



# E-BUS BROSCHÜRE

Smart Cities Marketplace 2023

Der "Smart Cities Marketplace" wird von der Generaldirektion Energie der Europäischen Kommission verwaltet



ENERGIE

<b>Herausgeber</b>	Smart Cities Marketplace © Europäische Union,
<b>Abgeschlossen:</b>	Januar 2023
<b>Autor:</b>	Smart Cities Marketplace verwaltet von die Generaldirektion Energie der Europäischen Kommission <a href="https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu">smart-cities-marketplace.ec.europa.eu</a>   <a href="#">European Commission</a>   <a href="#">DG ENER</a>
<b>Ursprünglicher Titel:</b>	E-Bus Solution Booklet
<b>Die Version 2023 wurde verfasst von:</b>	Rafael Afonso and Lluís Puerto (EIT Urban Mobility) Leen Peeters (Th!nk E)
<b>Die Version 2023 Mitwirkende</b>	Stephen Lambert (Cambridge Econometrics)
<b>2019 Version ist geschrieben von:</b>	Koldo Urrutia Azcona (TECNALIA)
<b>Aus dem Englischen übersetzt von:</b>	Sofija Kovacic (Steinbeis 2i)
<b>Lektorat:</b>	Gabi Kaiser, Siora Keller (Steinbeis 2i)
<b>Grafische Gestaltung:</b>	Agata Smok (Th!nk E) für den Smart Cities Marketplace, Europäische Kommission DG ENER
<b>Titelbild:</b>	Laden von Elektrobussen © Siemens Mobility
<b>Schriftart:</b>	EC Square Sans Pro
<b>Haftungsausschluss:</b>	© Europäische Union, 2021
	Die Wiederverwendungspolitik der EU Kommission wird durch den Beschluss 2011/833/EU der Kommission vom 12. Dezember 2011 über die Wiederverwendung von Dokumenten (ABl. L 330 vom 14.12.2011, S. 39) unter der Lizenz Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) festgelegt. Dies bedeutet, dass die Wiederverwendung erlaubt ist, vorausgesetzt, dass diese angegeben und etwaige Änderungen angezeigt werden.
	Für die Verwendung oder Vervielfältigung von Elementen, die nicht Eigentum der EU sind, muss unter Umständen direkt bei den jeweiligen Rechteinhabern eine Genehmigung eingeholt werden.
	Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt allein der Verfasser; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

<b>Was und warum</b>	<b>5</b>
<a href="#">Der Bedarf an E-Bussen</a>	
<b>E-busse städtischerkontext</b>	<b>7</b>
<a href="#">E-Bus-Markt</a>	
<b>Gesellschaftliche und nutzerbezogene Aspekte</b>	<b>9</b>
<a href="#">Vorteile für Stakeholder</a>	
<a href="#">Erkenntnisse</a>	
<b>Technische Einzelheiten</b>	<b>13</b>
<a href="#">Überblick über die Technologien</a>	
<a href="#">KPIs</a>	
<a href="#">Erkenntnisse</a>	
<b>Geschäftsmodelle und Finanzierung</b>	<b>20</b>
<a href="#">Kostenparameter von E-Bussen</a>	
<a href="#">Mögliche Finanzierungsmodelle</a>	
<a href="#">KPIs</a>	
<a href="#">Finanzierungsmodelle für E-Busse</a>	
<a href="#">Erkenntnisse</a>	
<b>Steuerung und Regulierung</b>	<b>27</b>
<a href="#">Herausforderungen für die Regierungen</a>	
<a href="#">Politische Empfehlungen</a>	
<a href="#">Risikomanagement</a>	
<a href="#">Erkenntnisse</a>	
<b>Allgemeine Erkenntnisse</b>	<b>32</b>
<b>Nützliche Dokumente und relevante Beispiele (auf Englisch)</b>	<b>35</b>
<b>E-Bus-Politik und Informationen</b>	<b>35</b>

Der Smart Cities Marketplace ist eine von der Europäischen Kommission unterstützte Initiative, die Städte, Industrie, KMU, Investoren, Banken, Forschung und andere klimaneutrale und Smart City Akteure zusammenbringt.

Das Smart Cities Marketplace Investor Network ist eine Gruppe von Investoren und Finanzdienstleistern, die aktiv nach klimaneutralen und Smart Cities Projekten suchen.

Der Smart Cities Marketplace hat Tausende von Anhängern aus ganz Europa und darüber hinaus, von denen sich viele als Mitglied angemeldet haben. Ihr gemeinsames Ziel ist es, die Lebensqualität der Bürger zu verbessern, die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Städte und der Industrie zu steigern sowie die europäische Energie- und Klimaziele zu erreichen.

Erkunden Sie die Möglichkeiten, gestalten Sie Ihre Projektideen und schließen Sie einen Vertrag für die Einführung Ihrer Smart City Lösung ab! Wenn Sie direkt Kontakt aufnehmen möchten, um mit uns in Verbindung zu treten, benutzen Sie bitte [info@smartcitiesmarketplace.eu](mailto:info@smartcitiesmarketplace.eu)

WAS IST DER  
SMART CITIES  
MARKETPLACE?

WAS SIND DIE  
ZIELE DES  
SMART CITIES  
MARKETPLACE?

WAS KANN DER  
SMART CITIES  
MARKETPLACE FÜR  
SIE TUN?



## WAS & WARUM

## WAS UND WARUM

### Der Bedarf an E-Bussen

Die verkehrsbedingten Emissionen nehmen zu – zwischen 1990 und 2020 sind die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr um 58 % gestiegen.\*\*

Derzeit ist der Verkehr für 25 % der Treibhausgasemissionen in der EU verantwortlich, wobei 72 % dieser Emissionen auf den Straßenverkehr entfallen.\*\*\*

Verkehrsstaus sind nach wie vor ein Problem in städtischen Gebieten, da Schadstoffe wie PM2,5, PM10 und Stickoxide, die vom Straßenverkehr ausgestoßen werden, schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben.

\* Crippa, M., Guizzardi, D., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., Olivier, J.G.J., Grassi, G., Rossi, S., Vignati, E., GHG emissions of all world countries - 2021 Report, EUR 30831 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-41547-3, doi:10.2760/173513, JRC126363

\*\* Der Verkehrssektor umfasst den Straßenverkehr, den nicht straßengebundenen Verkehr, den inländischen Luftverkehr und die Binnenschifffahrt für jedes Land. Die internationale Schifffahrt und Luftfahrt gehören ebenfalls zu diesem Sektor

\*\*\* European Environment Agency (2021): [Decarbonising road transport – the role of vehicles, fuels and transport demand](#)

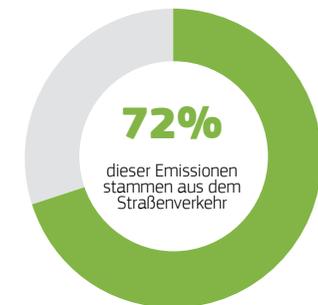
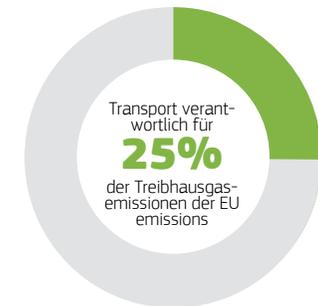
Darüber hinaus hat auch die Lärmbelastung durch Fahrzeuge negative Auswirkungen; Lärmbelastung wird mit schlechteren Gesundheitsergebnissen und geringerem allgemeinen Wohlbefinden sowie geringerer Lebensqualität in Verbindung gebracht. 18 Millionen Menschen in der EU leiden unter langfristiger Lärmbelastung durch den Verkehr.\*\*\*\*

Die europäischen Städte haben das Problem des Straßenverkehrs in städtischen Gebieten erkannt und versuchen, es zu lösen. Der Verkauf von E-Bussen in Europa [hat sich von 2016 bis 2021 versechsfacht](#).

Daneben tragen Initiativen wie die Clean Bus Deployment\*\*\*\*\* dazu bei, den Verkauf von sauberen Bussen zu fördern und den Weg zu einem dezentralisierten Verkehrssystem zu ebnen. Städtische Lösungen wie der E-Bus verringern Staus und Unfälle und tragen dazu bei, die Emissionen zu senken, die Lebensqualität zu verbessern sowie die Wirtschaft zu stärken, indem sie die Anfälligkeit für Preissteigerungen bei fossilen Brennstoffen verringern.

