Kommunale Elektromobilitätskonzepte Motivation und Hemmnisse bei der Einführung von Elektrobussen

Im Rahmen der Programmbegleitforschung Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV

Gefördert durch:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:

NOW
NOW-GMBH.DE

INHALT	SEITE

	Inhaltsverzeichnis	3
	Abkürzungsverzeichnis	4
1	**Einleitung**	**5**
2	**Ergebnisse / Erkenntnisse**	**8**
3	**Mustergliederung einer Machbarkeitsstudie**	**20**
4	**Steckbriefe ÖPNV-Elektrifizierungskonzepte**	**28**
5	**Steckbriefe Intermodale Schnittstelle**	**42**
6	**Weiterführende Informationen**	**54**
	Impressum	58

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

B+R	Bike-and-Ride
BEV	engl. Battery Electric Vehicle – batteriebetriebenes Elektrofahrzeug
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CEE	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment
CO_2	Kohlenstoffdioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FCEV	engl. Fuel Cell Electric Vehicle – Brennstoffzellenfahrzeug
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LIS	Ladeinfrastruktur
NO_x	Stickoxide
O-Bus	Oberleitungsbus
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P+R	Park-and-Ride
PKW	Personenkraftwagen
PM	engl. Particulate Matter – Feinstaub
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
TCO	engl. Total Cost of Ownership
WLAN	engl. Wireless Local Area Network – kabelloses lokales Netzwerk

1 Einleitung

Die Einführung von alternativen Antriebstechnologien im ÖPNV ist ist derzeit noch mit offenen Fragestellungen verbunden, die es vorab zu klären gilt. Wesentliche Herausforderungen sind die passende Technologieauswahl, die Integration in den betrieblichen Alltag und die Energiebereitstellung. Daher steht die Festlegung der Systemkonfiguration im Zentrum, was die Kombination aus einzusetzenden Fahrzeugen und der notwendigen Versorgungsinfrastruktur sowohl im Betriebshof als auch gegebenenfalls an der Strecke darstellt. Darüber hinaus sind auch die anfallenden Investitions- und Betriebskosten zu ermitteln und der zusätzliche Bedarf an Spezialwerkzeugen und entsprechender Mitarbeiterschulungen zu eruieren. Um sich mit diesen und weiteren Themen rund um die Einführung alternativer Antriebstechnologien strukturiert auseinanderzusetzen, sind Elektromobilitätskonzepte ein geeignetes Instrument. Sie untersuchen ganzheitlich die technische, betriebliche und wirtschaftliche Machbarkeit sowie die ökologische Vorteilhaftigkeit entsprechender Vorhaben. Im Falle eines positiven Untersuchungsergebnisses wird abschließend ein geeigneter Umsetzungsplan erstellt.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) motiviert durch finanzielle Unterstützung im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität zur Erstellung von Elektromobilitätskonzepten.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) motiviert durch finanzielle Unterstützung im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität zur Erstellung von Elektromobilitätskonzepten. Nach vier Förderaufrufen wurden ca. 200 kommunale Elektromobilitätskonzepte durch das BMVI bewilligt. Von diesen liegen insgesamt 21 ausgearbeitete Konzepte mit ÖPNV-Bezug vor. Zuwendungsempfänger sind Aufgabenträger, Verkehrsbetriebe und auch Wirtschaftsunternehmen.

Im Rahmen der Programmbegleitforschung Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV wurden die vom BMVI geförderten Elektromobilitätskonzepte mit ÖPNV-Bezug hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, Umsetzbarkeit und Verstetigung ausgewertet, um insbesondere Aussagen zu folgenden Aspekten zu liefern:

- Status Quo der Elektrifizierung im ÖPNV
- Motivationsfaktoren, Hemmnisse und Herausforderungen beim Übergang eines dieselbasierten innerstädtischen ÖPNV hin zu alternativ angetriebenen Bussen
- zweckmäßige Systemkonfigurationen und Betriebskonzepte
- Umsetzungsstrategie für die Flottenumstellung (Umsetzungsbeginn, Intervalle für Beschaffungshochlauf)
- Markthochlauf der Elektrifizierung im ÖPNV
- Angebot intermodaler Lösungen im Kontext eines alternativ angetriebenen ÖPNV

Es ist zwischen Elektromobilitätskonzepten mit Schwerpunkt ÖPNV und denjenigen, in denen der ÖPNV nur einen Teilbereich abdeckt, zu unterscheiden. Im Mittelpunkt der Untersuchung stehen die ÖPNV-Elektrifizierungskonzepte. Diese setzen sich detailliert mit den Fragestellungen rund um die Einführung alternativer Antriebstechnologien auseinander. Aussagen zur Gestaltung der intermodalen Schnittstelle im Kontext eines alternativ angetriebenen ÖPNV finden sich in den Konzepten wieder, die den ÖPNV als einen Teilbereich und Abschnitt in einer intermodalen Wegekette betrachten.

Die wesentlichen Informationen der Elektromobilitätskonzepte wurden als Steckbriefe aufbereitet. Die aus den Konzepten generierten Aussagen beziehen sich auf den Zeitraum der Konzepterstellung, der für die ausgewerteten Konzepte zwischen 2017 und 2019 liegt. In der Zwischenzeit wurden bereits einige Konzepte in Teilen umgesetzt und Elektrobusse eingeführt.

Auf Basis der Erkenntnisse dieser Untersuchung wurde eine Mustergliederung für Machbarkeitsstudien erstellt, welche Verkehrsunternehmen und Aufgabenträgern als Unterstützung bei der Gestaltung künftiger Umstellungskonzepte dienen soll.

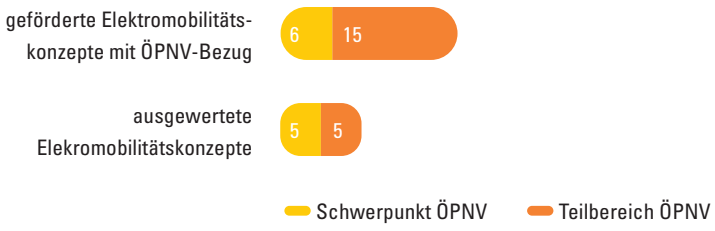


ABBILDUNG 1:
Ausgearbeitete Elektromobilitätskonzepte mit ÖPNV-Bezug

Auf Basis der Erkenntnisse dieser Untersuchung wurde eine Mustergliederung für Machbarkeitsstudien erstellt, welche Verkehrsunternehmen und Aufgabenträgern als Unterstützung bei der Gestaltung künftiger Umstellungskonzepte dienen soll.

2 Ergebnisse / Erkenntnisse

„Fast überall gibt es bereits [..] öffentliche Ladesäulen und Elektrofahrzeuge als Teil der kommunalen Flotte. Es fehlt in vielen Kommunen jedoch noch an Strategien und Verbindlichkeiten für den Aufbau von Elektromobilität.“[1]

STATUS QUO DER ELEKTRIFIZIERUNG IM ÖPNV

„Fast überall gibt es bereits [..] öffentliche Ladesäulen und Elektrofahrzeuge als Teil der kommunalen Flotte. Es fehlt in vielen Kommunen jedoch noch an Strategien und Verbindlichkeiten für den Aufbau von Elektromobilität.“[1] Dies gilt insbesondere für den ÖPNV.

Im Bestand sind die meisten Busbetriebe größtenteils dieselbasiert. Hybrid-, Erdgas- und Elektrobusse werden nur vereinzelt eingesetzt. Die mit der Umstellung des ÖPNV-Betriebs auf alternative Antriebstechnologien erwarteten Emissionsreduzierungen veranlassten Verkehrsbetriebe, Städte und Kommunen, sich im Rahmen von Machbarkeitsuntersuchungen dem Thema der Elektrifizierung des Busbetriebs intensiver zu widmen.

Generell stellen die Elektromobilitätskonzepte sowohl erstmalige Untersuchungen als auch auf bestehenden Konzepten oder Erfahrungen aufbauende Studien dar; es kann demnach zwischen Erst- und Folgekonzepten unterschieden werden. Insbesondere in Großstädten wurden bereits vorab theoretische Studien zum Einsatz alternativer Antriebstechnogien durchgeführt und erste praktische Erfahrungen aus dem Einsatz von Hybrid- oder Elektrobussen im Test- oder Linienbetrieb gesammelt. Diese Elektrifizierungskonzepte können auf ortsspezifische Vorkenntnisse zurückgreifen. Mittelstädte hingegen setzten sich im Rahmen der Elektromobilitätskonzepte erstmalig detailliert mit der Thematik elektromobiler Anwendungen im ÖPNV auseinander.

Die Untersuchungen wurden vorrangig für die Anwendung im Stadtverkehr durchgeführt. Sie betrachten sowohl die Umstellung des Gesamtliniennetzes als auch die Umstellung einzelner Linien. Es wurde der Einsatz aller relevanten Gefäßgrößen für Elektrobusse untersucht; in Mittelstädten wurde der Betrieb von Midi- und Solobussen und in Großstädten von Solo- und Gelenkbussen abgebildet.

1 Dr. Elisabeth Dütschke u. a., „Elektromobilität in deutschen Kommunen „Was ist Stand der Dinge?““, Vortrag beim 4. Themenfeldtreffen Begleitforschung „Vernetzte Mobilität“, 23.05.2019, Berlin, Folie 6.

MOTIVATIONSFAKTOREN

Die Hauptmotive für die Umstellung der Busflotte auf alternative Antriebstechnologien sind die geringe Umweltbelastung, die positive Öffentlichkeitswirkung und ein damit verbundener Imagegewinn, zum Teil die geringen Betriebskosten, die sich entwickelnde Vielfalt an serienreifen Bustypen und Energieversorgungssystemen sowie die durch Bund und Länder in Aussicht gestellte finanzielle Unterstützung bezüglich der Einführung von Elektrobussystemen.

Geringe Umweltbelastung

Die mit dem Elektrobusbetrieb erwarteten positiven ökologischen Effekte bestimmen entscheidend die Aktivitäten der Verkehrsbetriebe und Kommunen. Neben dem eigenen ökologischen Bewusstsein, einen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität leisten zu wollen, sollen mit der Umstellung des Linienbusverkehrs auf Elektrobusse auch die gesetzlichen Auflagen zur Reduzierung der Emissionen in den Innenstädten erfüllt werden.

Imagegewinn

Durch die Umstellung des Busbetriebs auf alternative Antriebstechnologien übernimmt der ÖPNV eine Vorbildfunktion innerhalb der Gesellschaft. Das ökologisch bewusste Handeln wird von der Allgemeinheit positiv bewertet und unterstützt das positive Image der Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger.

