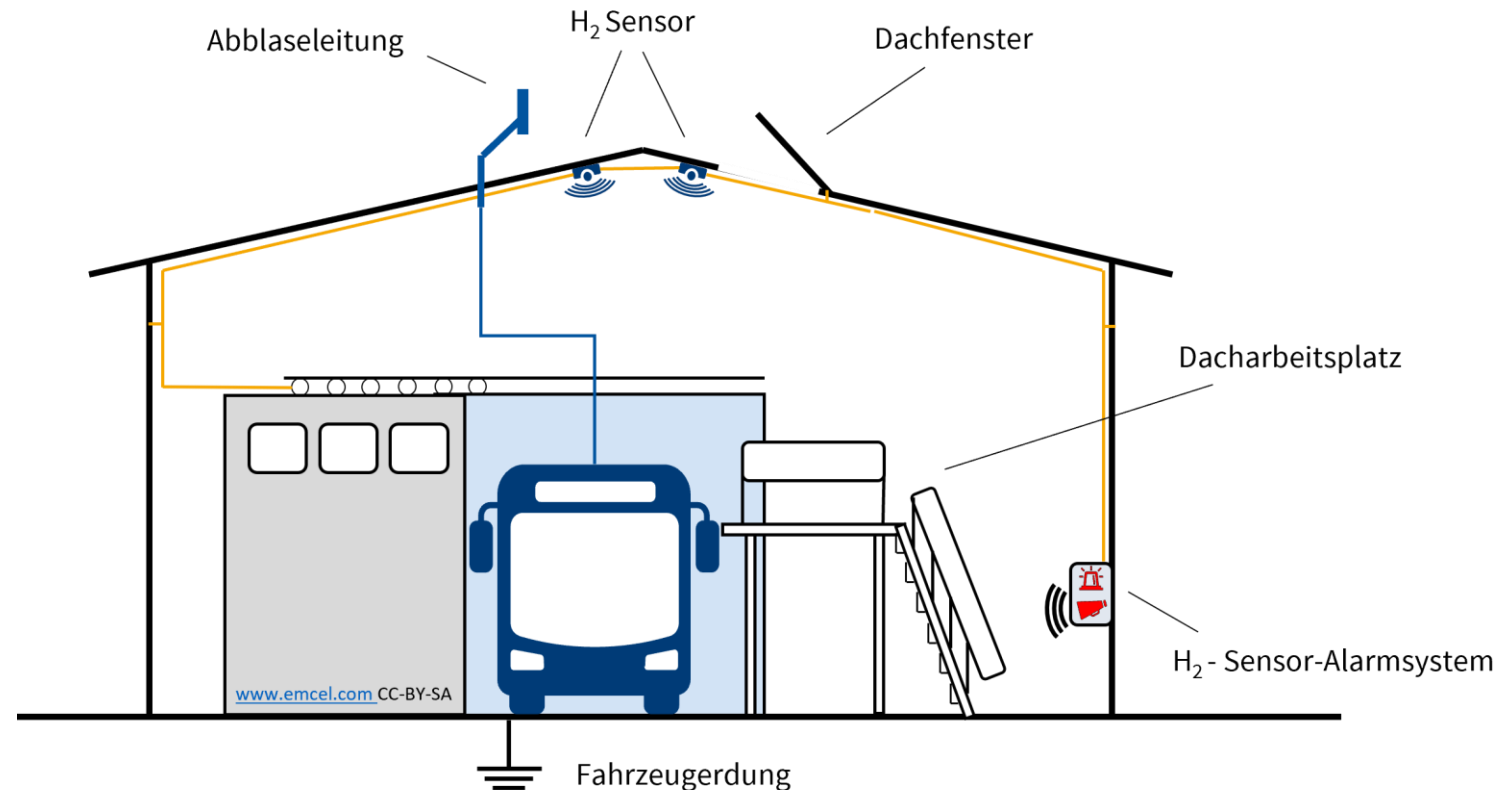
*inkl. 25% Sicherheitsaufschlag; Unter Berücksichtigung eines intelligenten Lademanagements mit Optimierungspotential von ca. 30%

6.2 Szenario 2 (BZ- und Batterietechnik + Diesel) Werkstattkonzept (HV und H₂)

Typische Ertüchtigungsmaßnahmen, z.B.:

- › H₂-Sensor
- › Abblaseleitung
- › Dacharbeitsplatz
- › Alarmsystem sowie automatisierte Steuerung/Regelung bei H₂-Detektion erforderlich, z.B.
 - Öffnen der Dachfenster/Tore
 - Abschaltung der Nicht-Ex-geschützten Bauteile

Beschaffung von entsprechenden H₂-Arbeitsmitteln (z.B. mobiler Gassensor)



BZ-Fahrzeuge verfügen auch über HV-Komponenten, so dass HV-Ertüchtigungsmaßnahmen sowie Personalschulungen ebenfalls erforderlich sind.