\*\*\*\* European Environment Agency (2022): [Outlook to 2030 – Can the number of people affected by transport noise be cut by 30%?](#)

\*\*\*\*\* [European Clean Bus Deployment Initiative](#)





**STÄDTISCHER  
KONTEXT**

# E-BUSSE STÄDTISCHERKONTEXT

## E-Bus-Markt

E-Busse machen derzeit [6.1% des Absatzes](#) von neuen Bussen in Europa aus.

Die Dekarbonisierung der öffentlichen Verkehrssysteme wird von entscheidender Bedeutung sein, wenn sich die europäischen Länder und Städte auf eine Netto-Null-Wirtschaft zubewegen, und der E-Bus-Markt auf diese Weise weiter wachsen wird.

Städte in Europa, die sich in Bezug auf Topografie, Demografie, Klima, Stromnetze und Stadtplanung unterscheiden, stehen bei der Einführung von E-Bussen vor unterschiedlichen Herausforderungen.

Die Projekte müssen auf die Bedürfnisse der einzelnen Städte zugeschnitten sein.



## Fallstudien

Projektname, Stadt, Land	E-bus Lösung
<a href="#">SmartEnCity</a> Vitoria-Gasteiz, Spanien	13 Elektrobusse wurden in das öffentliche Verkehrsnetz aufgenommen, wobei die Rundbuslinie um die Stadt mit den meisten Fahrgästen in eine saubere Elektrobuslinie umgewandelt wurde.
<a href="#">mySMARTLife</a> , Hamburg, Deutschland	Die E-Bus-Flotte von 105 Fahrzeugen nutzt 124 Ladepunkte, die auf drei Standorte verteilt sind. Die E-Busse werden über Nacht aufgeladen, um das <a href="#">Problem der Speicherung erneuerbarer Energie zu lösen</a> .
<a href="#">mySMARTLife</a> , Nantes, Frankreich	Die Aufladung der E-Busse erfolgt an Schnellladestationen*. Das hilft dabei, <a href="#">Stromverbrauchsspitzen zu vermeiden</a> und den Betrieb der Linie, die bis zu 55.000 Fahrgäste pro Tag befördert, nicht zu beeinträchtigen, da die E-Busse unterwegs aufgeladen werden. Durch die Einführung der 22 E-Bus-Linien in Nantes konnte der Energieverbrauch im Vergleich zu fossil betriebenen Bussen um 30 % gesenkt werden.
<a href="#">REPLICATE</a> , San Sebastian, Spanien	Im Rahmen dieses Projekts wurden drei Elektrobusse und drei Hybridbusse für eine Buslinie zwischen einem Bezirk und dem Stadtzentrum beschafft. Es wurden auch zwei Ladestationen installiert.

\* Schnellladestationen laden den E-Bus auf, während die Fahrgäste ein- und aussteigen.



**GESELLSCHAFTLICHE  
UND  
NUTZERBEZOGENE  
ASPEKTE**

# GESELLSCHAFTLICHE UND NUTZERBEZOGENE ASPEKTE

## Vorteile für Stakeholder

Die Einführung von E-Bussen kommt einer Reihe von Akteuren zugute: den Bürgern, den öffentlichen Verkehrsbehörden, der Industrie, den Busfahrern und den Nutzern der Buse.

**Für die Bürger ergeben sich folgende Vorteile:**

- ☑ Weniger Lärmbelästigung;
- ☑ Bessere Luftqualität;
- ☑ Weniger Treibhausgasemissionen.

**Für die öffentlichen Verkehrsbetriebe ergeben sich folgende Vorteile:**

- ☑ Erreichen der Ziele für niedrige Emissionen;
- ☑ Verbesserung der Luftqualität;
- ☑ Verringerung der gesellschaftlichen Kosten für das Gesundheitswesen aufgrund besserer Luftqualität;
- ☑ Verbesserung der öffentlichen Wahrnehmung der Stadt;
- ☑ Senkung der Brennstoffkosten durch Umstellung auf erneuerbare Energien und Schaffung von Flexibilität bei der Energienachfrage.

Mir gefällt die Geräuscharmheit, wodurch ich meine Spaziergänge mehr genießen kann. Mir gefällt die Geräuscharmheit, wodurch ich meine Spaziergänge mehr genießen kann.

Diese Buslinie erhielt während ihrer Fahrt positive Rückmeldungen. Die Menschen waren entspannt und genossen ihre Reise.

Ich mag die neuen Elektrobusse sehr und würde mir wünschen, dass es in Zukunft noch mehr davon gibt.

Der neue Elektrobus hat so weiche und schöne Bänke. Gut für meine Rückenschmerzen! Und auch noch so leise! Fast schon zu leise.

### Für die Industrien unterstützensie:

- ☑ Förderung der heimischen E-Bus-Industrie;
- ☑ Fortschritte auf dem Weg zu einer Kreislaufwirtschaft durch die Eröffnung von Möglichkeiten wie Second-Life-Batterien;
- ☑ Verbesserung der öffentlichen Wahrnehmung des Unternehmens.

### Für Busfahrer und -nutzer gibt es:

- ☑ Weniger Vibrationen;
- ☑ Komfortabel und leicht zu fahren;
- ☑ Weniger Lärm;
- ☑ Höherer Fahrgastkomfort und bessere Kundenerfahrung.

### Extrem kaltes und heißes [Wetter beeinträchtigt die Effizienz von E-Bussen](#):

Ein Temperaturabfall von einer Umgebungstemperatur von 10 - 16°C auf -6 - 0°C führt zu einer Verringerung der Kraftstoffeffizienz um 32%<sup>\*</sup>.



### Herausforderungen bei der Umsetzung

Trotz der Vorteile von E-Bussen gibt es bei ihrer Einführung auch Herausforderungen.

- Die Einholung von Genehmigungen für den Bau der Ladeinfrastruktur kann zeitaufwändig sein, insbesondere in Regionen mit vielen historischen Stätten
- Festlegung von Standorten für Ladeinfrastrukturen unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf Stromnetze, andere Verkehrsteilnehmer und die Stadtplanung insgesamt. Die lokale Topografie und das Klima können sich auf die Reichweite von E-Bussen auswirken, insbesondere in hügeligen und kalten Umgebungen.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Henning, M., Thomas, A., & Smyth, A. (2019). An Analysis of the Association between Changes in Ambient Temperature, Fuel Economy, and Vehicle Range for Battery Electric and Fuel Cell Electric Buses. Urban Publications. 0 1 2 3 1630.

<sup>\*\*</sup> Henning, M., Thomas, A., & Smyth, A. (2019). An Analysis of the Association between Changes in Ambient Temperature, Fuel Economy, and Vehicle Range for Battery Electric and Fuel Cell Electric Buses. Urban Publications. 0 1 2 3 1630

## Erkenntnisse

Hindernisse		Vorgeschlagene Maßnahmen
<b>Angst vor der Entfernung/Furcht</b>	Busfahrer könnten psychologische Bedenken hinsichtlich der Zuverlässigkeit von E-Bussen und Batterien haben, vor allem wegen der Reichweite (Angst vor der Entfernung). Außerdem müssen sie ihre Fahrgewohnheiten anpassen.	Bereitstellung von Informationen und Schulungen (Eco-Driving, Energiemonitoring-Training). Schnellladestationen (während der Fahrt, wenn Fahrgäste ein- oder aussteigen) könnten ebenfalls dazu beitragen, dies zu verhindern.
<b>Wartung</b>	Obwohl der Wartungsbedarf von E-Bussen im Vergleich zu konventionellen Bussen wesentlich geringer ist, gibt es nur wenig praktische Erfahrung mit der Wartung und Reparatur von E-Bussen.	Angebot von Schulungen für das Personal in den Bereichen elektrische Ausrüstung, Hochspannungstechnik und Wartungsverfahren. Die vorhandene Erfahrung und das vorhandene Fachwissen von Straßenbahnen und U-Bahnen können von Vorteil sein.
<b>Sicherheit im Straßenverkehr</b>	Da die Busse geräuschlos fahren, müssen möglicherweise einige Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden, um zu verhindern, dass andere Fahrer oder Fußgänger die Busse nicht bemerken.	Sensibilisierung durch höfliche Warnglocken für Fußgänger, ähnlich wie bei Straßenbahnen, farbenfrohe Gestaltung der Busse.
<b>Sicherheit der Batterie</b>	Die Sicherheit der Batterien bleibt ein Thema bei Bränden und unerwarteten Unfällen.	Informieren Sie die verschiedenen Beteiligten (Fahrer, Wartungspersonal, Feuerwehr) im Voraus und vermeiden Sie Missverständnisse in Bezug auf die Batteriesicherheit.
<b>Route und Fahrplan ändern</b>	Öffentliche Verkehrsbehörden und -betreiber könnten sich weigern, die Busroute und den Fahrplan für Elektrobusse zu ändern, was wiederum zu Änderungen bei allen anderen Fahrplänen führen könnte.	Seien Sie offen für die Anpassung von Routen oder Fahrplänen, um dem Nutzungsprofil des E-Busses besser zu entsprechen. Analysieren und optimieren Sie die Route und den Fahrplan, was auch wirtschaftliche Einsparungen mit sich bringen wird.