Geringe Betriebskosten

Die Verkehrsunternehmen erwarten gegenüber dem Referenzsystem Dieselbus deutliche Kostenvorteile in den Betriebskosten. Durch den Wegfall wartungs- und instandhaltungsintensiver Fahrzeugkomponenten, insbesondere durch den vereinfachten Antriebsstrang, wird zum Teil mit einem geringeren Wartungs- und Instandhaltungsaufwand und entsprechend geringeren Kosten gerechnet. Infolge des höheren Wirkungsgrades im Antriebsstrang sowie der Rekuperationsfähigkeit von Elektrobussen wird von einer höheren Energieeffizienz und somit geringeren Energiekosten pro Kilometer ausgegangen.

Vielfalt an serienreifen Bustypen und Energieversorgungssystemen

Durch die schrittweise Verbesserung der betrieblichen Verfügbarkeit von Elektrobussen und der Entwicklung einer immer größer werdenden Vielfalt an technologischen Lösungen im Bereich der elektrischen Antriebs- und Energiezuführungssysteme, die mittlerweile auf dem Markt verfügbar sind und zum Teil bereits Serienreife erlangt haben, sehen die Verkehrsbetriebe die Möglichkeit, den eigenen Betrieb adäquat abbilden zu können. Somit stellen sie sich vermehrt der Herausforderung, ein für sie geeignetes Betriebskonzept zu entwickeln und schrittweise umzusetzen.

Finanzielle Unterstützung

Die durch Bund und Länder in Aussicht gestellte finanzielle Unterstützung bei der Elektrobusbeschaffung sowie die geplante Abschaffung bzw. Reduzierung der EEG-Umlage auf Strom für die Elektrobusladung motiviert Verkehrsunternehmen und Kommunen, die Umstellung auf alternative Antriebstechnologien für ihren Anwendungsfall zu untersuchen.[2]

2 Senkung der EEG-Umlage bezüglich der Stromkosten für Elektrobusse seit 01.01.2021 in Kraft.

HEMMNISSE UND HERAUSFORDERUNGEN

Als grundlegende Hemnisse bei der Umstellung der Busflotte auf Elektrobusbetrieb werden folgende Aspekte gesehen: das komplexe Akteurs-Gefüge im ÖPNV, der hohe Planungsaufwand und der mit dem Elektrobusbetrieb gegebenenfalls verbundene hohe betriebliche Anpassungsbedarf, das geringe Angebot marktverfügbarer Produkte, die hohen Mehrkosten gegenüber Dieselbussen, die große Unsicherheit bezüglich der Fördermittelbereitstellung und die Ungewissheit gegenüber den tatsächlichen Betriebsergebnissen beim Elektrobuseinsatz.

Komplexes Akteurs-Gefüge im ÖPNV

Durch das komplexe Akteurs-Gefüge aus Aufgabenträger, Verkehrsbetrieb, ggf. Sub-Unternehmern, Trägern öffentlicher Belange und häufig dem Verkehrsverbund sind viele Meinungen und Perspektiven bei grundlegenden Entscheidungen über Änderungen des ÖPNV-Angebots, wie es die Umstellung vom dieselbasierten hin zum alternativ angetriebenen ÖPNV erfordert, zu berücksichtigen und gegeneinander abzuwägen.

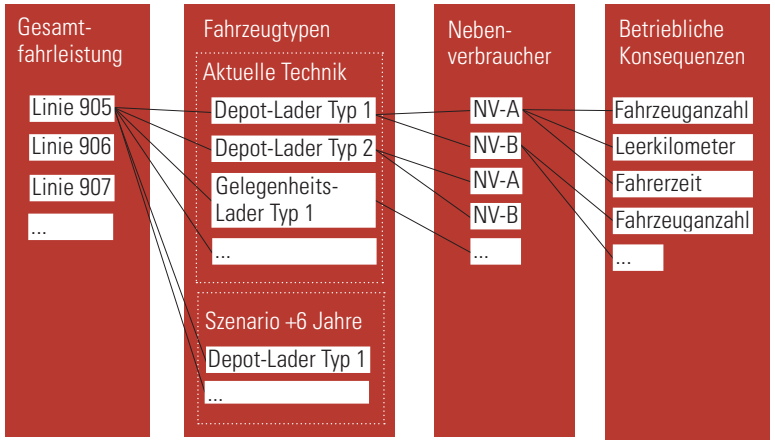


ABBILDUNG 2

Komplexität von Elektrifizierungskonzepten

Quelle: ebusplan, „Elektrobuseinsatz in Duisburg – Machbarkeitsstudie für das Bediengebiet der Duisburger Verkehrsgesellschaft AG", Abschlussbericht, 13.03.2018, Seite 26.

Hoher Planungsaufwand und hoher betrieblicher Anpassungsbedarf
Zudem schätzen die Akteure den Aufwand in der Konzeptstudien- und Projektplanungsphase sowie der Umsetzungsphase als hoch ein: Die Erarbeitung von Elektromobilitätskonzepten ist sehr komplex. Unter den Maßgaben betrieblicher, technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Kenngrößen ist ein für den Anwendungsfall optimales Einsatz- und Betriebskonzept zu entwickeln. Die Entscheidungsfindung und letztlich die Festlegung der geeigneten Technologie setzt umfangreiches Wissen voraus und wird daher als anspruchsvoll eingeschätzt. Der mit dem Elektrobusbetrieb verbundene notwendige betriebliche Anpassungsbedarf stellt eine weitere Herausforderung dar. Mit den derzeit verfügbaren Technologien können nur beschränkte Reichweiten erzielt werden. Um den dieselbasierten Busbetrieb adäquat ersetzen zu können, sind entsprechend betriebliche und technische Anpassungen erforderlich, die teilweise als zu umfangreich und wirtschaftlich nicht abbildbar eingeschätzt werden.

Geringes Angebot marktverfügbarer Produkte
Neben den Zuwendungsempfängern, die durch die Vielfalt an serienreifen Bustypen und Energieversorgungssystemen zur Umstellung auf alternative Antriebstechnologien motiviert werden, sehen andere noch nicht die Möglichkeit, mit den marktverfügbaren Produkten ihre spezifischen Bedürfnisse und betrieblichen Anforderungen zu erfüllen. Im Konkreten wird der Markteintritt der beiden marktführenden Dieselbusanbieter, MAN und EvoBus, erwartet[3].

3 EvoBus startete die Serienproduktion für batterieelektrische Stadtbusse im Herbst 2018, MAN im Herbst 2020. Darüber hinaus verfügen mittlerweile fast alle marktführenden Hersteller über einen serienreifen Solo-Elektrobus und auch erste Gelenk-Elektrobusse sind am Markt erhältlich.

Hohe Mehrkosten
Der gegenüber dem herkömmlichen Bussystem höhere Investitionsbedarf für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur wird als die generelle Herausforderung gesehen. Auch unter Einbeziehung von Fördermöglichkeiten bestehen teils beträchtliche Mehrkosten, die über die geringeren Betriebskosten zum Teil nicht ausgeglichen werden können.

Ungewissheit gegenüber den tatsächlichen Betriebsergebnissen
Die generellen Unsicherheiten gegenüber den in Aussicht stehenden Betriebskosteneinsparungen (hier liegen noch keine belastbaren Erfahrungswerte vor) hemmen einen Teil der Zuwendungsempfänger, Umsetzungsschritte festzulegen und mit der Umstellung zu beginnen.

Unsicherheit bezüglich der Fördermittelbereitstellung
Da die Umsetzung maßgeblich von der Finanzierung abhängig ist, sind die Akteure bestrebt, die existierenden Fördermöglichkeiten bestmöglich auszuschöpfen. Da das Elektrobussystem ein komplexes System, mit zum Teil auch unbekannten Komponenten, ist, sehen die Akteure sich teilweise nicht in der Lage, alle Systemkomponenten, die zur Förderung herangezogen werden können, konkret zu definieren und in den Kontext des Förderprogramms zu setzen. Sofern eine komplette Systemumstellung erfolgen soll, sind die Akteure teilweise gehemmt, den ersten Schritt in Richtung Elektrobuseinführung zu gehen, da dieses Vorhaben wirtschaftlich nur durch eine verbindliche Verfügbarkeit von Fördermitteln abbildbar ist und die benötigten Fördermittel zum Beginn der Systemumstellung nicht zugesichert werden können[4].

Generell ist festzustellen, dass die Einstiegshürden zur Elektrifizierung der Busflotte für Verkehrsbetriebe ohne U-Bahn- oder Straßenbahn-Netz höher sind als für Verkehrsbetriebe mit entsprechenden Angeboten.

4 Mit der technologieoffenen Förderrichtlinie für Busse mit alternativen Antrieben leistet das BMVI einen wichtigen Beitrag zur finanziellen Unterstützung bei der Einführung des Elektrobussystems. Gefördert werden soll sowohl die Beschaffung als auch die Umrüstung von Bussen einschließlich der für den Betrieb notwendigen Lade- und Tankinfrastruktur sowie Machbarkeitsstudien zur Umstellung auf alternative Antriebe. Insgesamt stehen dafür 1,255 Milliarden Euro bis 2024 zur Verfügung.

Außerdem:
Generell ist festzustellen, dass die Einstiegshürden zur Elektrifizierung der Busflotte für Verkehrsbetriebe ohne U-Bahn- oder Straßenbahn-Netz höher sind als für Verkehrsbetriebe mit entsprechenden Angeboten. Verkehrsbetriebe, die bereits strombetriebene Schienenverkehre betreiben, können beispielsweise bei der Werkstattausrüstung, dem Schulungsbedarf etc. auf bereits vorhandene Infrastrukturen und Systeme zurückgreifen.

Die herausgearbeiteten Motive, die das Verhalten der Akteure in Bezug auf die Einführung elektromobiler Antriebskonzepte beeinflussen, stellen zum Teil sowohl Motivations- als auch Hemmnisfaktoren dar. So veranlasst bspw. die Verfügbarkeit von Fördermitteln die Akteure, sich dem komplexen Thema der Elektrobuseinführung zu widmen und die Systemumstellung schrittweise aktiv zu verfolgen. Hingegen stellen Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Gewährung der Fördermittel, welche im Wettbewerb vergeben werden, gleichzeitig ein Hemmnis dar.

ZWECKMÄSSIGE SYSTEMKONFIGURATIONEN UND BETRIEBSKONZEPTE

Es wird ein Elektrobusbetrieb angestrebt, der den konventionellen Dieselbusbetrieb möglichst identisch abbildet. Dies ist durch den Einsatz von Depotladern am besten umsetzbar.

