



## Umstellungsstrategie im Bereich Flottenumstellung auf Batteriebusse

---

### **Kooperationspartner**

MIT.BUS GmbH

Mathias Carl | Geschäftsführer

Lahnstraße 31 | 35398 Gießen

### **Auftragnehmer**

EMCEL GmbH

Marcel Corneille | Geschäftsführer

Am Wassermann 28 | 50829 Köln

## Zusammenfassung

Angesichts der bevorstehenden Einführung von emissionsfreien Bussen bedingt durch die Beschaffungsquoten der Clean Vehicle Directive wurden in der vorliegenden Studie die Randbedingungen zum Einsatz von elektrisch angetriebenen Bussen für den Linienbetrieb der MIT.BUS GmbH untersucht sowie potenzielle Umstellungspfade erarbeitet.

Aus der Studie gehen die folgenden Erkenntnisse hervor:

- Für den Einsatz von E-Bussen im Stadtgebiet Gießen bieten sich die Technologien Depotlader und Brennstoffzelle an. Die Einführung von Gelegenheitsladern bietet sich aufgrund hoher Infrastruktur- und Planungsaufwänden nicht an.
- Depotlader können den Großteil der Linien sicher bedienen. Die längsten Umläufe (ca. 4 – 10 % in Abhängigkeit des Nahverkehrsplans) sind allerdings nur durch Mehrfahrzeuge (ca. 3 - 5 % der Flotte) zu gewährleisten. Brennstoffzellen-Busse können alle Linien eins-zu-eins ohne Betriebsanpassungen bedienen
- In Hinblick auf eine 100%ige emissionsfreie Busflotte kann ein Mischkonzept eingeführt werden. In diesen übernehmen die Brennstoffzellen-Busse die Umläufe, die durch die Depotlader nicht bedient werden können. Ein Mischkonzept bietet sich auch im Hinblick auf zukünftige Kraftstoffverfügbarkeiten und -Preise an. Durch die Differenzierung in den Technologien kann flexibler und schneller reagiert werden.
- Bei einer 100%igen Umstellung der Flotte, unabhängig der Technologie oder eines Mischkonzeptes kommt es zu Platzengpässen auf dem aktuellen Betriebshof in der Lahnstraße.

- Im Rahmen einer sukzessiven Elektrifizierung der Busflotte bietet der Betriebshof Kapazitäten für max. 10 – 15 Depotladern ohne wesentlichen Vorbereitungsmaßnahmen. Bei Aufbereitung der zur Verfügung stehenden Zusatzfläche können insgesamt ca. 20 -25 Depotlader integriert werden, bevor es zu Platzengpässen zur Abstellung der übrigen CNG-Busse kommt.

Der Standort „Gaskugel“ in der Schlachthofstraße bietet das Potenzial zum Ergänzungsstandort. Bei einer zukünftig weiteren Erhöhung der Flottengröße, z. B. aufgrund des erweiterten Ausbaus des ÖPNV, ist ein möglicher Umzug des Betriebshofes zum Standort „Atzelbusch“ zu betrachten.

- Die erforderliche Ladeinfrastruktur kann durch eine Pantographenladung in die Bestandshallen integriert werden. Bei der Einführung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen kann die Umsetzung der erforderlichen H<sub>2</sub>-Infrastruktur am Standort „Gaskugel“ Potenzial zur öffentlichen Drittnutzung bieten.

Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchung wurden im Rahmen der Studie zwei potenzielle Umstellungsstrategien vorgestellt. Diese unterliegen der Annahme, dass der Nahverkehrsplan erneuert wird und ein Teil der neuen Verkehrsleistungen fremd vergeben werden.

- Umstellungsszenario – Normal

Dieses Szenario sieht die Einführung von insgesamt sechs Depotladern bis 2030 zur Einhaltung der CVD-Quoten vor. Der erste Bus kann 2025 ohne größeren Aufwand in den Betrieb gehen. Anschließend besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Planung der Indoor-Ladeinfrastruktur für die Beschaffungen im Jahr 2028 und 2029 sowie hinsichtlich der Entscheidung zur Nutzung eines alternativen Standortes und zur Einführung von Brennstoffzellen-Bussen. Das Szenario sieht eine parallele Beschaffung beider Technologien ab 2030 vor. Entsprechende Planungen

und Umsetzungen sind in der zweiten Hälfte der 20er Jahre durchzuführen. Dieses Szenario bietet etwas zeitlichen Spielraum und ermöglicht der MIT.BUS sich zunächst auf die Einführung einer Technologie zu fokussieren.

Durch die Umstellung fallen bis zum Jahr 2035 insgesamt ca. 12,5 mio. € (ca. 14 mio. € ohne Förderung) Investitionskosten an. Im Vergleich zu den derzeitigen CNG-Bussen ergeben sich über den Betrachtungszeitraum Mehrkosten (Investition und Betrieb) von in Summe ca. 2,6 mio. € (ca. 3,35 mio. € ohne Förderung) an.

- Umstellungsszenario – Ambitioniert

In diesem Szenario werden bereits Depotlader als auch Brennstoffzellen-Busse bis 2030 beschafft und so die Vorgaben der CVD eingehalten. Im Jahr 2025 wird der erste Depotlader mit geringem Aufwand eingeführt. In der Beschaffungsphase 2028 und 2029 werden insgesamt fünf Brennstoffzellen-Busse beschafft. Die entsprechende Infrastruktur und die damit verbundene Vorbereitung des alternativen Standortes hat dadurch frühzeitig zu beginnen. Der Zeitplan ist entsprechend ambitioniert, wird jedoch als realisierbar angesehen. Voraussetzung hierfür sind zeitnahe Entscheidungen. Vorteil dieses Szenarios ist aufgrund der frühzeitigen Einführung der H<sub>2</sub>-Infrastruktur, die Möglichkeit vor 2030 ohne Zusatzaufwand weitere Busse umzustellen und so ggf. schnell auf mögliche Energiepreisentwicklungen reagieren zu können oder um weiterhin eine Vorreiterrolle einzunehmen. Ab 2030 sieht das Szenario eine parallele Beschaffung beider Technologien vor.

Durch die Umsetzung dieses Szenarios fallen bis zum Jahr 2035 insgesamt ca. 10,85 mio. € (ca. 14,3 mio. € ohne Förderung) Kosten für Investitionen an. Im Vergleich zu den derzeitigen CNG-Bussen ergeben sich über den Betrachtungszeitraum Mehrkosten (Investition und Betrieb) von in Summe ca. 3,4 mio. € (ca. 4,5 mio. € ohne Förderung).

# Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Zusammenfassung</b>                                     | <b>2</b>  |
| <b>1. Einleitung</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>2. Ziele der Studie</b>                                 | <b>8</b>  |
| <b>3. Die Clean Vehicle Directive</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>4. Information zur E-Bus-Technologie</b>                | <b>11</b> |
| 4.1. Depotlader (Volllader, Nachtlader)                    | 12        |
| 4.2. Gelegenheitslader (Teillader)                         | 14        |
| 4.3. Brennstoffzelle                                       | 15        |
| 4.2. Entwicklung der E-Bus-Technologie                     | 17        |
| <b>5. Linien- und Umlaufanalyse</b>                        | <b>18</b> |
| 5.1. Aktueller Nahverkehrsplan                             | 19        |
| 5.2. Neuer Nahverkehrsplan                                 | 24        |
| 5.3. Zwischenfazit der Linien- und Umlaufanalyse           | 29        |
| <b>6. Infrastrukturelle Anforderungen</b>                  | <b>31</b> |
| 6.1. Energiebedarf   | 31        |
| 6.2. Flächenbedarf   | 33        |
| 6.3. Standortanalyse                                       | 38        |
| 6.4. Zwischenfazit zu den infrastrukturellen Anforderungen | 44        |
| <b>7. Umsetzung eines Mischkonzeptes</b>                   | <b>46</b> |
| 7.1. Umsetzung der Ladeinfrastruktur                       | 46        |

---

|   |           |
|---|-----------|
| 7.2. Aufstellungsvarianten  | 49        |
| <b>8. Umstellungsstrategie</b>                                      | <b>53</b> |
| 8.1. Beschaffungsplan   | 53        |
| 8.2. Umstellungsszenario – Normal                                   | 54        |
| 8.3. Umstellungsszenario – Ambitioniert                             | 56        |
| 8.4. Kosten der Umstellung  | 59        |
| <b>9. Ausblick</b>  | <b>65</b> |
| <b>Anhang</b>   | <b>67</b> |
| <b>A.1. Definition „emissionsfrei“ und Nullemission“</b>            | <b>67</b> |
| <b>A.2. Werkstatt, Abstellhalle und Schulung</b>                    | <b>67</b> |
| <b>A.3. Hilfreiche Dokumente</b>                                    | <b>77</b> |
| <b>A.4. Anforderungen an ein intelligentes Lademanagementsystem</b> | <b>78</b> |
| <b>A.5. Fördermöglichkeiten</b>                                     | <b>80</b> |
| <b>A.6. Kosten der Umstellung – ohne Förderung</b>                  | <b>82</b> |
| <b>A.7. Anmerkungen</b>   | <b>84</b> |
| <b>A.8. Disclaimer</b>  | <b>85</b> |
| <b>A.9. Abbildungsverzeichnis</b>                                   | <b>86</b> |
| <b>A.10. Tabellenverzeichnis</b>                                    | <b>88</b> |

# 1. Einleitung

---

Die MIT.BUS GmbH ist als öffentliches Verkehrsunternehmen für den städtischen Personennahverkehr in Gießen verantwortlich. Beim Thema alternative Antriebe im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ist die MIT.BUS Vorreiter, da sich die aktuelle Busflotte fast vollständig aus Bio-CNG-Bussen zusammensetzt. Der Brennstoff Biogas ermöglicht global einen nahezu klimaneutralen Betrieb, da die entstehenden Emissionen vorher im Produktionsprozess von Pflanzen aus der Luft gebunden wurden. Und auch lokal hat die Technologie deutlich niedrigere Abgasemissionen gegenüber Dieselantrieben.

