

e-BürgerBus: Elektrisch ehrenamtlich mobil

Erfahrungen mit und Empfehlungen für e-Mobilitätsprojekte



**NEUE
MOBILITÄT**
bewegt nachhaltig



Nahverkehrsgesellschaft
Baden-Württemberg mbH 

Inhalt

1	Einleitung	4
<hr/>		
2	E-Mobilität: Standortbestimmung	6
<hr/>		
3	E-Mobilität für lokale und ehrenamtliche Mobilitätsangebote	8
	Beispiel: Igersheim – Großraum-PkW im Linien- und Rufbusverkehr	11
<hr/>		
4	Komponenten eines E-Mobilitätskonzepts	12
4.1	Antriebstechnik	13
4.2	Fahrzeuge	14
	Beispiel: MoBS Steinwenden – der erste Elektro-Kleinbus mit Rollstuhlplatz	16
	Beispiel: e-Bürgerbus Dransfeld	17
4.3	Ladeinfrastruktur	19
4.4	Werkstatt/Wartung	20
4.5	Personal, Organisation und Betrieb	21
<hr/>		
5	Wirtschaftlichkeit	22
5.1	Kosten und Nutzen	22
5.2	Fördermöglichkeiten	25
	Beispiel: Elektrofahrzeuge als ÖPNV-Ergänzung im Projekt „Emma“	26
<hr/>		
6	Betriebserfahrungen und Einsatzempfehlungen	28
6.1	e-Bürgerbus	28
6.2	e-Bürgerauto Boxberg	31
<hr/>		
7	Ausblick	32
<hr/>		
8	Anhang	32
8.1	Literatur	32
8.2	Weitere Infos und Kontakte	34
8.3	Abbildungsverzeichnis	34
8.4	Abkürzungsverzeichnis	35
8.5	Impressum	35

Grußwort



**Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Bürgerinnen und Bürger,**

wir wollen Baden-Württemberg zum Wegbereiter einer modernen und nachhaltigen Mobilität der Zukunft machen. Wir wollen überall im Land Mobilität ermöglichen, die Mensch und Umwelt nicht unnötig belastet.

Schon heute ist es schwierig, ein flächendeckendes Netz des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum aufrecht zu erhalten. Dabei ist Mobilität gerade hier besonders wichtig für die Menschen, um alltägliche Einkäufe zu erledigen, Arzt-Besuche wahrnehmen zu können oder andere Aktivitäten zu ermöglichen. Der e-Bürgerbus kann insbesondere älteren und mobilitätseingeschränkten Bürgerinnen und Bürgern in ländlichen Gegenden einen Großteil ihrer Mobilität erhalten bzw. zurückgeben. Dabei bieten Bürgerbusse mit ehrenamtlichen Fahrerinnen und Fahrern ein Verkehrsangebot, das im konventionellen Linienverkehr nicht wirtschaftlich realisierbar ist.

Der Bürgerbus steht nicht in Konkurrenz zum bestehenden öffentlichen Nahverkehr. Er ergänzt diesen bedarfsweise an Stellen, die auf Grund der verkehrlichen Gegebenheiten nicht sinnvoll durch den konventionellen Linienverkehr bedient werden können. Der mit Elektroantrieb ausgestattete e-Bürgerbus ist wichtiger Baustein eines nachhaltigen Mobilitätskonzeptes. Er verbindet die drei Dimensionen

von nachhaltiger Mobilität: Ökonomie, Ökologie und soziale Aspekte. Die Elektromobilität mit erneuerbarem Strom ist auch für städtische Gebiete mit hoher Luftbelastung interessant.

Der vorliegende Leitfaden soll den praktischen Einsatz speziell von Bürgerbussen mit elektrischem Antrieb für Städte und Gemeinden ermöglichen und Hilfestellung für interessierte Anwender geben, um gemeinsam die Ziele einer nachhaltigen Mobilität in Baden-Württemberg zu erreichen.

Winfried Hermann
Minister für Verkehr und Infrastruktur



Einleitung

Die Grundidee eines Bürgerbusses – das Prinzip „Bürger fahren für Bürger“ – stößt in Baden-Württemberg auf anhaltendes Interesse. Landauf landab entstehen mit bürgerschaftlichem Engagement neue lokale Mobilitätsangebote, die den konventionellen öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ergänzen.

Allein die Zahl der im Linienverkehr eingesetzten Bürgerbusse ist von sechs im Jahr 2006 zum Jahresanfang 2017 auf 40 gestiegen. Doch der Bürgerbus im Linienverkehr ist längst nicht mehr das einzige Modell: Das flexible Bürgerrufauto, der auf bestimmte Personengruppen oder Fahrzwecke zugeschnittene soziale Bürgerfahrdienst und der Pkw-Bürgerfahrdienst sind dazugekommen; ihre Zahl im Land liegt inzwischen deutlich über 100. Das Land unterstützt diese Projekte durch verschiedene Informations- und Beratungsangebote, Sachleistungen und finanzielle Fördermaßnahmen.

Viele dieser Initiativen interessieren sich auch für alternative Fahrzeug- und Antriebskonzepte. Dabei geht es oft auch um Elektromobilität. Elektrische Fahrzeuge sind lokal emissionsfrei unterwegs und einfach zu bedienen. Die Technik hat in den letzten Jahren deutliche Fortschritte gemacht, und das Angebot ist deutlich vielfältiger geworden. Auch die Landesprojekte „e-Bürgerbus“ und „Elektromobilität ländlicher Raum“ konnten davon schon profitieren. Ein elektromobiles Angebot erfordert aber auch manche zusätzlichen Überlegungen und stellt andere



Anforderungen an die Organisation als der Einsatz „normaler“ – mit Benzin- oder Dieselmotor betriebener – Fahrzeuge. Daher gibt es hier einen besonderen Informationsbedarf.

Dieser Leitfaden soll dabei Unterstützung bieten. Er gibt einen Überblick zu den Anforderungen elektromobiler Verkehrsangebote und richtet sich an alle, die sich über den Stand der Technik informieren und/oder ein solches Konzept umsetzen möchten. Im Mittelpunkt stehen dabei die Anforderungen und Möglichkeiten ehrenamtlich getragener Mobilitätsdienste in Form von Fahrdiensten, Bürgerbus- und Rufautoverkehren im Nahbereich. In diesem Rahmen können auch andere Interessenten von den Inhalten profitieren.

Der Leitfaden informiert über die besonderen Anforderungen an Angebotsplanung und Betrieb, Ladeinfrastruktur,

Wartung und natürlich das Fahrzeugangebot. Dabei ist der Hinweis angebracht, dass die Inhalte den Sachstand zum Jahresende 2016 wiedergeben und im Zuge der technischen Entwicklung mit Änderungen zu rechnen ist. Ebenso soll und kann mit diesem Leitfaden angesichts dessen, aber auch angesichts der sehr unterschiedlichen Anforderungen vor Ort, keine Kaufempfehlung für ein bestimmtes Modell gegeben werden.

Die vorliegende Broschüre ergänzt den Leitfaden „BürgerBusse in Fahrt bringen – Stationen auf dem Weg zum BürgerBus“, der erstmals 2015 erschienen ist. Alle Fragen, die das Thema ehrenamtlicher Mobilität im Allgemeinen betreffen, werden hier aus Platzgründen nicht weiter diskutiert. Das Heft „BürgerBusse in Fahrt bringen“ erscheint in aktualisierter Form voraussichtlich im Frühjahr 2017 und ist dann beim Verkehrsministerium, bei der NVBW und im Internet unter www.buergerbus-bw.de erhältlich.



E-Mobilität: Standortbestimmung

Vor dem Hintergrund globaler und lokaler Umwelt- und Klimaschutzziele sowie der Energiepolitik, auch im Kontext der Nachhaltigkeit und im Besonderen der nachhaltigen Mobilität ist die Elektromobilität ein Baustein, um Verkehre umweltfreundlicher zu gestalten.

„Nachhaltige Mobilität heißt, die heutigen Mobilitätsbedürfnisse in Zukunft in einer dauerhaft umweltverträglichen Weise zu gewährleisten. Dies gilt für Menschen und Wirtschaft. Zudem müssen die Mobilitätschancen benachteiligter Bevölkerungsgruppen verbessert werden.“ (Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg 2015, S. 9)

Dabei spielen exemplarisch Aspekte der lokalen Emissionsfreiheit im gleichen Maße eine Rolle wie der Aspekt der Dekarbonisierung durch den Verzicht auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zur Senkung der Treibhausgas- und Stickoxidemissionen. Grundvoraussetzung für die Reduktion negativer Umweltwirkungen ist die Verwendung von Strom im Betrieb aus erneuerbaren Energiequellen. In Baden-Württemberg entfallen 24,3 % der Bruttostromerzeugung auf erneuerbaren Energien. Der Energiemix bezogen auf die CO₂-Emissionen pro kWh erzeugter Energie liegt in Baden-Württemberg unter dem Bundesdurchschnitt (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Statistisches Landesamt

Baden-Württemberg, 2016, S. 34).¹ Darüber hinaus müssen in einer ganzheitlichen Perspektive auch umweltrelevante Einflussfaktoren berücksichtigt werden, die neben dem Betrieb eines e-Fahrzeugs auch die Herstellung und die Außerdienststellung (Recycling) von e-Fahrzeugen berücksichtigen. Die während der Herstellung eines Elektrofahrzeugs anfallenden Treibhausgase sind heutzutage höher als die von konventionell betriebenen Fahrzeugen. Geringere Emissionen während des Betriebs von e-Fahrzeugen führen über die Nutzungsdauer des Fahrzeugs aber in der Regel dazu, dass e-Fahrzeuge bezogen auf die Treibhausgasemission umweltfreundlicher im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen sind.