Da die derzeit am Markt verfügbaren Depotlader nur einen Betrieb mit täglichen Fahrleistungen von ca. 200 km abbilden können, sind betriebliche Maßnahmen, wie das Verkürzen von Umläufen, der Einsatz von Gelegenheitsladern oder der Mischbetrieb von Elektro- und Dieselbussen, umzusetzen.

Verkürzen von Umläufen

Die Umläufe mit täglichen Fahrleistungen über der Reichweite von Depotladern werden geteilt und die resultierenden Teilumläufe von zusätzlichen Fahrzeugen übernommen. Der zusätzliche Fahrzeugbedarf geht mit einem zusätzlichen Personalbedarf einher. Die Umlaufteilung wird als Option in Betracht gezogen, sofern äußere Zwänge – beispielsweise Beschränkungen in der Durchfahrtshöhe – der Umstellung auf Gelegenheitslader mit fahrzeugseitigem Pantografen entgegenstehen.

Einsatz von Gelegenheitsladern

Die Elektrobusse werden regelmäßig während ihres Einsatzes, beispielsweise in den Wendezeiten am Endpunkt, nachgeladen. Dafür ist zusätzliche Ladeinfrastruktur außerhalb des Betriebshofs erforderlich. Dieses Ladekonzept findet insbesondere in Großstädten Anwendung. Begründet in den hohen relativen Infrastrukturinvestitionskosten bezogen auf die geringe Anzahl eingesetzter Fahrzeuge pro Linie wird der Einsatz von Gelegenheitsladern in Mittelstädten verworfen.

Mischbetrieb

Der parallele Einsatz von Depotladern und Dieselbussen ist das in Mittelstädten bevorzugte Betriebskonzept.

Sofern eine Umstellung des Gesamtliniennetzes durchgeführt werden soll, stellt für die meisten Zuwendungsempfänger der Einsatz von Gelegenheitsladern, ausgestattet mit einer Hybridheizung, die geeignete Technologie dar. Im Vergleich zu Depotladern und den Heizungskonfigurationen vollelektrische Heizung und fossile Heizung weist der Gelegenheitsladereinsatz häufig die geringsten Mehrkosten gegenüber dem Dieselbusbetrieb auf. Der Vorteil der Hybridheizung mit einem fossilen Zusatzheizer liegt in der Reduzierung des Gesamtenergiebedarfs, der von der Batterie aufgebracht werden muss wodurch höhere Reichweiten ermöglicht werden.

Die für das Laden der Batteriebusse relevante Energiezuführungsform stellt die stationär-konduktive Ladung dar.

Durch einen zeitlich gestaffelten Beschaffungshochlauf können eine allmähliche Anpassung des Betriebs und die Umsetzung der für den Elektrobusbetrieb erforderlichen Maßnahmen durchgeführt werden.

UMSETZUNGSSTRATEGIE FÜR DIE FLOTTENUMSTELLUNG

Die geeignete Umsetzungsstrategie sieht die schrittweise Umstellung der Flotte auf Elektrobusbetrieb vor. Durch einen zeitlich gestaffelten Beschaffungshochlauf können eine allmähliche Anpassung des Betriebs und die Umsetzung der für den Elektrobusbetrieb erforderlichen Maßnahmen durchgeführt werden.

Die Ertüchtigung des Netzanschlusses zur Sicherstellung der für die Ladung der Elektrobusse notwendigen Netzanschlussleistung muss dabei adäquat zum Beschaffungshochlauf erfolgen. Um diese bereitzustellen, ist in der Regel ein Anschluss an das Mittelspannungsnetz bzw. bei Vorhandensein eines solchen die Ertüchtigung des Anschlusses notwendig. Für Ladeinfrastruktur an der Strecke ist grundsätzlich ein Anschluss ans Mittelspannungsnetz herzustellen.

Der Anpassungsbedarf der Buswerkstatt und der Qualifizierungsbedarf der Mitarbeiter sind unmittelbar abhängig von der gewählten Strategie und Wertschöpfungstiefe

ABBILDUNG 3

Dacharbeitsstand der Fahrzeugwerkstätten Falkenried GmbH

Quelle: FFG Fahrzeugwerkstätten Falkenried GmbH

hinsichtlich der Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Elektrobussen. Aufgrund der Hochvoltkomponenten bei Elektrobussen erfordert deren Wartung und Instandhaltung eine gesonderte Ausstattung und Ausrüstung der Buswerkstatt sowie Qualifizierungen der Mitarbeiter im Vergleich zu konventionell angetriebenen Bussen. Vorrangig sind Erstqualifizierungen und Erstbeschaffungen erforderlich. Nur teilweise kann auf bereits vorhandener Werkstattausrüstung sowie Erfahrungen im Umgang mit Hochvolttechnik aufgesetzt werden.

Die Umstellung des Busbetriebs auf alternative Antriebstechnologien ist mit erheblichen Investitionen verbunden. Zur Sicherung der Finanzierung wird das Einwerben von Fördermitteln beim Bund und/oder Land angestrebt. Deren Gewährung ist für alle Zuwendungsempfänger Voraussetzung für die Umsetzung der angestrebten Elektrobuseinführung. Doch auch die Finanzierung des Eigenanteils stellt viele Zuwendungsempfänger vor Herausforderungen und lässt sich nur schrittweise realisieren. Zum Zeitpunkt der Konzepterstellung fehlen langfristig angelegte Förderprogramme, die die schrittweise Umstellung der Busflotten unterstützen und somit den Verkehrsunternehmen eine dauerhafte finanzielle Planungssicherheit geben.[5]

Die im Rahmen der parallelen Begleitforschung „Vernetzte Mobilität“ intensiv betrachtete Sektorenkopplung[6] spielt für die Ersteller von Elektromobilitätskonzepten derzeit noch eine untergeordnete Rolle. Im Vordergrund stehen vorerst die Herausforderungen, die mit der Elektrifizierung verbunden sind.

5 Mit dem in der Förderrichtlinie für Busse mit alternativen Antrieben bis Ende 2025 festgelegten Zuwendungszeitraum greift das BMVI den Bedarf an langfristig bereitzustellenden Fördermitteln auf.

6 Sektorenkopplung: Das ist die Verbindungen der drei Sektoren Elektroenergie, Wärme und Verkehr. Im Rahmen der Elektrifizierung der Busflotte eröffnet sich für die Verkehrsbetriebe ein neues Geschäftsfeld: Statt weiterhin nur Stromabnehmer zu sein, können sie selbst Strom gewinnen, speichern und ggf. sogar Einspeiser werden.

MARKTHOCHLAUF DER ELEKTRIFIZIERUNG IM ÖPNV

Der angestrebte Markthochlauf des elektromobilen ÖPNV hängt generell von der Entwicklung der Fahrzeugkosten sowie der Batterietechnologie ab.

Entwicklung der Fahrzeugkosten

Eine Reduktion der Fahrzeugkosten ist erforderlich, um die wirtschaftlichen Herausforderungen, die derzeit mit der Elektrifizierung des ÖPNV verbunden sind, zu minimieren. Insbesondere der Beginn der Serienproduktion von Elektrobussen dürfte entsprechende Effekte mit sich bringen. Aus Sicht der Zuwendungsempfänger ist hierbei der Einstieg der beiden marktführenden Dieselbusanbieter EvoBus und MAN in den Elektrobusmarkt von entscheidender Relevanz.

Entwicklung der Batterietechnologie

Durch anhaltende Innovationssprünge in der Batterietechnologie – dies betrifft die Erhöhung der Energiedichte und der Lebensdauer – wird eine zunehmende Vergrößerung der Reichweite über die Batterielebensdauer von Depotladern erwartet. Damit wären künftig immer längere Umläufe mit Elektrobussen, die ähnlich Dieselbussen lediglich im Betriebshof über Nacht geladen („betankt“) werden, ohne aufwändige Anpassungen des Betriebsablaufs abbildbar.

Zur Stärkung des ÖPNV im Speziellen und des Umweltverbundes insgesamt sollte die Schnittstelle zwischen dem alternativ angetriebenen ÖPNV und weiteren Mobilitätsangeboten als attraktive und komfortable Mobilitätsstation gestaltet werden.

ANGEBOTE INTERMODALER LÖSUNGEN IM KONTEXT EINES ALTERNATIV ANGETRIEBENEN ÖPNV

Zur Stärkung des ÖPNV im Speziellen und des Umweltverbundes insgesamt sollte die Schnittstelle zwischen dem alternativ angetriebenen ÖPNV und weiteren Mobilitätsangeboten als attraktive und komfortable Mobilitätsstation gestaltet werden. Dabei werden verschiedene intermodale Angebote an einem Standort vereint.

Unter der Maßgabe eines kurzfristigen Umsetzungszeitraums sollte eine Mobilitätsstation nach Möglichkeit Verknüpfungspunkte zum (alternativ angetriebenen) ÖPNV, zu Leihfahrrädern, E-Bikes und Pedelecs sowie zum Car-Sharing bieten. Die Erweiterung der Mobilitätsstation in ihrer Funktion als Mobilitätsschnittstelle um Informationssysteme, wie WLAN und Live-Informationen zu Vor-Ort-Angeboten, erhöht die Akzeptanz und Attraktivität.

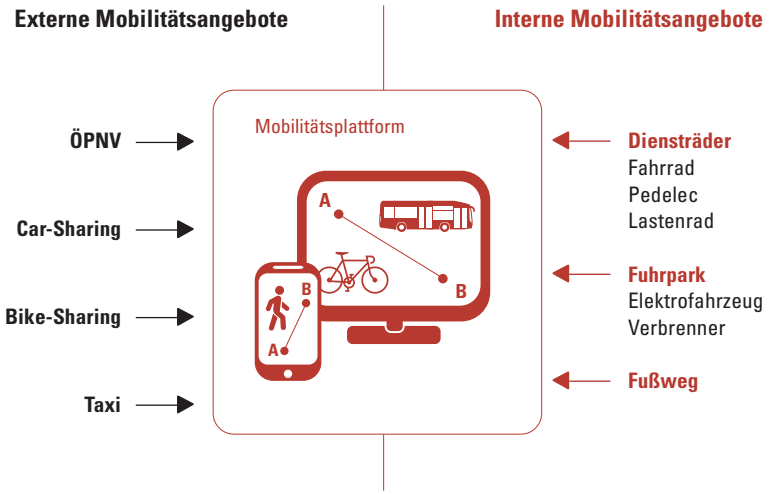


ABBILDUNG 4
Mobilitätsplattformen zur Stärkung intermodalen Reisens

Quelle: in Anlehnung an Mobilitätswerk GmbH, „Kommunales Elektromobilitätskonzept für die Hansestadt und den Landkreis Lüneburg“, Seite 75.