**TECHNISCHE  
EINZELHEITEN**

# TECHNISCHE EINZELHEITEN

## Überblick über die Technologien

### Verschiedene Typen von Elektrobussen

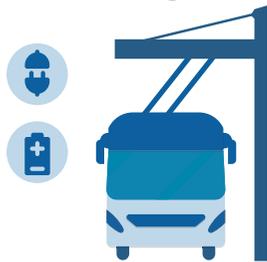
E-Busse sind Fahrzeuge mit zero in-use emissions, die von einem Elektroantrieb und von einem Speicher (z. B. Batterien, Brennstoffzellen) versorgt werden. Folgende Technologien sind derzeit auf dem Markt verfügbar:



Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (BEV)



Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV)



Trolleybus mit Batterien



Brennstoffzellenbus

### Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (BEV)

A battery electric bus is an all-electric vehicle with an electric propulsion system powered by rechargeable onboard battery packs, using an electric motor and motor controllers for propulsion instead of an internal combustion engine.

Ein batteriebetriebener Elektrobuss ist ein vollelektrisches Fahrzeug mit einem elektrischen Antriebssystem, das durch wiederaufladbare Bordbatterien gespeist wird und anstelle eines Verbrennungsmotors einen Elektromotor und Motorsteuerungen für den Antrieb verwendet.

### Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV)

Ähnlich wie BEVs werden Plug-in-Hybridbusse durch einen Elektromotor mit wiederaufladbaren Batterien angetrieben, mit dem Unterschied, dass sie zusätzlich über einen Verbrennungsmotor verfügen, der mit herkömmlichem Kraftstoff (z. B. Diesel) betrieben wird. Die Batterien können durch Anschluss an das Stromnetz wieder aufgeladen werden.

### Trolleybus mit Batterien

Dabei handelt es sich um busähnliche Fahrzeuge, die von einem Elektromotor angetrieben werden und ihren Strom aus Oberleitungen über Verbindungsmasten, sogenannte Trolleys, aus dem Bodenkontakt oder aus wiederaufladbaren Batterien an Bord beziehen. Auf diese Weise können die Fahrzeuge unabhängig von der Ladeinfrastruktur auf einem Teil ihrer Strecke elektrisch fahren, ohne ihre volle Betriebsfähigkeit zu verlieren.

### Brennstoffzellenbus

Brennstoffzellen-Wasserstoffbusse nutzen elektrische Energie, die durch eine elektrochemische Reaktion erzeugt wird, sowohl für den Antrieb als auch für die Aufladung der Batterien. Die in den Batterien gespeicherte Energie liefert zusätzliche Leistung in anspruchsvollen Situationen wie schneller Beschleunigung oder an Steigungen. Bei der Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff werden nur Wasser und Wärme freigesetzt. Die Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff für Busse ist jedoch weder effizient noch nachhaltig.

Diese Broschüre konzentriert sich hauptsächlich auf den vollbatteriebetriebenen Elektrobuss.

## Aufladeoptionen und Infrastrukturen\* \*\*

Die typischsten Ladeoptionen für vollelektrische Batteriebusse sind das **Laden bei Gelegenheit und am Zielort** (in der Regel als Nachtladen bezeichnet).

Das Laden über Nacht erfolgt, wenn der Bus seine Schicht auf dem Betriebshof beendet hat und ist mit längeren Ladezeiten verbunden, bei denen die intelligente Infrastruktur die Kosten durch dynamische Tarife, Eigenverbrauch oder die Reduzierung von Stromspitzen senken kann.

Alternativ kann das Aufladen auch an den Haltestellen entlang der Buslinie erfolgen, wobei eine Kombination mit dem Nachtladen möglich ist.

Beide Ladeoptionen können für einen bestimmten Bus kombiniert werden, sodass der Bus den Betriebshof voll aufgeladen verlässt und während seiner Fahrt kleine Mengen auflädt, um die Länge seiner Fahrt zu maximieren.

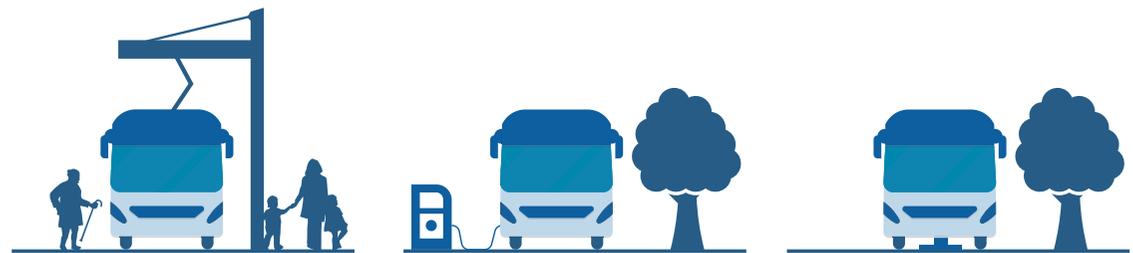
Es gibt zwei Haupttypen von Infrastrukturen für das Aufladen von Elektrobussen: Stromabnehmeroberleitungen und plug-in-Systeme.

**Während der Plug-in hauptsächlich zum Laden über Nacht verwendet wird, wird das Stromabnehmerladen sowohl für das Gelegenheits- als auch für das Zielladen / Nachtladen genutzt.**

\* Verkehr&Umwelt, Elektrobusse kommen pünktlich an

\*\* CIVITAS, Intelligente Entscheidungen für Städte - Saubere Busse für Ihre Stadt

Jüngste technologische und wirtschaftliche Entwicklungen ermöglichen das Aufladen auf der Straße durch den nachträglichen Einbau von Ladeelementen an Bord und die Implementierung einer intelligenten Stromleiste. Der fortlaufende Lademechanismus macht diese Vollbatterie zu einer Trolleybus-Lösung, da die elektrische Straße die Bordakkus auflädt und die Fahrtreichweite des Busses verlängert. Auch wenn diese Technologie derzeit noch nicht weit verbreitet ist, wird eine breitere Anwendung erwartet.



<b>Opportunity charging (oftentimes combined with destination charging)</b>	<b>Destination charging</b>	<b>Laden auf der Straße (im Entstehenbegriffen)</b>
<p>Kleine Batteriegröße</p> <p>Kurze freie Reichweite: &lt;100 km</p> <p>Eingeschränkte Flexibilität bei der Streckenführung</p> <p>Mehrmaliges Aufladen pro Tag und am Ende eines jeden Tages (über Nacht) erforderlich</p> <p>Kurze Ladezeit: Sekunden bis Minuten, mit längeren Ladezeiten über Nacht</p> <p>Ladeinfrastruktur auf der Strecke und am Terminal, Teuer.</p>	<p>Große Batteriegröße</p> <p>Mittlere freie Reichweite: bis zu 550 km</p> <p>Höhere Flexibilität im Streckenbetrieb</p> <p>Aufladen am Ende eines jeden Tages (über Nacht)</p> <p>Lange Ladezeit: normalerweise in Stunden gemessen (2 bis 10 Stunden)</p> <p>Ladeinfrastruktur nur am Busbahnhof, Billiger.</p>	<p>Kleine Batteriegröße</p> <p>Kurze freie Reichweite: &lt;100 km</p> <p>Eingeschränkte Flexibilität bei der Streckenführung</p> <p>Kein Anhalten zum Aufladen erforderlich</p> <p>Ladeinfrastruktur auf der Strecke</p> <p>Keine weitreichende Nutzung dieser Technologie</p> <p>Teuer.</p>