Elektromobilität beschreibt die Nutzung elektrischer Antriebe bzw. die Nutzung von Elektrofahrzeugen zur Realisierung von Mobilität. Dabei ist eine Begrenzung auf unterschiedliche Verkehrsmittel zunächst nicht vorhanden. Dennoch wird Elektromobilität oftmals mit dem MIV und dem Verkehrsweg Straße in Verbindung gebracht.



Elektromobilität erlangt seit Beginn des 21. Jahrhunderts eine wachsende Bedeutung, stellt aber kein neues Phänomen dar. Das erste Elektrofahrzeug wurde bereits 1839 von Robert Anderson gebaut, der einen Karren elektrifizierte. Andere Quellen sehen den Ursprung der Elektromobilität im Jahre 1834, als Thomas Davenport eine Modelllokomotive elektrisch betrieb (Reutter 2012, S. 3).

Zum Jahresende 2015 waren in Deutschland über 25 000 rein batterieelektrische Fahrzeuge und über 130 000 Hybridfahrzeuge zugelassen (Kraftfahrt-Bundesamt, 2016). Dabei liegt mit über 5 760 zugelassenen batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen das Bundesland Bayern an erster Stelle, gefolgt von Baden-Württemberg mit 4 769 Fahrzeugen und Nordrhein-Westfalen mit 4 163 Fahrzeugen (statista.de, 2016). 2016 wurden etwas mehr als 11 400 rein batterieelektrischer Fahrzeuge in Deutschland neu zugelassen (electrive.net, 2017)

In Baden-Württemberg verbreitet sich die Elektromobilität neben urbanen Anwendungen auch in ländlich geprägten

Räumen. Den Vorbildern großer Demonstrationsvorhaben folgend entstehen Leuchtturmprojekte und Modellregionen, in denen insbesondere kommunale Träger als auch Verkehrsunternehmen federführend sind. Hervorzuheben ist hierbei die Einführung elektrisch betriebener Busse für den ÖPNV sowie die Elektrifizierung kommunaler Fuhrparks. Elektrisch betriebene Fahrzeuge für Gemeinschaftsverkehre, die in diesem Leitfaden im Mittelpunkt stehen, sind ein weiteres Beispiel für die Verbreitung der Elektromobilität. Neben den Fahrern und den Fahrgästen werden kommunale Betriebe, die häufig als Unterstützungen fungieren, mit der zukunftsweisenden Technologie in Berührung gebracht.

¹ Werte für das Jahr 2014; Baden-Württemberg: 308 g/kWh; Bundesdurchschnitt: 569 g/kWh



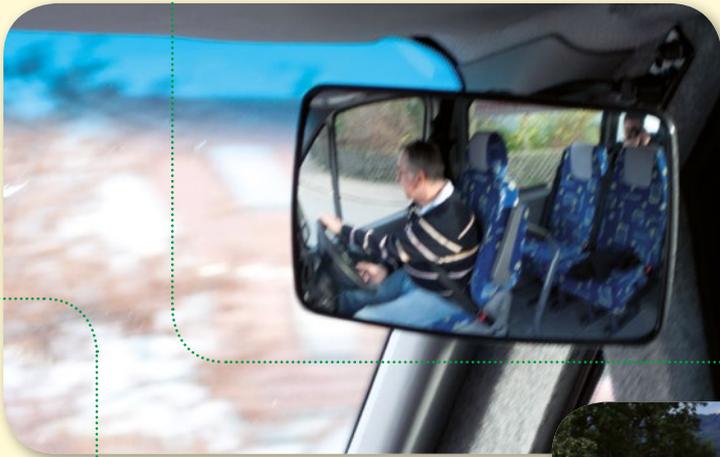
E-Mobilität für lokale und ehrenamtliche Mobilitätsangebote

Der Einsatz eines Elektrofahrzeugs ist für Akteure aus dem Bereich der kommunalen Mobilitätsdienste oft attraktiv. Elektrofahrzeuge gelten als modern und ökologisch; sie sind im Betrieb leise und emissionsfrei. Verschiedene Förderprogramme können die investive Mehrbelastung reduzieren – siehe Abschnitt 5.2.

Auf dem Kraftfahrzeugmarkt insgesamt kommt der Absatz von Elektrofahrzeugen bisher trotz dieser Förderungen nur sehr langsam in Gang, und es ist unsicher, ob das von der Bundesregierung gesetzte Ziel von einer Million zugelassener Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 erreicht werden kann. Die Gründe dafür sind vielfältig und können an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Im Bereich der Fahrdienste und ähnlicher Angebote ist das Interesse dagegen – erfreulicherweise – deutlich größer als auf dem privaten Fahrzeugmarkt. Dies zeigen sowohl die Anfragen zum Projekt „e-Bürgerbus“ als auch die rege Teilnahme am Wettbewerb „Elektromobilität ländlicher Raum“ des MLR, wo aus 32 eingereichten Projektideen in den Jahren 2013 – 2015 landesweit 20 umgesetzt wurden. Von diesen sind 18 auch nach Auslaufen der Förderungszeit weiter in Betrieb. Offenbar kommen die Vorbehalte, die im privaten Bereich gegenüber der Elektromobilität (noch) bestehen, hier weniger zum Tragen. Hierfür gibt es verschiedene Gründe:

- Der Einsatz in einem ehrenamtlichen Fahrdienst, Bürgerbusprojekt oder im Carsharing ermöglicht es einem größeren Personenkreis, Elektromobilität praktisch zu erfahren und selbst zu erproben, ohne sich selbst langfristig binden zu müssen.
- Das finanzielle und technische Risiko wird zum einen durch die Förderung, zum anderen durch die Verteilung auf mehrere Mitwirkende aufgeteilt.
- Die betrieblichen Anforderungen und der Einsatzbereich sind bei einem solchen Einsatz in der Regel klar und überschaubar im Vergleich zu einer privaten Nutzung, wo oft der Vergleich mit dem bisherigen als „Universalfahrzeug“ genutzten Pkw im Vordergrund steht.

Gängige Argumente gegen den Kauf von Elektrofahrzeugen wie eine zu geringe Reichweite, zu lange Ladedauer oder der hohe Anschaffungspreis gegenüber einem mit Verbrennungsmotor ausgestatteten Fahrzeug gelten daher für die Anwendung im Gemeinschaftsverkehr nur bedingt. Auch beim Einsatz in einem solchen quasi „öffentlichen“



Bereich müssen allerdings die verschiedenen Anforderungen und Grenzen beachtet werden, damit das Projekt zum Erfolg werden und die Elektromobilität ihre Vorteile entfalten kann. Ehrenamtlich getragene Mobilitätsdienste haben dabei einige Besonderheiten, die im Folgenden beschrieben werden. Die technischen und wirtschaftlichen Faktoren werden in den Kapiteln 4 bis 6 behandelt.

Personal: Das Angebot wird meist von einer größeren Gruppe Mitwirkender getragen, die die Aufgaben nach ihren Möglichkeiten und Wünschen untereinander aufteilen. Die Zahl der Aktiven reicht von unter 10 bis über 50 Personen. Typischerweise ist jede Person ein- bis zweimal im Monat für eine „Schicht“ von einigen Stunden oder eine „Rufbereitschaft“ von einem Tag mit Pausen im Fahrdienst aktiv. Viele der Mitwirkenden engagieren sich hier im Ruhestand und schätzen diese Aufgabe als Möglichkeit zum Kontakt und Beitrag zur örtlichen Gemeinschaft. Damit unterscheiden sich ehrenamtliche Projekte deutlich von den Strukturen, wie sie im professionellen Bereich (bei kom-

munalen Betrieben, Bus- und Taxiunternehmen) bestehen: Eine deutlich größere Zahl Personen muss in der Fahrzeugbedienung geschult werden, und „Routine“ entsteht dabei erst nach längerer Zeit. Zwar sind Elektrofahrzeuge einfach zu bedienen, ein Grundverständnis zur Funktion ist zugleich aber besonders wichtig, da z. B. alle Fahrpersonale dazu beitragen müssen, durch richtiges Laden die Einsatzfähigkeit des Fahrzeugs sicherzustellen.² Daher sind ausreichende Hilfestellungen nötig (vgl. Teil 4.5).

² Bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor kann diese Aufgabe dagegen an einen oder mehrere „Fahrzeugwarte“ übergeben werden, die für das Tanken zuständig sind.

Betriebsprogramm: Ein Bedarf an Fernfahrten mit der damit verbundenen Unsicherheit hinsichtlich Lademöglichkeiten unterwegs besteht bei einem kommunalen Mobilitätsangebot nicht, was den Betrieb deutlich vereinfacht. Trotzdem ist es auch hier nötig, das Thema Reichweite und Ladezeiten im Blick zu haben. Wichtig für ein solches Projekt ist daher eine Lademöglichkeit am Fahrzeugstandort (Garage o.ä.) und im vorgesehenen Bedienungsgebiet – jede Fahrt nach „außerhalb“ schränkt die Beteiligten erheblich ein. Ob die Reichweite ausreicht, kann bei einem Bürgerbusverkehr relativ einfach ermittelt werden, da der Fahrplan feststeht.

Bei einem Bürgerrufauto oder anderen bedarfsgesteuerten Verkehren ist dies deutlich aufwendiger. Hier müssen faktisch bei jedem Auftrag – und auch für nötige Leer- und Zwischenfahrten! – Fahrleistung und Batterienutzung abgeschätzt werden, damit beim nächsten Fahrtwunsch klar ist, ob dieser noch ohne Zwischenladung durchgeführt werden kann. Ebenso sind die Ladezeiten zu berücksichtigen. Es ist daher sehr zu empfehlen, eine Mittagspause zum Laden vorzusehen. Zum Glück ist eine solche oft auch aus anderen Gründen schon im Betriebskonzept enthalten.