Eine weitere Reduzierung der lokalen Emissionen ist durch den Umstieg von Gas- auf E-Busse erreichbar. Auf politischer Ebene wird die Elektrifizierung ebenfalls durch die in Frühjahr 2019 von der Europäischen Union (EU) verabschiedeten Richtlinie für die Neubeschaffung von Bussen vorangetrieben (siehe Kapitel 3).

Bereits 2018 überprüfte die MIT.BUS GmbH den Einsatz von Elektrobussen im ÖPNV der Stadt Gießen. Die Kurz-Studie ergab, dass ca. 95 % der damaligen Umläufe bereits durch E-Busse mit Nachladung (Depotlader) ersetzt werden können. Für die Bedienung der übrigen 5 % der Umläufe können weiterhin klimaschonende CNG-Busse eingesetzt werden. Für eine komplette Umstellung auf E-Busse wurden drei Möglichkeiten vorgeschlagen:

1. Technologieentwicklung – Batterien mit größerer Reichweite
2. Trennung der längeren Umläufe – geringe Anzahl von Mehrfahrzeugen
3. Zwischenladung mit Pantographen – im Depot oder an der Linie

Im Rahmen der Studie ist ein dreiphasiger Umsetzungsplan erarbeitet worden, dessen erste Phase die Entwicklung einer detaillierten Umstellungsstrategie vorsieht.

## 2. Ziele der Studie

---

Im Rahmen der Untersuchung werden Umsetzungspfade und -schritte für den sukzessiven Austausch der gegenwärtigen Bio-CNG-Busse der MIT.BUS GmbH durch Elektrobusse erarbeitet. Sowohl die politischen Rahmenbedingungen als auch potenzielle Veränderungen im städtischen Nahverkehrsplan sind dabei zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der Technologiefortschritte werden zunächst die Ergebnisse der Studie aus dem Jahr 2018 validiert und aktualisiert. Des Weiteren werden die infrastrukturellen Anforderungen an eine Elektrifizierung, entweder durch rein batterieelektrische Busse oder durch mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellenbusse aufgezeigt und deren Umsetzung auf dem aktuellen Betriebshof der MIT.BUS (Lahnstraße 31, 35398 Gießen) überprüft. In diesem Rahmen werden ebenfalls potenzielle, alternative Standorte für ein Bus-Depot betrachtet und hinsichtlich einer Eignung bewertet.

Ziel ist es, unter Berücksichtigung aller relevanten Aspekte, eine detaillierte Umstellungsstrategie für die Einführung der E-Busse und der zugehörigen Infrastruktur zu entwickeln.

Einleitend werden im Folgenden die politischen Rahmenbedingungen für die Neubeschaffung von Bussen im ÖPNV aufgezeigt und anschließend die technologische Entwicklung seit 2018 erläutert. Darauf wird die Umstellung für die MIT.BUS GmbH vorgestellt.

### **3. Die Clean Vehicle Directive**

---

Im Frühjahr 2019 beschloss das EU-Parlament die Änderung der Richtlinie 2009/33/EC über die Förderung sauberer Fahrzeuge im ÖPNV. Der Beschluss bezieht sich auf einzuhaltende Quoten für die Neubeschaffung von Bussen. Die Einwilligung des EU-Rates wurde gegeben und die Richtlinie im Amtsblatt der Europäischen Union am 12. Juli 2019 veröffentlicht. Die Richtlinie trat zwanzig Tage nach ihrer Veröffentlichung am 2. August 2019 in Kraft. Im Mai 2021 hat nun der Deutsche Bundestag einen Gesetzesentwurf zur Umsetzung der Richtlinie in deutsches Recht beschlossen.

Die neue Richtlinie verpflichtet die EU-Mitgliedstaaten, bestimmte Quoten bei der Neubeschaffung von Bussen im öffentlichen Personennahverkehr zu erfüllen. So sollen im Zeitraum 2021 bis 2025 in Deutschland 45 % der neu beschafften Busse sogenannte „saubere Busse“ sein, und im Zeitraum von 2026 bis 2030 sind 65 % zu erfüllen. Darüber hinaus sollen 50 % dieser „sauberen Busse“ (lokal) emissionsfrei betrieben werden.

Die EU definiert „saubere Busse“ in der Richtlinie 2014/94/EU als Busse, die mit „alternativen Kraftstoffen“ angetrieben werden. Diese Kraftstoffe dienen zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hierzu zählt die EU folgende Energieträger:

- Elektrizität
- Wasserstoff
- Biokraftstoffe (i. S. d. Richtlinie 2009/28/EG)
- Synthetische und paraffinhaltige Kraftstoffe
- Erdgas, einschließlich Biomethan CNG und LNG
- Flüssiggas (LPG)

Des Weiteren werden die Nullemissionsbusse als Fahrzeuge definiert, die mit den oben aufgelisteten Kraftstoffen betrieben werden und darüber hinaus entweder keinen Verbrennungsmotor nutzen oder einen Verbrauch von weniger als 1 g CO<sub>2</sub>/kWh bzw. von 1 g CO<sub>2</sub>/km vorweisen können. Diese Werte erreichen derzeit ausschließlich die Energieträger Elektrizität und Wasserstoff.

Die Abbildung 3-1 veranschaulicht die festgelegten Quoten der EU für Deutschland.

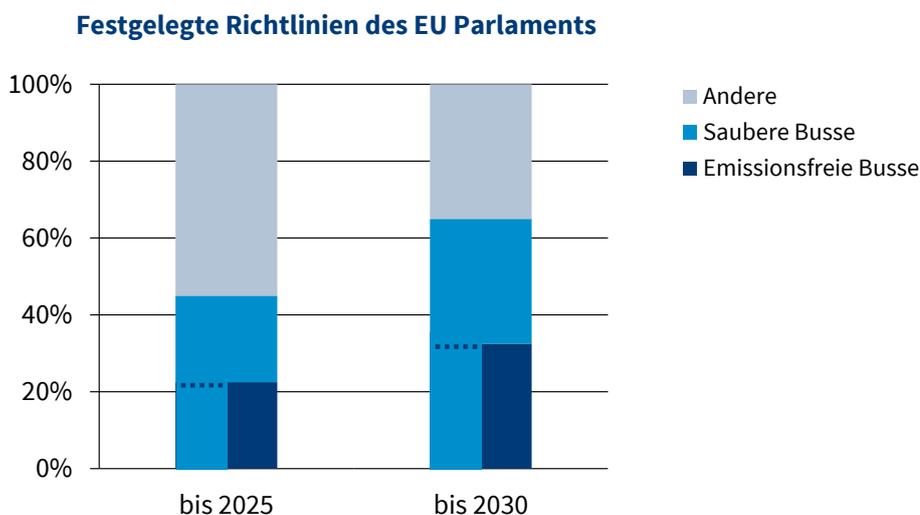


Abbildung 3-1: Festgelegte Quoten für die Neubeschaffung von ÖPNV-Bussen in Deutschland

## 4. Information zur E-Bus-Technologie

E-Busse fahren leise, vibrationsarm und lokal emissionsfrei<sup>1</sup>. Damit tragen sie erheblich zur Verringerung der Lärm- und Abgasbelastung bei. Der primäre Antrieb der E-Busse ist ein Elektromotor, welcher von einer Hochvoltbatterie mit Strom versorgt wird. Die Verschaltung der Antriebstechnik ist vereinfacht in Abbildung 4-1 dargestellt.