7. Umstellungsgeschwindigkeit

Annahmen

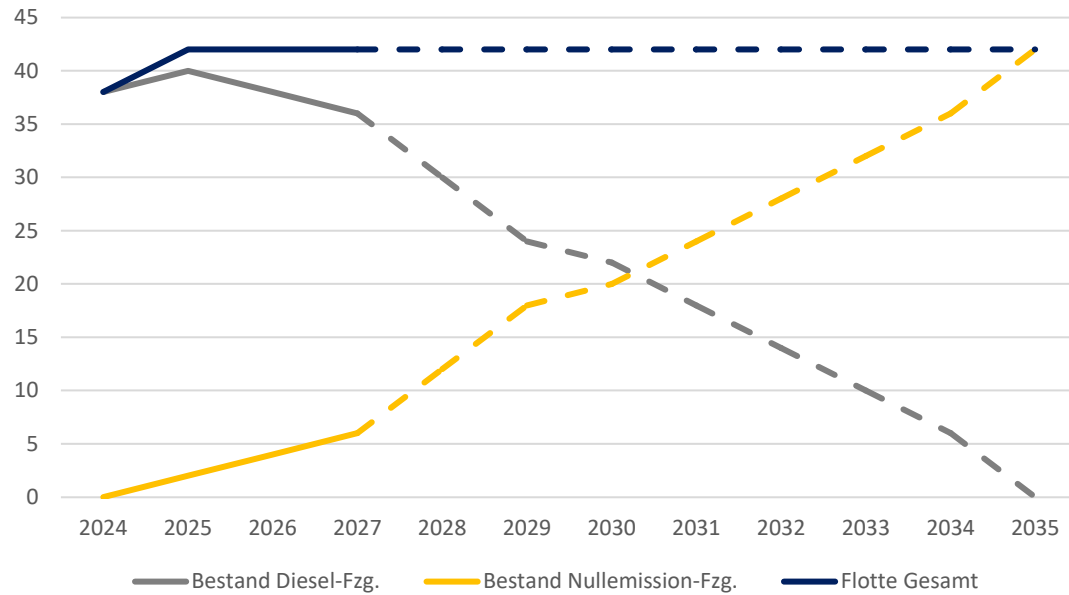
- › Zuerst Fokus auf ÖPNV-Busse (M3 Klasse I) sowie von CVD betroffene Kommunalfahrzeuge
- › Zwei Umstellungsgeschwindigkeiten werden betrachtet:
 - 100 % Klimaneutral bis 2035 (durch Nullemissionsfahrzeuge)
→ ab 2024 nur noch Beschaffung von emissionsfreien Fahrzeugen
 - Einhaltung der CVD bis 2035
→ Annahme Quote Neubeschaffungen emissionsfreier Fahrzeuge nach 2030: 90 % für den ÖPNV, 45 % N1-N2-N3 Kommunalfahrzeuge

Weitere Fahrzeuge (Reisebusse, Überlandbusse und sonstige Kommunalfahrzeuge) sind bis 2035 durch Einsatz von Bio- bzw. synthetischen Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen (HVO100, E-Fuels, Biomass-to-Liquid, usw.) zu betreiben.