ABBILDUNG 5:
Mobilitätsstele in Dresden

Quelle: VCDB

Mobilitätsstationen dienen zugleich als Werbeträger für die angebotenen Dienstleistungen und die neue Form der Mobilität. Dies betrifft neben den konkreten Fahrgast- und Angebotsinformationen auch die bauliche Ausgestaltung der Stationen. Über das Design kann die Zusammengehörigkeit der Angebote kommuniziert werden. In Betracht kommen sowohl ein Corporate Design für die Mobilitätsstationen als auch ein gemeinsames Branding aller angeschlossenen Mobilitätsangebote. Dies erhöht den Wiedererkennungswert der Angebote und fördert die Sichtbarkeit der intermodalen Angebote als gemeinsame Marke.

Weitere populäre Möglichkeiten zur Stärkung des intermodalen Reisens sind gemeinsame Buchungs- und Abrechnungsplattformen sowie integrierte Tickets der kombinierten Mobilitätsangebote oder auch gezielte Marketingmaßnahmen.

Gemeinsame Buchungs- und Abrechnungsplattformen

Eine gemeinsame Buchungs- und Abrechnungsplattform erleichtert das intermodale Reisen sehr, da nach einmaliger Registrierung verschiedene Mobilitätsangebote unkompliziert kombiniert werden können. Für die konkrete Ausgestaltung der Plattform gibt es grundsätzlich zwei Varianten, die sich darin unterscheiden, welche Mobilitätsangebote integriert werden: Der Nutzung ausschließlich an die Mobilitätsstation angebundener Angebote steht die offenere Gestaltung auch für weitere Angebote, die nicht Teil der Mobilitätsstationen sind, wie beispielsweise Ride-Sharing, gegenüber.

Integrierte Tickets

In direktem Zusammenhang mit der gemeinsamen Buchungs- und Abrechnungsplattform stehen integrierte Tickets. Diese ermöglichen die Nutzung verschiedener Mobilitätsangebote mit nur einem Ticket. Ähnlich den Verbundtickets im ÖPNV werden beispielsweise Bike-Sharing- und ÖPNV-Ticket kombiniert.

Gezielte Marketingmaßnahmen

Gezielte Marketingmaßnahmen zur Information über die intermodalen Angebote tragen ebenfalls zur Stärkung von deren Nutzung bei: Die Möglichkeiten dafür reichen von Informationsangeboten in Online- und Printmedien bis hin zu Beratungsangeboten beispielsweise im Kundencenter der Verkehrsbetriebe oder der Organisation von Informationstagen zur Elektromobilität. Als essentiell sind Informationsangebote beim direkten (Erst-)Kontakt mit dem Kunden an den intermodalen Schnittstellen anzusehen.

Als weitere Ansätze zur Attraktivitätssteigerung intermodaler Angebote werden genannt:

- der Ausbau als E-Mobilitätsstation durch Erweiterung der Mobilitätsstation um Ladeinfrastruktur,
- die flächendeckende Schaffung sicherer Fahrradabstellanlagen,
- der Ausbau von Verkehrsanlagen, wie beispielsweise Fuß- und Radwege,
- die Errichtung von Schließfächern und Fahrradreparaturstationen an den Mobilitätsstationen,
- die Einrichtung von Paketstationen in unmittelbarer Nähe der Mobilitätsstationen,
- die Errichtung von überdachten/beheizten Aufenthaltsräumen im Umfeld der Mobilitätsstationen sowie
- die Einrichtung von Verpflegungsmöglichkeiten an Mobilitätsstationen, beispielsweise in Form von Snackautomaten.

3 Mustergliederung einer Machbarkeitsstudie

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wird die Umsetzungsfähigkeit eines Projektvorhabens unter bestehenden Rahmenbedingungen untersucht. Im Folgenden ist ein Vorschlag für eine Mustergliederung dargestellt, mit der alle relevanten Arbeitsschritte vollzogen werden können, um zu einer umsetzungsorientierten Machbarkeitsstudie zu gelangen.

Nach einer Erfassung der spezifischen, im Untersuchungsgebiet zu beachtenden Rahmenbedingungen erfolgt die Bewertung des Elektrobuseinsatzes unter betrieblichen, technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten.

Auf Grundlage einer Energiebilanzierung und Umlaufbewertung wird ein Elektrobussystem konfiguriert, welches optimal den bestehenden Betrieb durch Elektrobusse abbildet. Für jene Umläufe, die gemäß der Energiebilanzierung nicht mit der gewählten Systemkonfiguration abbildbar sind, werden infrastrukturelle und/oder betriebliche Maßnahmen aufgezeigt sowie hinsichtlich ihrer Eingriffstiefe und ihres Umsetzungsaufwands bewertet.

Im Ergebnis liegt ein Vorschlag für ein Betriebskonzept einer künftigen Elektrobusflotte vor.

Zudem werden die betriebswirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Systemumstellung quantifiziert. Darauf aufbauend wird ein Umstellungskonzept erarbeitet, welches Anforderungen und Handlungsanweisungen für die erfolgreiche Einführung des Elektrobussystems in Bezug auf die Ausstattung der Elektrobusse und der entsprechenden Ladeinfrastruktur aufzeigt.

MUSTERGLIEDERUNG MACHBARKEITSSTUDIE

1. Grundlagen
1.1 Hintergrund und Zielsetzung
1.2 Technologische Grundlagen
1.3 Energiezuführung
1.4 Technologievergleich
1.5 Untersuchungsgegenstand
2. Elektrifizierungskonzept
2.1 Verkehrlich-technische Betrachtung
2.2 Ökonomische Betrachtung
2.3 Ökologische Betrachtung
3. Umstellungskonzept
3.1 Betriebs- und Einsatzkonzept
3.2 Fazit und Handlungsempfehlung

1. GRUNDLAGEN

1.1 Hintergrund und Zielsetzung

Ausgangslage	- Unternehmenseinstufung
	  - Groß-/Mittel-/Kleinunternehmen
	  - Fuhrparkgröße
	  - Bediengebiet
	  - Linienanzahl
	- Bisheriger Technologieeinsatz
	- Bislang durchgeführte Untersuchungen/Studien

Zielsetzung	- Ziele (technische, betriebliche, wirtschaftliche, ökologische) - Motivation - Erwartungshaltung - Angestrebter Umsetzungsplan

1.2 Technologische Grundlagen

Elektrische Antriebskonzepte	- Analyse Elektrobustypen (BEV, FCEV, Hybrid, O-Bus) - Konfigurationsmöglichkeiten Elektrobus

Bewertung der Antriebskonzepte	- Vergleich und Bewertung von BEV, FCEV, Hybrid und O-Bus nach
	  - Speicher
	  - Infrastruktur
	  - Lade-/Tankzeit
	  - Reichweite
	  - Flexibilität
	  - Lebensdauer
	  - Kosten
	  - Sicherheit
	  - Marktreife

1.3 Energiezuführung

Elektrische Energiezuführung	- Analyse von Technologien zur stationär konduktiven und dynamisch konduktiven Ladung (Plug-In-System, Docking-System, Ladepunkt Oberleitung, Oberleitung dynamisch, Induktionsschleife/Pick-Up)
Chemische Energiezuführung	- Analyse von Technologien zur chemischen Energiezuführung (Wasserstoff, Erdgas)
Bewertung der Energiezuführung	- Vergleich und Bewertung

1.4 Technologievergleich

Wirkungsgradkette	- Ermittlung der energetischen Effizienz als Well-to-Wheel-Betrachtung (von der Erzeugung bis zum Antrieb) - Betrachtung und Vergleich aller / ausgewählter Technologien

Wirtschaftlichkeit	- Einmalige und laufende Kosten:
	  - Anschaffungskosten Fahrzeug
	  - Kosten für Lade- bzw. Tankinfrastruktur (Betriebshof, ggf. Strecke)
	  - Energiekosten und weitere Betriebskosten
	  - Betrachtung und Vergleich aller / ausgewählter Technologien
	  - Betrachtungszeitraum: Lebensdauer Elektrobus

Umweltbewertung	- Umwelteffekte und Umweltkosten (Treibhausgase, Stickoxide, Feinstaub) - Betrachtung und Vergleich aller / ausgewählter Technologien

1.5 Untersuchungsgegenstand

Festlegung bevorzugte Technologie	- Fahrzeugkonzept - Energiezuführungskonzept - Lade- und Tankkonzept

Untersuchungsgegenstand	- Untersuchungsumfang und -anforderungen:
	  - Linien (gesamtes Liniennetz, spezifische Linien)
	  - Betriebliche Anforderungen
	  - Technische Anforderungen

2. ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

2.1 Verkehrlich-technische Betrachtung

Festlegung Lade-/ Tankregime	- Festlegung des für den Anwendungsfall geeigneten Ladekonzeptes (Depotlader, Gelegenheitslader) bzw. Tankkonzeptes (Wasserstoffbus) - Analyse der Liniendaten (Fahrplandaten-/Umlaufdaten), betrieblicher Kenngrößen, Energiebilanzierung, ggf. Umlaufplanung - Ggf. Ermittlung der Ladepunkte für Zwischenladung

Festlegung Fahrzeugkonfiguration	- Festlegung der für den Anwendungsfall geeigneten Fahrzeugkonfiguration und Auslegung des Energiespeichers (Batterie, Wasserstoffdruckspeicher)
	- Gewichts- und Energiebilanzierung in Abhängigkeit der Konfigurationsparameter und des Gesamtenergiebedarfs:
	  - Festlegung der Konfigurationsparameter: Fahrgastkapazität, Fahrzeugauflastung, Heizungs- und Klimatisierungskonzept
	  - Ermittlung des Gesamtenergiebedarfs unter Berücksichtigung betrieblicher, streckenspezifischer, fahrzeugkonfiguratorischer Faktoren

Bewertung der technisch-betrieblichen Umsetzungsfähigkeit	- Bewertung der technisch-betrieblichen Machbarkeit
	  - Aufzeigen elektrifizierbarer Umläufe
	  - Aufzeigen notwendiger betrieblicher Anpassungen