### Diese Ladetechnologien haben Vor- und Nachteile. Vieles hängt von den Strecken ab, die der Bus bedienen soll:

- Das Gelegenheitsladen zielt darauf ab, das Gewicht der Bordbatterie zu minimieren, indem der E-Bus entlang der Strecke an Haltestellen aufgeladen wird. Dabei werden Stromabnehmer auf dem Dach verwendet, um den Bus mit dem Oberleitungsnetz zu verbinden. Der Ladevorgang beginnt, nachdem der Bus an der Ladestation angekommen ist und der Stromabnehmer ausgefahren und mit dem Ladegerät in Kontakt ist.
- Das Gelegenheitsladenerfordert nur einen kurzen Zeitraum (weniger als 1 Minute)
- Opportunity Charging wird immer beliebter für neue E-Bus-Flotten in den europäischen Ländern. Dabei müssen jedoch Aspekte wie die visuelle Beeinträchtigung, die Beeinträchtigung des Stadtbildes und die örtlichen Beschränkungen für den Stromanschluss der Ladepunkte sowie deren komplexe Betriebsplanung berücksichtigt werden.
- Für das Laden über Nacht muss der Elektrobus eine größere Batterie haben (in der Regel über 600 kWh für Reichweiten von 500 km und mehr). Diese Methode erfordert eine geringere Leistung auf dem Betriebshof (50-150 kW).
- Derzeit ist das Aufladen über Nacht mit Plug-in-Systemen auf dem Betriebshof deutlich billiger und beliebter als das Gelegenheitsladen mit einem Stromabnehmer.
- Die Kombination von Nacht- und Opportunity Charging ermöglicht es, die Anzahl der Ladestationen entlang der Strecke zu begrenzen und gleichzeitig die Reichweite des Busses zu erhöhen.



Die Ladezeit hängt weitgehend von der Leistung der Ladestation und der Batterietechnologie ab. Eine leistungsstarke Ladeinfrastruktur und die Möglichkeit des Aufladens auf der Strecke können die Anzahl der benötigten Elektrobusse verringern.



Städte und Gemeinden sollten bei der Auswahl der am besten geeigneten Ladetechnologien ihre spezifischen Gegebenheiten berücksichtigen, einschließlich der Art und Anzahl der Elektrobusse, der Batteriekapazität, der Stromnetze, der Busroute (Länge, Topographie), der Fahrgastkapazität, der Stadtplanung sowie sonstiger Serviceanforderungen.



© Siemens Mobility

## KPIs

### Reifegrad der Technologie

Elektrobusse sind bewährte Technologien und marktreif. Aus technischer Sicht gibt es wenig bis keine Hindernisse für die Einführung von E-Bussen in großem Umfang.

### Energie

Das Aufladen von E-Bussen mit Strom hat einen großen Einfluss auf den primären Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

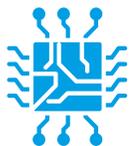
- Durchschnittlicher elektrischer Energieverbrauch in kWh pro km
- Jährlicher Stromverbrauch in MWh
- Spitzenleistung beim Laden in kW
- Vorhandensein einer regenerativen Bremstechnik

### Emissions-KPIs:

- Eingesparte Treibhausgas-, NOx- und PM10-Emissionen in g pro km
- Jährlich eingesparte Treibhausgas-, NOx- und PM10-Emissionen in Tonnen (pro Jahr)

### Andere lösungsspezifische KPIs:

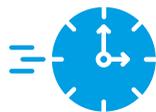
- Lärmunterdrückung
- Fahrbereich in km
- Eingesparte sonstige Schadstoffemissionen in g Schadstoff pro km
- Andere Schadstoffe, die jährlich eingespart werden, in kg oder Tonne Schadstoff pro Jahr
- Maximale Anzahl von Fahrgästen
- Wiederverwendung von Batterien in anderen Anwendungen, sogenannte „Second-Life“-Anwendungen (z. B. stationäre Energiespeicherung)



Innovative  
Technologie



Einsparung von  
Tonnen anCO<sub>2</sub>-  
Emissionen



Verkürzung der  
Ladezeit



Vergrößerung des  
Aktionsradius/  
Fahrtreichweite



Lärmverringern



Typ	Diesel-Bus		CNGE-Bus		(volle Batterie) -E-Bus Gelegenheitsabrechnung	(volle Batterie) – Zielgebühren (oft kombiniert mit Opportunitätskosten)
Reichweite [km]	600-900		350 – 450		<200	(derzeit bis zu) 550
Nachfüll-/Aufladezeit	5-10 min		5-10 min		Sekunden oder einige Minuten	Mehrere Stunden
Emission - CO2 eq [g/km]	1000 (EURO V)	1000 (EURO VI)	1000 (CNG 2013)	800-850 (CNG 2020)		0
Emission - NOx [g/km]	3.51 (EURO V)	1.1 (EURO VI)	1.4 - 4.5 (CNG 2013)	0.88 (CNG 2020)		0
Emission - PM10 [g/km]	0.1 (EURO V)	0.03 (EURO VI)	0.005 - 0.03 (CNG 2013)	0.024 (CNG 2020)		0
Energieverbrauch 2012 [kWh/km]	4.13		5.21		1.8	1.91
Energieverbrauch 2030 [kWh/km]	3.89		5		1.15	1.68
Lärm [dB]	80		78			60

Die Zahlen stammen aus dem Clean Bus Report, Sustainable-bus.com und dem CIVITAS-Bericht, [Intelligente Entscheidungen für Städte - Saubere Busse für Ihre Stadt](#)

Der Hauptunterschied zwischen einem herkömmlichen Dieselbus und einem CNG-Bus sind die lokalen Schadstoffe (NOx und PM10).

## Erkenntnisse

Hindernisse		Vorgeschlagene Maßnahmen
<b>Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Akkupacks</b>	Die Batteriebensdauer wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst: Batterietyp, Fahrprofil, klimatische Bedingungen, Ladestrategie und betriebliche Nutzung der Batterie (Entladetiefe, Anzahl der Batteriezyklen, durchschnittlicher Ladezustand).	Treffen Sie vertragliche Vereinbarungen (Wartung, verlängerte Garantie), um die mit der Lebensdauer der Batterien verbundenen Risiken abzudecken.  Eine reguläre Batteriegarantie beträgt in der Regel fünf bis sieben Jahre und kann optional gegen eine zusätzliche Garantiegebühr verlängert werden.  Implementieren Sie Strategien zur Nutzung von Second-Life-Batterien oder stellen Sie sicher, dass sie Teil des Kauf- oder Leasingvertrags sind.
<b>Begrenzung des Gesamtgewichts</b>	Das maximale Gesamtgewicht beschreibt ein in Betrieb befindliches Fahrzeug und ist ein Parameter, der zur Festlegung von Gewichtsbeschränkungen und -begrenzungen für dessen Nutzung verwendet wird. Dies kann zu einem Verlust an Fahrgastbeförderungskapazität und der Fähigkeit führen, unerwartete Schwankungen in der Streckennachfrage auszugleichen. Dies beeinflusst auch die Beschleunigung, die Reichweite und die Nutzlast des Elektrobusses.	Vergleichen Sie verschiedene E-Bus-Angebote, denn die ständige Weiterentwicklung der Forschung und Entwicklung führt zu einer höheren Energiedichte der Batterien.  Bewertung des Einsatzes von Trolleybussystemen zur Erhöhung der Fahrgastkapazität und zur Verringerung der Batteriegröße, allerdings unter Berücksichtigung der damit verbundenen Kosten für die Infrastruktur.
<b>Energieverbrauch durch Heizung, Kühlung und Lüftung</b>	Heizung, Kühlung und Belüftung könnten den Energieverbrauch und die Reichweite der Elektrobusse erheblich beeinflussen.	Entscheiden Sie sich für effiziente Heiz-, Kühl- und Lüftungstechnologien. Beziehen Sie die Effizienz solcher Komforttechnologien als Teil der Auswahlkriterien in die Ausschreibungsphase ein.
<b>Kompatibilität</b>	Ladeinfrastruktur und E-Busse verschiedener Hersteller sind möglicherweise nicht miteinander kompatibel.	Einbeziehung der Einhaltung von Normen (u.a. ISO 15118, prEN50696 und ISO 61851) in die Ausschreibung und Auswahl.
<b>Auswirkungen auf die Netze</b>	Elektrobusse (insbesondere mit der Möglichkeit des Aufladens) könnten enorme Auswirkungen auf die Stromnetze haben. Die derzeitigen Stromnetzinfrastrukturen könnten unterdimensioniert sein. Für Vorstädte könnte es schwierig sein, an die Stromnetze angeschlossen zu werden.	Frühzeitige Einbindung der Netzbetreiber und Planung der Ladesysteme mit verschiedenen Szenarien zur Analyse der Auswirkungen des Ladens auf die Netze.  Einrichtung von Solarparks auf Busdepots, um die Auswirkungen auf das lokale Stromnetz zu verringern.  Nutzen Sie intelligente Ladetechnologien.
<b>Prozessmanagement</b>	Fehlende Betriebsdaten des Busses (z. B. Energieverbrauch, Batteriestatus) und fehlende Backoffice-Funktionen können zu Unklarheiten im Betrieb führen.	Implementierung einer Software für das Lade-/Betriebsmanagement zur Überwachung von E-Bus-Daten, CO <sub>2</sub> -Emissionen und Ladekosten.  Sie stellen sicher, dass diese Informationen an die relevanten Interessengruppen weitergegeben werden, um den operativen Prozess zu optimieren.