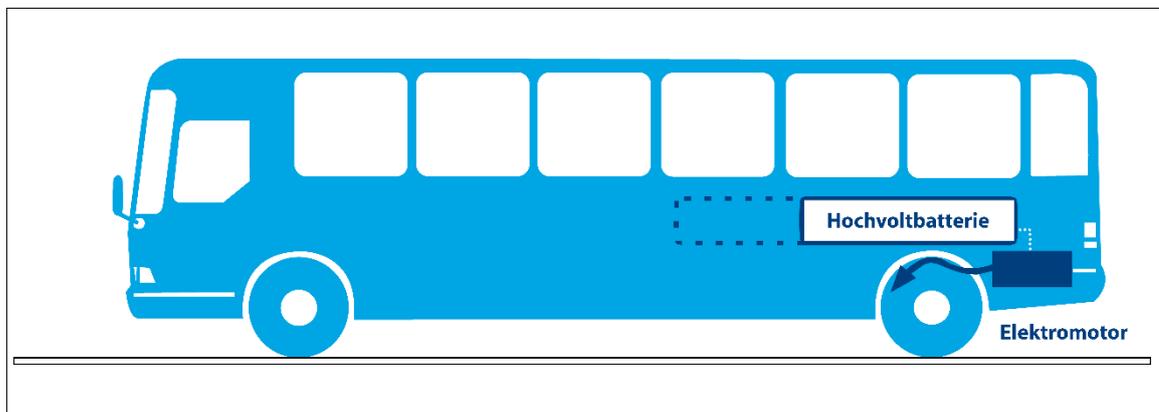


Abbildung 4-1: Darstellung eines E-Bus-Antriebs

Das Laden der Hochvoltbatterie kann mit unterschiedlichen Ladestrategien realisiert werden. In diesem Bericht werden folgende Arten von E-Bussen unterschieden:

1. Batteriebusse mit Depotladung (auch Vollloader bzw. Nachtlader genannt)
2. batteriebusse mit Gelegenheitsladung (auch Teilloader genannt)
3. Brennstoffzellenbusse (BZ-Busse)

<sup>1</sup> In diesem Bericht werden die Begriffe „emissionsfrei“ und „Nullemission“ synonym verwendet. Eine Definition dazu ist im Anhang zu finden.

#### 4.1. Depotlader (Volllader, Nachtlader)

Der Batteriebus als Depotlader ist ein rein elektrisch angetriebenes Fahrzeug. Die Antriebsleistung erfolgt über einen Elektromotor, z. B. einen Radnabenmotor. Die dafür notwendige Energie wird aus einer Batterie mit einer Speicherkapazität von etwa 300 – 500 kWh bereitgestellt, was eine sichere Reichweite von ganzjährig 200 km ermöglicht. Die Ladung der Batterien erfolgt in der Regel konduktiv auf 100 % („voll“) mittels Depot- bzw. Nachtladung. Dadurch ist der Bus im Rahmen seiner Reichweite flexibel auf unterschiedlichen Linien einsetzbar. Die sichere Reichweite von Depotladern kann durch den Einsatz einer nichtelektrischen Zusatzheizung auf bis zu ca. 330 km (ganzjährig) gesteigert werden. Die Folge ist jedoch, dass der Bus lokale Emissionen ausstößt. Die Menge der so emittierten Emissionen beträgt im Jahresmittel etwa 5 bis 10 % (in der Spitze an besonders kalten Tagen bis zu 50 %) im Vergleich zum Ausstoß eines Dieselmotors.

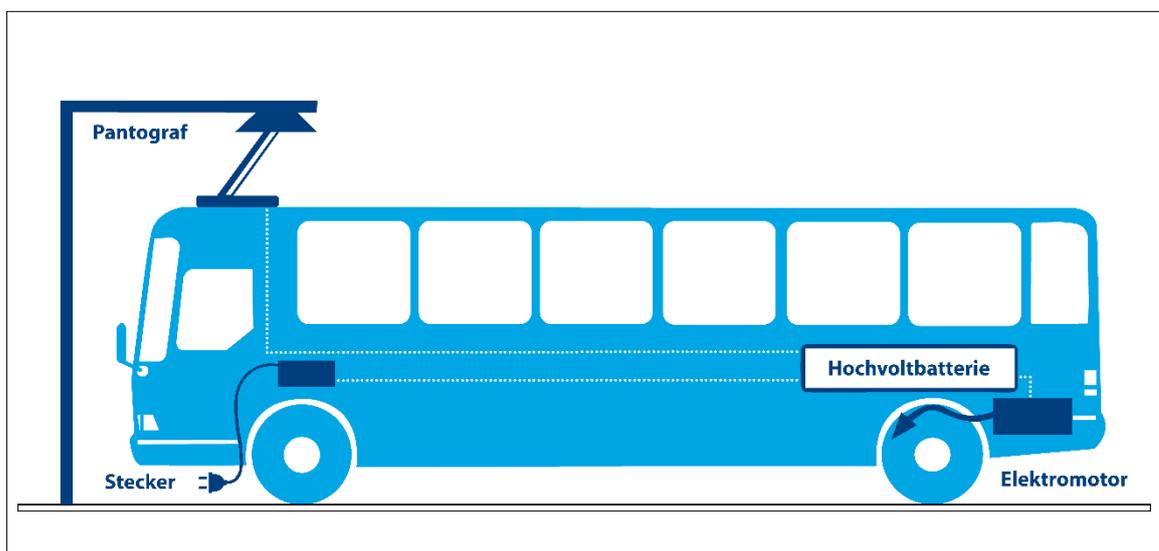


Abbildung 4-2: Funktion des Depotladers

Abbildung 4-2 veranschaulicht die Versorgung des E-Motors an der Antriebsachse mit Strom durch eine Hochvoltbatterie. Die Wiederaufladung der Batterie erfolgt in der Praxis meist über einen Stecker oder einen Pantographen (Stromabnehmer, mit dessen Hilfe sich das Laden im Depot

weitgehend automatisieren und damit wesentlich vereinfachen lässt). Der Ladevorgang dauert, abhängig von der freien elektrischen Anschlussleistung im Depot, vier bis acht Stunden. Für diese Ladestrategie ist der Aufbau einer entsprechenden Ladeinfrastruktur im Depot notwendig. Die Vor- und Nachteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- + Niedrige Einstiegshürde
- + Flexibel einsetzbar im Rahmen der Reichweite
- Sichere Reichweite rein elektrisch ca. 200 km
- Sichere Reichweite mit nichtelektrischer Zusatzheizung ca. 330 km (nicht emissionsfrei)
- Ggf. geringere Beförderungskapazität im Vergleich zur Dieseltechnik (0 - bis 20 % geringer)

Depotlader bieten die geringste Einstiegshürde aller Nullemissionsantriebe. Dies liegt vor allem an der einfachen Ladeinfrastruktur (per Stecker im Depot). Die Nachteile der Technologie liegen im Wesentlichen an der begrenzten Reichweite der Busse und dem Mehraufwand bei der weiteren Flottenumstellung, da eine ausreichende Ladeleistung im Depot zur Verfügung stehen muss. Aufgrund des Batteriegewichts kann die Beförderungskapazität im Vergleich zur Dieseltechnik geringer sein. In Abhängigkeit des Fahrzeugherstellers und -modells können die Abweichungen zwischen ca. 0 – 20 % liegen. Dies und die geringe Reichweite kann gegebenenfalls den Einsatz von Mehrfahrzeugen und dementsprechend zusätzlichen Fahrern erfordern.

## 4.2. Gelegenheitslader (Teillader)

Wesentliche Unterschiede beim Batteriebus als Gelegenheitslader liegen in der Batteriekapazität und der Aufladung. Die Batterie hat eine typische Kapazität von 90 bis 150 kWh und ist somit kleiner und leichter als die des Depotladers. Die Aufladung der Batterie erfolgt auf der Strecke (z. B. an den Endhaltestellen) über einen Pantographen oder ein induktives Ladesystem. In Abbildung 4-3 wird das Prinzip eines Gelegenheitsladers veranschaulicht. Dank der regelmäßigen Zwischenladung (z. B. an den Endhaltestellen) kann der Umlauf theoretisch beliebig lang sein. An den Ladepunkten ist eine Ladezeit von typischerweise zehn Minuten notwendig. Der Gelegenheitslader ist wegen der festgelegten Ladepunkte jedoch nur eingeschränkt auf anderen Strecken einsetzbar.