Festlegung der Wasserstoffinfrastruktur	- Festlegung des geeigneten Tankstellenkonzepts in Abhängigkeit von:
	  - Täglichem Wasserstoffbedarf
	  - Betankungszeiten
	  - Vorzuhaltender Betriebsreserve
	  - Betrieblicher Redundanz

Festlegung der Ladeinfrastruktur	- Festlegen des geeigneten Energiezuführungssystems in Abhängigkeit von:
	  - Technischer Umsetzbarkeit
	  - Realisierbarkeit im angestrebten Zeitraum
	  - Energieverbrauch
	  - Energieeffizienz
	  - Kosten

Festlegung Betriebs- und Einsatzkonzept	- Erarbeitung eines Betriebskonzepts mit seiner jeweiligen technischen Konfiguration einer künftigen Elektrobusflotte - Konzept als Grundlage für alle weiterführenden ökonomischen, ökologischen, technischen und betrieblichen Betrachtungen - Ggf. Aufzeigen von Maßnahmen, die zur Abbildung des elektrischen Busbetriebs zu ergreifen sind - Bewertung der notwendigen infrastrukturellen und/oder betrieblichen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Eingriffstiefe und ihres Umsetzungsaufwands

2.2 Ökonomische Betrachtung

Ermittlung Investitionskosten	- Investitionskosten Elektrobussystem (€):
	  - Fahrzeug: Grundfahrzeug, Fahrzeugausrüstung, Energiespeicher
	  - Lade- bzw. Tankinfrastruktur (Betriebshof, ggf. Strecke)
	  - Sonstiges: Werkstattausrüstung, Schulungskosten Fahr- und Werkstattpersonal, sonstige Projektkosten
	- Kostenbetrachtungen:
	  - Mehr-/ Minderkosten zum Referenzbus: Kostenvergleich zwischen Elektro- und Referenzbus
	  - Förderung: Kostenvergleich ohne/mit Förderung

Gesamtkostenbetrachtung TCO	- Durchschnittliche Betriebs- und Investitionskosten Elektrobussystem (€/km):
	  - Fahrzeug: Investition Grundfahrzeug, Investition Traktionsausrüstung, Verkaufserlös Fahrzeug, Erst- und Ersatzinvestitionen Energiespeicher bzw. Brennstoffzelle, Restwert Energiespeicher bzw. Brennstoffzelle, Instandhaltung Fahrzeug, Retrofit Fahrzeug, Reservefahrzeug
	  - Infrastruktur: Investition Infrastruktur, Investition Werkstatt, Instandhaltung Infrastruktur
	  - Betriebskosten Strecke: Fahrpersonal, Energiekosten (Elektroenergie für Nachladung und/oder Wasserstofftankstellenbetrieb, Wasserstoffkosten, Heizkosten)
	  - Sonstiges: Schulungen, Werkstattausrüstung, Projektkosten
	- Kostenbetrachtungen:
	  - Förderung: Kostenvergleich ohne/mit Förderung
	  - Betrachtungszeitraum: gemäß Einsatzzeit Referenzbus, gemäß Einsatzzeit Elektrobus
	  - Kostenentwicklungsszenarien: best case, middle case, worst case
	  - Mehr-/ Minderkosten zum Referenzbus: Kostenvergleich zwischen Elektro- und Referenzbus

2.3 Ökologische Betrachtung

Berechnung der Energiemengen	- Well-to-Tank: Erfassung des Energieverbrauchs der Kraftstoffbereitstellung - Tank-to-Wheel: Erfassung des Energieverbrauchs des Fahrzeugbetriebes - Well-to-Wheel: Summe aus Well-to-Tank und Tank-to-Wheel
Ausweisung von Umwelteffekten	- Treibhausgasemissionen: Kohlenstoffdioxid (CO_2)-Äquivalente - Luftschadstoffemissionen: Kohlenstoffmonoxid CO, Kohlenwasserstoffe HC, Stickoxide NO_x, Feinstaub PM - Lärmemissionen
Ermittlung von Umweltkosten	- Schadenskosten - Vermeidungskosten

3. UMSTELLUNGSKONZEPT

3.1 Betriebs- und Einsatzkonzept

Aufzeigen der für den Anwendungsfall optimalen Systemkonfiguration	- Aufzeigen der für den Anwendungsfall ermittelten optimalen Systemkonfiguration
Festlegung der Einsatzbedingungen	- Festlegen der erforderlichen betrieblichen Einsatzbedingungen

3.2 Fazit und Handlungsempfehlungen

Umsetzungsstrategie	- Entwicklung einer Umsetzungsstrategie für schrittweise Umstellung des Gesamtbetriebs - Festlegung von Umstellungsphasen und -umfängen für die Beschaffung von Fahrzeugen, Tank-/ Ladeinfrastruktur und Planungssystemen unter Berücksichtigung des Fahrzeugerneuerungsplans - Definieren von Maßnahmen und Festlegen des Umsetzungszeitraums zur Ertüchtigung der Werkstätten und der Qualifizierung der Mitarbeiter auf den geplanten Elektrobusbetrieb - Definieren des weiteren Handlungsbedarfs

4 ÖPNV-Elektrifizierungskonzepte

Die im Rahmen der Programmbegleitforschung ausgewerteten ÖPNV-Elektrifizierungskonzepte sollen Aussagen zu folgenden Aspekten liefern: der Wissensbasis, dem Untersuchungsumfang, der betrachteten Flottengröße, der Ergebniserwartung, der Art der favorisierten Komponenten des Elektrobussystems, der Flexibilität im Umgang mit Abweichungen von den eingangs der Untersuchung gesetzten Zielen und Anforderungen sowie der Art der Ergebnisverwertung hinsichtlich Systementscheidung und Umsetzungsplan.

Letztlich lassen sich die Aussagen nach der Größe des Einsatzgebietes clustern: Mittelstädte versus Großstädte.

MITTELSTÄDTE

Wissensbasis

Insbesondere Mittelstädte setzen sich im Rahmen der Elektrifizierungskonzepte erstmalig mit der Thematik elektromobiler Anwendungen im ÖPNV auseinander und können nicht auf Vorkenntnisse zurückgreifen. D. h. es wurden bislang keine Voruntersuchungen durchgeführt; praktische Erfahrungen aus dem Einsatz von Elektrobussen im eigenen Betrieb liegen ebenso nicht vor.

Untersuchungsumfang

Einleitend wird daher häufig eine allgemeine Grundlagentechnologiebetrachtung und Marktrecherche durchgeführt, die einen Überblick zum Stand der Technik von Fahrzeugen und Versorgungsinfrastruktur sowie eine Einschätzung über die auf dem Markt verfügbaren und ggf. bereits etablierten Produkte liefert. Darauf aufbauend werden entweder systemoffene Technologiestudien oder Konzepte für ein definiertes Elektrobussystem (bzgl. Antriebstechnik und Energieversorgungssystem) zur Bewertung der Anwendbarkeit im eigenen Netz erstellt.

Betrachtete Flottengröße

Da Mittelstädte generell ein kleineres Bediengebiet aufweisen, wird im Rahmen dieser Untersuchungen ein geringerer Fahrzeugumfang für die Umstellung auf alternative Antriebstechnologien betrachtet.

Ergebniserwartung

Angestrebt wird in erster Linie ein Elektrobusbetrieb, der den konventionellen Busbetrieb möglichst identisch abbildet bzw. mit den geringsten betrieblichen Anpassungen gegenüber diesem einhergeht. Favorisiert wird der Einsatz batterieelektrischer Busse, die mit ausschließlicher Nachladung im Betriebshof (Depotladung) einen Tagesumlauf sicherstellen können.

Favorisierte Komponenten des Elektrobussystems

Im Ergebnis der Untersuchungen erweisen sich Depotlader mit Hybridheizungen als geeignetste Ausführung, um den betrieblichen Anforderungen gerecht zu werden. Die Ladung der Fahrzeuge erfolgt über Plug-In-Systeme (Stecker). Die Depotlader sollen im Mischbetrieb mit Dieselbussen eingesetzt werden.

Flexibilität

Abweichungen von den an den Elektrobusbetrieb gestellten Anforderungen, dies betrifft insbesondere das Festhalten an den bestehenden betrieblichen Abläufen, wird nicht flexibel begegnet, sondern sie werden als Hemmnis gegenüber der Einführung alternativer Antriebstechnologien aufgefasst.

Systementscheidung und Umsetzungsplan
Im Ergebnis der Konzepte für Mittelstädte wird eine grundsätzliche Aussage zur Umsetzungsfähigkeit des untersuchten spezifischen Anwendungsfalls getroffen. Konkrete Umsetzungsschritte werden nicht festgelegt. Es sollen weitere Marktbeobachtungen hinsichtlich technischer und preislicher Weiterentwicklungen sowie zusätzliche Untersuchungen folgen. Insbesondere wird eine Weiterentwicklung der Speichertechnologie zur Erhöhung der erzielbaren Reichweite erwartet.

GROSSSTÄDTE

Wissensbasis
In Großstädten wurden bereits vorab theoretische Studien zum Einsatz alternativer Antriebstechnogien durchgeführt und erste praktische Erfahrungen aus dem Einsatz von Hybrid- oder Elektrobussen im Test- oder Linienbetrieb gesammelt.

Untersuchungsumfang
Darauf aufbauend kann der Untersuchungsgegenstand sehr konkret, d. h. umsetzungsnah, abgesteckt werden. Im Rahmen der Elektromobilitätskonzepte sollen die spezifischen Parameter zur Auslegung der Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur für die Umstellung des Gesamtliniennetzes auf Elektrobusbetrieb bestimmt und eine entsprechende Umsetzungsstrategie definiert werden.

Betrachtete Flottengröße
In Großstädten wird ausschließlich die Umstellung des gesamten Liniennetzes betrachtet. Aufgrund der Größe der bedienten Gebiete ist daher der Fahrzeugumfang, welcher für die Umstellung zu betrachten ist, deutlich höher als in Mittelstädten.

Ergebniserwartung
Natürlich wird auch in Großstädten ein Elektrobusbetrieb angestrebt, der den konventionellen Dieselbusbetrieb möglichst identisch abbildet und nur geringe betriebliche Anpassungen erfordert. Doch im Gegensatz zu den Mittelstädten sieht man hier die Gelegenheitsladung als geeignetere Ladestrategie an. Depotlader werden nur eingesetzt, wo es aufgrund äußerer Randbedingungen wie einer beschränkten Durchfahrtshöhe unmöglich ist, Gelegenheitslader mit fahrzeugseitigem Pantografen und dadurch höherem Aufbau einzusetzen.