Ökologie: Besteht vor Ort eine ausreichende Stromerzeugung aus regenerativen Quellen (z. B. Biogas-, Solar- oder Windkraftwerk), so lässt sich diese gezielt für das Laden des Fahrzeugs nutzen und zumindest rechnerisch, mitunter auch tatsächlich ein klimaneutrales Verkehrsangebot realisieren. Ein solcher Energiekreislauf ist im ländlichen Raum dank der besseren Möglichkeiten für erneuerbare Energien einfacher herzustellen als in der Stadt und ein großer Vorteil auch für die Vermarktung des Angebots insgesamt.

Organisation: Werden Fahrzeuge mehrfach genutzt (z. B. Fahrdienst, Carsharing, Dienstfahrten) so müssen für alle Anwendungsbereiche die Bedingungen und speziellen Anforderungen der Elektromobilität klar sein. Es kann erforderlich sein, Prioritäten für die Nutzung der Ladekapazität festzulegen.

Wie bei jeder Verkehrsdienstleistung erwarten die Fahrgäste auch bei ehrenamtlich getragenen Angeboten eine zuverlässige und sichere Beförderung. Dies gilt natürlich auch für einen elektromobilen Verkehr. Daher muss bei Planung und Organisation auch die Frage bedacht werden, wo und zu welchen Konditionen bei Bedarf ein Ersatzfahrzeug zur Verfügung gestellt werden kann. Oft ist dazu eine Kooperation mit Dritten sinnvoll. Die Möglichkeiten sind von Ort zu Ort verschieden – in Frage kommen etwa die Kommune, Bus- oder Taxiunternehmen oder Autohäuser. Wichtig ist, dass die Bedingungen vorab geklärt werden und im Bedarfsfall ein schneller Zugriff möglich ist.

Zur Zuverlässigkeit gehört ferner die Verfügbarkeit einer qualifizierten Werkstatt. Kfz-Werkstätten benötigen für die Arbeit an Elektrofahrzeugen eine entsprechende Zusatzqualifikation und zusätzliche Ausrüstung. Die Fahrzeughersteller informieren über die nächstgelegenen Wartungsmöglichkeiten. Die Nähe zur Werkstatt sollte ein Faktor bei der Fahrzeugauswahl sein, da der Transfer von Fahrzeug oder Personal im Pannenfall ein erheblicher Kostenfaktor sein kann.



NACHGEFRAGT...

IGERSHEIM - GROSSRAUM-PKW IM LINIEN- UND RUFBUSVERKEHR

Interview von Martin Schiefelbusch mit Martin Jung, Gemeinde Igersheim



In Igersheim im Main-Tauber-Kreis (ca. 5 500 Einwohner, davon 4 400 im Kernort) verkehrt seit November 2013 ein Großraum-Pkw mit Elektroantrieb als Bürgerbus.

Wie kam es zur Einrichtung des e-Bürgerbusverkehrs? Warum haben Sie ein Elektrofahrzeug gewählt?

Die Gemeinde wollte die Teilorte besser an das Zentrum anbinden und hat von einem Planungsbüro das Konzept für den Busverkehr entwickeln lassen. Das Angebot ist vorwiegend für Einkäufe und alltägliche Erledigungen gedacht und richtet sich vor allem an ältere Menschen. Es gab dann den Wettbewerb „E-Mobilität für den ländlichen Raum“ des MLR, bei dem wir uns beteiligt haben. Mit dieser Förderung konnten wir das Fahrzeug beschaffen. Die Gemeinde sieht das als zukunftsorientierte Maßnahme mit Außenwirkung. Wir haben einen Mercedes Vito, der für reinen Elektroantrieb umgebaut wurde und sechs Fahrgäste befördern kann. Wir haben den Bus geleast.

Wie sieht das Verkehrsangebot aus?

Der Bus fährt montags, donnerstags und freitags eine feste Linie im Hauptort Igersheim. Dienstags gab es zunächst einen festen Fahrplan zur Bedienung der kleineren äußeren Ortsteile, der aber nur sehr wenig genutzt wurde. Deshalb fahren wir jetzt dienstags im Anrufbetrieb nach Bedarf in diese Orte. Die Nachfrage ist sehr unterschiedlich, pro Monat zählen wir zwischen 30 und 150 Fahrgastfahrten, davon macht der Rufbusbetrieb weniger als 10 % aus. Die sechs Fahrgastplätze haben noch immer gereicht.

Wie hat sich der E-Vito bei Ihnen bewährt?

Manchmal hat er noch seine Aussetzer - Fehler werden auf einem Chip gespeichert, irgendwann setzt das Fahrzeug dann beim Neustarten aus. Man muss dann 2-3 Minuten warten und es dann wieder versuchen. Wir schaffen 80-90 km pro Ladezyklus, die Reichwei-

te hat noch immer gereicht. In der Mittagspause wird jeweils nachgeladen. Der Verbrauch ist auch von Auslastung und vom Fahrstil abhängig. Große Unterschiede zwischen Sommer und Winter konnten wir nicht feststellen, man sollte aber schon mit der Heizung etwas sparsam sein.

Wie hoch sind die Betriebskosten eines Elektrobusses?

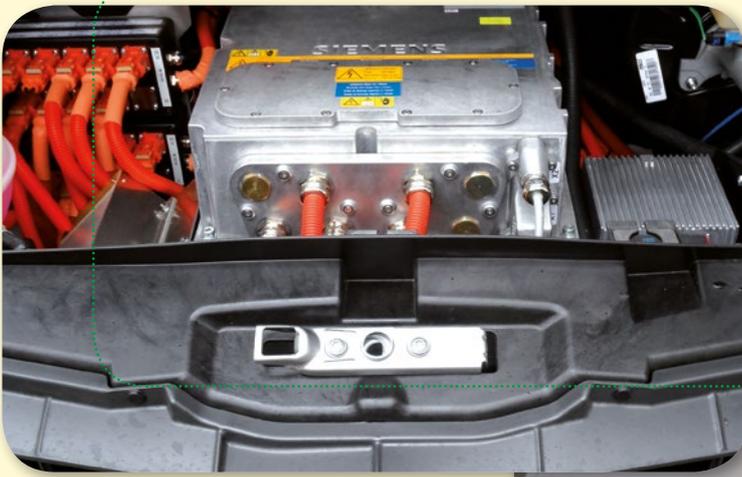
Das sind im Jahr etwa 2 000 Euro jährlich für Strom und 11 000 Euro für die Leasingraten. Die Kosten für das Fahrerhandy, Reinigung, Reifen und Versicherung betragen einmalig noch mal ca. 1 900 Euro.

Was hat die Kommune sonst noch in das Projekt investiert?

Wir haben eine beheizte Garage auf dem Bauhof gebaut, der Aufwand dafür lag bei ca. 10 000 Euro und die Miete pro Monat bei 60 Euro, weil der Bus einen beheizten Unterstand braucht. Außerdem mussten wir schon einmal die Aufkleber erneuern, weil die erste Ausführung nicht lang gehalten hat. Das kostete etwa 1 600 Euro. Außerdem haben wir Kosten für Winterreifen, das Gehalt für den Koordinator, die Kosten für die Führerscheine. Als kleine Entschädigung für die Fahrer/-innen machen wir im Sommer einen Fahrerimbiss und auch Weihnachtsfeier.

Denken Sie schon an einen Ersatz für den E-Vito?

Im August 2017 soll ein neues Fahrzeug kommen. Es wird wieder ein elektrisches in der bisherigen Größe, aber wir haben uns hinsichtlich des Modells noch nicht festgelegt.



Komponenten eines E-Mobilitätskonzepts

Wie Bild 1 zeigt, ist die Systemumstellung hin zu elektrischen Antrieben nicht allein mit der Beschaffung eines Elektrofahrzeugs zu bewerkstelligen. Vielmehr bedarf es auch der Anpassung der betrieblichen Prozesse, die Einbindung von befähigten Werkstätten sowie die strategische Positionierung und Nutzung der Ladeinfrastruktur. Im Folgenden werden die wesentlichen Komponenten hervorgehoben, deren Betrachtung bei der Durchführung eines Gemeinschaftsverkehrs mit Elektrofahrzeugen von besonderer Relevanz ist.

Wartung / Werkstätten

Antriebs- und Batterietechnik

Basisfahrzeug

Anpassung von Betriebsprozessen,
Personal

Ladeinfrastruktur

Bild 1: Komponenten der Systemumstellung auf Elektromobilität



4.1 Antriebstechnik

Als Abgrenzung zu verbrennungsmotorisch basierten Antriebsarten gibt es eine Reihe von Antriebskonzepten, bei denen Batterien als Speicher in Fahrzeuge verbaut werden. Grundsätzlich können Hybridkonzepte (Kombination von Elektro- und Verbrennungsmotor), rein batterieelektrische Konzepte sowie Konzepte unter Verwendung von Brennstoffzellen unterschieden werden. Im Folgenden werden Elektrofahrzeuge (e-Fahrzeuge) mit rein batterieelektrischem Antriebsstrang vorgestellt, da diese als PKW bereits verfügbar sind und als Minibusse zunehmend Marktreife erlangen.

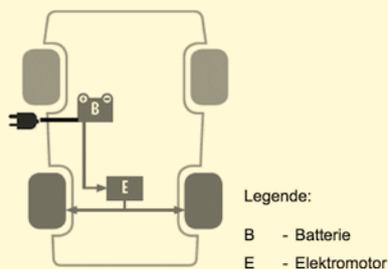


Bild 2: Schematische Darstellung eines batterieelektrischen Antriebs

Ein „Elektrofahrzeug“ ist ein Kraftfahrzeug mit einem Antriebsstrang, der mindestens einen nichtperipheren elektrischen Motor als Energiewandler mit einem elektrisch aufladbaren Energiespeichersystem, das extern aufgeladen werden kann, enthält.“
 (Europäische Union (2014), Artikel 2 Abs. 2)

Bei batterieelektrischen Fahrzeugen bezieht der Elektromotor die erforderliche Energie über eine im Fahrzeug verbaute Batterie, die wiederum über das Stromnetz und Rekuperation (Bremsenergieerückgewinnung) aufgeladen wird (Bertram und Bongard 2014, S. 35). Batterieelektrisch

betriebene Fahrzeuge stoßen im Fahrbetrieb kein Kohlenstoffdioxid (CO₂) oder Stickoxide (NO_x) aus (e-mobil BW GmbH et al. 2015, S. 9). In Abhängigkeit des Strommixes zum Laden der Batterie können e-Fahrzeuge also gänzlich emissionsfrei betrieben werden.