# GESCHÄFTSMODELLE UND FINANZIERUNG

## Kostenparameter von E-Bussen

E-Busse haben viel niedrigere Betriebskosten als ihre Dieseläquivalente; auf der Grundlage von Untersuchungen, die mehrere Projekte mit Flotten von über 100 E-Bussen umfassten, betragen die Einsparungen bei den Betriebskosten über 50 %, während die Einsparungen bei der Wartung stärker variieren und [von keinen Einsparungen bis zu fast 40 %](#) reichen. Obwohl die Betriebskosten niedriger sind, sind die hohen Anschaffungskosten\* ein Merkmal von E-Bussen, das sie unattraktiv machen kann.

Derzeit sind die Investitionskosten sowohl für die E-Busse als auch für die Infrastruktur fast doppelt so hoch wie die Investitionen für herkömmliche Busse.

Bussen sind:

- Anschaffung eines E-Busses;
- Erwerb von Batterien;\*\*
- Ladeinfrastruktur;
- Betriebskosten (Energieverbrauch);
- Wartungskosten des Busses;
- Umschulung von Busfahrern.

\* Ein Großteil der Anschaffungskosten für E-Busse sind die Batteriekosten.

\*\* E-Bus-Batterien haben derzeit eine geschätzte Lebensdauer von 5-8 Jahren, während die Lebensdauer eines Busses bis zu 20 Jahre betragen kann. Das bedeutet, dass die Batterien ersetzt werden müssen, was bis zu 50 % der Gesamtkosten ausmachen kann.



© Phuoc Anh Dang auf Unsplash

Die Kapitalkosten werden hauptsächlich durch die Batteriekosten bestimmt. Es wird jedoch erwartet, dass die Batteriepreise für E-Busse durch Forschung und Entwicklung von 2016 bis 2030 um durchschnittlich 9 % bis 12 % pro Jahr sinken werden, je nachdem, wie hoch die Nachfrage auf dem europäischen Markt ist.\*\*\*

\*\*\* E-Busse sind viel schwerer als Diesel- oder Hybridbusse und das Gewicht ist anders verteilt, sodass eine gewisse Schulung erforderlich ist, um die Busfahrer an die E-Busse zu gewöhnen. Schulungen sind auch erforderlich, um den Fahrern beizubringen, effizient zu fahren.

Lokale Behörden könnten die Kosten für die Einführung durch **Entscheidungshilfen** abschätzen, um den Städten und Busunternehmen bei der Auswahl der am besten geeigneten Technologie für die Elektrobusflotte auf der Grundlage von Daten aus Pilotversuchen zu helfen.

Pilotprojekte zeigen, dass eine effektive Kostenabschätzung **auf den lokalen Kontext zugeschnitten** sein muss und die Bewertung und Änderung von Strecken, die Bewertung von Energiekostensenkungen durch erneuerbare Energien und Flexibilität sowie die Kosten im Zusammenhang mit möglichen Anpassungen des Verteilungsnetzes einschließt.

Berücksichtigt man das Gesamtbild, indem man die sozioökonomischen und ökologischen Kosten und Vorteile für die Gesellschaft in der Analyse ermittelt, einschließlich der **Vorteile für die öffentliche Gesundheit** (Lärm, Luftverschmutzung) und der **Umweltauswirkungen** (Klimawandel), die zur **Erreichung von Energie- und Emissionszielen** beitragen, sind die Kosten von E-Bussen für die Gesellschaft viel geringer als die Gesamtbetriebskosten für den Eigentümer.

Diese Vorteile sind einer der Gründe, warum E-Busse gefördert werden, auch wenn sie aus direkter Kostenperspektive teurer erscheinen als vergleichbare Dieselfahrzeuge.

Die Senkung der Gesamtbetriebskosten aufgrund niedrigerer Preise für die Anlagegüter (vor allem für die Batterie und die Ladeinfrastruktur) und die Nutzung der Energieflexibilität der Busse werden die europäischen Städte dazu ermutigen, E-Busse einzuführen, wie dies bereits in führenden Städten wie Bergen (Norwegen), Eindhoven (Niederlande) und Groningen (Niederlande) geschehen ist.



© Semitan



## Mögliche Finanzierungsmodelle

**Vorauszahlung für alles:** Die derzeit gängigste Option, die auf verschiedene Weise finanziert werden kann, z. B. durch Zuschüsse, Darlehen zu Vorzugsbedingungen und Subventionen.

**Gemeinsamer Einkauf/Beschaffung:** Die Kosten werden von mehr als einer Partei geteilt, um das gesicherte Volumen zu erhöhen und die Vorlaufkosten zu senken.

**Finanzierungsleasing:** Ein (in der Regel) kostengünstiges Finanzierungsinstrument für Kommunen, bei dem die Kommune den Bus leasen kann, mit der Option das Fahrzeug am Ende der Laufzeit zu kaufen.

**Operational Lease:** Zahlung für die Nutzung eines Busses über einen bestimmten Zeitraum mit der Option, den Bus zu erwerben.

**Batterieliefervertrag:** Besitz des Busses, aber Verringerung der Vorlaufkosten durch Leasing der Batterie, die pro verbrauchter kWh oder über einen festen Zeitraum bezahlt werden kann.

**Das zweite Leben von E-Bus-Batterien:** E-Bus-Batterien können für stationäre Energiespeicherdienste wiederverwendet werden, die für ihre reduzierte Kapazität nach intensivem Gebrauch in der E-Bus-Industrie geeignet sind und nach diesem zweiten Leben können sie für ihre [wertvollen Seltenerdmaterialien](#) recycelt werden. Dies kann die Lebenszykluskosten von E-Bussen senken, da die Batterien einen Wiederverkaufswert erhalten.

**Vermietung:** eine kurzfristige Lösung für Busbehörden oder Busunternehmen, die vor einer langfristigen Kaufentscheidung eine Testfahrt machen möchten.

**Andere:** Das Eigentum am E-Bus verbleibt beim Hersteller, während Städte in einigen Pilotprojekten den Bus kostenlos nutzen können, um dem Hersteller zu helfen, die Leistung des Busses unter realen Bedingungen zu testen.

Auch für den Einkauf von Strom für E-Bus-Flotten gibt es unterschiedliche Geschäftsmodelle..

		Verkauf von Elektrizität	
		Direkt	Indirekt
Eigentum an der E-Bus-Flotte	Öffentlich	Die Gemeinde kauft Strom aus dem Netz und nutzt ihn für ihren Fuhrpark/ihre öffentlichen Busse, ohne dafür Gebühren zu verlangen.	Die Gemeinde kauft Strom aus dem Netz, die öffentliche Flotte bezahlt die Gemeinde für das Aufladen des E-Busses.
	Privat	Der private E-Bus-Flottenbetreiber zahlt für den Strom, die Kommune berechnet nur die Belegung eines Parkplatzes.	Die Kommune kauft Strom aus dem Netz, und der private E-Bus-Flottenbetreiber zahlt an die Kommune.

## KPIs

### Investition vs. Gesamtbetriebskosten (TCO)

E-Busse haben niedrigere Betriebskosten, wodurch sie bereits billiger sind als herkömmliche Dieselflotten. Die hohen Anschaffungskosten von E-Bussen sind jedoch nach wie vor eines der Haupthindernisse, die E-Busse im Vergleich zu konventionellen Bussen finanziell weniger interessant und wettbewerbsfähig machen.

