



# Elektromobilität im ÖPNV

- Grundlagen (Begriffsdefinition)
- Die Entwicklungen von 1900 bis 2010
- 2010: Aufbruch in ein neues E-Bus-Zeitalter
- 2020: Wo stehen wir heute?
- Praxisbeispiele
- Was bietet team red Deutschland GmbH?

# Elektromobilität im ÖPNV.



#### Elektromobilität im ÖPNV

Elektrischer ÖPNV ist ein alter Hut. Schon vor 120 Jahren fuhren elektrische Verkehrsmittel in deutschen und europäischen Großstädten:

1881: erste elektrische Straßenbahn in Berlin-Lichterfelde

1883: elektrische Straßenbahn in Brighton (UK)

1884: Straßenbahn Frankfurt a.M. - Offenbach

1890: erste elektrische U-Bahn in London

1890: elektrische Straßenbahn Halle

1895: erste elektrische Lokalbahn Meckenbeuren - Tettnang

1901: Wuppertaler Schwebebahn

1901-03: Normalspurige elektrische Vollbahn Marienfelde - Zossen

1905: elektrische Rheinuferbahn Köln – Bonn

1911: Erste O-Bus-Strecke Blankenese – Marienhöhe

1974: Elektrobusse mit Batterieanhänger im Stadtverkehr

Mönchengladbach/Düsseldorf









### **Erste Elektrofahrzeuge in Deutschland**

Schon sehr früh beschäftigten sich neben Werner von Siemens auch andere Mobilitätspioniere mit dem elektrischen Antrieb im Verkehr allgemein, aber insbesondere im ÖPNV.

Ein Vorreiter war der junge Ingenieur Ferdinand Porsche, der zusammen mit dem österreichischen Wagenbauer Ludwig Lohner die Idee zum Lohner-Porsche-Fahrzeug entwickelte, das 1900 erstmals öffentlich vorgestellt wurde.

Dieses Fahrzeug hatte bereits Radnabenmotoren.

Sein größtes Manko war allerdings die Batterie.





### Grundlagen der Elektromobilität im ÖPNV

- Stromzuführung: Die elektrischen Fahrzeuge benötigen, gleich ob sie auf Schienen oder direkt auf der Straße fahren, Strom. Dieser kann auf verschiedene Weise zugeführt werden:
  - Oberleitung
  - Stromschiene
  - Unterleitung
  - Batteriespeicher mit Ladung/Nachladung
- Lademöglichkeiten
  - Im Depot
  - Auf der Strecke
  - Durch Batteriewechsel (MAN 1974)



# Entwicklungen von 1900 - 2010



#### Straßenbahnen:

Die Straßenbahn hat als erstes elektrisches Verkehrsmittel seinen Siegeszug durch Deutschland, Europa und die Welt angetreten:

Um 1900 gab es in etwa 150 Städten Straßenbahnen der unterschiedlichsten Art.

1920 erreichte die Straßenbahn ihre weiteste Verbreitung: Weltweit waren rund 3.000 Systeme in Betrieb.

Ab 1960 wurde die Straßenbahnen zunehmend durch den Individualverkehr verdrängt bzw. durch U-Bahn-Systeme ersetzt, so dass um 1980 nur noch rund 300 Betriebe weltweit bestanden.

Ab den 1980er Jahren setzte die Renaissance der Straßenbahnen ein, zunächst in den USA, später auch in Europa. Inzwischen gibt es weltweit wieder mehr als 400 Straßenbahnbetriebe,



## **Oberleitungsbusse:**

In der Blütezeit der O-Busse konnte man diese Fahrzeuge in 75 deutschen Städten bewundern, darunter Berlin (1933 – 1973), Bremen (1949 – 1961), Hamburg (1949 – 1958), Köln (1950 – 1959), Leipzig (1938 – 1975), Frankfurt am Main (1944 – 1959), München (1948 – 1966), Potsdam (1949 – 1995) und Wuppertal (1949 – 1972).