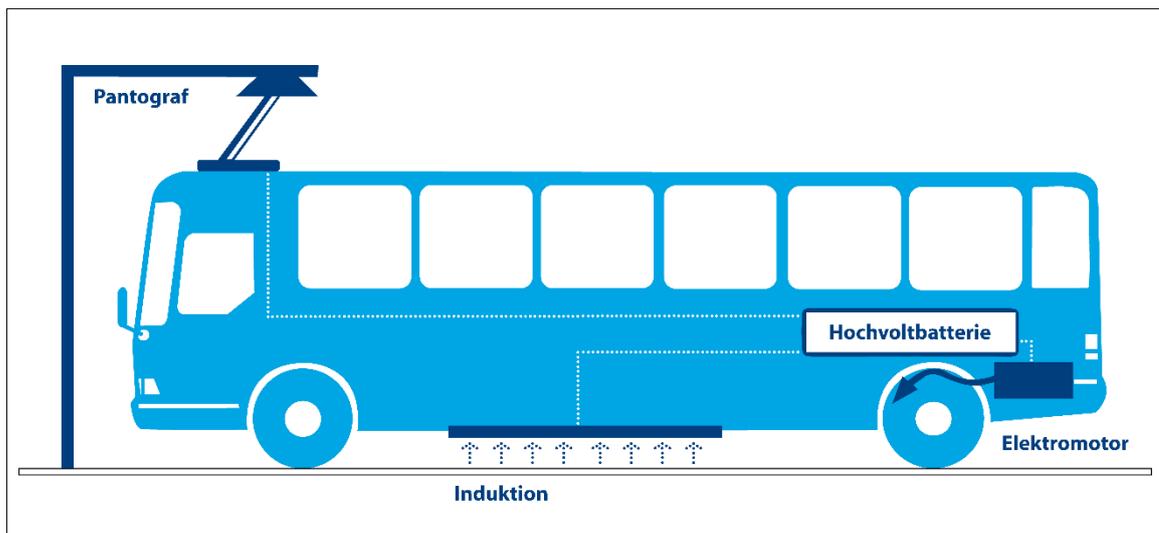


Abbildung 4-3: Funktion des Gelegenheitsladers

Die Vor- und Nachteile von Gelegenheitsladern sind:

- + Theoretisch unbegrenzte Reichweite auf der Linie
- + Geringere Batteriekapazität als beim Depotlader
- Begrenzte Einsetzbarkeit auf anderen Strecken
- Erhöhter planerischer Aufwand beim Einrichten der Linie

Bei den Gelegenheitsladern stehen dem hohen Reichweitenpotenzial der hohe Aufwand der betrieblichen Neuplanung sowie die eingeschränkte Flexibilität der Busse beim Einsatz auf anderen Linien gegenüber. Je nach Batteriegröße können Gelegenheitslader auch eine geringere Beförderungskapazität (0 bis 20 %) im Vergleich zur Dieselsechnik aufweisen. Dies kann gegebenenfalls den Einsatz von Mehrfahrzeugen und dementsprechend zusätzlichen Fahrern erfordern.

### **4.3. Brennstoffzelle**

Der BZ-Bus wandelt in einer Brennstoffzelle den Energieträger Wasserstoff in elektrische Energie um. Der erzeugte Strom treibt wiederum den elektrischen Fahrmotor des Busses an. Die im Vergleich zu Batterien von Voll- bzw. Gelegenheitsladern sehr kleine Batterie (typischerweise 20-60 kWh) dient in erster Linie zur Regelung der unterschiedlich abgerufenen Leistungen und zur Rückgewinnung der Bremsenergie (Rekuperation). Übliche Reichweiten für einen Brennstoffzellenbus sind etwa 400 km. Die Betankung erfolgt über eine Wasserstofftankstelle (ähnlich einer Erdgas- oder Dieseltankstelle) und dauert ca. zehn Minuten. Abbildung 4-4 zeigt das Funktionsprinzip eines BZ-Busses (mit dem Wasserstofftank auf dem Dach des BZ-Busses).

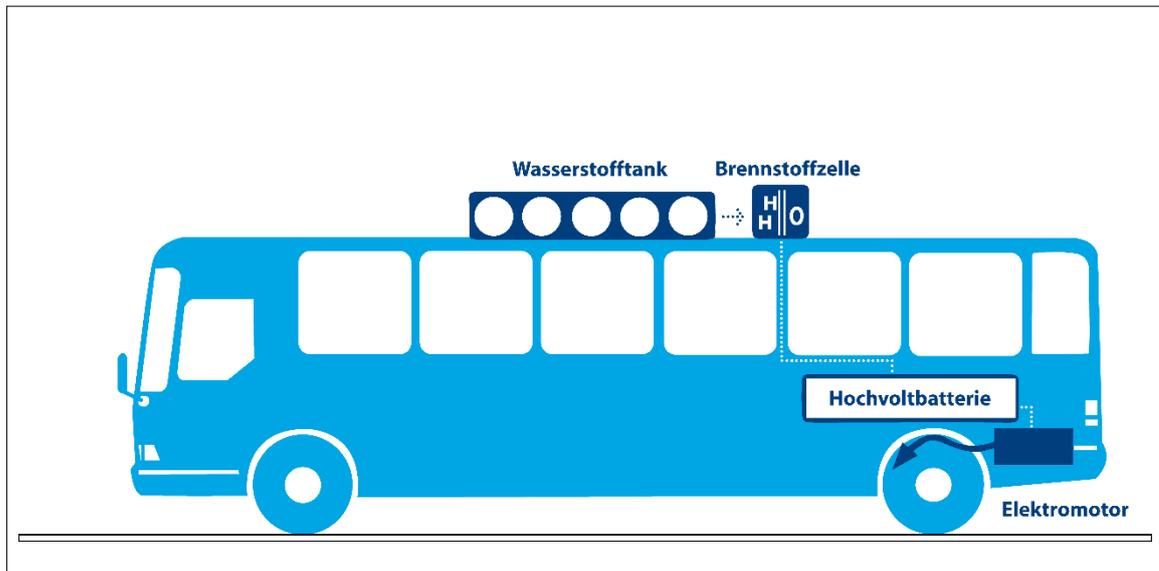


Abbildung 4-4: Funktion des BZ-Busses

Die Vor- und Nachteile von BZ-Bussen sind:

- + Reichweiten bis ca. 400 km
- + Flexibel einsetzbar (wie Diesel- oder Erdgasbus)
- Anschaffungskosten (Stand heute)
- Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur erforderlich

Den hohen Reichweiten dieser Nullemissionstechnologie stehen die Anschaffungskosten pro Fahrzeug und die Investition in eine Wasserstoffinfrastruktur gegenüber. Jedoch bietet die BZ-Technologie im Vergleich zu Batteriebusen eine erleichterte Umstellung der Gesamtflotte auf Elektromobilität. Aufgrund der Reichweiten und Flexibilität von BZ-Bussen können Dieselbusse betrieblich praktisch eins zu eins ersetzt werden. Zudem verfügen BZ-Busse im Vergleich zur Batterietechnik über weniger schwere Energiespeicher und weisen dementsprechend tendenziell höhere Beförderungskapazitäten als Batteriebusse auf. Nach heutigem Stand der Technik ist jedoch auch bei BZ-Bussen mit einer geringeren Beförderungskapazität von 0 - 20 % (in Abhängigkeit des Herstellers und des Fahrzeugmodells) im Vergleich zu Dieselbussen zu rechnen.

## 4.2. Entwicklung der E-Bus-Technologie

Seit der Durchführung der Kurz-Studie der MIT.BUS GmbH zum Elektrifizierungspotenzial der Busflotte im Jahr 2018 hat sich die E-Bus-Technologie stetig weiterentwickelt. Die nachfolgende Abbildung 4-5 zeigt eine kurze Zusammenfassung hinsichtlich der technologischen Fortschritte in Bezug auf ein 12-m-Solobus.

Bezogen auf 12m-Solobusse

|   |   | 2018                    |               | 2022   |
|---|---|-------------------------|---------------|--|
|    | <b>Stand der Technik</b>  | Prototypen, Einzelbusse | ↗             | <b>Serienproduktion, Umstellung gr. Flotten</b>  |
|   | <b>Max. Batteriekapazität Depotlader</b>  | ca. 350 kWh             | 42 %<br>↗     | <b>bis zu 500 kWh</b><br>(350 kWh heute typisch) |
|   | <b>Sichere Tagesfahrleistung Depotlader über alle Jahreszeiten</b>                      | ca. 150 km              | 33 %<br>↗     | <b>ca. 200 km</b><br>(330 km bei NEZH)           |
|   | <b>Kostenentwicklung Depotlader</b>   | ca. 600.000 €/Bus       | 0 - 8 %<br>=↘ | <b>ca. 550.000 €/Bus</b>                         |
|  | <b>Kostenentwicklung BZ-Bus</b>   | ca. 700.000 €/Bus       | 21 %<br>↘     | <b>ca. 590.000 €/Bus</b>                         |
|   | <b>BZ-Busse erreichen sichere Tagesfahrleistungen von 400 km über alle Jahreszeiten</b> |                         |               |  |

Abbildung 4-5: Entwicklung der E-Bus-Technologie 2018 bis 2022

Während 2018 die ersten Prototypen auf den Markt gekommen sind und im Rahmen von ersten Elektrifizierungen einzelne Busse umgestellt worden sind, befinden sich die E-Busse heute in Serienproduktion. Busbetreiber gehen die Umstellung von großen Flotten an. Die E-Bus-Technologie hat sich als Alternative zu Dieseltechnologie etabliert. Dies ist auch auf die technologische Entwicklung der Batteriekapazität für Depotlader zurückzuführen. Die heute typisch zum Einsatz kommenden 350 kWh Batterien, stellte 2018 noch die maximale am Markt verfügbare Kapazität dar. Bushersteller bieten derzeit schon bis zu 500 kWh Batteriekapazitäten an. Einhergehend mit der Kapazitätsentwicklung haben sich auch die Reichweiten der Depotlader verbessert. Heutzutage sind über alle Jahreszeiten hinweg sichere Reichweiten von ca. 200 km (im Vergleich zu 150 km in 2018) realisierbar. Durch den Einsatz einer nichtelektrischen

Zusatzheizung können Tagesfahrleistungen von bis zu 330 km realisiert werden.