Die einflussreichsten Kostenparameter des Elektrobusse sind:

- Anschaffungspreis des Busses;
- Anschaffungskosten des Akkupacks;
- Kosten für die Ladeinfrastruktur;
- Betriebskosten - Energieverbrauch;
- Wartungskosten für den Bus;

Die Gesamtbetriebskosten hängen von vielen verschiedenen Faktoren ab, z.B. von den **Batteriekosten, den Kraftstoff-/Strompreisen, der Fahrdistanz, der Ladeinfrastruktur, der Wartung, dem Umfang der Umsetzung und den Subventionen.**

Sie können je nach **länder- oder stadtspezifischem Kontext** und den Faktoren, die bei der Gesamtbetriebskosten Berechnung berücksichtigt werden, stark variieren



Einige beispielhafte Berechnungen kommen zu dem Schluss, dass Elektrobusse potenziell bessere Gesamtbetriebskosten als konventionelle Busse aufweisen könnten, wenn man das Gesamtbild berücksichtigt, indem man die sozioökonomischen und ökologischen Kosten und Vorteile für die Gesellschaft in die Analyse einbezieht, einschließlich der öffentlichen Gesundheit (Lärm, Luftverschmutzung) und der Umweltauswirkungen (Klimawandel).

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass es keine allgemein anerkannte Berechnungsmethode für diese sekundären Vorteile.

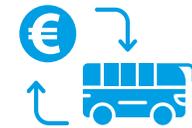
### Rentabilität der Investition (ROI)

In den Niederlanden gibt es Geschäftsbeispiele mit einer berechneten Rückzahlungszeit von weniger als 10 Jahren bei einer groß angelegten Umsetzung in bestimmten Städten. In der flämischen Region Belgiens wurde in einer Machbarkeitsstudie

über emissionsfreie Busse ohne Berücksichtigung von Flexibilitätsaspekten festgestellt, dass sich der Einsatz von Elektrobusen in großem Maßstab in 10-15 Jahren amortisieren könnte.\*

Die Einnahmen stammen hauptsächlich aus den eingesparten Betriebskosten der Elektrobusse. Im Allgemeinen sind E-Busse bei einer längeren Gesamtfahrdistanz und in Städten/Regionen mit niedrigeren Strompreisen und höheren Preisen für fossile Brennstoffe relativ gesehen rentabler. Ein optimiertes Verhältnis zwischen Ladeinfrastruktur und Bussen wird die Rentabilität ebenfalls erheblich steigern, wobei eine detaillierte technische und wirtschaftliche Analyse unerlässlich ist.

\* Ergebnisse auf der Grundlage von Expertenbefragungen



Anschaffungspreis des Busses



Anschaffungskosten des Akkupacks



Wartungskosten für den Bus



Ladeinfrastruktur

## Finanzierungsmodelle für E-Busse

Hohe Vorlaufkosten können E-Busse für lokale Behörden unattraktiv machen. Um dem entgegenzuwirken, bieten Regierungen Finanzierungsprogramme an, um die Anschaffung von E-Bussen zu fördern. Derzeit nutzen die meisten Städte eine Form von Zuschuss, um die Anschaffungskosten eines Elektrobusses zu decken. Die Zuschüsse stammen in der Regel aus dem öffentlichen Sektor und werden an öffentliche Busbetreiber vergeben. Die Zuschüsse können in zwei Formen gewährt werden:

- Zuschüsse zur Deckung der **Vorlaufkosten** für Elektrobusse und die dazugehörige Infrastruktur;
- Zuschüsse zur Deckung der **Betriebskosten**, da sich viele Busunternehmen beim Einsatz neuer Technologien unsicher fühlen.

Diese Zuschüsse können entweder in Form von Bargeld, Steuererleichterungen oder Zuschüssen zu den Nutzertarifen gewährt werden. Auch grüne Anleihen (ähnlich einer normalen Anleihe, mit dem Unterschied, dass das aufgenommene Kapital speziell zur Finanzierung von Klima- oder Umweltprojekten verwendet wird) wurden bereits zur Finanzierung von Elektrobussen eingesetzt.

Zuschüsse und grüne Anleihen sind üblich, wenn es sich um öffentliche Busunternehmen handelt. Private Busbetreiber werden ihre E-Busse jedoch wahrscheinlich anders finanzieren. In Fällen, in denen private Betreiber die E-Busse selbst beschaffen, wurden von verschiedenen Stellen (z. B. Banken und internationalen Fonds) Darlehen zu Vorzugsbedingungen gewährt, um sowohl den Kauf als auch den Betrieb von E-Bussen zu finanzieren\*.

\* Thorne, R., Hovi, I., Figenbaum, E., Pinchasik, D., Amundsen, A., Hagman, R. (2021). Facilitating adoption of electric buses through policy: Learnings from a trial in Norway. Energy Policy, Volume 155, 112310.

Ein Beispiel dafür, dass sowohl Zuschüsse als auch Darlehen angeboten werden, ist **Polen**: Im Juni 2020 kündigte das polnische Ministerium für Klimawandel an, dass es zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen zwei Programme zur Finanzierung von bis zu 95 % der Anschaffungskosten von Elektrobussen anbieten wird.

Je nach Einwohnerzahl und Einkommen pro Bürger erhält eine Stadt entweder ein Darlehen oder einen Zuschuss. Die andere Zahl der Einwohner in der Gemeinde und die Einkommensstruktur pro Einwohner entscheiden darüber, welches Programm für die jeweilige Gemeinde in Frage kommt. Die Regelung wird sich auf Gemeinden mit schlechter Infrastruktur konzentrieren. Es wird geschätzt, dass die Finanzierung die Anschaffung von bis zu 300 E-Bussen und 75 Ladestationen ermöglichen wird.

Lesen Sie weiter: [Polish Ministry of Climate launches e-bus support schemes - electrive.com](https://www.electrive.com/news/polish-ministry-of-climate-launches-e-bus-support-schemes).



Electric bus in Nantes, France. © mySMARTlife project

## Erkenntnisse

Hindernisse		Vorgeschlagene Maßnahmen
Hohe Anfangskosten	Die Kosten für einen E-Bus und die dazugehörige Infrastruktur sind in der Regel 1,5 - 2-mal höher als die Kosten eines herkömmlichen Busses. Die Kosten für die Batterie machen etwa die Hälfte der Gesamtkosten des Busses aus.	<p>Förder- und Finanzierungsprogramme zur Unterstützung der Anschaffung von Elektrobussen. Anreize für die Einführung von E-Bussen könnten sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subventionen (lokal, national, EU)</li> <li>• Steuerliche Anreize (niedrigere Steuern für Strom)</li> <li>• Zuschüsse</li> <li>• Grüne Anleihen</li> </ul> <p>Die Kosten für Autobatterien pro kWh sinken mit einer Rate von 9-12 % pro Jahr, was auch die Anschaffungskosten senken wird.</p>
Risiken der Batterienutzung	Die Lebensdauer der Batterien ist eines der Hauptanliegen der Geldgeber	<p>Verringern Sie das Risiko, indem Sie die verlängerte Garantie auf Batterieteile und die zweite Lebensdauer der Batterie berücksichtigen.</p> <p>In Zukunft könnten gebrauchte Batterien zusammen mit Photovoltaikanlagen zur Energiespeicherung in Gebäuden oder für Netzdienstleistungen eingesetzt werden.</p>
Wertminderung und Gesamtbetriebskosten	Wertminderungs- und Gesamtbetriebskosten-Modelle basieren auf dem spezifischen lokalen Kontext.	<p>Verlängerung des Leasingvertrags für den Bus auf die Lebensdauer des Busses, um die Abschreibung über die gesamte Lebensdauer des Busses zu verteilen..</p> <p>Die Erhöhung des Angebots wird als Nebeneffekt den Preis von E-Bussen und andere damit verbundene Kosten senken.</p>
Kosten und Installation der Ladeinfrastruktur	Investitionen in die Ladeinfrastruktur sind recht kostspielig, ebenso wie die damit verbundenen möglichen Kosten für die zusätzliche Infrastruktur der Stromnetze.	<p>Anpassung und Nutzung der Ladeinfrastruktur für andere Verkehrsarten, um die Kosten zu teilen, wie im ELIPTIC Grundsatzpapier*<sup>*</sup> erwähnt: E-Trucks, elektrische Privatbusse, E-Autos usw. Binden Sie die Netzbetreiber frühzeitig ein, um diese Kosten einzubeziehen.</p> <p>Intelligente Gebührenerhebung, um von dynamischen Preisen zu profitieren und an Netzdienstleistungen teilzunehmen.</p>



\*\* ELIPTIC. [Politische Empfehlungen: Elektrifizierung des öffentlichen Verkehrs in Städten.](#)



# STEUERUNG UND REGULIERUNG

## Herausforderungen für die Regierungen

Der europäische Kontinent hat sich nun verpflichtet, den Klimawandel zu bekämpfen, unter anderem durch das Erreichen einer Netto-Null-Gesellschaft bis spätestens 2050.