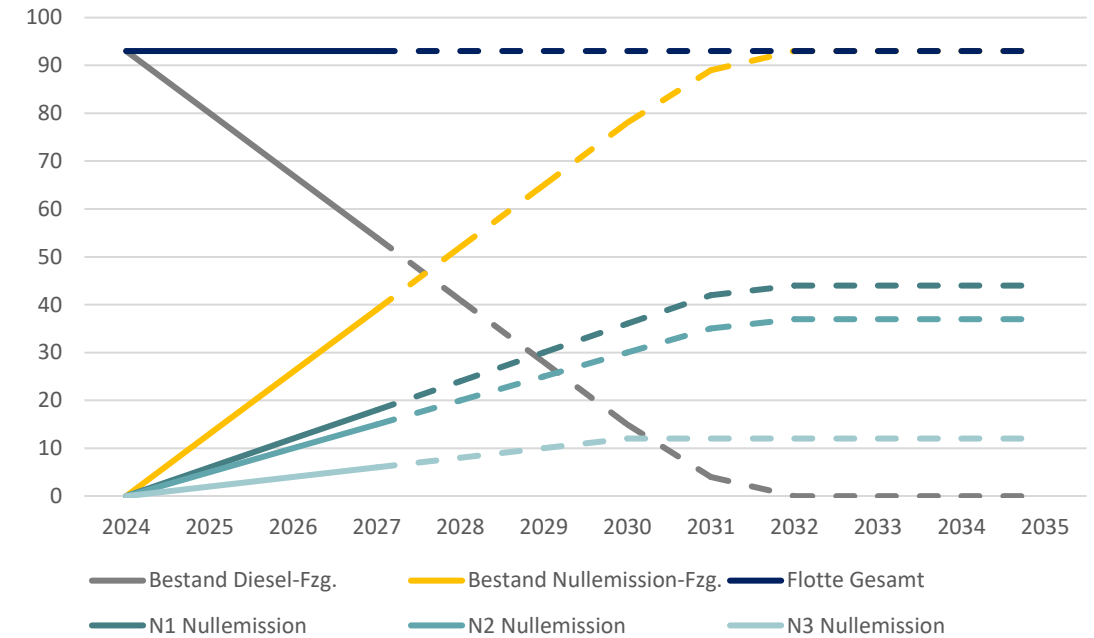
7. Umstellungsgeschwindigkeit

100 % Nullemission bis 2035

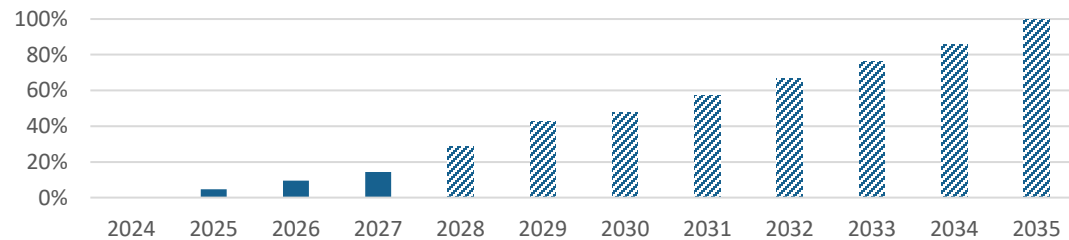
ÖPNV



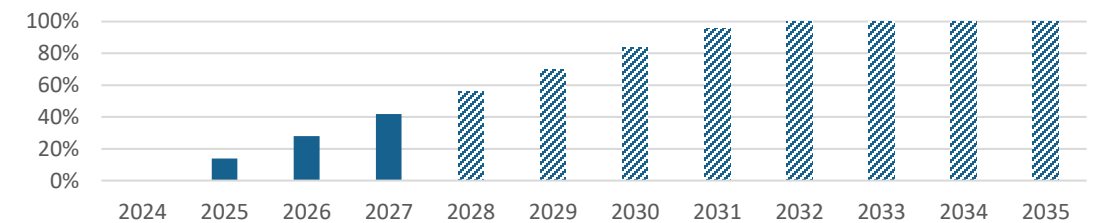
Kommunalbetrieb



Elektrifizierungsgrad

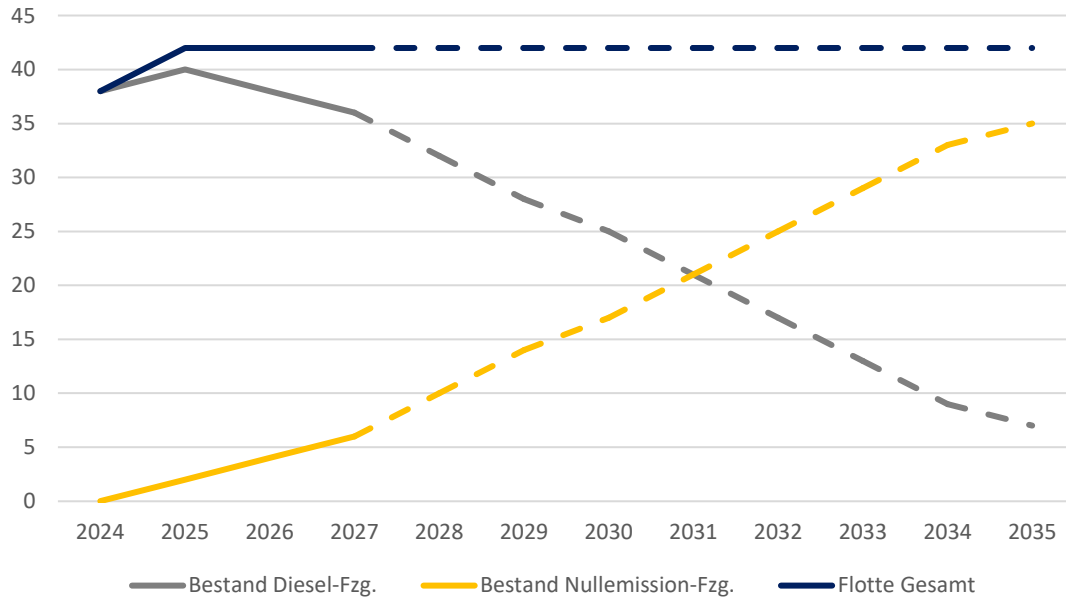


Elektrifizierungsgrad

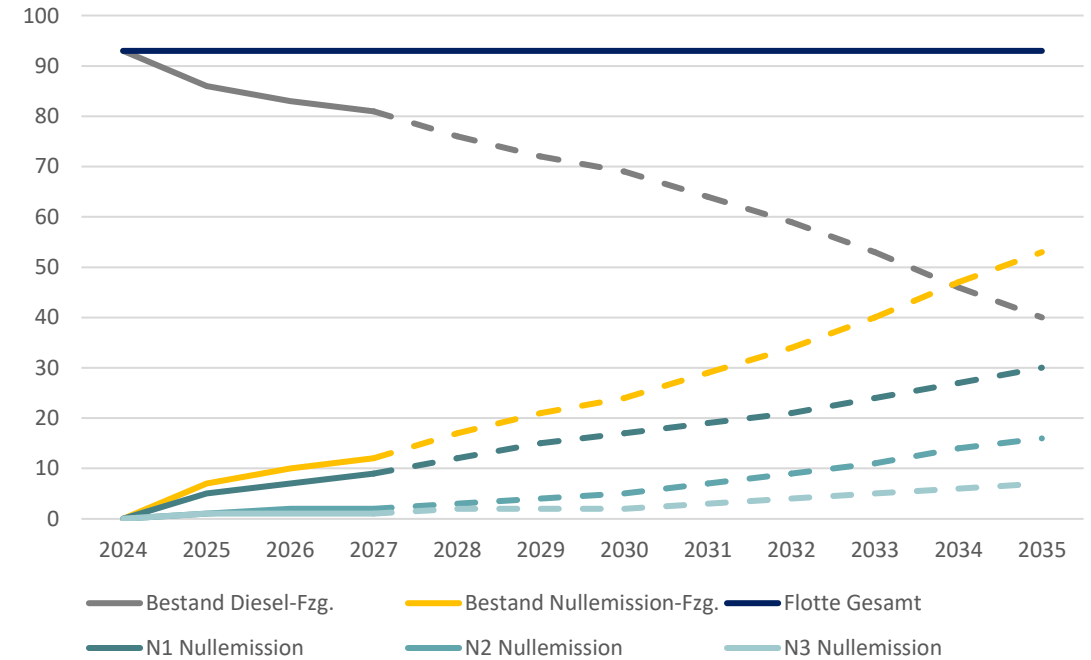


7. Umstellungsgeschwindigkeit CVD-Einhaltung bis 2035

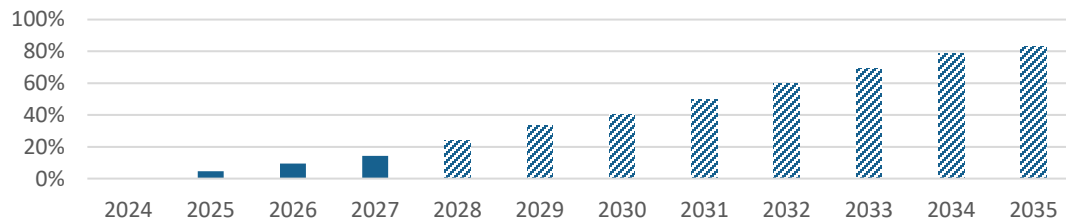
ÖPNV



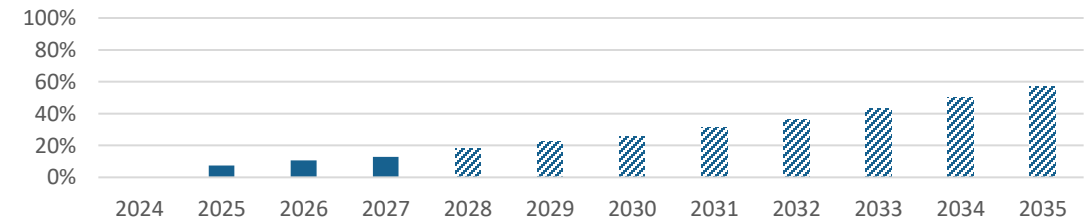
Kommunalbetrieb



Elektrifizierungsgrad



Elektrifizierungsgrad



8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Annahmen ÖPNV

Parameter	Technologie		
	Batterie	Brennstoffzelle	Diesel
Fahrzeug			
Jahresfahrleistung Flotte [Mio. km]	-	-	Ca. 1,7
Fahrzeugpreis ¹ Solobus 12m und 10m [€]	550.000 - 600.000	550.000	240.000
Fahrzeugpreis ¹ Gelenkbus 18m [€]	715.000 - 780.000	715.000	350.000
Nutzungsdauer Fahrzeug [Jahre]	10	10	10
Wartungskosten [€/km]	0,30	0,33	0,33
Infrastruktur			
Kosten Ladeinfrastruktur [€ / Bus]	Ca. 40.000	-	-
Kosten Wasserstoffinfrastruktur	-	über H ₂ -Preis berücksichtigt (Betreibermodell)	-
Energiekosten			
Diesel [€/l]	-	-	2,00
Strom [€/kWh]	0,38 – 0,40	-	-
Wasserstoff [€/kg]	-	8	-
Personalkosten			
Anzahl Fahrer pro Bus	2,6 Fahrer		