Trotz der im Vergleich zu Verbrennungsmotoren noch geringeren Reichweite besteht die Möglichkeit, einen Großteil des Mobilitätsbedürfnisses mittels Elektrofahrzeugen zu befriedigen.³ Besonders bei planbaren Fahrwegen kann die Elektromobilität Stärken des emissionsfreien Fahrens ausspielen. Die Reichweite kann darüber hinaus durch Zwischenladungen der Batterie, z. B. bei mittäglichen Fahrpausen, deutlich erhöht werden. Ungeachtet dessen wird die Weiterentwicklung der Batterietechnologie bezüglich höherer Energiedichte (pro kg Gewicht) sowie niedrigeren Kosten (pro kWh) voranschreiten (Dallinger et al. 2011, S. 13).

Im Besonderen gilt für e-Fahrzeuge, da der Wirkungsgrad des Antriebsstrangs eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren höher ist, dass als Folge weniger Energie, welche in Form von Abwärme auftritt, verloren geht. Diese Energie bzw. Wärme steht bei einem Fahrzeug mit Elektromotor nicht zur Verfügung, um bei tiefen Temperaturen den Fahrgastraum zu beheizen. Dafür sind also eine elektrische Heizung und ein Gebläse, welches die warme Luft von der Heizung in den Fahrgastraum befördert, notwendig. Das Zuschalten der Heizung in einem e-Fahrzeug kann eine Leistungsreduktion um bis zu 23 % zur Folge haben (Bridging IT GmbH u.a., 2015).

³ Bei einer angenommenen Reichweite eines BEV von 80 km könnten theoretisch über 80 % der täglichen Fahrleistungen rein batterieelektrisch ohne zusätzliche Ladung durchgeführt werden; (Bertram und Bongard, 2014), S. 15; andere Studien besagen, dass statistisch betrachtet Elektrofahrzeuge rund 86 % der täglichen Fahrten vom Wohnort zur Arbeitsstätte und zurück abdecken können, wenn sie eine Reichweite von mindestens 100 Kilometern haben, vgl. (Bridging IT GmbH et al. 2015).

4.2 Fahrzeuge

Bürgerautos als auch -busse bieten ein optimales Einsatzszenario für die Elektromobilität: Eine hohe elektrische Fahrleistung pro Tag mit Möglichkeit der Zwischenladung in der Mittagspause sind Kriterien, die grundsätzlich für die Nutzung von Elektrofahrzeugen sprechen. Durch einen festen Stellplatz mit entsprechender Ladeinfrastruktur können e-Fahrzeuge zuverlässig geladen werden. Planbare Reichweiten pro Tag erleichtern insbesondere e-Bürgerbussen im Linienverkehr die Verwendung eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs.

Die Modellpalette an rein batterieelektrischen Fahrzeugen ist in Deutschland Stand 2016 grundsätzlich noch sehr begrenzt. Überwiegend sind Fahrzeuge im Segment der Kleinwagen sowie der Kompaktklasse vorzufinden.

Mit Bezug auf Elektrofahrzeuge für e-Bürgerautos und -busse muss konstatiert werden, dass das Angebot an Serienfahrzeugen überschaubar ist. Bei nur drei rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen der Klasse der Kompaktvans und Vans existieren nur zwei Fahrzeuge, die für den Einsatz als Elektro-Bürgerauto (e-Bürgerauto) aufgrund der Fahrzeuggröße (Großraum-Pkw) geeignet sind.

Dabei handelt es sich um den Renault Kangoo ZE (Zero Emission, Bild 3) sowie den Nissan e-NV200 (Bild 4, Wikipedia, 2016a). Andere, aufgrund ihrer Größe geeignete Fahrzeuge, wie beispielsweise der Mercedes-Benz Vito E-Cell, sind nicht in die Serienfertigung überführt worden (Wikipedia, 2016b). In der Fahrzeugklasse der leichten Nutzfahrzeuge, die als Basisfahrzeug für den Einsatz als elektrisch betriebener Bürgerbus in Frage kommen, existieren Stand 2016 überhaupt keine Serienfahrzeuge.

Positiv zu verzeichnen ist der technologische Fortschritt insbesondere in der Batterieentwicklung, der mit steigenden Produktionsmengen und fallenden Preisen einhergeht. So verfügen viele e-Fahrzeuge heute bereits über Reichweiten nach NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) über 200 km und die Aufladung erfolgt oftmals mit 22 kW, was je nach Batteriegröße eine Ladedauer zur Vollladung von maximal vier Stunden nach sich zieht. Unter Berücksichtigung einer zweistündigen Ladepause am Mittag können so fahrzeugabhängig reale Laufleistungen über 200 km pro Tag realisiert werden, was für Gemeinschaftsverkehr ausreichend ist.

e-Bürgerautos

Zentral für die Eignung als e-Bürgerauto (und auch e-Bürgerbus) ist der bequeme Transport mobilitätseingeschränkter Personen. Da dies oftmals ältere Menschen sind, empfiehlt es sich, ein Fahrzeug zu wählen, welches einen mühelosen Ein- und Ausstieg für diese Fahrgäste ermöglicht (niedrige Einstiegschwelle, erhöhter Sitzbereich). Dadurch sind elektrisch angetriebene Modelle wie der e-Golf von Volkswagen, der ZOE von Renault oder der Leaf von Nissan nur mit Einschränkung zu empfehlen. Auch ist der Transport von sperrigem Gepäck bei diesen Modellen begrenzt.

Aus diesem Grund werden im Folgenden nur zwei e-Fahrzeuge detaillierter vorgestellt. Dabei handelt es sich um den Renault Kangoo ZE sowie den Nissan e-NV200, die mit einem zulässigen Gesamtgewicht von unter 2,3 t mit Führerschein Klasse B fahrbar sind.

Tabelle 1 zeigt Fahrzeugeigenschaften des Renault Kangoo ZE und stellt die dargestellten Werte denen des im Folgenden dargestellten Nissan e-NV200 gegenüber. Bei den Werten für den Renault handelt es sich um Angaben für die erste Generation des e-Fahrzeugs, die den weit verbreiteten Ladestecker des Typs 2 verwendet. Das Fahrzeug ist jedoch nicht schnellladefähig (vgl. Kapitel 4.3).

Eine für 2017 angekündigte zweite Generation wartet insbesondere mit einer höheren Nennkapazität von 41 kWh auf (also nahezu doppelt so hoch wie im Vorgängermodell), die eine Reichweite nach NEFZ von 270 km mit sich bringt und eine Reichweite von ca. 200 km im Realbetrieb ermöglicht (Transport Online, 2016). Auch ist zu erwarten, dass die Standardladung mit maximal 22 kW pro Stunde eine fast sechsfache Ladegeschwindigkeit gegenüber dem Vorgängermodell erlaubt. Es bleibt allerdings abzuwarten, wie es um die Fahrzeugverfügbarkeit bzw. -lieferfristen gestellt ist.



Bild 3: Renault Kangoo ZE in der Variante maxi mit verlängertem Radstand

Der Nissan e-NV200 in der Ausführung Evalia ist für den Personentransport optimiert. Durch entsprechende Fahrzeuginnenraumkonfiguration ermöglicht er bis zu sieben Sitzplätze. Von dieser Konfiguration ist aufgrund des dann nicht zur Verfügung stehenden Kofferraums abzusehen. Zu empfehlen ist die fünfsitzige Variante. Inzwischen existiert auch ein zur Rollstuhlbeförderung geeigneter Umbau dieses Fahrzeugs (siehe Beispiel Steinwenden). Ebenso ist ein Bürgerbusfahrzeug auf dieser Basis in Vorbereitung (siehe Beispiel Dransfeld).

Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, ähnelt der Nissan e-NV200 dem Renault Kangoo ZE hinsichtlich der Abmessungen, des Antriebsstrangs und der Reichweite. Der Nissan e-NV200 bietet verschiedene Optionen bezüglich des Ladesystems. Für beide Fahrzeuge wird empfohlen, die jeweiligen Ladeoptionen mit dem Fahrzeughändler als auch einem kommunalen Sachverständigen vor Ort aufgrund der Anschlussmöglichkeiten der Ladeinfrastruktur zu prüfen. So ist das Fahrzeug je nach Konfiguration schnellladefähig, was eine Vollladung innerhalb einer

Stunde ermöglicht. Allerdings ist hier eine entsprechende Schnellladeinfrastruktur mit dem Standard CHAdeMO vorzuhalten, der in Deutschland noch nicht sehr verbreitet ist (vgl. Kapitel 4.3).



