



Sachstand

Anschaffungskosten und Laufleistungen von Kraftomnibussen

Anschaffungskosten und Laufleistungen von Kraftomnibussen

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 011/23
Abschluss der Arbeit: 28.02.2023
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr, Ernährung und Landwirtschaft

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Übersicht verschiedener Antriebstechnologien	4
2.1.	Busse mit konventionellem Antrieb	4
2.2.	Hybridbusse	4
2.3.	Batteriebusse	5
2.4.	Brennstoffzellenbusse	5
2.5.	Oberleitungsbusse	5
3.	Anzahl der Kraftomnibusse in Deutschland	6
4.	Anschaffungskosten	6
4.1.	Busse mit konventionellem Antrieb	7
4.2.	Busse mit alternativem Antrieb	7
4.3.	Gesamtanschaffungskosten für Dieselbusse in Deutschland	8
5.	Laufleistungen	8

1. Einleitung

Dieser Sachstand enthält eine Darstellung der durchschnittlichen Kosten für die Anschaffung sowie Ausführungen zu der Laufleistung von Bussen unterschiedlicher Antriebsarten. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob Informationen zu den Gesamtanschaffungskosten der Verkehrsbetriebe in Deutschland für Dieselbusse in den vergangenen Jahren vorliegen.

2. Übersicht verschiedener Antriebstechnologien

Neben Bussen mit konventionellem Antrieb, also in erster Linie Bussen mit reinen Dieselmotoren oder gasbetriebenen Bussen (aufgrund der geringen Anzahl der in Deutschland betriebenen Benzin-Kraftomnibusse – siehe hierzu auch Kapitel 3 – wird auf diese Betriebsart nicht näher eingegangen), werden in Deutschland Hybridbusse, d. h. Fahrzeuge mit mehreren Antriebssystemen, sowie Busse mit ausschließlich alternativen Antrieben eingesetzt. Zu den alternativen elektrischen Antrieben zählt die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH)¹ den Antrieb mit Batterie- und Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie sowie den Antrieb bei Oberleitungsbussen.²

2.1. Busse mit konventionellem Antrieb

Neben dem konventionellen reinen Dieselantrieb ist auch eine Kombination mit synthetischen Kraftstoffen aus Gas oder auch aus Strom denkbar, um die Zeit bis zu einem flächendeckenden Einsatz von E-Bussen zu überbrücken. Herkömmliche Busse könnten nach Aussage des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) auf diese Weise sauberer betrieben werden. Zur Reduzierung des Energieverbrauchs spielt auch der Leichtbau eine große Rolle. Durch eine Leichtbauweise können durch die Verwendung von glasfaserverstärktem Kunststoff und Kohlefasern, wie sie auch im Flugzeugbau verwendet werden, beachtliche Gewichtsreduzierungen realisiert werden, was wiederum zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs führt. Dazu kommen Systeme, die dem Fahrer eine Rückmeldung zum Fahrverhalten geben und das Fahrpersonal an eine vorausschauende Fahrweise heranführt.³

2.2. Hybridbusse

Im Rahmen der Elektromobilität kommen unterschiedliche Konzepte wie die Kombination von verschiedenen Antriebssystemen (Hybridbusse), die Nutzung von Bremsenergie zur Anfahrunterstützung und Start-Stopp-Automatiken (sogenannte Mild-Hybride) zum Einsatz.

Bei Hybridbussen wird grundsätzlich unterschieden zwischen Parallel- und Seriell-Hybriden. Während bei Ersteren beide Antriebssysteme parallel laufen, wodurch dem Elektroantrieb nur

1 Die NOW GmbH erfüllt als bundeseigene GmbH im Bereich nachhaltige Mobilität und Energieversorgung Aufträge von Bundesministerien; Auftragsgegenstand ist meist die Umsetzung und Koordination von Förderprogrammen. Siehe auch: <https://www.now-gmbh.de/ueber-uns/wer-wir-sind/>.

2 <https://www.ebustool.de/>.

3 <https://www.vdv.de/uebersicht-verschiedener-antriebstechnologien.aspx>.

eine unterstützende Funktion zukommt, fahren Seriell-Hybride vollelektrisch. Die dafür nötige Energie erzeugt ein Verbrennungsmotor oder eine wasserstoffbasierende Brennstoffzelle. Hybride sind mit Stromspeichersystemen ausgestattet, die sich während der Fahrt aufladen oder im Fall sogenannter „Plug-in-Hybride“ auch am Stromnetz nachgeladen werden können.⁴

2.3. Batteriebusse

Der Antrieb dieser Busse erfolgt über einen Elektromotor, der als Zentralmotor mit konventioneller Antriebswelle, als radnaher Motor (mit Getriebestufe) oder als Radnabenmotor ausgeführt ist.⁵

Batteriebusse unterscheiden sich nach den für sie geeigneten Ladestrategien in drei Kategorien:⁶

- Volllader (Betriebshof-, Depot- oder Übernachtladung),
- Gelegenheitslader (Gelegenheitsladung bzw. Opportunity Charging),
- Pulsloader (Pulsladung bzw. Flash Charging oder Ultraschnellladung).