Die Kosten für Depotlader hingegen sind in den letzten Jahren annähernd konstant geblieben (- 0 bis 8 %). Wesentliche Faktoren hierfür sind erhöhten Batteriekapazitäten bei gleichzeitig reduzierten Produktionskosten. Eine Senkung der Produktionskosten konnte auch bei den BZ-Bussen erzielt werden, sodass sich die Preise für die BZ-Busse über 20 % seit 2018 reduziert haben.

## 5. Linien- und Umlaufanalyse

---

In diesem Kapitel wird die durchgeführte Untersuchung der Linien und Umläufe beschrieben. Die Analyse erfolgt sowohl für den aktuell gültigen Nahverkehrsplan (NVP) als auch für eine zukünftige, mögliche Erweiterung des ÖPNV.

Dabei werden die drei E-Bus-Technologien Gelegenheitslader, Depotlader und Brennstoffzellenbus betrachtet und hinsichtlich der der Technologieeignung miteinander verglichen. Unter Berücksichtigung einer langfristigen Umstellung und der damit verbundenen erforderlichen Flexibilitäten im Betriebseinsatz der Busse, erfolgt die Analyse anhand der drei folgenden Szenarien:

- Umstellung auf 100 % Gelegenheitslader (GL)
- Umstellung auf 100 % Depotlader (DL)
- Umstellung auf 100 % Brennstoffzelle (BZ)

## 5.1. Aktueller Nahverkehrsplan

Nachfolgend wird die Untersuchung für den aktuell gültigen Nahverkehrsplan beschrieben.

### Charakteristik des Nahverkehrsplans

Der aktuelle NVP der Stadt Gießen umfasst insgesamt 82 Umläufe, die sich auf 15 Buslinien, davon zwei Nachtlinien, verteilen. Die derzeit 56 eingesetzten Bio-CNG-Busse (23 Solo- & 33 Gelenkbusse) bedienen im linienreinen Betrieb jährlich eine Linienleistung von 2,6 mio. Kilometer.

Abbildung 5-1 zeigt einen Ausschnitt des Liniennetzplanes aus dem Jahr 2022.



Abbildung 5-1: Liniennetzplan 2022 der Stadt Gießen - Ausschnitt



























































































## 9. Ausblick

Bedingt durch den Investitionsplan der MIT.BUS GmbH sind zur Einhaltung der Clean Vehicle Directive wesentliche Beschaffungen von emissionsfreien Fahrzeugen erst Ende des derzeitigen Jahrzehnts zu tätigen. Bis 2025 ist die Beschaffung von maximal einem E-Bus erforderlich. Die Einführung dieses Busses kann mit geringem Aufwand als Depotlader erfolgen. Dennoch sind wichtige Aspekte, die die Busbeschaffung betreffen, frühzeitig zu klären.

Langfristig werden durch die Elektrifizierung der Busflotte die Flächenkapazitäten überschritten. Die Einhaltung der CVD-Quoten bis 2030 kann allerdings, bei Einsatz von Depotladern, noch ohne wesentliche Maßnahmen auf dem aktuellen Betriebshof erfolgen.

Allerdings wächst der Druck auf die Politik hinsichtlich der Verschärfung von Umweltmaßnahmen, auch eine zukünftige Erhöhung der Beschaffungsquoten gemäß CVD ist nicht auszuschließen. Entsprechend kann oder muss sogar die Anzahl an emissionsfreien Fahrzeugen erhöht werden, wodurch sich die Platzengpässe am Betriebshof frühzeitiger verschärfen. Aus diesem Grund sollten Überlegungen hinsichtlich alternativer Standorte zeitnah intensiviert werden. Dabei sollte ein potenzieller Ausbau des ÖPNV in der Region nicht unberücksichtigt bleiben.

Die Einführung von Elektrobussen in den ÖPNV ist zum heutigen Stand noch mit Mehrkosten verbunden. Um finanzielle Unterstützung für das Vorhaben zu bekommen, stehen verschiedene Förderprogramme zur Verfügung. Förderprogramme und -aufrufe sind grundsätzlich ständig zu beobachten. Die frühzeitige Vorbereitung von Förderanträgen bzw. Projektskizzen hat sich in der Vergangenheit sehr gut bewährt. Auf Landesebene bietet sich aktuell

die E-Bus-Förderung von 40 % der Investitionsmehrkosten (für Fahrzeug und Infrastruktur) an. Auf Bundesebene sind Förderungen mit höheren Quoten (bis 80 % der Investitionsmehrkosten für das Fahrzeug) über entsprechende Förderaufrufe möglich.

## Anhang

### A.1. Definition „emissionsfrei“ und Nullemission“

In diesem Bericht wird mit den Begriffen „emissionsfrei“ und „Nullemission“ das Fehlen schädlicher Emissionen aus Verbrennungsgasen beim Betrieb von E-Bussen bezeichnet. Die Begriffe beziehen sich dementsprechend nur auf den Betrieb des elektrischen Antriebsstrangs des Fahrzeugs (Tank-to-Wheel). Folglich werden keine Emissionen erfasst, die durch den Betrieb (Brems- und Reifenabrieb, Geräuschemissionen usw.) und die Produktion der Busse entstehen.

### A.2. Werkstatt, Abstellhalle und Schulung

Im folgenden Kapitel wird auf die Anpassungen von Werkstatt, Abstellhalle und Schulung eingegangen, die mit der Umstellung einer Busflotte notwendig einhergehen. Beim Einsatz von BZ-Bussen sind neben der Fahrzeugbeschaffung und dem Ausbau der Infrastruktur zwei weitere Aspekte zu beachten. Das sind die Themen Hochvolt (HV) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) (Abbildung A-1).