Favorisierte Komponenten des Elektrobussystems
Auch für die Gelegenheitslader wird im Ergebnis der Untersuchungen die Konfiguration mit Hybridheizung empfohlen. Das Kontaktsystem zur Ladung wird stets als Docking-Station (infrastrukturseitig) und Pantograf (fahrzeugseitig) ausgeführt, um einen automatisierten Nachladevorgang zu ermöglichen.

ABBILDUNG 7
Standorte der ausgewerteten ÖPNV-Elektrifizierungskonzepte

Quelle: freevectormaps

Flexibilität
Abweichungen von den zu Beginn der Untersuchung gestellten Anforderungen wird vergleichsweise flexibel begegnet. Sie werden im Sinne einer Systementscheidung akzeptiert.

Systementscheidung und Umsetzungsplan
Im Ergebnis der Untersuchungen werden konkrete Umsetzungspläne herausgearbeitet, die den Prozess zur Umstellung auf einen Elektrobusbetrieb für das Gesamtliniennetz über Jahre hinweg detailliert skizzieren.

Ingelheim am Rhein

Ingelheim am Rhein

ÖPNV-ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

Alternative Antriebe im Stadtbusverkehr der Stadt Ingelheim am Rhein

Unternehmens-/ Gebietsgröße	Großunternehmen / Mittelstadt
Bisherige Erfahrungen	- Keine praktischen Erfahrungen aus Hybrid- und/oder Elektrobuseinsatz vorhanden - Keine Untersuchungen zu alternativen Antriebskonzepten durchgeführt
Zielsetzung	Technologieoffene Untersuchung
Untersuchte Linien	Gesamtliniennetz, 6 Linien
Untersuchte Ladestrategie	Depotladung, stationär konduktiv
In Erwägung gezogene betriebliche Anpassungen für Umstellung auf E-Betrieb	- Zwischenladung - Mischbetrieb von Diesel- und Elektrobussen - Erhöhung des Fahrzeugeinsatzes - Erhöhung des Personaleinsatzes
Grundlagentechnologie-betrachtung	Diesel, BEV, Hybrid, Erdgas, FCEV
Marktrecherche	Solo- und Midibusse
Notwendige betriebliche Anpassungen	- Zwischenladungen am Busbahnhof oder zusätzlicher Einsatz von Dieselbussen - Optimierung der Fahr- und Umlaufplanung - Erstqualifizierung des Personals - Erstbeschaffung der notwendigen Werkstattausrüstung

Erforderliche Infrastruktur	- Anzahl der Ladepunkte und Höhe der Ladeleistung nicht angegeben
	- Auf dem Betriebshof:
	  - Ausbau des vorhandenen Netzanschlusses
	  - Erhöhung der Netzanschlusskapazität und Errichtung zusätzlicher Trafostation

Kostenvergleich	- 1,9- bis 3,2-fach höhere Investitionskosten für Batteriebusse gegenüber Dieselbussen - statistischer Amortisationszeitraum ohne Förderung z. T. über 30 Jahre; mit 40 % Förderung ca. 12 bis 18,5 Jahre möglich
Öko-Bilanzierung	- 40 bis 50 % geringerer Energieverbrauch - CO_2-Einsparungen um 66 bis 88 % bei Batteriebusbetrieb gegenüber Dieselbusbetrieb bei Bezug von klimaneutralem Strom - Betrachtungsmethode (Well-to-Wheel / Well-to-Tank) jeweils nicht definiert

Systementscheidung
Offen zwischen Batterie- und Hybridbus

Fazit
- Kein Umsetzungsplan festgelegt
- Zwischenladung zu aufwendig und teuer
- Mischbetrieb aufgrund fehlender Fördermöglichkeiten sowie hoher Verbrauchs- und Wartungskosten nicht favorisiert

Weitere Schritte
- Durchführen weiterführender Untersuchungen für Systementscheidung angestrebt
- Durchführen weiterer Marktbeobachtung und Bewertung der technischen Reife mit Blick auf Anwendbarkeit in Ingelheim am Rhein

Erkelenz

ÖPNV-ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

Elektrobuseinsatz in Erkelenz – Elektrifizierung der ErkaBus

Unternehmens-/ Gebietsgröße	KMU / Mittelstadt
Bisherige Erfahrungen	- Keine praktischen Erfahrungen aus Hybrid- und/oder Elektrobuseinsatz vorhanden - Keine Untersuchungen zu alternativen Antriebskonzepten durchgeführt
Zielsetzung	Batteriebuseinführung
Untersuchte Linien	1 Linie
Untersuchte Ladestrategie	Depotladung, stationär konduktiv
In Erwägung gezogene betriebliche Anpassungen für Umstellung auf E-Betrieb	- Zwischenladung - Depotaufenthalt für Zwischenladung - Mischbetrieb von Diesel- und Elektrobussen - Erhöhung des Personaleinsatzes
Grundlagentechnologie-betrachtung	Wird nicht durchgeführt
Marktrecherche	Mini- und Midibusse
Notwendige betriebliche Anpassungen	- Depotaufenthalt für Zwischenladung und währenddessen Einsatz eines Dieselbusse - Integration des Depotaufenthalts in Umlaufplanung - Erhöhung des Personaleinsatzes - Erstqualifizierung des Personals - Erstbeschaffung der notwendigen Werkstattausrüstung

Erforderliche Infrastruktur	- Auf dem Betriebshof:
	  - 1 Ladepunkt (44 kW)
	  - Kein Ausbau des vorhandenen Netzanschlusses erforderlich
	- Wallbox, CEE-Anschluss

Kostenvergleich	- 1,9-fach höhere Investitionskosten für Mini-Batteriebus gegenüber Mini-Dieselbus - Amortisationszeitraum nicht angegeben - 1,1-fach höhere Annuitäten für Mini-Batteriebus gegenüber Mini-Dieselbus
Öko-Bilanzierung	Emissionsreduzierungen durch Mini-Batteriebus gegenüber Mini-Dieselbus bei Bezug von konventionellem Strom: - CO_2-Einsparung um 68 % - NO_x-Einsparung von 9 kg/a - Feinstaub-Einsparung von 70 g/a

Systementscheidung
Einführung eines Elektro-Batteriebusses

Fazit
- Umsetzungsplan wird angedeutet
- Mischbetrieb zum Sammeln praktischer Erfahrungen etablieren

Weitere Schritte
Beschaffung eines Mini-Batteriebusses
(Beschaffungszeitraum: mindestens 1 Jahr)

Leipziger Verkehrsbetriebe

Leipzig

ÖPNV-ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

Gesamtstädtisches kommunales Elektrobuskonzept in Leipzig

Unternehmens-/ Gebietsgröße	Großunternehmen / Großstadt
Bisherige Erfahrungen	- Praktische Erfahrungen aus Hybrid- und Elektrobuseinsatz vorhanden - Theoretische Untersuchung zu alternativen Antriebskonzepten durchgeführt
Zielsetzung	Batteriebuseinführung
Untersuchte Linien	Gesamtliniennetz, 26 Linien/Linienkombinationen
Untersuchte Ladestrategie	Depotladung und Gelegenheitsladung, stationär konduktiv
In Erwägung gezogene betriebliche Anpassungen für Umstellung auf E-Betrieb	- Zwischenladung - Mischbetrieb von Diesel- und Elektrobussen - Marginale Erhöhung des Personaleinsatzes
Grundlagentechnologie-betrachtung	BEV
Marktrecherche	Wird durchgeführt
Notwendige betriebliche Anpassungen	- Zusätzlicher Einsatz von Dieselbussen, bspw. für Verstärkerfahrten an Schultagen - Anpassung der Fahrplanung, um Haltezeitüberschneidung zu vermeiden - Erstqualifizierung des Personals - Erstbeschaffung der notwendigen Werkstattausrüstung
Erforderliche Infrastruktur	- Auf dem Betriebshof: Anzahl Ladepunkte = Anzahl Elektrobusse (50 kW für Solobusse, 75 kW für Gelenkbusse) - An Endhaltestellen: 14 Schnellladestationen an 12 Endhaltestellen (>250 kW)
Kostenvergleich	- Investitionskosten-Änderungsfaktor im Vergleich zu Dieselbussen nicht angegeben - Mehrkosten von 0,40 €/Fzg.-km für Solo-Batteriebus gegenüber Solo-Dieselbus (ohne Förderung) - Lebenszykluskosten nicht angegeben
Öko-Bilanzierung	Emissionsreduzierungen durch Solo-Batteriebusse gegenüber Solo-Dieselbussen: - CO_2-Einsparungen von 1.473 t/a - NO_x-Einsparungen von 7.110 kg/a Emissionsreduzierungen durch Gelenk-Batteriebusse gegenüber Gelenk-Dieselbussen: - CO_2-Einsparung von 5.049 t/a - NO_x-Einsparung von 3.437 kg/a

Systementscheidung
Schrittweise Einführung von Solo- und Gelenk-Batteriebussen

Fazit
- Umsetzungsplan vorhanden
- Mehrkosten können durch Fördermittel kompensiert werden

Weitere Schritte
- Bis 2021: Beschaffung von 21 Solo-Batteriebussen (Gelegenheitslader), Errichtung von 21 Depotladestationen und 4 Schnellladestationen
- Bis 2022: Beschaffung von 10 (+7 Option) Gelenk-Batteriebussen (Gelegenheitslader) , Errichtung von 10 (+7) Depotladestationen und Errichtung von 3 (+2 Option) Schnellladestationen
- Ab 2024/2025: Beschaffung von bis zu 43 (Option) Gelenk-Batteriebussen (Gelegenheitslader) und Errichtung der notwendigen Ladeinfrastruktur

Duisburg

ÖPNV-ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

Elektrobuseinsatz in Duisburg – Machbarkeitsstudie für das Bediengebiet der Duisburger Verkehrsgesellschaft AG

Unternehmens-/ Gebietsgröße	Großunternehmen / Großstadt
Bisherige Erfahrungen	- Praktische Erfahrungen aus Hybrid-Bus-Einsatz vorhanden - Keine Untersuchung zu alternativen Antriebskonzepten durchgeführt
Zielsetzung	Batteriebus- oder Brennstoffzellenbuseinführung
Untersuchte Linien	Gesamtliniennetz, 9 Linien
Untersuchte Ladestrategie	- Depotladung und Gelegenheitsladung, stationär konduktiv - Wasserstoffbetankung, stationär
In Erwägung gezogene betriebliche Anpassungen für Umstellung auf E-Betrieb	- Zwischenladung - Depotaufenthalt - Erhöhung des Fahrzeugeinsatzes - Erhöhung des Personaleinsatzes
Grundlagentechnologie-betrachtung	BEV, FCEV
Marktrecherche	Solo- und Gelenkbusse
Notwendige betriebliche Anpassungen	- Erhöhung des Fahrzeugeinsatzes - Erhöhung des Personaleinsatzes - Erstbeschaffung der notwendigen Werkstattausrüstung