2.4. Brennstoffzellenbusse

Ebenso wie batterieelektrische Busse verfügen wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenbusse über einen Elektromotor, der das Fahrzeug antreibt. Die dafür notwendige Elektroenergie wird durch eine chemische Reaktion, bei der Wasserstoff aus den Speichertanks im Fahrzeug und Sauerstoff aus der Umgebungsluft zu Wasser umgewandelt werden, in einer Brennstoffzelle (BSZ) an Bord des Fahrzeugs erzeugt. Die dabei entstehende Elektroenergie wird entweder in einer Batterie zwischengespeichert oder direkt an die Elektromotoren und etwaige Nebenverbraucher, z. B. Wärmepumpen zur Klimatisierung des Fahrzeugs, weitergegeben.⁷ In Abhängigkeit davon, welcher fahrzeugseitige Energiespeicher die Hauptenergiequelle darstellt, unterscheidet man hierbei zwischen einem Brennstoffzellen-Hybrid-Bus (BSZ-Hybrid, Brennstoffzelle ist Hauptenergiequelle) und einem Brennstoffzellen-Range-Extender-Bus (BSZ-REX-Fahrzeuge, Batterie ist Hauptenergiequelle). Die Betankung mit komprimiertem Wasserstoff erfolgt über eine Zapfsäule und dauert in der Regel weniger als zehn Minuten.⁸

2.5. Oberleitungsbusse

Oberleitungsbusse (Obusse) werden über eine zweipolige Fahrleitung permanent mit elektrischer Energie versorgt. Die oberleitungsfreien Strecken können Obusse über einen zusätzlich an Bord

4 <https://infoportal.mobil.nrw/technik/elektromobilitaet.html>.

5 <https://www.vdv.de/uebersicht-verschiedener-antriebstechnologien.aspx>.

6 <https://www.ebustool.de/antriebsformen/batteriebusse/>.

7 <https://www.ebustool.de/antriebsformen/brennstoffzellenbusse/>.

8 <https://www.vdv.de/uebersicht-verschiedener-antriebstechnologien.aspx>.

installierten Energiegenerator bedienen. Dies war in der Vergangenheit üblicherweise ein Dieselmotor. Zwischenzeitlich gibt es Modelle, die diese oberleitungsfreien Strecken über eine Traktionsbatterie bzw. eine Brennstoffzelle abdecken können. Somit zählen sie gemäß der Clean Vehicles Directive (CVD)⁹ zu den emissionsfreien Fahrzeugen.¹⁰

3. Anzahl der Kraftomnibusse in Deutschland

Die folgende Tabelle basiert auf Zahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) und gibt Auskunft über den Kraftomnibusbestand¹¹ in den Jahren 2021 und 2022 unterteilt in konventionelle und alternative Antriebsarten:

Jahr	Benzin	Diesel	Alternative Antriebe						
			Elektro-Antriebe			Hybrid (ohne Plug-In Hybrid)		Gas insgesamt	Wasserstoff
			Elektro (BEV)	Brennstoffzelle (Wasserstoff)	Plug-In-Hybrid	Benzin-Hybrid	Diesel-Hybrid		
2021 ¹²	97	75.845	1.082	57	3	4	2.904	863	1
2022 ¹³	100	76.464	1.652	68	23	4	3.994	817	6

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Zahlen des KBA.

4. Anschaffungskosten

Der Preis eines Kraftomnibusses ist grundsätzlich abhängig vom Hersteller, der bestellten Anzahl sowie der geforderten Ausstattung. Dies betrifft beispielsweise die Innenausstattung (z. B. Klimaanlage, WLAN, USB-Anschlüsse, Sitzpolsterung), die Ausstattung mit Türen (zwei-, drei- oder

9 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1161&from=DE>.

10 <https://www.vdv.de/uebersicht-verschiedener-antriebstechnologien.aspx>.