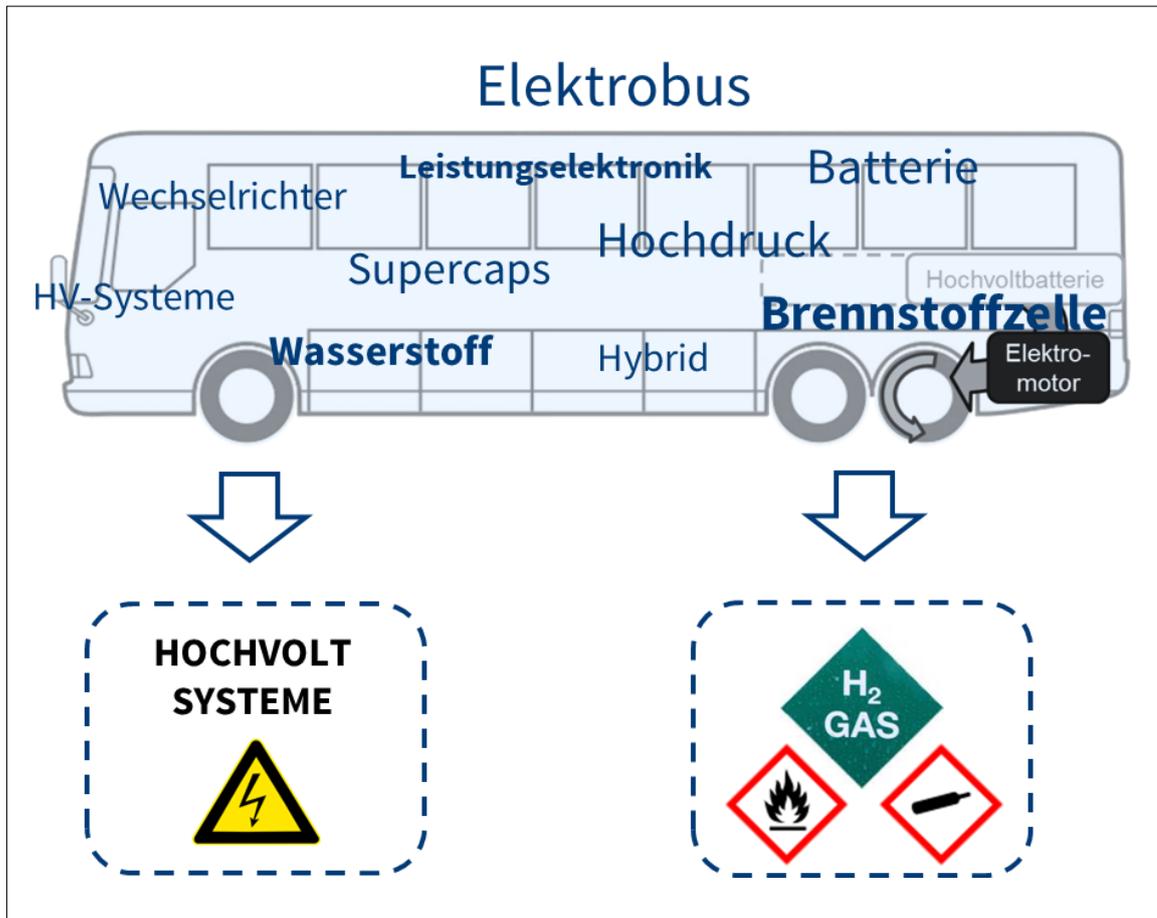


Abbildung A-1: Signifikante Themenfelder der neuen Technologien

Im ÖPNV-Bereich arbeiten alle elektrischen Fahrzeuge mit Spannungen von einigen hundert Volt. Bei Brennstoffzellenbussen wird außerdem Wasserstoff als Energieträger eingesetzt. Beide Themenfelder sind heute üblicherweise im konventionellen Busbereich nicht bekannt. Daher sind sie beim Einsatz von BZ-Bussen besonders im Bereich der Werkstatt und bei der Personalschulung zu betrachten. Wie auch bei Arbeiten an konventionellen Bussen ist vor Beginn der Arbeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und entsprechend umzusetzen.

### A.2.1. Personalqualifikation

Generell sind Arbeiten an BZ-Bussen vergleichbar mit denen an konventionellen Bussen. Um den potenziellen Gefahren von Hochvolt und Wasserstoff zu begegnen, sind für Arbeiten an HV-Komponenten oder am Wasserstoffsystem angemessene Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Hierfür müssen die Mitarbeiter qualifiziert sein oder entsprechend geschult werden.

Der Schulungsumfang richtet sich nach den persönlichen Vorkenntnissen und dem jeweiligen Arbeitsbereich der Fachkräfte. Schulungen sind mit geringen Kosten verbunden und stellen keine besondere Hürde auf dem Weg zu einer Elektrobusflotte dar. Tabelle A-1 sowie Tabelle A-2 veranschaulichen den anfallenden Zeit- bzw. Kostenaufwand für die benötigten Schulungen.

Tabelle A-1: Schulungsumfang für Arbeiten am HV-System

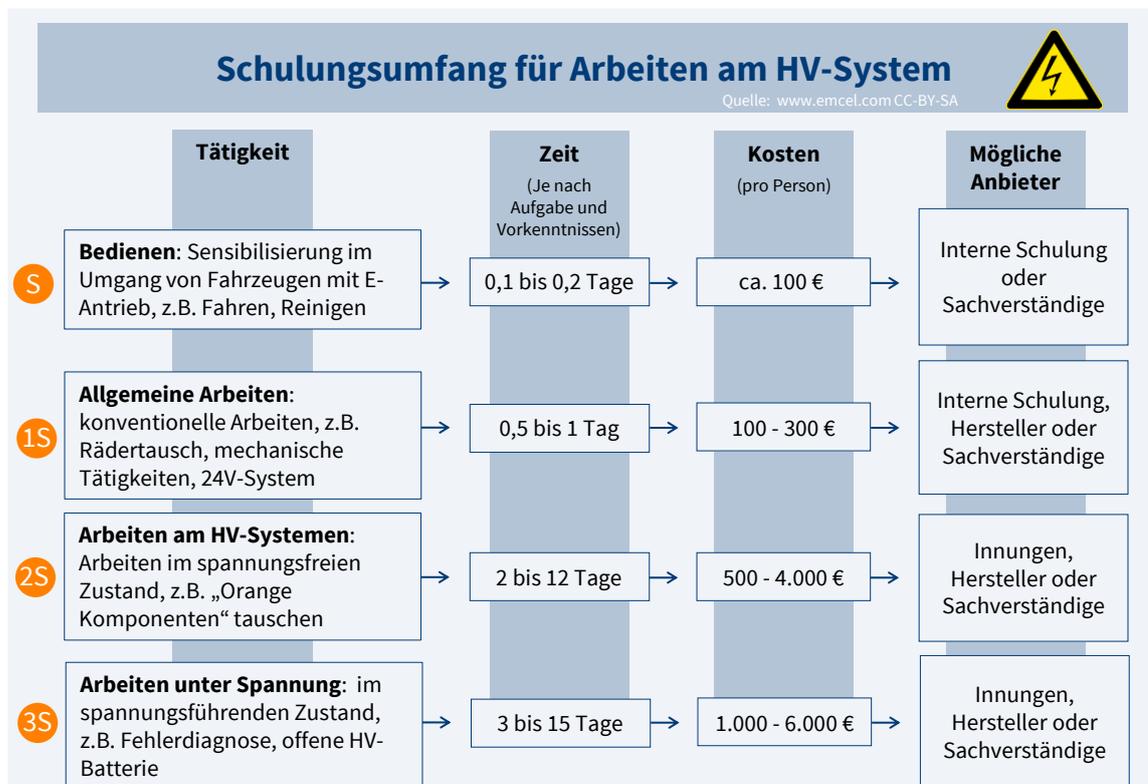
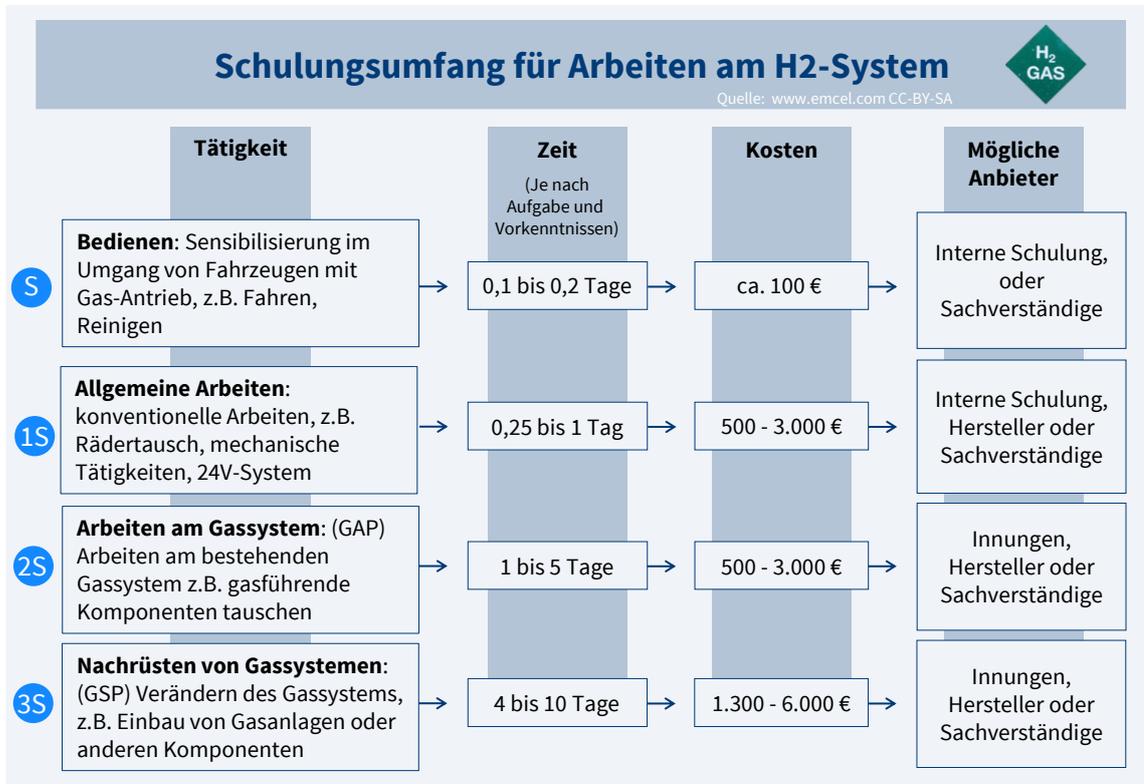


Tabelle A-2 : Schulungsumfang für Arbeiten am H<sub>2</sub>-System

Aufgrund des derzeitigen Betriebes von Erdgas-Bussen ist das Werkstattpersonal der MIT.BUS GmbH bereits mit für den Umgang mit Gasfahrzeugen qualifiziert bzw. geschult. Auch im Bereich Hochvolt sind die ersten Mitarbeiter schon geschult worden. Für die Einführung der neuen Technologien kann der Schulungsaufwand entsprechend reduziert werden.