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Annahmen Kommunal

Parameter	Fahrzeugkategorie		
	N1	N2	N3
Fahrzeug			
Tagesfahrleistung [km/Tag]	15 – 75	15 - 80	30 - 65
Diesel-Fahrzeugpreis (inkl. Aufbau) [€] ¹	50.000	85.000	260.000
Batterie-Fahrzeugpreis (inkl. Aufbau) [€] ¹	75.000	150.000	670.000
Brennstoffzellen-Fahrzeugpreis (inkl. Aufbau) [€] ¹	-	250.000	850.000
Nutzungsdauer Fahrzeug [Jahre]	8	8	8
Infrastruktur			
Ladeleistung [kW]	11	22	11 - 44
Kosten Ladeinfrastruktur [€/kW]	Ca. 450		
Kosten Wasserstoffinfrastruktur	über H ₂ -Preis berücksichtigt (Betreibermodell)		
Energiekosten			
Diesel [€/l]	2,00		
Strom [€/kWh]	0,38 – 0,40		
Wasserstoff [€/kg]	8		

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Weitere Annahmen (ÖPNV und Kommunal)



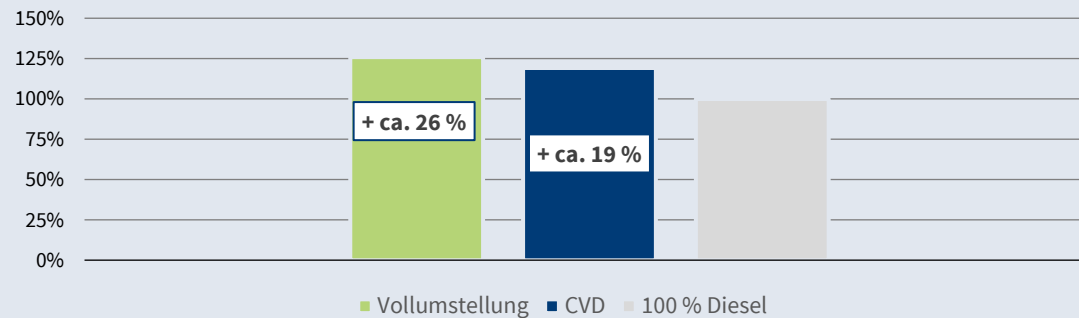
- › Kapitalkosten nicht berücksichtigt
- › TCO-Berechnung ohne Grundstückskosten sowie Bau und Errichtung eines neuen Depots (separate Betrachtung)
- › Förderung nicht berücksichtigt
- › Erlöse aus THG-Quotenhandel sowohl für Batterietechnik als auch für Wasserstoff nicht berücksichtigt

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Ergebnisse ÖPNV

Szenario 1 - Jährliche Mehrkosten ggü. Referenztechnologie (Diesel)