11 Das KBA definiert Kraftomnibusse als Nutzfahrzeuge, die nach ihrer Bauart und Einrichtung zur Beförderung von mehr als neun Personen (einschließlich Fahrzeugführer) und ihres Reisegepäcks bestimmt sind. <https://www.kba.de/SharedDocs/Glossareintraege/DE/K/Kraftomnibus.html>.

12 Siehe hierzu: Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugzulassungen (FZ), Stand: 1. Oktober 2021, FZ 27.2 und 27.8. Download unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Vierteljaehrlicher_Bestand/viertelj%C3%A4hrlicher_bestand_node.html?yearFilter=2021.

13 Siehe hierzu: Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugzulassungen (FZ), Stand: 1. Oktober 2022, FZ 27.2 und 27.8. Download unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Vierteljaehrlicher_Bestand/viertelj%C3%A4hrlicher_bestand_node.html.

viertürig) oder deren Ausführung. Daher sind die folgenden Preisangaben lediglich als Anhaltspunkte zu verstehen.

4.1. Busse mit konventionellem Antrieb

Die Anschaffungskosten eines **Dieselmusses** liegen in Abhängigkeit der eingangs genannten Faktoren nach Angaben des VDV bei einem Solobus (12 m) bei etwa 250.000 EUR und bei einem Gelenkbus (18 m) bei etwa 350.000 EUR.¹⁴

Nach Aussagen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) kosten **gasbetriebene Busse** etwa 30.000 EUR bis 40.000 EUR mehr als vergleichbare Dieselmusse.¹⁵

4.2. Busse mit alternativem Antrieb

Die im Folgenden angegebenen Kosten basieren auf Informationen aus dem eBusTool der NOW GmbH. Die Kosten für **Batteriebusse** und für **Hybrid-Oberleitungsbusse** unterliegen nach Aussage der NOW GmbH gegenwärtig noch sehr hohen Preisspannen.¹⁶ Die Datenlage zu den Kosten von **Brennstoffzellenbussen** ist derzeit noch sehr beschränkt.¹⁷ Bei den angegebenen Kosten handelt es sich daher ebenfalls um erste Anhaltspunkte. Die größte Einzelposition stellen Kosten für die Batterien und die Brennstoffzellen dar. Nach aktuellem Stand der Technik müssen diese während der Nutzungszeit eines Busses mindestens einmal getauscht werden. Dementsprechend sind sie in der anliegenden Kostentabelle mit aufgeführt.

Übersicht: Kosten für Busse mit alternativem elektrischem Antrieb

	Solobusse	Gelenkbusse
Batteriebusse¹⁸		
Volllader	520.000 – 650.000 EUR	keine ausreichenden Daten
Gelegenheitslader	550.000 – 690.000 EUR	650.000 – 850.000 EUR
Batterien ¹⁹	180.000 – 220.000 EUR	250.000 – 300.000 EUR

14 E-Mail des VDV vom 22.02.2023.

15 <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/daten-fakten-gasmobilitaet.pdf>, S. 9.

16 <https://www.ebustool.de/antriebsformen/batteriebusse/> sowie <https://www.ebustool.de/antriebsformen/oberleitungsbusse/>.

17 <https://www.ebustool.de/antriebsformen/brennstoffzellenbusse/>.

18 Beschaffungskosten für Batteriebusse, <https://www.ebustool.de/antriebsformen/batteriebusse/>.

19 Ein Tausch während der Nutzungszeit eines Busses.

	Solobusse	Gelenkbusse
Oberleitungsbusse²⁰		
Konventionelle Oberleitungsbusse	540.000 – 610.000 EUR	580.000 – 750.000 EUR
Hybrid-Oberleitungsbusse	580.000 – 670.000 EUR	720.000 – 950.000 EUR
Batterien ²¹	70.000 – 90.000 EUR	90.000 – 110.000 EUR
Brennstoffzellenbusse²²		
BSZ-Hybrid/BSZ-REX	580.000 – 650.000 EUR	800.000 – 850.000 EUR
Batterie ²³ für BSZ-Hybrid	50.000 – 60.000 EUR	keine ausreichenden Daten
Brennstoffzelle ²⁴	100.000 – 140.000 EUR	keine ausreichenden Daten

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben der NOW GmbH.