Heute gib es in Deutschland nur noch drei Betriebe mit O-Bus-Verkehr:

- Eberswalde (LK Barnim), seit 1940: seit 2010 sind zehn moderne Solaris Trollino 18 im Einsatz
- Esslingen am Neckar, seit 1944: 2020 kommen neue Solaris Trollino zum Einsatz, die während der Fahrt unter Oberleitung Batterien aufladen und dann erhebliche Strecken fahrleitungslos fahren können
- Solingen, seit 1952: größter deutscher O-Bus-Betrieb. Hier sind inzwischen mehrere Batterie-Oberleitungsbusse (BOB) im Einsatz, die das Netz deutlich erweitern sollen.

Alle drei Betriebe setzen auf die Zukunft des O-Bus





#### **Batteriebusse:**

1974 beginn in Deutschland die erste Ära der Batteriebusse. MAN lieferte an die Verkehrsbetriebe in Mönchengladbach und Düsseldorf insgesamt 22 Elektrobusse, die ihre Batterien auf einem Einachsanhänger mitführten. Nach jedem zweiten Umlauf wurde die Batterie in einer Wechselstation automatisch getauscht.

Die Rheinbahn Düsseldorf baute später bei ihren Bussen einen Pantographen auf das Dach, mit dem an der Endstation nachgeladen werden konnte, ohne die Batterie wechseln zu müssen.



#### Wasserstoffbusse:

**1813** wurde erstmals ein Fahrzeug mit Wasserstoffantrieb gebaut, das allerdings nur eine geringe Reichweite aufwies. Es war der Zeit weit voraus.



Ab **1995** experimentierten verschiedene Autobauer mit Wasserstoffantrieb und Brennstoffzellen. Daimler-Benz lieferte 2010 Fuel Cell Fahrzeuge der B-Klasse aus.

**2004** wurden im Rahmen eines Förderprogramms Brennstoffzellenbusse (Wasserstoff) mit Elektromotoren von Daimler-Benz u.a. bei der Hamburger Hochbahn (HHA) und den Stuttgarter Straßenbahn (SSB) in einem Langzeittest erprobt. 2011 wurde die dritte Serie an die HHA geliefert, die bis 2018 im Einsatz war. Einige Fahrzeuge fahren heute im Industriepark Höchst in Frankfurt am Main.

**2011** stellte die RVK zwei Phileas-Gelenkbusse mit Brennstoffzelle in Dienst.

Seit **2019** liefert der belgische Hersteller größere BZ-Flotten an die RVK Köln und die Wuppertaler Stadtwerke aus. Insgesamt haben beide Unternehmen den Einsatz von 50 (RVK) bzw. 20 (Wuppertaler Stadtwerke WSW) BZ-Fahrzeugen geplant.

**2020**: Mehrere Hersteller bieten jetzt BZ-Busse an: van Hool, Solaris, Caetano,

2010: Aufbruch in eine neues Zeitalter



#### 2010: Die E-Bus-Revolution startet in China



E-Bus-Ladestation in Zhenzhen (VR China)



# Auslieferung von mehreren hundert Bussen bei BYD





### "Elektrobusse leisten heute schon einen wertvollen Beitrag für einen nachhaltigen und ressourcenschonenden Nahverkehr"

- Elektrobusse sorgen nicht nur für einen schadstofffreien und geräuscharmen Verkehr, in den mittlerweile umfangreich vorhandenen Erfahrungen aus Testbetrieben haben sie auch ihre Praxistauglichkeit unter Beweis stellen können. Zudem sind moderne Batteriesysteme heute durchaus in der Lage, Reichweiten von über 200 Km ohne Nachladung zu gewährleisten.
- Selbst in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden Elektrobusse interessant. Dafür sorgen nicht nur die deutlich geringeren Energiekosten, sondern auch reduzierte Wartungsaufwände sowie ein geringerer Bedarf an teuren Verschleißteilen.