Bild 4: Nissan e-NV200 in der Varianten für den Personentransport

		Technik und Motorisierung Renault Kangoo ZE	Technik und Motorisierung Nissan e-NV200
Antriebsstrang	Antriebsart	Frontantrieb	Frontantrieb
	Motortyp	Drehstrom-Synchron-Elektromotor	Drehstrom-Synchron-Elektromotor
	Anzahl Gänge	1	1
	Max. Leistung (kW)	44	80
	Max. Drehmoment (Nm)	226	254
	Höchstgeschwindigkeit (km/h)	130	123
	Beschleunigung 0-100 km/h (Sek.)	22,4	14
	CO ₂ -Emission (g/km)	0	0
Batterie/ Ladesystem	Batterietyp	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen
	Gewicht der Batterie (kg)	260	k.A.
	Nennkapazität (kWh)	22	24
	Stromverbrauch (kWh/ 100km) gemäß NEFZ	15,5	16,5
	Standardladung	230 V AC, 16 A, 1-phasig (3,7 kW/h)	230 V AC, 16 A, 1-phasig (3,7 kW/h)
	Schnellladung	nicht möglich	>400 V DC, 32 A, 3-phasig (bis 50 kW/h)
	Ladedauer 0 % auf 100 % (h)- Standard	6-9	7 (Typ 1)
	Ladedauer 0 % auf 100 % (h)- Schnell	k.A.	1 (CHAdeMO)
	Ladestecker fahrzeugseitig	Typ 2	Typ 1 oder CHAdeMO
Reichweite	Reichweite nach NEFZ (km)	170	170
	Tatsächliche Reichweite (km)	80-125	80-125
	Energierückgewinnung	im Schiebebetrieb, wenn Fahrzeug nicht beschleunigt wird	im Schiebebetrieb, wenn Fahrzeug nicht beschleunigt wird

Tabelle 1: Fahrzeugdaten Renault Kangoo ZE und Nissan e-NV200 (eigene Zusammenstellung nach Renault, 2016; Nissan, 2016)

PRAXISBEISPIEL

MOBS STEINWENDEN – DER ERSTE ELEKTRO-KLEINBUS MIT ROLLSTUHLPLATZ

Seit dem 18. Juni 2016 verkehrt im rheinland-pfälzischen Steinwenden, gelegen etwa 25 Kilometer nordwestlich von Kaiserslautern, der Bürgerbus „Mobs“. Dabei steht „Mobs“ sowohl für das Fahrzeug als auch für „Mobiles Steinwenden e. V.“, dem Trägerverein dieses ehrenamtlichen Mobilitätsangebots. Die Gemeinde zählt rund 2 450 Einwohner und besteht aus den drei Ortsteilen Steinwenden, Obermohr und Weltersbach. In Obermohr und Weltersbach gibt es weder Ärzte noch Einkaufsmöglichkeiten. In Steinwenden mit rund 1 350 Einwohnern ist dagegen die Infrastruktur gut – es fehlt aber ein Supermarkt. Der zentrale Ort Ramstein-Miesenbach ist Sitz der Verbandsgemeindeverwaltung, verfügt über Fachärzte und Einkaufsmöglichkeiten. Der Ort liegt etwa drei Kilometer von Steinwenden entfernt.



Die ersten Ideen liegen inzwischen drei Jahre zurück. Im Team ging es dann Schritt für Schritt an die Entwicklung. „Unsere erste Idee war, etwas für die älteren Bürgerinnen und Bürger auf den Weg zu bringen“, berichtet Stefan Schirra, der Initiator des Projekts. Schnell wurde klar, dass es auch etwas größer werden kann. „Wir haben überlegt, dass die Reichweite eines E-Fahrzeugs für unseren Bedarf ausreichen würde und sind stolz, dass wir das erste Elektrofahrzeug bundesweit beschaffen konnten, das auch zur Rollstuhlbeförderung geeignet ist.“

Der Bus kann immer dienstags, donnerstags und samstags jeweils zwischen 9 und 14 Uhr für Fahrten innerhalb von Steinwenden und von/nach Ramstein bestellt werden. Die Mitfahrt ist kostenlos und für alle offen. Das Angebot wird gut angenommen – in den ersten drei Monaten wurden schon über 800 Fahrgäste befördert. Pro Betriebstag werden etwa 20-25 Einstiege verzeichnet. Da das Ein-

satzgebiet räumlich kompakt ist, kommen typischerweise 80-90 Kilometer Fahrleistung zusammen. Die Reichweite des Fahrzeugs von 110 Kilometer im Winter und bis zu 130 Kilometer im Sommer reicht daher bisher ohne Ladepause aus. Trotzdem soll demnächst noch eine Schnellladesäule angeschafft werden. Eine Batterieladung benötigt mit einer Schnellladestation etwa 30 Minuten, mit einer Normalladestation 4 bis 7 Stunden, an einer normalen Steckdose rund 10 Stunden.

Fahrtwünsche für den Mobs können kurzfristig über das Fahrerhandy vereinbart werden. Hier gibt es einen besonderen Service: Für die Bestellung von unterwegs verleiht der Verein zwei einfach zu bedienende Seniorenhandys, mit denen der Fahrdienst kurzfristig gerufen werden kann. Und auch für Gehörlose ist eine Bestellung über Kurzmitteilungen auf das Mobiltelefon möglich. Als Fahrzeug beschafften die Aktiven einen Nissan E-NV 200, der für den Transport eines Rollstuhls umgerüstet worden ist. Das Fahrzeug wurde zusammen mit der Batterie gekauft. Sechs Fahrgäste finden Platz. Wird ein Rollstuhl befördert, verbleiben noch vier reguläre Sitzplätze.



Die Umbaukosten lagen bei rund 7 500 Euro und wurden von einem spezialisierten Unternehmen in Niedersachsen übernommen.

Rund 60 000 Euro waren notwendig, um das Projekt „elektrischer Bürgerbus“ auf den Weg zu bringen. Aus dem Förderbaustein ländliche Mobilität des Innenministeriums aus Mainz erhielt der Verein 8 500 Euro, der Rest wird durch Werbe- und Kooperationspartner finanziert. Für die ersten sechs Betriebsjahre ist die Finanzierung schon jetzt sicher.

Text: Martin Schiefelbusch unter Verwendung einer Vorlage von Holger Jansen/Projekt Bürgerbusse Rheinland-Pfalz/nexus und Informationen von Stefan Schirra, Vorsitzender Mobs e. V.

PRAXISBEISPIEL

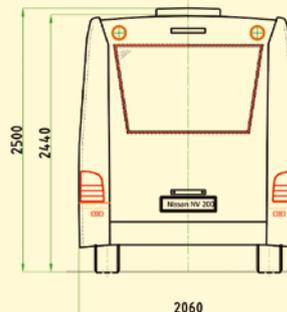
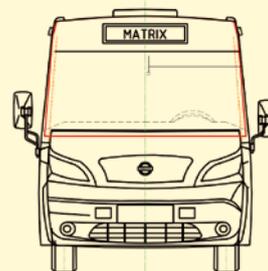
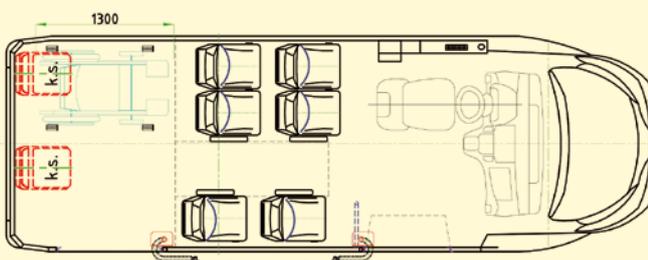
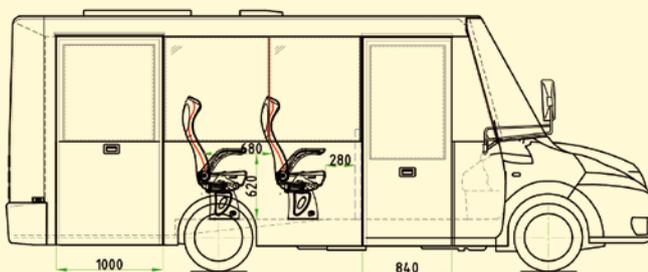
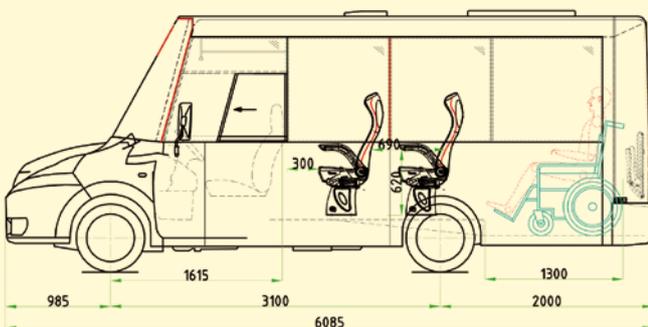
E-BÜRGERBUS DRANSFELD

In Dransfeld bei Göttingen wird ein anderer Ansatz zur Elektrifizierung eines Bürgerbusses als der in Kapitel 4.2 vorgestellt gewählt. Statt der üblichen Elektrifizierung eines leichten Nutzfahrzeugs mit konventionellem Antrieb und anschließender Umrüstung für den Personenverkehr wird dort ein ab Werk elektrisch betriebener Großraum-PKW zum e-Bürgerbus umgebaut. Dabei handelt es sich um den in Kapitel 4.2 vorgestellten Nissan e-NV200.

Wie den Skizzen entnommen werden kann, hat das Fahrzeug von außen nur noch wenig Ähnlichkeit mit dem Serienfahrzeug. Da man hier erstmalig versucht, Niederflrigkeit zu realisieren, wird ein Großteil der Karosserie ersetzt und im Kern bleibt der Motor (im vorderen Fahrzeugteil) sowie der Antriebsstrang samt Batterie (im Unterboden) erhalten.

Bauartbedingt lässt dies eine Niederflrigkeit nur hinter der Heckachse zu. In diesem e-Bürgerbus stehen insgesamt neun Plätze zur Verfügung (ein Fahrerplatz sowie acht Fahrgastplätze bzw. sieben Fahrgastplatzplätze und einem Rollstuhlplatz).

Das e-Fahrzeug verfügt über zwei Schiebetüren, sodass die vordere Tür durch weniger mobilitätseingeschränkte Fahrgäste genutzt werden kann und die hintere Tür für Rollstuhlfahrer und Nutzer von Rollatoren einen barrierefreien Einstieg ermöglicht. Laut Hersteller wird das maximale Gesamtgewicht von 3,5 t unterschritten, was vermutlich dem Gewicht der für ein ursprünglich kleineres Fahrzeug dimensionierten Batterie geschuldet ist. Da der Nissan e-NV200 schnellladefähig ist, kann dadurch ggf. eine geringere Batteriekapazität kompensiert werden. Der Beginn des Testbetriebs in Niedersachsen ist für Mitte 2017 geplant.