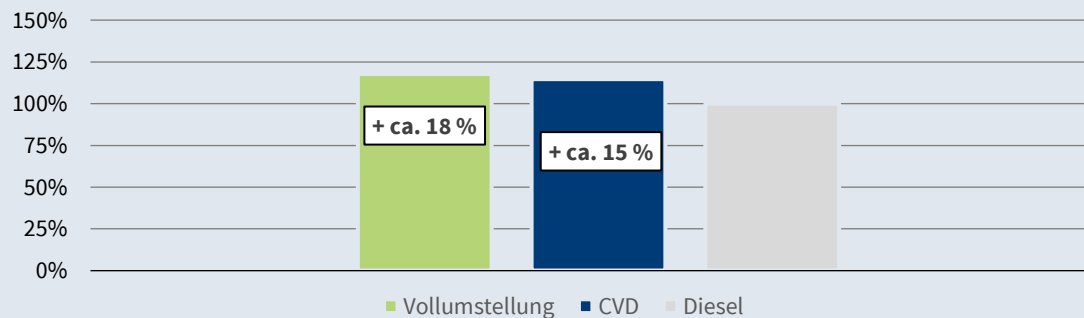
In Prozent



- › Jährliche Mehrkosten ggü. Referenztechnologie (Diesel) im Bereich +15 % bis +26 %
- › Szenario 1 (Batterie + Diesel) verursacht höhere Mehrkosten als Szenario 2 (Batterie, Brennstoffzelle, Diesel)

Szenario 2 - Jährliche Mehrkosten ggü. Referenztechnologie (Diesel)

In Prozent

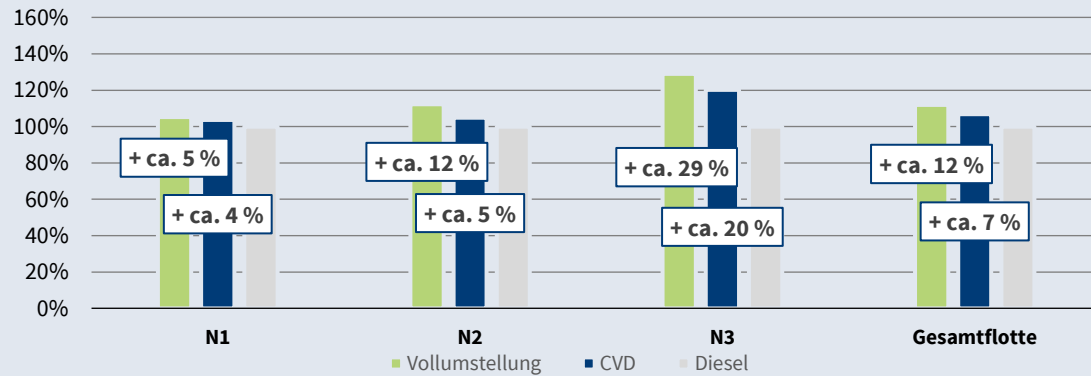


8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Ergebnisse Kommunal

Szenario 1 - Jährliche Mehrkosten ggü. Referenztechnologie (Diesel)

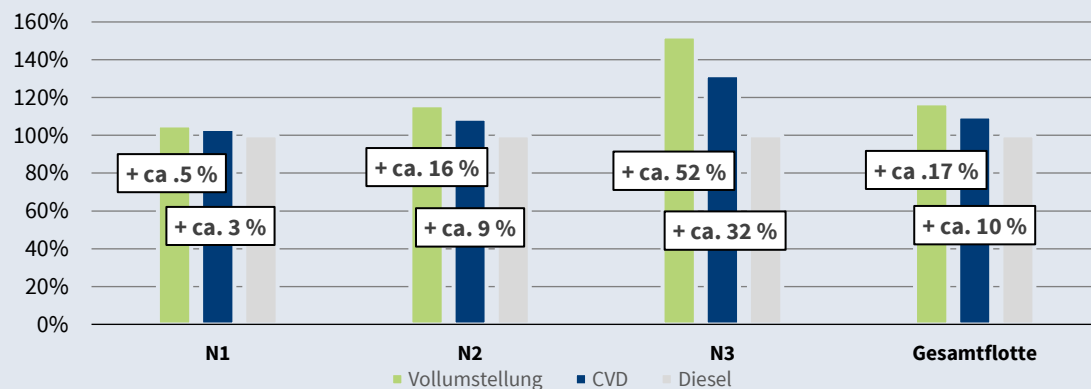
In Prozent



- › Jährliche Mehrkosten ggü. Referenztechnologie (Diesel) im Bereich +7 % bis +17 % (Gesamtflotte)
- › Elektrifizierung in der Fahrzeugklasse N3 weist tendenziell die höchsten Mehrkosten gegenüber Diesel auf
- › Eine Vollumstellung der Fahrzeugflotte ist mit höheren Mehrkosten verbunden als eine Umstellung nach der CVD
- › Szenario 1 (Batterie + Diesel) verursacht geringere Mehrkosten als Szenario 2 (Batterie, Brennstoffzelle, Diesel)

Szenario 2 - Jährliche Mehrkosten ggü. Referenztechnologie (Diesel)

In Prozent



8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Weitere Kosten: neuer gemeinsamer Standort

Grundstückskosten Depot

Es wird zuerst nur eine grobe Schätzung der Kosten für ein neues Grundstück im Rahmen der Studie vorgenommen

- › Aktueller Bodenrichtwert in Wetzlar zwischen 50 und 150 €/m² (Quelle: www.bodenrichtwerte-boris.de)
- › Annahme (Mittelwert): 100 €/m²

Baukosten neuer gemeinsamer Standort in Wetzlar

- › Kosten für ein neues Busdepot extrem von lokalen Bedingungen und Architektur abhängig!
- › Range aus aktuellen Projekten, vergleichbaren Flottengröße sowie Bauvorhaben: 0,55 – 1,55 Mio. €/Bus bzw. 1.500 – 4.500 €/m²
- › Annahme (Mittelwert): 1,05 Mio. €/Bus bzw. 3.000 €/m²
- › Investition liegt in der Zukunft

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Weitere Kosten: neuer gemeinsamer Standort

Parameter	Wert
Kosten Grundstück in Wetzlar [Mio. €]	2,4
Kosten Bau neues Depot in Wetzlar [Mio. €]	72
Summe [Mio. €]	74,4

Erste grobe Schätzung der Kosten
ohne Detailanalyse der lokalen
Bedingungen vor Ort.
Kosten müssen durch Bauunternehmen /
Fachplaner geprüft werden.