# Beispiele für im Markt verfügbare Elektrobusse (1):





# Beispiele für im Markt verfügbare Elektrobusse (2):





BYD-Reisebus mit E-Antrieb, Doppeldecker elektrisch von ADL/BYD für London, Linkker-Bus aus Finnland, (Fotos: BYD, Theißen)





# Beispiele für im Markt verfügbare Elektrobusse (3):

# Vollautomatische Kleinbusse für die Stadt und dünn besiedelte ländliche Regionen





EZ10, eGO-Mover und MOIA (Fotos:Theißen, Pressefotos)





# **Elektrobusse (BEV)**

# Marktübersicht Linienfahrzeuge (Auszug):

Hersteller	Туреп	Batterie	Reichweite	Fzg. Im Einsatz weltweit
BYD BYD/ADL	K9, K18, K9DD, K15 Enviro 200/400	300-480 kWh	220-250 Km	(über 33.000)
Ebusco	2.0, 2.1, 2.2, 3.0 (12 und 18m)	311 – 362 kWh	300 Km	(über 150)
Irizar	le12, ie18	120 – 600 kWh	70 – 230 Km	(über 170)
MAN	Lion's City 12, 18	bis zu 480 kW	Ca. 200 Km	(ca. 20)
Mercedes	eCitaro 12 und 18	bis zu 441 kW	160 bis über 200 Km	(über 100)
Sileo	S10, S12, S18, S24	230-300 kWh	250-300 Km	(über 30)
Solaris	Urbino 8.9, 12, 15, 18, 24	60-210 kWh	60-160 Km	(über 450)
VDL	Citea SLF 120/180	86-180 kWh	70-80 Km	(über 640)
Volvo	7900 Electric	76 kWh	10 – 70 Km	(über 100)



# 2020 – wo stehen wir heute?



#### **Aktueller Stand in Deutschland**

#### Ende 2019: Über 200 Elektrobusse in Deutschland im Einsatz

**Sept. 2020:** 269 Solo- und 75 Gelenkbusse waren Mitte September in deutschen Verkehrsunternehmen im Einsatz, dazu gehörten auch die ersten Busse von BYD, die an die Bogestra geliefert wurden. Über 650 Busse sind bestellt oder in Ausschreibung (435 Solo-, 234 Gelenkbusse und ein Doppelgelenkbus).

- Die größten Flotten sind aktuell in Berlin (101), Hamburg (39), Bogestra (20), Osnabrück (16), Münster (16), Wiesbaden (10), Aachen (9) und Köln (9) im Einsatz.
- Größere Bestellungen liegen vor aus Berlin 70, Hamburg 69, Kiel 63, Köln 53, Osnabrück 46, Wiesbaden 46, Hannover 44, Offenbach 36, Aachen 31, Leipzig 21, München 20, Bochum 20, Freiburg 15.



#### Aktueller Stand in der Welt

#### Ende 2019: Über 400.000 Elektrobusse weltweit im Einsatz

Nach Angaben der UITP (Weltverband des ÖPNV) waren Ende 2018 über 380.000 E-Busse weltweit im Einsatz, davon 99% in der Volksrepublik China. Europa kam auf rund 1.000 Busse, Nordamerika auf rund 600.

#### Seitdem geht die Entwicklung rasant voran:

In Deutschland sind aktuell rund 650 Busse bestellt.

In den Niederlanden sind 1.107 Busse im Einsatz bzw. werden in diesem Jahr in Betrieb genommen.

In Schweden sind 627 Busse im Einsatz oder bestellt, in Norwegen 387, in Finnland 189, in Frankreich 547, in UK 494 und in Spanien 239.

Luxemburg hat 49 E-Busse im Einsatz oder bestellt, die Schweiz 86.

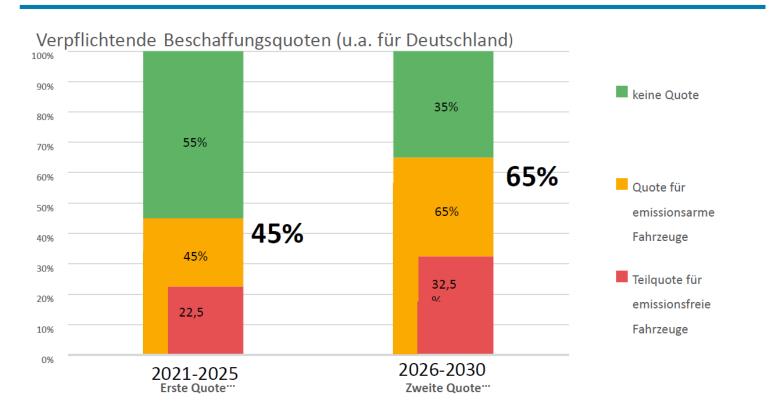
Nach Südamerika wurden bislang 887 E-Busse ausgeliefert.