**Der Weg zu einer Netto-Null-Gesellschaft bedeutet den Übergang zu einer Gesellschaft, die sich durch stabile Preise und Sicherheit der Energieversorgung auszeichnet.**

Die Dekarbonisierung des öffentlichen Verkehrs wird ein Teil dieses Prozesses sein. Abgesehen von den nationalen Zielen für die Dekarbonisierung müssen die Städte die Notwendigkeit der Dekarbonisierung verstehen und wissen, wie dies geschehen kann.

Die lokalen Behörden kennen ihr Gebiet am besten und sind daher am besten dazu in der Lage, die besten Praktiken für ihre E-Bus-Projekte zu entwickeln.

Es gibt eine Vielzahl von Akteuren, die an E-Bussen beteiligt sind:

- Öffentliche Verkehrsbehörden (PTA);
- Öffentliche Verkehrsbetriebe (PTO);
- Hersteller (sowohl Bus- als auch Ladeinfrastruktur);
- Stromnetzbetreiber (DSO, TSO);
- Dienstleister für Wartung und Betrieb;
- Die Behörden sind für die Stadtplanung zuständig.

Aufgrund der Komplexität von E-Bussen müssen sich alle Beteiligten über ihre Rolle im Klaren sein. Grundsatzpapiere bieten einen guten Rahmen, auf den sich die Kommunalverwaltungen bei ihrer Arbeit stützen können.



Electric bus charging. © Getty images

## Politische Empfehlungen



Das technische und verwaltungstechnische Verfahren zur Planung der Gebühreninfrastruktur kann aufgrund der Beteiligung verschiedener Interessengruppen sehr komplex sein.

Ein klarer, hochrangiger Regulierungsrahmen und politische Unterstützung sind von größter Bedeutung, um E-Bus-Lösungen in größerem Umfang voranzutreiben. Die Empfehlungen der Elicit Policy\* sind ein Rahmenwerk, das verschiedene Interessengruppen in einer Stadt zusammenbringt. Der Rahmen bewertet verschiedene Ansätze für die Elektrifizierung des öffentlichen Verkehrs in Städten in ganz Europa und unterstützt eine Mehrzweck-Ladeinfrastruktur für den öffentlichen Verkehr, die kosteneffizienter ist und daher die Beschaffung von Elektrofahrzeugen für den öffentlichen Verkehr fördert.

\* ELIPTIC. [Policy Recommendations: electrification of public transport in cities.](#)

Ein Beispiel dafür, wo die **Eliptic-Strategie** bereits umgesetzt wurde, ist **Barcelona**. Die Stadt Barcelona hat 1,6 Mio. Einwohner; ist für ihr lebhaftes Straßenleben und ihre Tourismusindustrie bekannt und verfügt über ein breites Angebot an Bus- und Straßenbahnverbindungen.

Diese werden von zwei Organisationen betrieben: TMB (lokales Verkehrsunternehmen), das für die operative Tätigkeit und die Ausschreibungsaufgaben zuständig ist und CENIT (Forschungsinstitut), das alle anderen Aufgaben und Tätigkeiten koordiniert und kontrolliert.

Gemeinsam haben sie **zwei Arten von Ladeinfrastrukturen** implementiert, **die sich beide auf das Aufladen von E-Bussen unter Nutzung der bestehenden U-Bahn-Infrastruktur konzentrieren.**

Das erste Modell sieht eine **nächtliche Aufladung im Depot vor**, bei der die U-Bahnlinien nicht genutzt werden, während das zweite Modell eine **Schnellaufladung an Gelegenheitsladepunkten** auf der Strecke vorsieht, mit einer kurzen Aufladung über Nacht, um sicherzustellen, dass die Batterien zu Beginn des Tages voll aufgeladen sind.



© Semitan

## Risikomanagement

Eines der größten Risiken bei E-Bussen ist die Ungewissheit im Hinblick auf die Lebensdauer und Leistung der Batterien. Einige der oben genannten Geschäftsmodelle könnten dieses Risiko potentiell verringern.

Mehrere Parteien sollten zusammenarbeiten, um die Risiken zu teilen und gleichzeitig aus dem Prozess der Einführung von Elektrobussen zu lernen. Darüber hinaus ist es notwendig, **das Risiko im Ausschreibungsprozess zu senken**, indem die **Vertragsdauer und -verlängerungen des Dienstleistungs-/Betriebsanbieters sorgfältig definiert werden** und es ist ebenfalls wichtig, alle möglichen Szenarien abzudecken (z. B. steigende Wartungskosten, wenn die Busse altern, Batterien altern schneller als erwartet), um Vertrauen und Klarheit zu schaffen.



© Getty image



© Smart Cities Marketplace

## Erkenntnisse

Hindernisse		Vorgeschlagene Maßnahmen
<b>Fehlen eines klaren Rahmens</b>	Die Städte und Gemeinden verfügen nicht über einen klaren Regelungsrahmen oder legislative Befugnisse zur Einführung eines Regelungsrahmens für ein sauberes öffentliches Verkehrssystem.	Setzen Sie sowohl auf lokaler als auch auf nationaler Ebene einen klaren politischen/gesetzlichen Rahmen. Erwägen Sie die Einführung von Emissionsminderungszielen und Niedrigemissionszonen (mit öffentlicher Konsultation und weit im Voraus) und geben Sie ein klares Signal an potenzielle Investoren.
<b>Planung der Ladeinfrastruktur</b>	Bei der Planung der Ladeinfrastruktur im städtischen Kontext gibt es viele Ungewissheiten und Komplexitäten. Viele Faktoren müssen berücksichtigt werden: Ladestandorte, Ladezeiten, Batteriekapazität und die Verfügbarkeit von Ladegeräten	Klärung der Zuständigkeiten für die Elektrifizierung des öffentlichen Verkehrs zwischen den verschiedenen Akteuren auf politischer Ebene (Verkehr, Energie, Stadtplanung usw.).
<b>Verantwortung der Stakeholder</b>	Mobilität (Buslinien und Fahrpläne), Energie (Aufladung) und Raum (Aufladestandort) stehen in Wechselwirkung zueinander und es kann komplex sein, all die verschiedenen Aspekte bei der Planung zu berücksichtigen, und es braucht Zeit für die richtige Umsetzung.	Arbeiten Sie zusammen, um die Risiken zu teilen und gleichzeitig aus dem Prozess der Zusammenarbeit zu lernen. Ein Systemansatz ist wichtig: frühzeitige Einbeziehung der Beteiligten und Festlegung der entsprechenden Rollen.
<b>Ladeservice</b>	Die Qualität der Gebührenerhebung kann unter einem zu komplizierten Aufbau leiden, weil zu viele Akteure und komplexe Verfahren beteiligt sind.	Nutzung des Gebührenmodells als Dienstleistung, insbesondere bei der Organisation von Gelegenheitsgebühren. Richten Sie eine klare Schnittstelle zwischen Abrechnung und Betrieb ein und die Dienstleister kümmern sich um die Abrechnung, während die öffentliche Verkehrsgesellschaft die erforderlichen Daten bereitstellen sollte.
<b>Risiko</b>	Hohe Vorlaufkosten bedeuten ein hohes Risiko für die Busunternehmen.	Berücksichtigen Sie das Spektrum der verfügbaren Finanzierungsoptionen wie Zuschüsse, grüne Anleihen und Darlehen zu Vorzugsbedingungen.