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Investitionskosten Infrastruktur

Parameter	Wert
Kosten Ladeinfrastruktur [Mio. €]	3,5
Kosten Wasserstofftankstelle [Mio. €]	8 - 9,5
Kosten Dieseltankstelle [Mio. €]	1,5 - 2
Kosten Netzanschluss [Mio. €]	1
Summe [Mio. €]	14 - 16

Erste grobe Schätzung der Kosten
ohne Detailanalyse der lokalen
Bedingungen vor Ort.

9. Förderfähigkeit des Projekts

Allgemein

Fördermöglichkeiten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene verfügbar

Förderbar sind typischerweise

- › Initialberatung
- › Studien zur Umstellung
- › Fahrzeuge
- › Infrastruktur
- › (Betriebskosten typischerweise nicht)

Förderungen sind tagesaktuell zu bewerten!



Skitterphoto, www.pixabay.com/de

9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)



Bundesebene

- › Beschaffung und Umrüstung von Bussen auf batterieelektrische oder brennstoffzellenbasierte Antriebe sowie dazugehörige Infrastruktur (bis zu 80 % der zuwendungsfähigen Ausgaben) **(Antragstellung im Jahr 2024 nicht möglich)**
- › Finanzielle Unterstützung (zinsgünstiger Kredit) der Infrastruktur für klimafreundlichen öffentlichen Verkehr und den kommunalen Fuhrpark sowie klimafreundliche Fahrzeuge (bis zu 100 % Ihrer förderfähigen Kosten, max. EUR 150 Millionen)
- › Darlehen als Direktkredit für Investitionen in nachhaltige und klimafreundliche Mobilität (bis zu 100 % Ihrer förderfähigen Kosten, max. EUR 50 Millionen)

9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)



Gegenstand der Förderung	Förderart:	Ansprechpartner und Link
<ul style="list-style-type: none"> Batterieelektrische Antriebe Brennstoffzellenbasierte Antriebe Antriebe, die bilanziell zu 100 % mit aus Biomasse erzeugtem Methan betrieben werden 	<ul style="list-style-type: none"> Zuschuss Beschaffung Umrüstung von Bussen: Bis zu 80 % der zuwendungsfähigen Ausgaben Zugehörige Infrastruktur für den Buseinsatz: Bis zu 40 % der zuwendungsfähigen Ausgaben Erstellung von Studien und Analysen: Bis zu 50 % der zuwendungsfähigen Ausgaben 	<p>Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) Tel.: 030 201993681</p> <p>Weitere Informationen: https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMVI/alternative-antriebe-busse-personenverkehr.html</p>

- › Titel: Alternative Antriebe von Bussen im Personenverkehr
- › Antragstellung: Jederzeit verfügbar (Keine Fristen veröffentlicht)
- › Bundesweit möglich
- › **Nach aktuellem Stand kein Förderaufruf für 2024 geplant**



9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)



Gegenstand des Kredits	Maximale Kredit	Ansprechpartner und Link
<ul style="list-style-type: none"> • klimafreundliche Fahrzeuge für die Personenbeförderung (ÖPNV, Regionalverkehr), bspw. Wasserstoffbusse oder -züge • klimafreundliche leichte Nutzfahrzeuge, bspw. BZ-Fahrzeuge • klimafreundliche Fahrzeuge für die Güterbeförderung, bspw. BZ-LKW • elektrische Straßensysteme • Wasserstofftankstellen • Umrüstung von Betriebswerkstätten 	<ul style="list-style-type: none"> • zinsgünstiger Kredit <p>268:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kredit von bis zu 50 Mio. Euro pro Vorhaben, von bis zu 100 % der Investitionskosten • Auszahlung von bis zu 100 % des Kreditbetrags <p>269:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kredit über 25 Mio. € • individuelle Konditionen 	<p>KfW Bankengruppe Tel.: 0800 539 9008</p> <p>Weitere Informationen:</p> <p>https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/F%C3%B6rderprodukte/Nachhaltige-Mobilit%C3%A4t-(268-269)/?redirect=683457</p>

- › Titel: Investitionskredit Nachhaltige Mobilität – KfW (268, 269)
- › Antragstellung: Jederzeit verfügbar (Keine Fristen veröffentlicht)
- › Status: Individualvariante (269) wird derzeit nicht angeboten
- › Bundesweit möglich



9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)



Gegenstand des Kredits	Förderart	Ansprechpartner und Link
<ul style="list-style-type: none">• Infrastruktur für klimafreundlichen öffentlichen Verkehr und für den kommunalen Fuhrpark• Klimafreundliche Fahrzeuge• Nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) für Mobilität	<ul style="list-style-type: none">• Darlehen als Direktkredit• Mindestlaufzeit von 4 Jahren• Bis zu 100 % der förderfähigen Kosten• Maximal EUR 150 Millionen pro Jahr	<p>KfW Bankengruppe Tel.: 0800 539 9008</p> <p>Weitere Informationen:</p> <p>https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/KfW/ikk-nachhaltige-mobilitaet.html</p>

- › Titel: IKK - Nachhaltige Mobilität
- › Antragstellung: Jederzeit verfügbar (Keine Fristen veröffentlicht)
- › Bundesweit möglich



9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)