Die RATP Paris hat zur Auslieferung in diesem Jahr 150 Busse bestellt



#### **EU Clean Vehicles Directive**

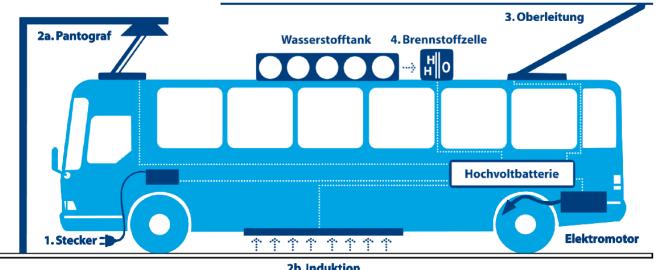
# Beschaffungsquoten für Busse





### **Technologieentscheidung**

# Elektrische Antriebstechnologien - Übersicht



2b. Induktion

In Abhängigkeit der lokalen Randbedingungen sind alle Technologien sinnvoll!

Quelle: Emcel, Berlin 2020



### Ladesysteme



Depotcharger (Steckdose, Ladegerät), Bremen (links)

Opportunity(OPP)-Charging auf der Strecke mittels Pantograph, Köln (rechts)

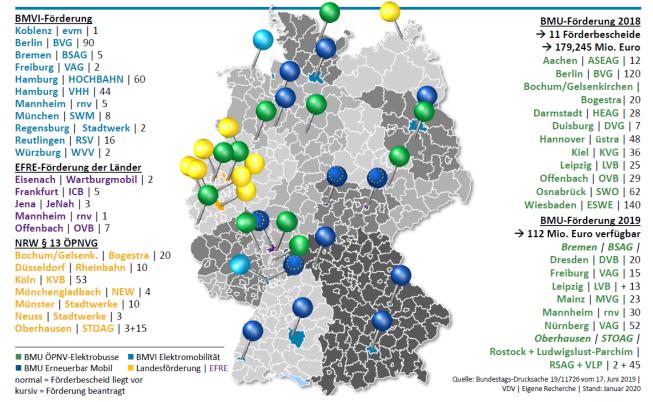




### Aktuelle E-Bus-Beschaffungen in Deutschland

# Aktuelle Elektrobus-Beschaffungen in Deutschland

Förderung für mehr als 750 E-Busse (2018 – 2020) | mehr als 400 bereits ausgeliefert





# **Aktuelle Busangebote**

# Busse der Hersteller Mercedes-Benz, BYD und MAN









# Neue Elektrobusse (2)

# Composite-Bauweise bei Ebusco, neue Midi- und Kleinbusse







#### **Umbau statt Neukauf?**

Umbauangebote gibt es von verschiedenen Firmen...





... z.B. auch für Stadtrundfahrten (hier ein Fahrzeug der Tassimo AG, oben)



#### **Batteriebus oder Wasserstoffantrieb**

Van Hool Wasserstoffbus für die Wuppertaler Stadtwerke





# Kommende Entwicklungen

Doppelgelenkbusse (Sileo), 15m-Busse (Solaris), Doppeldecker BYD)









#### Reichweiten der Elektrobusse

Daimler-Benz eCitaro: 150 – 200 Km

Ebusco 2.2: 300 Km

BYD K9: 250 Km

Sileo S12: 250 Km

Sileo S18: 300 Km

Irizar ieTram18: 230 Km

MAN Lion's City E: 200 Km

# Thema Rohstoffe und Kosten



#### Führende Lithium-Produzenten

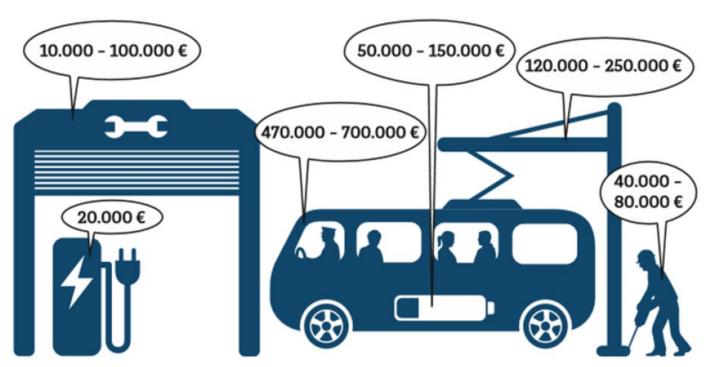
### Lithium mine production 2018 (excl. USA)