NISSAN e-NV 200	Maß:
00301455	1:50

Zulassung: _____ Ausführung Nr.: _____
Datum: _____

Skizzen zur Umrüstung eines Nissan e-NV200 zum e-Bürgerbus

e-Bürgerbusse

In der Fahrzeugklasse der leichten Nutzfahrzeuge, die als Basisfahrzeug für den Einsatz als elektrisch betriebener Bürgerbus in Frage kommen, existieren Stand Ende 2016 keine Serienfahrzeuge. Eine Marktbeobachtung und -analyse hat bestätigt, dass es insbesondere keine rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge der Klasse der leichten Nutzfahrzeuge („Sprinterklasse“) gibt, die mit Führerschein Klasse B fahrbar, für den Personentransport zugelassen sind und die Anforderungen an Bürgerbusse erfüllen (Martin et al. 2015). Dabei muss das Spannungsverhältnis des maximal zulässigen Gesamtgewichts von 3,5 Tonnen in Kombination mit dem Batteriegewicht und der dann noch verfügbaren Fahrgastsitzplätze aufgelöst werden. Der Anspruch muss sein, dass das e-Fahrzeug mit Führerschein der Klasse B fahrbar ist und daher nicht schwerer als 3,5 Tonnen sein darf. Aufgrund der hohen Batteriegewichte kann es dazu kommen, dass mit der verbleibenden Zuladung von e-Bürgerbussen nicht ausreichend Nutzlast zur Verfügung steht, um acht Fahrgäste befördern zu können.

Im Folgenden werden daher zwei elektrisch betriebene Minibusse vorgestellt, die bisher nur im Testbetrieb eingesetzt wurden. Beide Minibusse sind keine Niederflurfahrzeuge, was insbesondere den Einstieg von mobilitätseingeschränkten Personen (z. B. auch mit Rollatoren) erschwert. Da die Antriebsbatterien für Elektrofahrzeuge im Unterboden verbaut werden, ist hier auch zeitnah nicht mit einer Lösung zu rechnen.

Bei dem ersten Fahrzeug handelt es sich um die Umrüstung eines Mercedes Sprinter durch das Unternehmen Kreisel Electric (Bild 5). Das Fahrzeug ist in Nürtingen im Landkreis Esslingen im Linienverkehr des ÖPNV im Einsatz.

Ein baulich ähnliches Fahrzeug wird von der Firma Kreisel in Kooperation mit dem niederländischen Busunternehmen VDL Bus & Coach angeboten (Bild 6, VDL Bus & Coach, 2016).



Bild 5: Mercedes Benz Sprinter-Umrüstung von Kreisel Electric im Einsatz in Nürtingen



Bild 6: Mercedes Benz Sprinter-Umrüstung von VDL Bus & Coach

Für die Anwendung als e-Bürgerbus kann eine Kapazität des verbauten Akkus gewählt werden, die eine Reichweite bis zu 200 km ermöglicht. Das Laden erfolgt mit 22 kW und einem genormten Typ-2-Combostecker und erlaubt eine Vollladung in weniger als vier Stunden. Zu diesem Fahrzeug liegen bisher jedoch noch keine Praxiserfahrungen als e-Bürgerbus vor.

Ein e-Bürgerbus des Herstellers German E-Cars (Modell Plantos, Bild 7 und Tabelle 2) wurde im Rahmen des NAMOREG-Programms beschafft und in Baden-Württemberg in mehreren Anwendungskommunen erprobt (Universität Stuttgart, e-Bürgerbus, 2017).

Ausstattung Plantos

- 7 Fahrgastplätze
- Zehntisch
- Träger für Linienschild
- elektrisch fernbediente Schiebetür
- elektrisch ausfahrbare Trittstufe
- kein Rollstuhlplatz/Rampe

Batteriekapazität	38,8 kWh
Reichweite Stadtverkehr ohne Zwischenladung	100 km
Lademöglichkeiten	- Typ 2-Stecker, Kabel 4 m - Schukostecker, Kabel 4 m
Dauer Komplettladung	- Typ 2-Stecker: max. 4 Std. - Schukostecker: max. 11 Std.
Länge x Breite x Höhe (in m)	5,92 x 1,99 x 2,76

Tabelle 2: Technische Daten e-Bürgerbus PLANTOS



Bild 7: Mercedes Benz Sprinter-Umrüstung von German E-Cars

Das e-Fahrzeug ist mit Führerschein Klasse B fahrbar, verfügt aber aufgrund des Batteriegewichts nur über eine reduzierte Nutzlast, sodass nur sieben statt der maximal erlaubten acht Fahrgäste befördert werden können. Geladen wird das Fahrzeug über einen genormten Typ-2-Stecker mit 11 kW, sodass eine Vollladung unter vier Stunden möglich ist. Die Reichweite beträgt unter realen Bedingungen ca. 100 km.

4.3 Ladeinfrastruktur

Ladeinfrastruktur (LIS) wird hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Schnellladung klassifiziert. Schnellladepunkte sind Lademöglichkeiten, an denen Strom mit einer Ladeleistung von mehr als 22 kW an ein Elektrofahrzeug übertragen werden kann. Üblicher sind so genannte Normalladepunkte, an denen Strom mit einer Ladeleistung von höchstens 22 kW an

ein Elektrofahrzeug übertragen wird (Europäische Union (2014), Artikel 2 Abs. 2). Für gewöhnlich erfolgt die Schnellladung mit Gleichstrom (DC – direct current, meist 400 Volt; sog. Starkstromanschluss mit roter CEE-Steckverbindung), während die Normalladung mit Wechselstrom (AC – alternating current, meist 230 Volt; Haushaltsanschluss mit schwarzer Schuko-Steckverbindung) erfolgt.

Durch den de-facto-Standard für Steckverbindungen zwischen Fahrzeug und LIS, dem sogenannten Typ-2-Stecker, ist mit den meisten in Deutschland verfügbaren Elektrofahrzeugen ein Laden an öffentlichen Ladestationen möglich. Darüber hinaus ist für Schnellladungen der Typ-2-Combo-Stecker sowie der CHAdeMO-Stecker gebräuchlich.

Gängige Unterscheidungen zur Art des Zugangs sind Strukturen im privaten, halb-öffentlichen sowie öffentlichen Raum (Dallinger et al. 2011, S. 14-17):

Privates Laden bezeichnet die Durchführung des Ladevorgangs auf dem eigenen Gelände ohne Zugang für Dritte. Für einen e-Bürgerbus wäre das ein nicht öffentlich zugänglicher Stellplatz, z. B. auf einem Bauhof. Für diesen Zweck bietet sich eine einfache LIS an, eine sogenannte Wallbox, die bspw. keiner Abrechnungsmethodik bedarf.⁴



Bild 8: Wallbox mit Zugriffsbeschränkung (Schlüssel) und angeschlagenem Kabel

Halb-öffentliches Laden bezeichnet Laden an Orten, die von einer bestimmten Klientel regelmäßig aufgesucht werden. Dazu zählen z. B. Firmengelände von Arbeitgebern (Bild 8). Die LIS ist mit einer Chip-Karte oder einem Schlüssel zugangsbeschränkt, weshalb hier oftmals pauschale Abrechnungssysteme zum Einsatz kommen und auch Wallboxen verwendet werden können.

Bei **öffentlichem Laden** findet keine Zugangsbeschränkung zur LIS für Dritte statt, weshalb Zugriff oder die Abrechnung u.v.m. verbindlich geregelt werden muss. Insbesondere die Kompatibilität von Abrechnungsmodellen verschiedener Anbieter ist noch nicht bundes- oder gar europaweit harmonisiert.

Je nach Art des Zugangs zur LIS können sehr unterschiedliche Kosten entstehen. Bei öffentlichen Ladestationen kommen oftmals aufwendige Erd- und Anschlussarbeiten hinzu (Bild 9).⁵

⁴ Teilweise können e-Fahrzeuge auch mit einem Schuko-Stecker über die Haushaltssteckdose, sofern mit einer Sicherung und einem Fehlerstrom- und Leistungsschutzschalter versehen, geladen werden.

⁵ Weiterführende Informationen bietet beispielsweise der Leitfaden Ladeinfrastruktur der Nationalen Plattform Elektromobilität (Nationale Plattform Elektromobilität, 2013)



Bild 9: Öffentliche Ladesäule

Ist in der Anwendungskommune eine öffentliche Ladesäule vorhanden, so kann diese grundsätzlich von einem e-Bürgerbus genutzt werden. Da oftmals die Belegung des zugehörigen Stellplatzes durch andere Fahrzeuge nicht ausgeschlossen werden kann, empfehlen sich ein eigener Stellplatz sowie eine exklusiv durch den Verein nutzbare LIS.

4.4 Werkstatt/Wartung

Elektrofahrzeuge bieten bezüglich der Wartung eine Reihe von Vorteilen gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, da weniger Bauteile mechanischen oder kinetischen Kräften ausgesetzt sind. Exemplarisch können das Getriebe oder die Lichtmaschine genannt werden. Beispielsweise sorgt die Rekuperation (Bremsenergieerückgewinnung durch eine Nutzbremse) dafür, dass Bremsen und Reifen einem geringeren Verschleiß unterliegen. Darüber hinaus werden keine Motorschmierstoffe oder Luftfilter benötigt, die regelmäßig ausgetauscht werden müssen. Die Unterhaltungskosten eines Elektrofahrzeugs sind somit oftmals niedriger als bei einem Verbrennerfahrzeug. Wiederkehrende Werkstattaufenthalte sind in Abhängigkeit der Laufleistung des e-Fahrzeugs einzuhalten. Eine TÜV-Untersuchung ist wie bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor alle

zwei Jahre fällig. Die Gebühren fallen hier aufgrund der nicht notwendigen Abgasuntersuchung niedriger aus.