### A.2.2. Werkstatt

Aufgrund der Unterschiede der Technologien, verglichen mit konventionellen Fahrzeugen ist üblicherweise eine Anpassung der Werkstatt nötig. Diese Anpassung ist abhängig von den bereits vorhandenen Randbedingungen, von der gewählten Technologie sowie vom Umfang der Arbeiten, die an den Fahrzeugen durchgeführt werden sollen.

Wasserstoff bietet allerdings aufgrund vergleichbarer Stoffeigenschaften Synergien zum etablierten Kraftstoff Erdgas. Das Wissen sowie die Erfahrung im Umgang mit Gas sind bereits in der Werkstatt vorhanden. Bei der Einführung von Wasserstoff kann auf dieses Wissen zurückgegriffen und Synergien genutzt werden. Arbeitsprozess und -anweisungen sind bereits etabliert, wie z. B. das Verhalten bei Gasaustritt, und können vereinfacht übertragen werden.

### **Anpassungsbedarf bei HV-Komponenten**

Für die Arbeiten an HV-Komponenten ist es sinnvoll, einen gesonderten Arbeitsbereich einzurichten. In diesem Bereich können die Fehlerdiagnose und die Reparatur der Komponenten durch qualifiziertes Personal stattfinden. Die anfallenden Investitionskosten variieren mit dem Umfang der Aufgaben, welche von der Werkstatt durchgeführt werden sollen. Tabelle A-3 veranschaulicht die möglichen Anpassungen mit den daraus resultierenden Mehrkosten.

Tabelle A-3 : Anpassungsbedarf der Werkstatt für Hochvolt-Arbeiten

| Anpassungsbedarf der Werkstatt für Hochvolt-Arbeiten               |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Tätigkeit   | Bereich                                | Anpassung  | Kosten  |
| <b>A</b><br>> Reinigung<br>> Allgemeine mechanische und elektrische (24V-System) Arbeiten am Nicht-HV-System  | Konventionelle Werkstatt               | > Keine Anpassung notwendig  | > 0 t€  |
| <b>B</b><br>> Wartung und Reparatur Spannungsfreiheit feststellen,<br>> Arbeiten im spannungsfreien Zustand<br>> Arbeiten unter Spannung am HV-System | Konventionelle Werkstatt / E-Werkstatt | > Arbeitsbereich absperren (Schilder, Bänder)<br>> HV-Messgeräte<br>> Isoliertes Werkzeug<br>> ggf. Hocharbeitsplatz | > 0 bis 1 t€<br>> 0 bis 5 t€<br>> 0 bis 3 t€<br>> 10 bis 300 t€ |
| <b>C</b><br>> Lagerung defekter HV-Batterien  | Quarantänebereich                      | > Absperrbaren Bereich (außen)   | > 0 bis 3 t€  |

### Anpassungsbedarf bei Wasserstoffsystemen

Auch im Bereich Wasserstoff wird nach den durchzuführenden Arbeiten unterschieden. Werden Arbeiten am konventionellen Fahrzeugteil durchgeführt, brauchen gegebenenfalls keine besonderen technischen Maßnahmen umgesetzt zu werden. Für Arbeiten am Wasserstoffsystem werden üblicherweise Arbeitsbereiche für Wasserstoff ertüchtigt. Zur Ermittlung der spezifischen Maßnahmen ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Eine Übersicht über die Tätigkeiten und entsprechenden Kosten der Anpassungen ist in Tabelle A-4 dargestellt.

Tabelle A-4 : Anpassungsbedarf der Werkstatt für BZ-Busse

| Anpassungsbedarf der Werkstatt für BZ-Busse  |                             |  |   |
|---|-----------------------------|--|---|
| (nach SOP und EU 79/2009)   |                             |  |   |
| Tätigkeit   | Bereich                     | Anpassung  | Kosten  |
| <b>A</b><br>> Reinigung<br>> Allgemeine mechanische und elektrische (24V-System) Arbeiten am Nicht-H2-System                    | Konventionelle Werkstatt    | > Keine Anpassung notwendig  | > 0 t€  |
| <b>B</b><br>> Wartung und Reparatur am Wasserstoffsystem: Tanksystem und Brennstoffzelle  | H2-Werkstatt                | > H2 Sensoren gekoppelt mit Lüftungssystem<br>> ggf. Abblaseleitung,<br>> ggf. Potentialausgleich<br>> ggf. Hocharbeitsplatz | > 10 bis 100 t€<br>> 5 bis 15 t€<br>> 1 bis 5 t€<br>> 10 bis 300 t€ |
| <b>C</b><br>> Wasserstofftanks reinigen (oder größere Mengen Wasserstoff abblasen).   | H2-Werkstatt / Außenbereich | > Abblaseeinrichtung   | > 2 bis 10 t€   |

## **Werkstattausrüstung und Werkzeug**

Zur Ermöglichung eines sicheren Betriebs sind neben Schulungen weitere Ertüchtigungsmaßnahmen zu ergreifen, z. B. die vollständige Ausrüstung der Werkstatt und die Bereitstellung funktionstüchtiger Werkzeuge. Zur Ertüchtigung der Werkstatt gehören zum einen sicherheitstechnische Maßnahmen wie die Installation einer zuverlässigen Lüftungsanlage sowie Wasserstoffdetektoren, zum anderen müssen Werkzeug und sonstige Ausrüstung verfügbar sein. Die Grundausstattung einer konventionellen Buswerkstatt bietet eine gute Basis, muss allerdings adäquat erweitert werden. Tendenziell befinden sich bei Brennstoffzellenbussen mehr Komponenten auf dem Busdach als bei Dieselfahrzeugen. Daher sind entsprechende Hocharbeitsplätze oder dergleichen hilfreich, wenn nicht erforderlich. Darüber hinaus müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die Sicherheit bei Arbeiten am Hochvoltsystem zu gewährleisten. Für die Arbeit am HV- und H<sub>2</sub>-System sind geeignete Spezialwerkzeuge notwendig. Wegen der Gefahren, die von den Arbeiten an Hochvolt- und Wasserstoffsystemen ausgehen können, ist eine vollständige Ausstattung von großer Bedeutung. In Tabelle A-5 ist eine Übersicht über das benötigte Werkzeug aufgelistet. Darüber hinaus ist die Erfassung der bestehenden Werkzeuge wichtig, um mögliche Gefahrenquellen frühzeitig identifizieren und minimieren zu können.

Als zusätzliche Orientierung empfiehlt sich der Austausch mit den Busherstellern, den Komponenten- und Systemherstellern und mit anderen Werkstätten, die bereits Erfahrungen in diesen Bereichen gemacht haben.

Tabelle A-5 : Benötigte Werkstattausstattung

| Werkzeugart                           | Beschreibung   |
|---------------------------------------|--|
| <b>Ortsfeste Betriebsmittel</b>       | Dacharbeitsstand                                       |
|                                       | Hebevorrichtung  |
|                                       | Potenzialausgleichskabel                               |
|                                       | Abgasabsauganlage                                      |
|                                       | H <sub>2</sub> -Sensoren                               |
|                                       | Sicherheitssystem zur Minimierung der Explosionsgefahr |
| <b>Nicht ortsfeste Betriebsmittel</b> | Isolierte HV-Werkzeuge                                 |
|                                       | HV-Messgerät   |
|                                       | Spezielle Handwerkzeuge (nach Herstellervorgabe)       |
|                                       | Angemessene Sicherheitskleidung                        |

### A.2.3. Abstellhalle

Es wird davon ausgegangen, dass die mit Wasserstoff betriebene Busse keine Prototypen- und Entwicklungsfahrzeuge darstellen, sondern nach europäischen bzw. internationalen Richtlinien zugelassen sind. Dies bestätigt die technische Dichtheit des Fahrzeuges, sodass ein Austritt des Kraftstoffes ohne besondere Geschehnisse (z. B. Fahrzeugkollision, Feuer, Manipulation, etc.) ausgeschlossen werden kann. Äquivalent zu den Wasserstoff-Fahrzeugen sind auch die bereits etablierten CNG-Busse als technisch dicht zugelassen.

Ist die bestehende technische Dichtheit des BZ-Fahrzeuges nicht anzuzweifeln, können die Fahrzeuge, vergleichbar wie die heutige CNG-Busse, ohne weitere Vorkehrungen in den Abstellhallen geparkt werden. Die technische Dichtheit und der damit verbundene Ausschluss eines H<sub>2</sub>- bzw. CNG-Austrittes ermöglicht es ebenfalls Busse unterschiedlicher Technologie

zusammen in einer Halle abzustellen, auch neben ladenden Batteriebusen. Lediglich bei der Abstellung eines Gasbusses direkt unterhalb einer Ladehaube für die Pantographenladung, sollte diese, falls erforderlich, im Vorfeld als zusätzliche Schutzmaßnahme spannungsfrei geschaltet werden. Anforderungen von Herstellern, lokalen Behörden oder Versicherungen sind generell bei der Einführung der neuen Technologien zu berücksichtigen.