Rank \$	Country/Region \$	lithium mine production (tonnes)	
1	** Australia	51,000	
2	Chile	16,000	
3	China	8,000	
4	Argentina	6,200	
5	Zimbabwe	1,600	
6	Portugal	800	
7	♦ Brazil	600	
8	<b>N</b> amibia	500	
9	Bolivia	140	

Quelle: Prof. Dirk-Uwe Sauer, RWTH Aachen, Februar 2020 Source: Wikipedia, 04.02.2020



#### Investitionskosten



Quelle: VDV 2020



### **Entwicklung der Batteriepreise**

#### **Costs for batteries** (battery pack manufacturer → OEM)

	500 €/kWh	300 €/kWh	250 €/kWh	200 €/kWh
200 kWh/Bus	100,000€	60,000€	50,000€	40,000 €
500 kWh/Bus	250,000 €	150,000 €	125,000 €	100,000 €

- Batteries getting cheaper, but not on exponential curves.
- Moderate decrease in cell prices expected, despite risks for increase of prices due to raw material shortage or shortage of production capacity

Quelle: Prof. Dirk-Uwe Sauer, RWTH Aachen, Februar 2020

## Praxisbeispiele



### **E-Bus-Flotte der KVB**

### Vorhanden:

9 Gelenkbusse VDL SLFA-181 **Bestellung:** 

48 Gelenkbusse VDL SLFA-181 5 Standardbusse VDL SLF-120

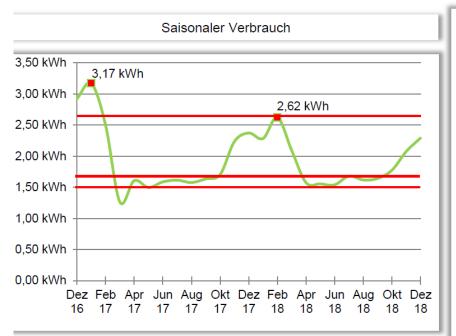




### Realverbrauch der Kölner Gelenkbusse von VDL



## **Energieverbrauch der ersten E-Busse**



Im Winter unter -10°C, (mit Stau und Heizung)

2,6 KWh/km

Im Sommer (Mit Stau und Klimaanlage)

1,7 KWh/km

Bei ca. 18°C (Kein Stau und keine Heizung oder

Klimaanlage) 1,5 KWh/km



### E-Bus-Flotte der Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein (VHH)

## **Fahrzeuge**

- → 2 Rampini Midibusse am Standort Schenefeld seit 2014/2016
- → 16 eCitaro am Standort Bergedorf seit Q4/2019
- → 1 Kundenfelderprober MAN Lion's City E
- → 17 MAN Lion's City E in Q4/2020
- → 17 eCitaro Gelenkbusse in Q4/2020