4.3. Gesamtanschaffungskosten für Dieselbusse in Deutschland

Zu den Gesamtkosten sämtlicher Verkehrsbetriebe für die Anschaffung von Dieselbussen in Deutschland in den vergangenen Jahren konnten keine Zahlen ermittelt werden. Auch dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) liegen keine entsprechenden Daten vor.²⁵ Ebenso sind dem Statistischen Bundesamt und dem VDV keine entsprechenden Statistiken bekannt.²⁶

5. Laufleistungen

Nach Angaben des VDV geht man bei **Dieselbussen** in der Regel von einer jährlichen Laufleistung von 60.000 Kilometer aus. Jedoch ist dies kein verallgemeinerungsfähiger Wert. So hängt die

20 Beschaffungskosten für Oberleitungsbusse, <https://www.ebustool.de/antriebsformen/oberleitungsbusse/>.

21 Ein Tausch während der Nutzungszeit des Busses.

22 Beschaffungskosten für Brennstoffzellenbusse, <https://www.ebustool.de/antriebsformen/brennstoffzellenbusse/>.

23 Ein Tausch während der Nutzungszeit des Busses.

24 Ein Tausch während der Nutzungszeit des Busses.

25 E-Mail des BMDV vom 21.02.2023.

26 E-Mail des Statistischen Bundesamtes vom 13.02.2023 sowie E-Mail des VDV vom 21.02.2023.

Laufleistung u. a. vom Einsatzgebiet und der sogenannten Gefäßgröße (Solo- oder Gelenkbus) ab.²⁷

Auch bei **Bussen mit alternativem elektrischem Antrieb** kann keine allgemeinverbindliche Aussage zur jährlichen Laufleistung getroffen werden, denn auch hier variieren die Einsatzszenarien je nach Verkehrsbetrieb bedingt durch Topographie, Klima etc.

Der Abschlussbericht der **NOW GmbH** „Programmbegleitforschung – Innovative Antriebe und Fahrzeuge, Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV“ aus dem Jahr 2021²⁸, der im Auftrag des BMDV erstellt wurde, enthält eine Sammlung und Analyse der Betriebsdaten von 131 Batteriebussen von acht verschiedenen Herstellern zum Teil über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren. Davon waren 117 Depotlader (112 Solobusse, fünf Gelenkbusse) und 14 Gelegenheitslader (vier Midibusse, neun Solobusse, ein Gelenkbus).²⁹ Der Bericht enthält zudem eine Betrachtung der Daten von 45 Brennstoffzellenbussen von zwei Verkehrsunternehmen über einen Zeitraum von bis zu 16 Monaten.³⁰

Auf Grundlage dieser Daten wurde die **durchschnittliche Verfügbarkeit** der Busse untersucht. Diese ist, vor allem im Vergleich zu Dieselsebussen, ein wesentlicher Indikator für die Praxistauglichkeit und die Erfüllung der verkehrsunternehmensspezifischen Anforderungen. Im Betrachtungszeitraum wiesen die eingesetzten **Batteriebusse** eine Verfügbarkeit von **rund 87 %** auf, während **Brennstoffzellenbusse** mit **rund 78 %** etwas darunter lagen. Der Wert der Batteriebusse lag damit nur geringfügig unter den Verfügbarkeiten der Dieselsebuse mit durchschnittlich 93 %.³¹

Laut Bericht betrug die **mittlere tägliche Laufleistung** von **Batteriebussen** bei den Depotladern 133 Kilometer, die Gelegenheitslader erreichten eine durchschnittliche tägliche Laufleistung von 131 Kilometer.³² Bei den **Brennstoffzellenbussen**, die die zwei betrachteten Verkehrsbetriebe im Linienbetrieb einsetzten, handelte es sich ausschließlich um Solobusse. Die tägliche Fahrleistung lag hier im Durchschnitt bei 137 Kilometer. Hierbei wirkten sich Einschränkungen bei der Betan-

27 E-Mail des VDV vom 22.02.2023.

28 https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Abschlussbericht_Begleitforschung-Bus.pdf.

29 https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Abschlussbericht_Begleitforschung-Bus.pdf, S. 5.

30 https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Abschlussbericht_Begleitforschung-Bus.pdf, S. 7.

31 E-Mail des BMDV vom 21.02.2023.

32 https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Abschlussbericht_Begleitforschung-Bus.pdf, S. 53.

kung, wie eine außerhalb des Betriebshofes befindliche Tankstelle, eine noch nicht abgeschlossene Abnahme der H₂-Tankstelle sowie der Mangel an ausgebildetem Tankpersonal, negativ auf die Fahrleistung aus.³³

Der DVGW gibt die Reichweite von Gasbussen mit 300 bis 400 Kilometer an. Der Betankungsvorgang dauere wie bei Diesel nur wenige Minuten.³⁴

* * *

33 https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Abschlussbericht_Begleitforschung-Bus.pdf, S. 64.

34 <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/daten-fakten-gasmobilitaet.pdf>, S. 9.