### **Brandschutz**

Abstellhallen müssen generell den gültigen baulichen Brandschutzanforderungen entsprechen. Das Schutzkonzept muss allerdings unter Berücksichtigung der neuen Technologien und deren potenziellen Gefahren neu bewertet werden. So gehen beispielsweise bei Elektrobussen spezifische Risiken von der Ladeinfrastruktur im Betriebshof aus.

Grundsätzlich kann jedoch unabhängig von der Antriebstechnologie von einer vergleichbaren Brandgefahr ausgegangen werden. Elektrobussen zeigen auf Basis von Schadenserfahrungen bisher keine erhöhte Brandwahrscheinlichkeit gegenüber Dieseln auf.

Eine Möglichkeit zur Minimierung des Schadens im Brandfall ist das vorherige Schaffen von Brandabschnitten. Dies kann beispielsweise durch ausreichend Abstand, Brandschutzwände oder Brandschutztore erfolgen.

Nach aktuellen Experten-Einschätzungen wird empfohlen, in geschlossenen Hallen maximal 20 Fahrzeuge pro Brandabschnitt abzustellen. Durch günstige Randbedingungen der Abstellhalle, z.B. offene Gestaltung kann der Richtwert ggf. erhöht werden. Lokale Behörden und Versicherer sind mit einzubeziehen.

## **A.3. Hilfreiche Dokumente**

### **Spezielle Dokumente über HV- und Wasserstoff Fahrzeuge**

„Fahrzeug-Instandhaltung“ (BGR 157)

„Wasserstoffsicherheit in Werkstätten“ (DGUV Information 209-072)

„Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen“  
(BGI/GUV-I 8686)

### **Allgemeine Dokument für Bus-Betriebshöfe**

„Richtlinie für den Bau von Omnibus-Betriebshöfen“ (VDV-Schrift 822)

„Brandschutz in Betriebshöfen für Linienbusse“ (VdS 0825 – Entwurf)

### **Allgemeine Dokumente zum Arbeitsschutz:**

Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)

„Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-V A3)

„Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1)

### **EU-Richtlinien**

Richtlinie 2009/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates

## **A.4. Anforderungen an ein intelligentes Lademanagementsystem**

Für die Einführung einer größeren Anzahl an rein batterieelektrischen Bussen ist der Einsatz eines Lademanagements zu empfehlen, welche das Laden der Busse automatisiert und flexibel steuert. Hierdurch wird einerseits die Einsatzbereitschaft der Busse sichergestellt und der Betrieb effizient auf die Umlaufpläne abgestimmt. Andererseits übernimmt das System Lastverteilungen und Peak-Shaving, wodurch die notwendige Anschlussleistung der E-Busflotte verringert wird sowie die betrieblichen Energiekosten optimiert werden können.

Bei der Auswahl und Ausschreibung des Lademanagementsystem sollte auf die folgenden Anforderungen geachtet werden:

- Hardware-Unabhängigkeit: Uneingeschränkte Einbindung von Ladestationen unterschiedlicher Art und Hersteller
- Fahrzeug-Unabhängigkeit: Uneingeschränkte Einbindung von Bussen unterschiedlicher Hersteller
- Dynamische Schnittstelle zu Depot- und Flottenmanagementsystemen
- Ausfallsicherheit durch lokal gesteuerte Ladevorgänge
- Skalierbarkeit für nachträgliche Erweiterungen
- Optimierung der Ladevorgänge: Minimierung der gesamten Ladeleistung bzw. Spitzenlast
- Reichweitenbezogenes Laden durch das Einbinden von Betriebsparametern, Wetterdaten, etc.
- Dynamische Einbindung zusätzlicher Betriebshof-Verbraucher oder -Erzeuger

- Individuelle Ansteuerung je Ladepunkt
- Möglichst unterbrechungsfreie Ladevorgänge für einen schonenden Betrieb sowohl für die Infrastruktur als auch für die Busse
- Möglichkeit zur manuellen Priorisierung auf Ladepunkt- oder Fahrzeugebene
- Ggf. Priorisierung von wirtschaftlichen Ladezeiten (z.B. Nachtstunden) und CO<sub>2</sub>-optimierter Betrieb (z.B. Stromnutzung aus betriebseigener PV-Anlage)
- Echtzeit Visualisierung der Ladevorgänge
- Zuordnung der Ladevorgänge zu Ladestation und Fahrzeug
- Aktive Systemüberwachung mit Störungsbenachrichtigungen und Fernwartungsmöglichkeit

## A.5. Fördermöglichkeiten

Die öffentliche Förderung für den E-ÖPNV wird auf allen Ebenen (Hessen, Deutschland, EU) diskutiert und vorbereitet. Verschiedene Behörden arbeiten derzeit kontinuierlich an stets neuen Förderprogrammen, weshalb es sich empfiehlt, bei zukünftig geplanten Anschaffungen und Projekten die jeweils aktuellen Fördermöglichkeiten aufmerksam zu prüfen.

Für eine Umsetzung des Projektes bieten sich insbesondere die Förderprogramme auf Bundesebene oder auf Landesebene an:

Tabelle A-6: Fördermittel auf Bundesebene

| <b>Förderrichtlinie für Busse mit alternativen Antrieben</b> |  |
|--|--|
| <b>Gegenstand der Förderung</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Batterieelektrische Busse (Batteriebusse, Brennstoffzellenbusse, Batterieoberleitungsbusse) sowie mit erneuerbarem Gas (Biomethan) betriebene Busse</li> <li>- Infrastruktur im Zusammenhang mit der Anschaffung von Bussen</li> <li>- Machbarkeitsstudien</li> <li>- Werkstatertüchtigungen</li> </ul> |
| <b>Maximale Förderung</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>40 %</b> der Mehrkosten für Gasbusse und der Gesamtkosten für Infrastruktur,</li> <li>- <b>80 %</b> für Batterie- und BZ-Busse der Investitionsmehrkosten</li> </ul>   |
| <b>Ansprechpartner und Link</b>                              | <p><b>Team Bus (NOW)</b><br/>           Tel.: 030 / 3116116- 760<br/>           E-Mail: busse@now-gmbh.de</p> <p>Über: <a href="https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderaerufe">https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderaerufe</a></p>   |
| <b>Frist</b>   | <p>Laufzeit der Förderrichtlinie: Bis 31.12.2025</p> <p>Einreichung von Förderanträgen in separaten Förderaufrufen. Nächster Förderaufruf voraussichtlich Q2 2023.</p>   |

Tabelle A-7: Fördermittel auf Landesebene, Hessen

| <b>Hessisches Förderprogramm: Elektrobusse</b> |  |
|--|--|
| <b>Gegenstand der Förderung</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrobusse mit Batterie oder Brennstoffzelle, die mindestens über 5 Fahrgastsitzplätze verfügen</li> <li>- Antriebsbezogene Modernisierungen von Elektrobusen</li> <li>- Für den Betrieb der Elektrobusse notwendigen Nachrüstungen auf den Betriebshöfen wie die Errichtung von Lade- oder H2-Betankungsinfrastruktur</li> <li>- Werkstatertüchtigungen und Schulungsmaßnahmen</li> </ul>  |
| <b>Maximale Förderung</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>40 %</b> der Investitionsmehrausgaben zum vergleichbaren Bus mit Verbrennungsmotor,</li> <li>- <b>40 %</b> für Investitionen in die Modernisierung des elektrischen Fahrantriebes (z.B. Batterieaustausch)</li> <li>- <b>40 %</b> für der Investitionsausgaben für Ladeinfrastruktur und Nachrüstungen am Betriebshof</li> <li>- <b>400 € pro kW</b> installierte Ladeleistung als maximale Fördersumme</li> <li>- <b>100.000 €</b> für Netzanschluss pro Standort</li> <li>- <b>40 %</b> für Werkstatertüchtigungen und Schulung</li> </ul> |
| <b>Ansprechpartner und Link</b>                | <p><b>Alina Riepshoff</b><br/>           Tel.: +49 (0)611 / 95017 – 8957<br/>           E-Mail: <a href="mailto:alina.riepshoff@hessen-agentur.de">alina.riepshoff@hessen-agentur.de</a></p> <p>Über: <a href="https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/elektrobusse">https://www.innovationsfoerderung-hessen.de/elektrobusse</a></p>  |
| <b>Frist</b>                                   | <p>Laufzeit: seit 2017</p> <p>Einreichung: jederzeit möglich</p>   |