Landesebene

- › Förderung von Elektrobussen und für den Betrieb erforderlicher Infrastruktur: **Antragstellung derzeit nicht möglich**, Förderrichtlinie wird derzeit überarbeitet und befindet sich im Freigabeprozess
- › Förderung könnte kurz- bis mittelfristig reduziert werden (mehr Anfragen, Ausfall Förderprogramm auf Bundesebene, mehr Wettbewerb, usw.)
- › Forschungs- und Entwicklungsvorhaben werden derzeit durch separates Programm
- › Gemeinnützige Einrichtungen: Möglichkeit auf bis zu 50 % Zuschuss der zuwendungsfähigen Ausgaben zu bekommen

9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)

Gegenstand der Förderung	Maximale Förderung	Ansprechpartner und Link
<ul style="list-style-type: none">Nachrüstung von Betriebshöfen und zentralen Werkstätten mit notwendiger Ausstattung für die Einführung von elektrisch betriebenen Bussen sowie die für den Betrieb notwendige InfrastrukturAnschaffung und Installation der für den Betrieb der Busse mit elektrischem Antrieb notwendigen InfrastrukturAnschaffung der notwendigen Ausrüstungsgegenstände und Werkzeuge für die Wartung der Busse mit elektrischem Antrieb	<ul style="list-style-type: none">Gefördert werden bis zu 40 % der Investitionsmehrausgaben des Elektrobusses zum vergleichbaren Bus mit Verbrennungsmotor.Investitionen in die Modernisierung des elektrischen Fahrantriebs (z.B. Batterietausch) können mit bis zu 40 % der Ausgaben gefördert werden.	<p>Alina Riepshoff Tel.: 0611 / 95017 8957 Mail: alina.riepshoff@hessenagentur.de</p> <p>Weitere Informationen: https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/elektrobusse</p>

- › Titel: Förderung von Elektrobussen und für den Betrieb erforderlicher Infrastruktur
- › Antragstellung: **aktuell keine Einreichung möglich**
- › Status: Verfügbar (seit 2017)
- › Fazit: Geringe Förderhöhe, jedoch hohe Förderwahrscheinlichkeit



9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)

Gegenstand der Förderung	Maximale Förderung	Ansprechpartner und Link
<ul style="list-style-type: none">• Gefördert werden hauptsächlich Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die Innovationen für die Elektromobilität zum Inhalt haben.• In besonderem Einzelfall auch die reine Beschaffung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur, hierbei elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge > 3,5 t• Auch Prototypen und neuartige E-Fahrzeugkonzepte für den ÖPNV können förderfähig sein.	<ul style="list-style-type: none">• Pro Projekt maximal 200.000 EUR pro Begünstigtem• Bei F&E: Bis zu 50 % Zuschuss bei zwendungsfähigen Projektausgaben (bis zu 100 % bei Universitäten und weiteren Bildungseinrichtungen)• Bei Beschaffungsprojekten: Mindestens 25.000 Euro Fördervolumen.<ul style="list-style-type: none">- Elektrofahrzeuge: bis zu 40 % der Investitionsmehrkosten- Ladeinfrastruktur: bis zu 40 % der direkten Ausgaben und Bau- und Inbetriebnahmekosten (max. 10.000 € Förderung pro Standort)	<p>Alina Riepshoff Tel.: 0611 / 95017 8957 Mail: alina.riepshoff@hessenagentur.de</p> <p>Weitere Informationen: https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/elektromobilitaet</p>

- › Titel: Förderung der Elektromobilität in Hessen
- › Antragstellung: Einreichen jederzeit möglich
- › Status: Verfügbar (seit 2016)
- › Fazit: Geringe Förderhöhe, jedoch hohe Förderwahrscheinlichkeit



9. Förderfähigkeit des Projekts

Aktueller Stand (April 2024)



Gegenstand der Förderung	Maximale Förderung	Ansprechpartner und Link
<ul style="list-style-type: none">• Innovationsprojekte• Staatliche und staatlich anerkannte Hochschulen sowie außeruniversitäre Forschungseinrichtungen bzw. deren Träger• Gemeinnützige Einrichtungen aus Logistik und Mobilität	<ul style="list-style-type: none">• Zuschuss• Gemeinnützige Einrichtungen: Bis zu 50 % der zuwendungsfähigen Ausgaben	<p>Alina Riepshoff Tel.: 0611 / 95017 8957 Mail: alina.riepshoff@hessen-agentur.de</p> <p>Weitere Informationen: https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/logistik-und-mobilitaet</p>

- › Titel: Logistik und Mobilität als herausragende Standort- und Wirtschaftsfaktoren
- › Antragstellung: Einreichen jederzeit möglich
- › Status: Verfügbar (seit 2017)



Auswirkungen einer Zusammenarbeit beider Akteure im Hinblick auf ihre Rolle im Bereich der Kritischen Infrastruktur (KRITIS) in einem möglichen Krisenfall

- › Sowohl die Werner Gimmler Wetzlarer Verkehrsbetriebe und Reisebüro GmbH als auch der Eigenbetrieb Stadtreinigung nehmen wichtige Aufgaben im Bereich der Sicherstellung der kritischen Infrastruktur in der Stadt Wetzlar wahr. So hat der Eigenbetrieb im Zuge der Planungen des städtischen Stabes für außergewöhnliche Ereignisse im Krisenfall beispielsweise die öffentliche Abfallentsorgung, den Winterdienst, die Fuhrparkinstandhaltung und die zentrale Kraftstoffversorgung einschließlich der Versorgung von Wärmeinseln sicherzustellen.
- › Den Werner Gimmler Wetzlarer Verkehrsbetrieben und Reisebüro GmbH obliegt neben der Aufrechterhaltung des ÖPNV im Notfallmodus die Bereitstellung von zwingend erforderlichen Transportkapazitäten. Darüber hinaus unterstützt das Unternehmen im Auftrag des Bundesamtes für Logistik und Mobilität (BALM) die zivile Notfallversorgung im Straßenverkehr der Bundesrepublik Deutschland. Beide Betriebe haben die hierfür erforderlichen Personal- und Sachkapazitäten, eine Netzersatzausrüstung, eine möglichst große Kraftstoffmenge sowie entsprechende Werkstattkapazitäten vorzuhalten.