Arbeiten am e-Fahrzeug dürfen nur Werkstätten durchführen, die über entsprechend geschultes Personal verfügen (Hochvolttechniker). Die wenigsten freien Werkstätten verfügen über solches Personal. Autohäuser der Hersteller, die e-Fahrzeuge im Programm haben, verfügen über entsprechende Techniker, nicht unbedingt aber an jedem Standort, weshalb unter Umständen ein längerer Weg zu einer Fachwerkstatt in Kauf genommen werden muss.

Für den Fall nicht seriengefertigter Fahrzeuge, wie etwa die in diesem Leitfaden vorgestellten e-Bürgerbusse, bedarf es individueller Vereinbarungen mit den Fahrzeugherstellern. Insbesondere bei Einzelanfertigungen können gegenüber Serienfahrzeugen häufiger kleinere Schäden auftreten. Die Fahrzeughersteller kooperieren aber in der Regel mit einer vor Ort ansässigen Werkstatt mit entsprechend geschultem Personal und können bei Bedarf auch Servicetechniker entsenden. Hierüber sind Vereinbarungen zu treffen, welche Kosten in welcher Höhe bei welchem Schadensfall durch welche Partei zu tragen sind.

4.5 Personal, Organisation und Betrieb

Um ein Elektroauto zu fahren, bedarf es keiner besonderen Kenntnisse, die über das Fahren mit einem Verbrennerfahrzeug hinausgehen. Ohne Schaltgetriebe lassen sich e-Fahrzeuge wie ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe fahren. Elektrofahrzeuge fahren bei niedrigen Geschwindigkeiten nahezu geräuschlos und bieten auch aufgrund des 100%-igen Drehmoments beim Gasgeben ein dynamisches Fahrgefühl. Da der Fahrstil enormen Einfluss auf die Reichweite des Fahrzeugs hat, ist allerdings eine defensive Fahrweise angebracht. Diese herrscht bei oftmals innerörtlichen Gemeinschaftsverkehren ohnehin vor. Verschiedene Untersuchungen zeigen fahrstilbedingte Reichweitenreduktionen um bis zu 40 % (Martin et al. 2016).

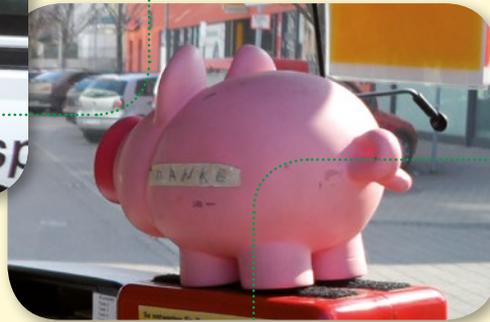
Daher ist eine entsprechende Unterweisung der Fahrer/-innen essentiell. Diese sollte aber nicht nur theoretisch, bspw. auch mit weiteren Hinweisen auf eine energiesparende Fahrweise (viele e-Fahrzeuge verfügen über energiesparende Fahrmodi), durchgeführt werden: Die Praxis hat gezeigt, dass das eigenständige Fahren unter Anleitung zu empfehlen ist. Insbesondere die Durchführung von Schulungsfahrten mit verschiedenen Fahrstilen auf einer Referenzstrecke öffnet so manche Augen. Anhand der Bordcomputer der e-Fahrzeuge kann die prognostizier-

te Restreichweite als Indikator abgelesen werden, so dass anhand dieser Werte unterschiedliche Verbräuche je nach Fahrstil offensichtlich werden. So zeigt sich beim zweimaligen Befahren einer gleichen Strecke mit offensivem und defensivem Fahrstil, dass sich die prognostizierte Restreichweite unterscheidet und mit defensiver Fahrweise größere Reichweiten erzielen lassen.

Gerade für e-Bürgerautos, die eine vollflexible Bedienung der Fahrgäste ermöglichen, gilt das Argument für die Elektromobilität durch bekannte Routenverläufe und-reichweiten eingeschränkt. Hier ist die Disposition aller Fahrten für einen Betriebstag von entscheidender Bedeutung. Zur Planung sollte unbedingt, soweit bekannt, mit den Reichweiten und Realbedingungen geplant werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Nebenverbrauchern im Fahrzeug die Reichweite deutlich gesenkt werden kann. Hervorzuheben ist die Heizung als stärkster Nebenverbraucher. Im Winter sollte also das Mobilitätsangebot reduziert und vorsorglich mit einer längeren Pause zur Mittagszeit zum Nachladen geplant werden. Darüber hinaus ist zu vereinbaren, wie mit Betriebsfahrten während Pausen umzugehen ist, um zusätzliche Verbindungsfahrten zu begrenzen oder verbindlich einplanen zu können. Auch hat sich gezeigt, dass eine strategisch sinnvolle Positionierung der Ladeinfrastruktur an Orten, an denen das e-Fahrzeug ohnehin oftmals auf weitere Einsätze wartet (z. B. Supermarkt), ideal ist, um ein Elektrofahrzeug gelegentlich zwischenzuladen. Diesbezüglich muss vor Ort geprüft werden, ob eine solche Lösung realisierbar ist. Sollten für eine Zwischenladung längere Verbindungsfahrten notwendig werden, ergibt sich nur bedingt ein positiver Effekt.

Für linienbasierte Verkehre sind aufgrund der verbindlichen Fahrpläne Betriebsstreckenlänge und Streckenführung bekannt. Darüber hinaus können Verbindungsfahrten z. B. vom und zu dem Betriebshof in ihrer Länge präzise berücksichtigt werden, sodass die Laufleistung pro Tag genau beziffert werden kann. Da Betriebsstreckenlängen von mehr als 150 km pro Tag keine Seltenheit sind, sollten auch für e-Bürgerbusse Zwischenladungen eingeplant werden (vgl. Kapitel 6.1). Hierzu bieten sich fahrplanbedingte Pausen an. Oftmals ist eine betriebliche Pause in der Mittagszeit ohnehin vorgesehen, die zum Nachladen genutzt werden sollte.

Am Ende eines Betriebstages muss sichergestellt werden, dass das e-Fahrzeuge am nächsten Tag wieder vollgeladen und einsatzbereit ist. Manche e-Fahrzeuge verfügen über eine elektrische Standheizung, die während des Ladevorgangs aktiviert wird und programmierbar ist. Diese sollte im Winter am Ende eines Fahrtages so programmiert werden, dass das Fahrpersonal am Folgetag in ein vorgewärmtes Auto einsteigen kann.



Wirtschaftlichkeit

Für eine Bewertung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit sind insbesondere die Auswirkungen auf die Betriebskosten zu untersuchen. Darüber hinaus gilt es aber auch entstehende Nutzen zu berücksichtigen, z. B. vermiedene Schadstoffemissionen. Die folgende Beispielrechnung vergleicht die Betriebskosten eines e-Bürgerbusses mit denen eines konventionellen Dieselfahrzeugs.

5.1 Kosten und Nutzen

Ein entscheidender Aspekt in der Abwägung, ob für den Bürgerbusbetrieb ein e-Fahrzeug eingesetzt werden soll, sind die Auswirkungen auf die Betriebskosten. Diese setzen sich bei Bürgerbusverkehren wie folgt zusammen:

- Fahrzeugvorhaltungskosten (u. a. für Kapitaleinsatz aus Fahrzeuganschaffung und Fahrzeugversicherung sowie ggf. für Unterstellung, Miete der Traktionsbatterie oder Anschaffung einer Ladestation)
- Fahrzeugunterhaltungskosten (u. a. für Wartung, Inspektion und Instandsetzung sowie für Reifen und Schmierstoffe)
- Geschwindigkeitsabhängige Antriebskosten (für Kraftstoff- oder Stromverbrauch)
- Kosten für Fahrpersonal (Einsatz von ehrenamtlichen Fahrerinnen und Fahrern, es fallen jedoch Kosten für die Versicherung des Fahrpersonals und für den Erwerb des Personenbeförderungsscheines an, sowie ggf. für Schulungen)
- Sonstige Kosten, z. B. für Kundendienst, Öffentlichkeitsarbeit und Verwaltung (u. a. für Fahrplanerstellung, Fahrkartendruck und sonstige Drucksachen sowie ggf. für Homepage oder Fahrzeugtelefon)

Durch den Einsatz eines e-Fahrzeugs verändern sich insbesondere die drei erstgenannten Kostenbereiche. Für die übrigen zwei Bereiche wird davon ausgegangen, dass die Kosten gegenüber dem Einsatz eines Dieselfahrzeugs annähernd konstant bleiben. Bild 10 zeigt beispielhaft für einen Bürgerbusverkehr mit 30 000 Betriebskilometern pro Jahr (Größenordnung z. B. Bürgerbus Wendlingen), wie sich die jeweiligen Kosten pro Betriebskilometer bei Einsatz eines reinen e-Fahrzeugs und Einsatz eines konventionellen Dieselfahrzeugs unterscheiden (Preisstand 2015, Netto-Angaben).⁶

Für alle drei betrachteten Varianten wurde hinsichtlich der Kosten für die Fahrzeuganschaffung eine Bürgerbusförderung des Landes in gleicher Höhe berücksichtigt (22 500 € in Orientierung an der Förderrichtlinie 2015 in Baden-Württemberg). Der Anschaffungspreis für einen elektrisch betriebenen Bürgerbus ist u. a. aufgrund der fehlenden Serienproduktion derzeit noch deutlich höher als für ein vergleichbares Dieselfahrzeug, weshalb die Fahrzeugvorhaltungskosten pro Betriebskilometer in Bild 10 bei einer eher konservativen Annahme für Nutzungsdauer und Restwert des e-Fahrzeugs mehr als doppelt so hoch ausfallen.