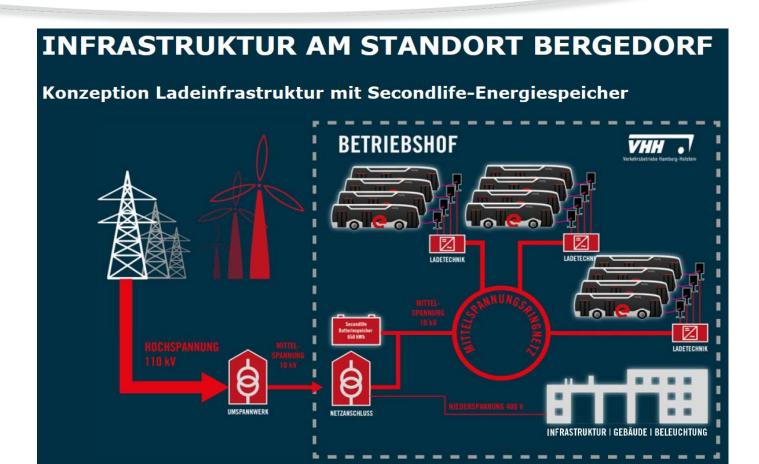






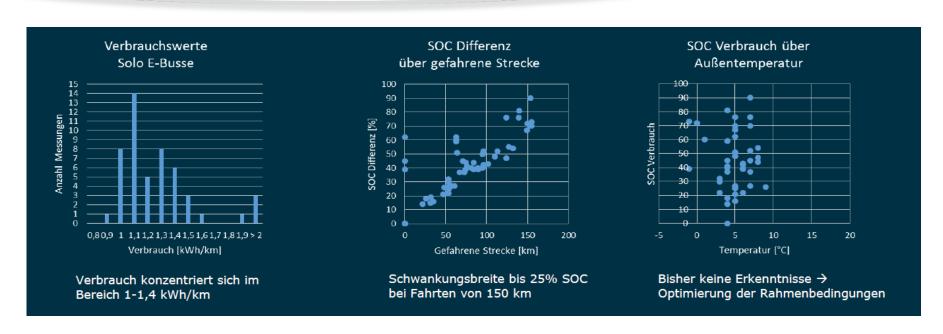


### Betriebshofplanung der Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein (VHH)





### Verbrauchsmessungen der Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein (VHH)



Verbrauch auch hier im niedrigen Bereich (Standardbusse)



### E-Bus-Flotte der BVG

Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) verfügen inzwischen über die größte E-Bus-Flotte in Deutschland, z.Zt. sind 101 E-Busse im Einsatz:

- 17 Gelenkbusse Solaris Urbino 12e
- 15 Standardbusse Mercedes-Benz eCitaro
- 69 Standardbusse Solaris Urbino 12e

NAHVERKEHR

# Elektrobusse der BVG fahren jetzt zuverlässig M+

Die E-Flotte der BVG ist öfter einsatzfähig als der Durchschnitt. Kinderkrankheiten sind überwunden. Doch der Umstieg bleibt teuer.

Aktualisiert 20.07.2020, 06:00 Joachim Fahrun





### **E-Bus-Flotte Stadtwerke Osnabrück**



Die Stadtwerke Osnabrück verfügen über folgende Fahrzeuge:

1 Breda Menarinibus E-Zeus (2011 – 2016)

1 PVI-OREOS 4X (2013 - ?)

13 VDL SLFA-180 (seit 2019)

Weitere Fahrzeuge sind derzeit in Auslieferung: 22 VDL SLFA-180 (2020-2021)

Bestellt sind 27 VDL SLFA-180 (2022 ff.)

## Und was bietet team red?

Machbarkeitsstudien und Umsetzungstrategien

### Elektromobilität - Einführung

### Elektromobilität heißt für team red umfassene Beratung:





# Machbarkeitsstudie Elektrobuseinsatz in der Verkehrsregion Ems-Jade (Niedersachsen)





# Beratung und Förderantragstellung für die Beschaffung von E-Bussen für die Borkumer Kleinbahn





Beratung und Förderantragstellung für die Beschaffung von zwei E-Kleinbussen für die Stadt Nürtingen zum Anschluss des Gewerbegebietes Bachhalde an den Bahnhof und den ZOB







# Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für eine touristische Buslinie rund um den Großen Plöner See unter Einsatz von Elektrobussen





- Weitere Projekte im Bereich E-Mobilität:
- e-Carsharing im ländlichen Raum/ "emma" (Bodenseekreis)
- Ladeinfrastruktur Landkreis Barnim
- Elektrifizierung kommunaler Fuhrpark der Stadt Königswinter
- Evaluierung der Bayerischen Förderung für Elektromobilität
- Ladeinfrastruktur Landkreis Elbe-Elster
- e-Carsharing System ESPRIT / Horizont2020
- Elektromobilitätskonzept für den Landkreis Leipzig





### **E-Bus-Newsletter (alle 2 Monate)**

NEWSLETTER | September 2020

Update Elektrobusse

23.09.2020

{anrede\_d\_sie}

In dieser September-Ausgabe des E-Bus Newsletters möchten wir Sie wieder über aktuelle Entwicklungen zum Einsatz von Elektrobussen im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs in Deutschland und der Welt informieren.