Auswirkungen einer Zusammenarbeit beider Akteure im Hinblick auf ihre Rolle im Bereich der Kritischen Infrastruktur (KRITIS) in einem möglichen Krisenfall

- › Durch die bereits im Hinblick auf die vorliegende Betrachtung zur Umstellung des gesamtstädtischen Fuhrparks hin zu alternativen Antrieben erkennbare Sinnhaftigkeit einer Zusammenführung beider Akteure wird sich auch eine deutliche Verbesserung der Aktionsfähigkeit in möglichen Krisenfällen ergeben. Die Kooperation aller Einsatzbereiche und die Nutzung von Synergieeffekten ist im Rahmen einer gemeinsamen Organisationseinheit deutlich schneller und effektiver realisierbar.

-
- › Hinsichtlich des Platzbedarfs unterscheiden sich die zwei untersuchten Szenarien kaum voneinander (ca. 30.000 m² benötigt)
 - › Hinsichtlich der Stromversorgung und des Netzanschlusses ist Szenario 2 (Mischflotte) deutlich günstiger als Szenario 1 (100 % Batterietechnik)
 - › Die Kostenbetrachtung liefert kein einheitliches Ergebnis hinsichtlich der Technologieempfehlung: Für den ÖPNV wäre eine Mischflotte die günstigere Option, für den Kommunalbetrieb wäre eine 100%ige Batterieflotte preiswerter.
 - › Mit der perspektivischen Errichtung eines gemeinsamen Depots erscheint die Mischflotte dennoch als die technisch und wirtschaftlich günstigste Lösung:
 - Hohe Flexibilität in der Umstellungsphase
 - Redundante, optimierte Infrastruktur
 - Synergien bei Wartung und Instandhaltung von Fahrzeugen
 - Höhere Resilienz, Differenzierung von Kraftstoffen (Strom, Wasserstoff und Diesel)

12. Nächste Schritte

-
- › Beide Unternehmen (Gimmler Reisen sowie Stadtreinigung Wetzlar) sollten sich darauf vorbereiten, bei Neubeschaffungen von Fahrzeugen mindestens die CVD zu erfüllen.
 - › Nach positivem Beschluss im Gremium sollte die Suche nach einem geeigneten gemeinsamen Grundstück beginnen.
 - › Hierbei sind insbesondere der Netzanschluss sowie der Platzbedarf zu berücksichtigen.
 - › Es sollte eine Projektskizze des Vorhabens inkl. des neuen Depots angefertigt werden, um möglichst schnell auf neue Förderaufrufe reagieren zu können.
 - › Es empfiehlt sich Gespräche mit Fördergebern und Institutionen (NOW, Hessen Agentur, ...) zu führen, um die Verfügbarkeit von Fördermitteln im Voraus zu sondieren.





Ingenieurbüro für Brennstoffzelle,
Wasserstofftechnologie und Elektromobilität

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERSAMKEIT

... damit Ihre Energiewende gelingt!

Nicolò Queirazza

Fon +49 (0)221 29 26 95 -213

Fax +49 (0)221 29 26 95 -229

nicolo.queirazza@emcel.com

EMCEL GmbH

Am Wassermann 28a

50829 Köln

www.emcel.com



Nicolò Queirazza

Projektleiter - Elektromobilität

Kontakt

Tel +49(0) 221.29 26 95-213

Fax +49(0) 221.29 26 95-229

nicolo.queirazza@emcel.com

EMCEL GmbH

Ingenieurbüro für Brennstoffzelle
Wasserstofftechnologie und Elektromobilität

Am Wassermann 28a | 50829 Köln

www.emcel.com

EMCEL GmbH

Am Wassermann 28a
50829 Köln

Die in dieser Präsentation aufgeführten Gedanken, Ideen und Aktionen sind in ihrer Gesamtheit, sowie einzeln und in jeder daraus abgeleiteten Form geistiges Eigentum der EMCEL GmbH und unterliegen den geltenden Urhebergesetzen.

Die Verwirklichung von Ideen und Ideenansätzen ist nur mit vorheriger vertraglicher Vereinbarung mit dem Rechteinhaber möglich.

Die ganze oder teilweise Vervielfältigung sowie jede Weitergabe an Dritte ist nicht gestattet. Der Empfänger dieser Unterlagen haftet bei unberechtigter Verwendung oder Weitergabe an Dritte für daraus entstehenden Schaden.

Dem Empfänger werden durch die Überlassung der Unterlagen keine Nutzungsrechte eingeräumt. EMCEL GmbH widerspricht durch die Überlassung der Unterlagen ausdrücklich einer wirtschaftlichen Verwertung durch den Empfänger. EMCEL GmbH behält sich in jedem Fall der Zuwiderhandlung die Geltendmachung von Schadensersatzansprüchen vor.

Der Empfänger dieser Unterlagen bestätigt durch Entgegennahme der Unterlagen absolute Vertraulichkeit und absolutes Stillschweigen über die darin genannten Ideen und Vorschläge zu wahren.

Alle angegebenen Preise sind als Richtpreise zu verstehen. Die Preise sind derzeit am Markt üblich. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass den angegebenen Preisen keine spezifischen Angebote mit einem detaillierten Lastenheft zugrunde liegen. (Stand September 2022)