Erforderliche Infrastruktur	- Auf dem Betriebshof:
	  - Anzahl Ladepunkte = Anzahl Elektrobusse (50 kW für Solobusse, 75 kW für Gelenkbusse)
	  - Ausbau des vorhandenen Netzanschlusses, ggf. Erhöhung der Netzanschlusskapazität und Errichtung zusätzlicher Trafostationen, zusätzliche Abstellmöglichkeiten
	- An Endhaltestellen:
	  - 23 Schnellladestationen (davon 22 mit 300 kW und 1 mit > 360 kW) an 9 Endhaltestellen
	  - Herstellung von Netzanschlüssen inkl. Errichtung von Trafostationen

Kostenvergleich	- 1,3- bis 2,8-fach höhere Investitionskosten für Batteriebusse gegenüber Dieselbussen - Amortisationszeitraum nicht angegeben - 1,3- bis 1,8-fach höhere Annuitäten je Nutzkilometer für Batteriebusse gegenüber Dieselbussen
Öko-Bilanzierung	Emissionsreduzierungen durch Batteriebusse gegenüber Dieselbussen bei Bezug von erneuerbarem Strom: - CO_2-Einsparungen von 45 bis 95 % - NO_x-Einsparung von 45 bis 95 % - Feinstaub-Einsparung von 28 bis 58 %

Systementscheidung
Schrittweise Einführung von Solo- und Gelenk-Batteriebussen

Fazit
- Umsetzungsplan vorhanden
- Mehrkosten können durch Fördermittel kompensiert werden

Weitere Schritte
- In drei Etappen über 5 Jahre Beschaffung von 29 Solo- und 34 Gelenk-Batteriebussen (Gelegenheitslader) und Errichtung von 19 Schnellladestationen und mind. 2 Langsamladestationen
- 2024/2025 Neubewertung des technischen Fortschritts und ggf. Anpassung des weiteren Umsetzungskonzeptes

Offenbach

ÖPNV-ELEKTRIFIZIERUNGSKONZEPT

Elektrobusse für Offenbach – Machbarkeitsanalyse / Einführung von Elektrobussen bei den Offenbacher Verkehrs-Betrieben

Unternehmens-/ Gebietsgröße	Großunternehmen / Großstadt
Bisherige Erfahrungen	Praktische Erfahrungen aus Elektrobuseinsatz vorhanden
Zielsetzung	Batteriebuseinführung
Untersuchte Linien	Gesamtliniennetz, 9 Linien
Untersuchte Ladestrategie	Depotladung und Gelegenheitsladung, stationär konduktiv
In Erwägung gezogene betriebliche Anpassungen für Umstellung auf E-Betrieb	- Zwischenladung - Depotaufenthalt - Mischbetrieb von Diesel- und Elektrobussen - Erhöhung des Fahrzeugeinsatzes - Erhöhung des Personaleinsatzes
Grundlagentechnologie-betrachtung	BEV
Marktrecherche	Solo- und Gelenkbusse
Notwendige betriebliche Anpassungen	- Teilung langer Umläufe und Integration der Depotaufenthalte in Umlaufplanung - Weiterqualifizierung des Personals - Erstbeschaffung der notwendigen Werkstattausrüstung

Erforderliche Infrastruktur	- Auf dem Betriebshof:
	  - 28 Standardladegeräte (50 kW), 2 mobile Ladegeräte (80 kW), 1 Schnellladestation (300 kW)
	  - Ausbau des vorhandenen Netzanschlusses
	- An Endhaltestellen:
	  - Je 1 bzw. 3 Schnellladestationen (300 kW) an 2 Endhaltestellen
	  - Herstellung von Netzanschlüssen inkl. Errichtung von Trafostationen

Kostenvergleich	- 1,5- bis 1,9-fach höhere Investitionskosten für Depotlader gegenüber Dieselbussen - 1,2- bis 1,3-fach höhere Investitionskosten für Gelegenheitslader gegenüber Dieselbussen - Amortisationszeitraum nicht angegeben
Öko-Bilanzierung	Emissionsreduzierungen durch Batteriebusse gegenüber Dieselbussen bei Bezug von erneuerbarem Strom: - CO_2-Einsparungen von 96 % - NO_x-Einsparung von 97 % - Feinstaub-Einsparung von 99,9 % - Reduzierung der empfundenen Lautstärke der Außengeräusche um 50 % - Reduzierung der empfundenen Lautstärke im Bus um 75 %

Systementscheidung
Schrittweise Einführung von Solo- und Gelenk-Batteriebussen

Fazit
- Umsetzungsplan vorhanden
- Mehrkosten können durch Fördermittel kompensiert werden

Weitere Schritte
Über 4 Jahre Beschaffung von 21 Solo- und 6 Gelenk-Batteriebussen (Gelegenheitslader) und Errichtung der erforderlichen Infrastruktur

5 Intermodale Schnittstelle

Die Steckbriefe der Elektromobilitätskonzepte mit Teilbereich ÖPNV sollen die Gestaltung der intermodalen Schnittstellen im Bestand der Planung gegenüberstellen.

In den meisten Untersuchungsgebieten existieren bereits Park-and-Ride-Plätze (P+R) sowie Bike-and-Ride-Plätze (B+R), jedoch noch keine Mobilitätsstationen. Deren Errichtung ist Bestandteil der im Rahmen der Elektromobilitätskonzepte durchgeführten Untersuchungen.

Die bestehenden Park- bzw. Bike-and-Ride-Plätze verbinden die Angebote des konventionellen Individualverkehrs in der Regel mindestens mit den SPNV-Angeboten und teilweise auch den Angeboten des straßengebundenen ÖPNV. Meist gibt es in unmittelbarer Nähe zu einem bestehenden, zentral gelegenen intermodalen Verknüpfungspunkt bereits eine Car-Sharing-Station, an der PKWs mit Verbrennungsmotoren zur zeitweisen Benutzung bereitstehen.

ABBILDUNG 7

Standorte der ausgewerteten Konzepte zur Gestaltung der intermodalen Schnittstelle

Quelle: freevectormaps

Die geplanten Mobilitätsstationen zeichnen sich vorrangig durch die Verknüpfung von ÖPNV- und Sharing-Angeboten, insbesondere E-Carsharing und Verleih elektrisch betriebener Lastenräder, aus.

Die geplanten Mobilitätsstationen zeichnen sich vorrangig durch die Verknüpfung von ÖPNV- und Sharing-Angeboten, insbesondere E-Car-Sharing und Verleih elektrisch betriebener Lastenräder, aus. Der Individualverkehr wird nur teilweise und in geringem Umfang in die Mobilitätsstationen integriert. Weitere öffentliche Angebote, insbesondere das Taxigewerbe, werden nur selten in den Planungen für die Mobilitätsstationen berücksichtigt.

Klingenstadt Solingen

Solingen

INTERMODALE SCHNITTSTELLE

Integriertes kommunales Elektromobilitätskonzept Solingen

Art der intermodalen Schnittstelle	Bestand: 3 P+R & B+R, 1 B+R
	Planung: 4 Mobilitätsstationen: Ausbau von 2 P+R & B+R, Einrichtung von 2 neuen Schnittstellen
Angebote des Individualverkehrs	Bestand: Konventionelle PKW und Fahrräder
	Planung: Elektrische PKW und Fahrräder
Angebote des klassischen öffentlichen Verkehrs	Bestand: 3 Verknüpfungspunkte zum elektrischen Bus und 4 Verknüpfungspunkte zur Eisenbahn
	Planung: 2 zusätzliche Verknüpfungspunkte zum elektrischen Bus
Weitere öffentliche Verkehrsangebote	Bestand: 1 Verknüpfungspunkt zum konventionellen Car-Sharing
	Planung: Elektrische Car-Sharing- und elektrische Lastenradverleih-Angebote

Entwickelte Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität intermodaler Angebote

- Ausbau der intermodalen Infrastruktur (Ladepunkte und Radwege)
- Sichere Fahrradabstellanlagen
- Marketing:
  - Corporate Design für Mobilitätsstationen
  - Informationsstelle im Kundencenter der Stadtwerke Solingen
  - Internetauftritt „Solingen elektrisiert“
  - Ausrichtung des Elektromobilitätstags
- Ergänzende Serviceangebote:
  - Paketstationen
  - Freies WLAN
  - Ggf. Schließfächer
  - Ggf. Luftpumpen
  - Ggf. Automat mit Flickzeug
- Gemeinsame Buchungs- und Abrechnungsplattform für alle E-Mobilitätsangebote und den ÖPNV
- Vorschläge zur Liniennetzoptimierung bei der Verwendung alternativer Antriebe

Weitere Schritte

- Ausbau von 2 bestehenden P+R- & B+R-Anlagen zu Mobilitätsstationen
- Errichtung von 2 neuen Mobilitätsstationen an bedeutenden Bushaltestellen abseits der SPNV-Zugangspunkte
- Ausbau als E-Mobilitätsstationen für Elektroautos und Elektrofahrräder
- Integration von elektrischen Car-Sharing- und elektrischen Lastenradverleih-Angebote

Landeshauptstadt
Mainz

Mainz

INTERMODALE SCHNITTSTELLE

Mainz gemeinsam elektromobil

Art der intermodalen Schnittstelle	Bestand: 1 P+R
	Planung: Mobilitätsstationen (Anzahl nicht angegeben): ergänzend zum P+R
Angebote des Individualverkehrs	Bestand: Konventionelle PKW
	Planung: Elektrische PKW und konventionelle Fahrräder
Angebote des klassischen öffentlichen Verkehrs	Bestand: Straßenbahn und konventioneller Bus
	Planung: Keine konkreten Angaben (Anbindung zentraler ÖPNV-Haltestelle)
Weitere öffentliche Verkehrsangebote	Bestand: Kein Angebot
	Planung: Konventionelle und elektrische Car-Sharing- sowie konventionelle Bike-Sharing-Angebote

Entwickelte Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität intermodaler Angebote

- Marketing:
  - Gemeinsames Logo und Branding für alle Elektromobilitätsangebote
  - Angebot quartiersbezogener Mobilitätsberatungen
  - Ausrichtung Informationstag E-Mobilität
  - Homepage