Bleiben Sie informiert!



Dr. Johannes Theißen Email

Inhalt

E-Bus News | Termine | Experten für Elektromobilität | Weitere Newsletter

### E-Bus News

#### Sachstand Elektrobusse (BEV) in Deutschland (Stand: 14.09.2020)

Auszug aus der Gesamtliste:

Stadt/Kreis	Unternehmen	Solobus	Gelenkbus	Doppelgel.
Aachen	ASEAG	7 (20 bestellt)	2 (11 bestellt)	(1 bestellt)
Berlin	BVG	55 (70 bestellt)	17	
Braunschweig	BVAG	1	4 (2 bestellt)	

#### Was verbrauchen Elektrobusse? Ein Studie von ViriCity in den Niederlanden

Wie hoch ist der Energieverbrauch des Elektrobusses? 1,63 kWh/km für die 18-Meter-Busse, 1,15 kWh/km für die 12-Meter-Fahrzeuge. Dies ist der durchschnittliche Verbrauch, der nach einer 10-monatigen Datenerfassunges niederländischen Telematikunternehmens ViriCiti ermittelt wurde. Das Unternehmen untersuchte, wie über 100 E-Busse verschiedener OEMs in allen Jahreszeiten funktionieren. Um zu diesen Ergebnissen zu gelangen, sammelte, anonymisierte und analysierte ViriCiti Daten von 79 12-Meter-Bussen und 27 18-Meter-Bussen, die in 7 Städten in den Niederlanden aktiv waren und mit dem ViriCiti-Dashboard verknüpft waren. Die Busse werden von verschiedenen Herstellern gebaut.

Eines der Ergebnisse ist die Berechnung der Auswirkung unterschiedlicher Wetterbedingungen auf den Energieverbrauch des batterieelektrischen Busses. Bei normalen Temperaturen (zwischen 15 und 19° C) verbrauchen 18-Meter-Busse durchschnittlich 1,35 kWh/km, während 12-Meter-Busse 0,99 kWh/km verbrauchen, heißt es in dem Bericht. In den kälteren Monaten des Jahres steigt der Verbrauch mit durchschnittlich 14% für 12-Meter-Busse und 21% für 18-Meter-Busse. Der gleiche Trend ist in den heißen Sommermonaten zu beobachten, in denen der Verbrauch bei den 12-Meter-Bussen ebenfalls um 9% und bei den 18-Meter-Bussen um 19% steiot.

(Quelle: ViriCity/sustainable-bus.com)

ach ober

•

### 530 Elektrobusse für die Hamburger Hochbahn



Foto: Hochbahn AG

530 neue Elektrobusse werden in den kommenden vier Jahren bei der Hamburger Hochbahn in Betrieb gehen: E-Gelenkbusse mit einer Reichweite von 150 bis 200 Kilometern sowie E-Solobusse mit 270 Kilometern Reichweite; mit herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien sowie mit Feststoffbatterien. Bei dem jetzt abgeschlossenen Ausschreibungsverfahren haben Mercedes Benz, MAN Truck & Bus sowie der polnische Busbauer Solaris den Zuschlae enfalten. Die einzelnen Stückzahlen pro Lieferant und die Verteilung stehen noch nicht fest.

(Quelle: www.hochbahn.de)

### Abschluss: Das ist die Zukunft!





## Vielen Dank | Thank you | Merci



team red Deutschland GmbH Almstadtstr. 7, 10119 Berlin, Germany

Tel +49 30.138 986-35 Fax +49 30.138 986-36

info@team-red.net
www.team-red.net

Dr. Johannes Theißen Alte Bonner Str. 61, 53229 Bonn

Tel +49 228.68 44 86 49 mobil +49 160.780 2961

<u>Johannes.theissen@team-red.net</u> <u>www.team-red.net</u>