**ALLGEMEINE  
ERKENNTNISSE**

## ALLGEMEINE ERKENNTNISSE

1. Die Städte sollten versuchen, mit Pilotprojekten zu beginnen, von bestehenden E-Bus-Einsätzen und deren Betrieb zu lernen, **Probleme zu erkennen, Lösungen zu finden und diese zu erweitern.**
2. Städte und Gemeinden sollten versuchen, **von realen Anwendungsfällen** der E-Bus-Einführung **zu lernen.** Viele Städte haben E-Busse in ihr öffentliches Verkehrssystem eingeführt. Es ist sinnvoll, Städte mit einer ähnlichen Typologie zu identifizieren und **von ihren Erfolgen und Herausforderungen zu lernen.**
3. **Risikominderung ist ein Muss.** Die mit der Lebenserwartung und der Zuverlässigkeit der Batterien verbundenen Risiken sollten vorhergesehen und während des Ausschreibungsverfahrens in den Vertrag aufgenommen werden, solche Risiken könnten durch vertragliche Vereinbarungen (z. B. Wartung, verlängerte Garantie auf Batterien) gesteuert werden. Ein klarer und detaillierter, risikofreier (oder risikobegrenzter) Geschäftsplan wird dazu beitragen, Geldgeber davon zu überzeugen, die erforderlichen Investitionen zu tätigen. Verschiedene Gesamtbetriebskosten-Berechnungen haben gezeigt, dass E-Busse rentabel sein können.
4. Für die Einführung von E-Bussen in einer Region ist ein klarer **regionaler, politischer Rahmen** erforderlich. Bei der Entscheidung über den E-Bus Typ (vollelektrisch, Hybrid), die Ladeinfrastrukturen und -strategien (Gelegenheitsladung, Nachtladung) ist ein **flexibler, aber systematischer Ansatz** entscheidend, der den lokalen Kontext und die spezifischen Dienstleistungsanforderungen berücksichtigt. Gleichzeitig wird ein optimiertes Verhältnis zwischen Ladeinfrastruktur und Bussen auch die Rentabilität des Systems erhöhen. Die Ladeinfrastruktur kann häufiger genutzt werden, wenn sie von verschiedenen Verkehrsträgern gemeinsam genutzt wird und somit können auch die Kosten geteilt werden. Ladestellen müssen unter Einbezug vieler verschiedener Interessengruppen gut geplant werden.
5. Die Erkundung verschiedener Optionen für die Finanzierung von E-Bussen (sowohl für die Anschaffungs- als auch für die Betriebskosten), wie z. B. die Verwendung von Zuschüssen, Darlehen zu Vorzugsbedingungen und grünen Anleihen, wird wahrscheinlich sowohl öffentliche als auch private Busbetreiber dazu ermutigen, eine E-Bus-Flotte anzuschaffen. Eine steigende Marktnachfrage nach E-Bussen wird auch die künftigen Kosten senken.
6. Die verschiedenen Interessengruppen müssen sich einigen und einen gemeinsamen Konsens über die Aufgaben und Zuständigkeiten erzielen. Koordinierung der Busbetreiber mit den Betreibern anderer elektrischer Infrastrukturen, städtischen Verkehrsbehörden und anderen Einrichtungen wie Forschungsinstituten. Wenn diese Akteure in einem klaren Rahmen zusammenarbeiten können, wird die Einführung des E-Busses effektiver und risikoärmer sein.

7. Nachfragebündelung und -aggregation könnten eine große Wirkung haben, während eine gemeinsame Beschaffung wichtig sein könnte, um die hohen Anschaffungskosten sowohl für E-Busse als auch für die Ladeinfrastruktur zu senken.
8. Es ist von großer Bedeutung, dass die PTO und/oder Dienstleister die Nutzung von E-Bussen überwachen und Betriebs- und Ladedaten erfassen sowie die Daten analysieren, um Erkenntnisse über den Busbetrieb zu gewinnen. Diese Informationen sollten zwischen den verschiedenen technischen Akteuren auf organisierte und strukturelle Weise ausgetauscht werden, um den Busbetrieb und die Abrechnungsprozesse ordnungsgemäß zu verwalten. Die Verbreitung dieser Daten könnte auch anderen Regionen bei der Einführung von E-Bussen helfen.
9. Öffentliche Verkehrsbehörden und -betriebe sollten flexibel sein, wenn es darum geht, aktuelle Busrouten oder Fahrpläne des öffentlichen Verkehrs anzupassen, um das Profil der E-Bus-Flotte besser auf die Ladezeit abzustimmen
10. Ein klarer Regelungsrahmen auf hoher Ebene und politische Unterstützung sind von größter Bedeutung, um die E-Bus-Lösung in größerem Umfang voranzutreiben, was die Nachfrage weiter anregen und das Angebot auf dem europäischen E-Bus-Markt steigern wird. Bewährte Praktiken können sehr wertvoll sein und die EU-Städte bei der Umstellung auf die Elektrifizierung des öffentlichen Verkehrs anleiten.



© Semitan



**NÜTZLICHE  
DOKUMENTE**

## NÜTZLICHE DOKUMENTE UND RELEVANTE BEISPIELE (AUF ENGLISCH)

### E-Bus-Politik und Informationen

- ↗ [European Urban Mobility Policy Context](#)
- ↗ [Smart choices for cities - Clean buses for your city](#)
- ↗ [Electric buses arrive on time - Marketplace, economic, technology, environmental and policy perspectives for fully electric buses in the EU](#)
- ↗ [Electric Buses in Cities - Driving Towards Cleaner Air and Lower CO<sub>2</sub>](#)
- ↗ [ZeEUS eBus Report – An updated overview of electric buses in Europe](#)
- ↗ [Zero Emissie Busvervoer Vlaanderen](#)
- ↗ [ELIPTIC Policy Recommendations - electrification of public transport in cities](#)
- ↗ [UITP - The Impact of Electric Buses on Urban Life](#)
- ↗ [Going electric - a pathway to zero-emission buses](#)
- ↗ [Decarbonising road transport The role of vehicles, fuels and transport demand](#)
- ↗ [European Clean Bus Deployment Initiative](#)
- ↗ [OPTIMOB - Decision support tool for bus line electrification](#)
- ↗ [ELIPTIC - E-Bus Decision Support Tool](#)
- ↗ [Optimob decision support tool for bus line electrification](#)

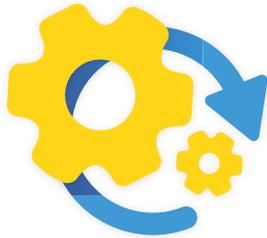
### Websites und Ergebnisse des Projekts „Intelligente Städte und Gemeinden“ zu E-Bussen

- ↗ [IRIS](#)
- ↗ [mySmartLife](#)
- ↗ [SmartEnCity.eu](#)
- ↗ [Triangulum](#)
- ↗ [REPLICATE](#)
- ↗ [REMOURBAN](#)
- ↗ [MAchUP](#)

## Smart Cities Marketplace

Der Smart Cities Marketplace ist ein großes, marktveränderndes Unternehmen, das von der Europäischen Kommission unterstützt wird und Städte, Industrie, KMU, Investoren, Forscher sowie andere Smart City Akteure zusammenbringt. Der Marketplace bietet einen Einblick in bewährte europäische SmartCityMa-nahmen, sodass Sie herausfinden können, welcher Ansatz zu Ihrem Smart City Projekt passen könnte.

[Entdecken Sie hier unsere digitale Broschüre.](#)



### Matchmaking

Der Matchmaking-Prozess des Smart Cities Marketplace unterstützt die Entwicklung, Einführung und Ausweitung von bewährten Lösungen in den Bereichen erneuerbare Energie, IKT-Lösungen und nachhaltiger Mobilität, um Gemeinden und Städten zu helfen, den Übergang zur Klimaneutralität zu beschleunigen.

[Investorennetzwerk](#)

[Aufruf zur Einreichung von Projekten](#)

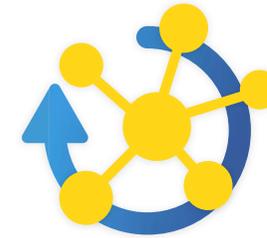
[Meisterklasse für Projektfinanzierung](#)



### Focus and Discussion groups

Fokusgruppen sind Arbeitsgemeinschaften, die aktiv an einer gemeinsam identifizierten Herausforderung im Zusammenhang mit dem Übergang zu Smart Cities arbeiten. Diskussionsgruppen sind Foren, in denen die Teilnehmer Erfahrungen austauschen, zusammenarbeiten, sich gegenseitig unterstützen und über ein bestimmtes Thema diskutieren können.

[Schwerpunkt- und Diskussionsgruppen  
Gemeinschaft](#)



### EU initiatives

Neben dem Smart Cities MarketplaceMarktplatz der intelligenten Städte gibt es eine Reihe weiterer EU-Initiativen, die sich darauf konzentrieren, die europäischen Städte zu besseren Orten zum Leben und Arbeiten zu machen.zu einem besseren Lebens- und Arbeitsumfeld zu machen.

[Andere EU-Initiativen](#)



# **E-BUS BROSCHÜRE**

Smart Cities Marketplace 2023

Der "Smart Cities Marketplace" wird von der Generaldirektion Energie der Europäischen Kommission verwaltet