Weitere Schritte

- Errichtung neuer Mobilitätsstationen an zentralen ÖPNV-Haltestellen
- Ausbau als E-Mobilitätsstationen für Elektroautos
- Schaffung von Abstellmöglichkeiten für private Fahrräder
- Integration von konventionellen und elektrischen Car-Sharing- sowie von konventionellen Bike-Sharing-Angeboten

Frankfurt am Main

INTERMODALE SCHNITTSTELLE

Elektromobilitätskonzept und Umsetzungsstrategie für die Stadt Frankfurt am Main

Art der intermodalen Schnittstelle	Bestand: P+R , B+R
	Planung: Mobilitätsstationen
Angebote des Individualverkehrs	Bestand: Keine Angaben
	Planung: Keine Angaben
Angebote des klassischen öffentlichen Verkehrs	Bestand: Verknüpfungspunkte zur Eisenbahn und U-Bahn
	Planung: Verknüpfungspunkte zur Eisenbahn und U-Bahn
Weitere öffentliche Verkehrsangebote	Bestand: Keine Angaben
	Planung: Elektrische Car-Sharing-Angebote

Entwickelte Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität intermodaler Angebote

- Ausbau der intermodalen Infrastruktur (Ladepunkte und Radwege)
- Sichere Fahrradabstellanlagen an ÖPNV-Knotenpunkten
- Einrichtung einer gemeinsamen Plattform für intermodale Verbindungsauskünfte, Buchungs- und Abrechnungsprozesse

Weitere Schritte

- Errichtung neuer Mobilitätsstationen an SPNV-Zugangspunkten, in der Nähe von Wohnquartieren und Arbeitsplätzen
- Integration von elektrischen Car-Sharing-Angeboten

LANDKREIS LÜNEBURG

Lüneburg

INTERMODALE SCHNITTSTELLE

Kommunales Elektromobilitätskonzept für Hansestadt und Landkreis Lüneburg

Art der intermodalen Schnittstelle	Bestand: 4 P+R, 8 B+R
	Planung: Mobilitätsstationen: Zusammenführung vorhandener Standorte mit ÖPNV-, Car-Sharing- und Bike-Sharing-Angebot
Angebote des Individualverkehrs	Bestand: - P+R mit konventionellen und elektrischen PKW - B+R mit konventionellen und elektrischen Fahrrädern
	Planung: - innerstädtische Mobilitätsstationen mit elektrischen PKW und Fahrrädern - peripher gelegene Mobilitätsstationen mit elektrischen oder konventionellen PKW
Angebote des klassischen öffentlichen Verkehrs	Bestand: Verknüpfungspunkte zur Eisenbahn
	Planung: Verknüpfungspunkte zum konventionellen Bus und zur Eisenbahn
Weitere öffentliche Verkehrsangebote	Bestand: Keine Angebote an intermodalen Schnittstellen, aber separat vorhanden - 18 Car-Sharing-Stationen - 7 Bike-Sharing-Stationen
	Planung: konventionelle sowie elektrische Car- und Bike-Sharing-Angebote, Lastenradverleih

Entwickelte Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität intermodaler Angebote	- Marketing:
	  - Gemeinsames Branding für alle Mobilitätsangebote
	  - Mobilitätszentrale mit Informationsangeboten zu allen Mobilitätsangeboten
	  - Broschüren
	  - Ausrichtung des Mobilitätstags
	- Ergänzende Serviceangebote:
	  - Aktuelles Informationsangebot und digitales Fahrgastinformationssystem
	  - Freies WLAN
	  - Ggf. Schließfächer
	- Einrichtung einer gemeinsamen Buchungs- und Abrechnungsplattform für alle Mobilitätsangebote
	- Fortschreibung des Integrierten Mobilitätskonzepts

Weitere Schritte

- Errichtung von Mobilitätsstationen an bestehenden Schnittstellen durch Zusammenführung von ÖPNV-, Car-Sharing- und Bike-Sharing-Angeboten
- Ausbau als E-Mobilitätsstationen für Elektroautos und Elektrofahrräder
- Integration von elektrischen Car-Sharing- und elektrischen Bike-Sharing-Angeboten, ggf. auch von Lastenradverleih-Angeboten

LANDKREIS WALDECK FRANKENBERG

Nordhessen

INTERMODALE SCHNITTSTELLE

Elektromobilitätskonzept Nordhessen

Art der intermodalen Schnittstelle	Bestand: Keine Angaben
	Planung: Mobilitätsstationen (Anzahl nicht angegeben)
Angebote des Individualverkehrs	Bestand: Keine Angaben
	Planung: Elektrische Fahrräder
Angebote des klassischen öffentlichen Verkehrs	Bestand: Keine Angaben
	Planung: Verknüpfungspunkte zum konventionellen Bus und zur Eisenbahn
Weitere öffentliche Verkehrsangebote	Bestand: Keine Angaben
	Planung: Elektrische Car- und Bike-Sharing-Angebote sowie elektrische Rollerverleih-Angebote

Entwickelte Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität intermodaler Angebote

- Ausbau der intermodalen Infrastruktur (Ladepunkte)
- Sichere Fahrradabstellanlagen
- Marketing: Schaffung einer Beratungsstelle und Online-Plattform zum Thema Elektromobilität für Unternehmen und Bürger
- Einrichtung einer gemeinsamen Buchungs- und Abrechnungsplattform für ÖPNV, Car-Sharing, Bike-Sharing und touristische Mobilitätsangebote
- Einführung von integrierten Tickets

Weitere Schritte

- Errichtung von Mobilitätsstationen an Verknüpfungspunkten zum konventionellen Busverkehr sowie SPNV
- Ausbau als E-Mobilitätsstationen für Elektrofahrräder
- Integration von elektrischen Car-Sharing- und elektrischen Bike-Sharing-Angeboten sowie elektrischen Rollerverleih-Angeboten

6 Weiterführende Informationen

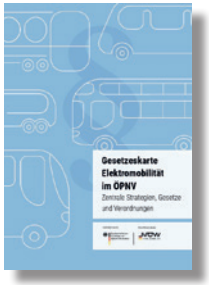
Die vorliegende Broschüre ist auch auf dem Starterset Elektromobilität zu finden, ggf. in neuerer Auflage: https://www.starterset-elektromobilität.de/

Publikationen aus der Begleitforschung Bus und AG Innovative Antriebe Bus

Marktübersicht Begleitforschung Bus 2020

Förderübersicht Begleitforschung Bus 2020

Projektübersicht Zero Emission Busse, 2021



Gesetzeskarte Elektromobilität-im ÖPNV

Verfügbar unter: www.starterset-elektromobilitaet.de /Bausteine/OEPNV/, auch verfügbar unter: www.now-gmbh.de

Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV

Leitfaden für Busse mit alternativen Antrieben, 2021 https://www.starterset-elektromobilität.de/Bausteine/OEPNV/

Online-Entscheidungshilfe für Verkehrsunternehmen für die Auswahl von Bussen mit alternativen Antrieben unter Berücksichtigung der konkreten spezifischen Einsatzbedingungen vor Ort *www.ebustool.de [in Vorbereitung]*

Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV https://www.now-gmbh.de/wp-contentuploads/2020/09/einfuehrung-von-wasserstoff-bussen-im-oepnv-leitfaden.zip

Elektrobus-Projekte in Deutschland

Projektübersicht des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) zu Batteriebussen:
Verfügbar unter: www.vdv.de/e-bus-projekt.aspx

Elektrobus-Projekte in Europa

- JIVE und JIVE 2
  aktuelle von FCH JU ko-geförderte Demonstrationsprojekte zu H_2/BZ-Bussen

  JIVE — ZERO EMISSION
  JIVE 2 — ZERO EMISSION

  JIVE: https://www.fuelcellbuses.eu/projects/jive
  JIVE 2: https://www.fuelcellbuses.eu/projects/jive-2

- Fuel Cell Bus Europe
  Informationen zu H_2/BZ-Busprojekten in Europa inkl. Erläuterungen zu Technologie, Fahrdaten, etc.
  https://www.fuelcellbuses.eu/

- Clean Bus Europe Plattform
  Initiative der Europäischen Kommission zur Unterstützung des Markthochlaufs emissionsfreier Bustechnologien im Rahmen der Clean Bus Deployment Initiative koordiniert von UITP im Rahmen des APOLLO-EU-Projektes

  CLEAN BUS EUROPE PLATFORM

  www.cleanbusplatform.eu

- ZeEUS
  Demonstrationsprojekt zu BEV-, Trolley- und Plug-In-Hybridbussen, abgeschlossen)

  ZeEUS Zero Emission Urban Bus System

  https://zeeus.eu/

  eBus Report #2,
  verfügbar unter: http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-2.pdf

IMPRESSUM

HERAUSGEBER
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin
Referat G23 Elektromobilität
E-Mail: Ref-g23@bmvi.bund.de
www.bmvi.de

KOORDINATION
NOW GmbH
Begleitforschung Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV
Oliver Hoch
Fasanenstraße 5, 10623 Berlin
Telefon: 030 / 311 6116-703
E-Mail: oliver.hoch@now-gmbh.de
www.now-gmbh.de

LEITUNG DER BEGLEITFORSCHUNG INNOVATIVE ANTRIEBE IM STRASSEN-GEBUNDENEN ÖPNV
Sphera (ehemals thinkstep)
Dr. Michael Faltenbacher
Hauptstraße 111–113,
70771 Leinfelden-Echterdingen
Telefon: 0711 / 341 817 29
E-Mail: MFaltenbacher@sphera.com
www.sphera.com

Gemeinschaftsprojekt im Auftrag des BMVI mit hySOLUTIONS, VCDB, FhG IVI, Ingenieurgruppe IVV und SEK Consulting

REDAKTIONSTEAM
VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH
Theresa Howaldt
Christine Schwärzel-Lange
Könneritzstraße 31, 01067 Dresden
Telefon: 0351 / 482 31 17
E-Mail: c.schwaerzel-lange@vcdb.de
www.vcdb.de

GESTALTUNG
kursiv Kommunikationsdesign
Katrin Schek
Bülowstraße 66, 10783 Berlin
Telefon: 030 / 787 162 26
E-Mail: schek@kursiv-berlin.de
www.kursiv-berlin.de

ERSCHEINUNGSJAHR
2021

Mobilitätsstation
Umsetzungsstrategie
Infrastruktur
Machbarkeit
Fördermittel
Emissionen
Hybridbus
Elektromobilitätskonzepte
Intermodalität
elektrobus
Werkstattausrüstung
Fahrzeugkosten
Brennstoffzellenbus