⁶ Bezüglich der detaillierten Herleitung der für die Beispielrechnung verwendeten Kosten- und Wertansätze wird auf die Abschlussdokumentation zum Projekt „e-Bürgerbus – Verstärkung eines nachhaltigen Mobilitätsansatzes in der Region Stuttgart“ (Martin et al. 2017) verwiesen.

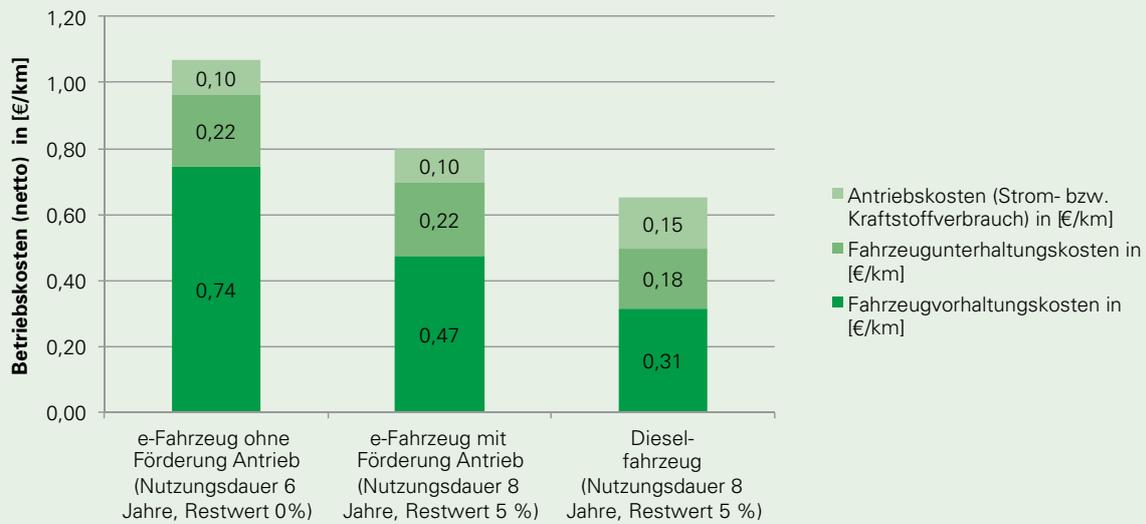


Bild 10: Vergleich der Betriebskosten pro Einsatzkilometer zwischen e- und Dieselfahrzeug bei 30.000 Betriebskilometern pro Jahr (netto, Preisstand 2015)

Die günstigeren Antriebskosten können dies bei der unterstellten Betriebsleistung nur zu einem geringen Teil ausgleichen, zumal die Fahrzeugunterhaltungskosten im Beispiel ebenfalls rund 20 % höher als bei einem Dieselfahrzeug liegen.

Aufgrund des bestehenden Förderprogramms in Baden-Württemberg wird als weiterer Vergleichsfall die Anschaffung desselben e-Fahrzeugs unter Berücksichtigung der Landesförderung für alternative Antriebe im ÖPNV betrachtet und eine Förderung von 50 % der Mehrkosten gegenüber dem Kauf eines konventionellen Fahrzeugs unterstellt. Bei Annahme einer Nutzungsdauer und eines Restwerts in Analogie zum Dieselfahrzeug übersteigen die resultierenden Betriebskosten mit 0,80 €/ km immer noch den Wert für ein konventionelles Fahrzeug (0,65 Euro / km). Für 30 000 Betriebskilometer pro Jahr ergibt dies rund 4 500 Euro an jährlichen Mehrkosten bei Einsatz eines e-Fahrzeugs (siehe Bild 11).

Bei Bürgerbusverkehren mit einer höheren Betriebsleistung verringern sich die Mehrkosten zwar, aber erst bei einem für Bürgerbusverkehre unrealistisch hohen Wert von über 120 000 Betriebskilometern pro Jahr könnten gegenüber einem Dieselfahrzeug Betriebskosten eingespart werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass durch die technologische Weiterentwicklung im Bereich der Elektromobilität bzw. den Markthochlauf zukünftig auch deutlich günstigere Anschaffungspreise für einen e-Bürgerbus erzielt werden können und sich somit bereits bei einer niedrigeren jährlichen Betriebsleistung Betriebskosten einsparen lassen.

Neben den Betriebskosten sollten ebenfalls die vor Ort in

der Kommune entstehenden Nutzen, die aus dem Einsatz eines e-Fahrzeugs resultieren, bei der Fahrzeugentscheidung berücksichtigt werden. Hierunter fallen vor allem vermiedene Emissionen von CO₂ und sonstigen Luftschadstoffen sowie eine Verringerung des durch das Bürgerbusfahrzeug erzeugten Fahrgeräuschs. Aber auch eine noch positivere Wahrnehmung und größere Akzeptanz des Bürgerbusses seitens der Fahrgäste oder der Bevölkerung sind möglich. Bild 12 zeigt beispielhaft für verschiedene jährliche Betriebsleistungen die Kostendifferenz pro Jahr, die sich aus dem Vergleich von einem e-Fahrzeug (ohne bzw. mit Berücksichtigung einer Förderung bei der Anschaffung) mit einem konventionellen Dieselfahrzeug ergibt (Preisstand 2015, Netto-Angaben). Hierbei wurden neben den Betriebskosten auch die Kosten für vor Ort entstehende CO₂- und sonstige Schadstoffemissionen berücksichtigt.⁷

Auch hier ist aufgrund der derzeit noch hohen Anschaffungskosten der Einsatz eines e-Fahrzeugs erst mit Berücksichtigung einer Förderung (siehe oben) und ab einer entsprechend hohen jährlichen Betriebsleistung (über 70 000 Betriebskilometer) kostengünstiger als die Nutzung eines Dieselfahrzeugs. Im Beispiel liegen die Mehrkosten pro Jahr bei 40 000 jährlichen Betriebskilometern (Größenordnung z. B. Bürgerbus Ebersbach) im Bereich von rund 2 800 Euro. Darin bereits aufgegangene Kosteneinsparungen ergeben sich zu ca. 61 % durch eingesparte Antriebskosten und zu ca. 39 % durch vermiedene Emissionskosten vor Ort.⁸

⁷ gemäß den aktuellen Kosten- und Wertansätzen für Pkw für die Bundesverkehrswegeplanung 2030 (PTV/TCI/Mann 2016)

⁸ keine Einsparung auf Seiten des Betreibers (im Gegensatz zu den Antriebskosten)

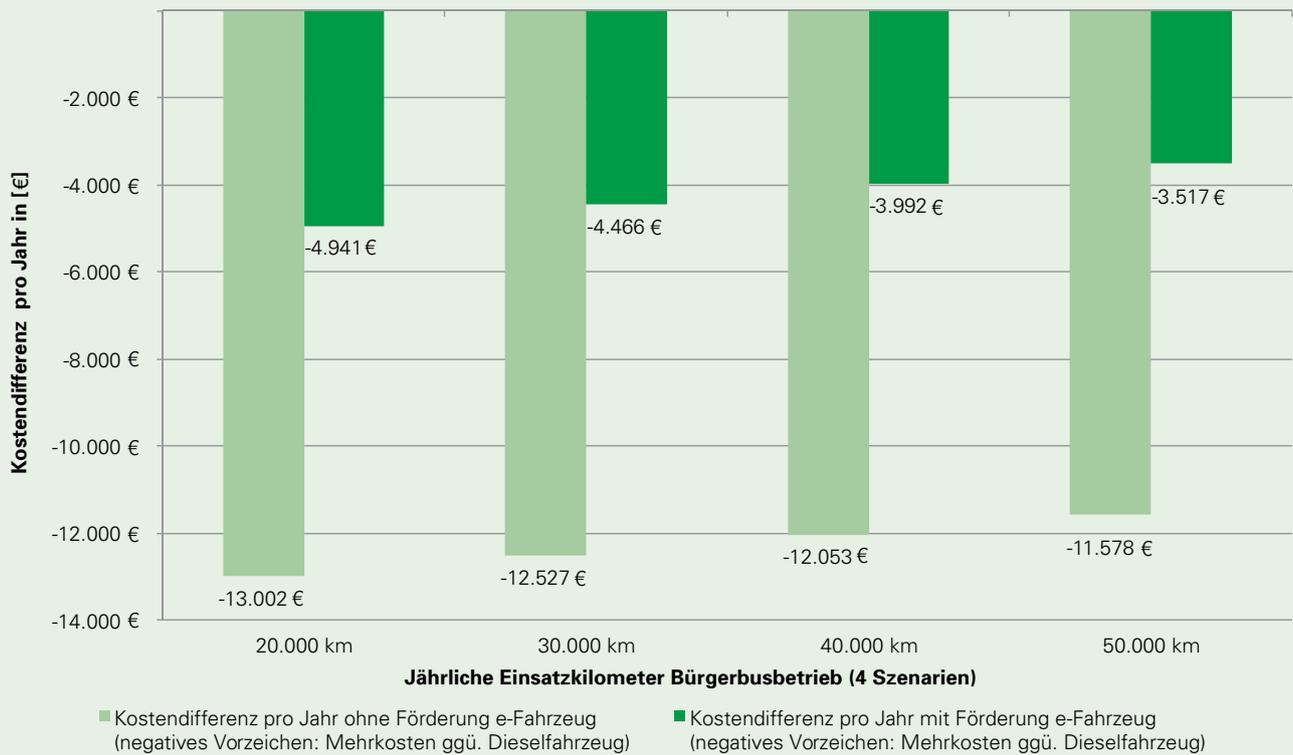


Bild 11: Veränderung der Betriebskosten pro Jahr gegenüber Dieselfahrzeug (netto, Preisstand 2015)

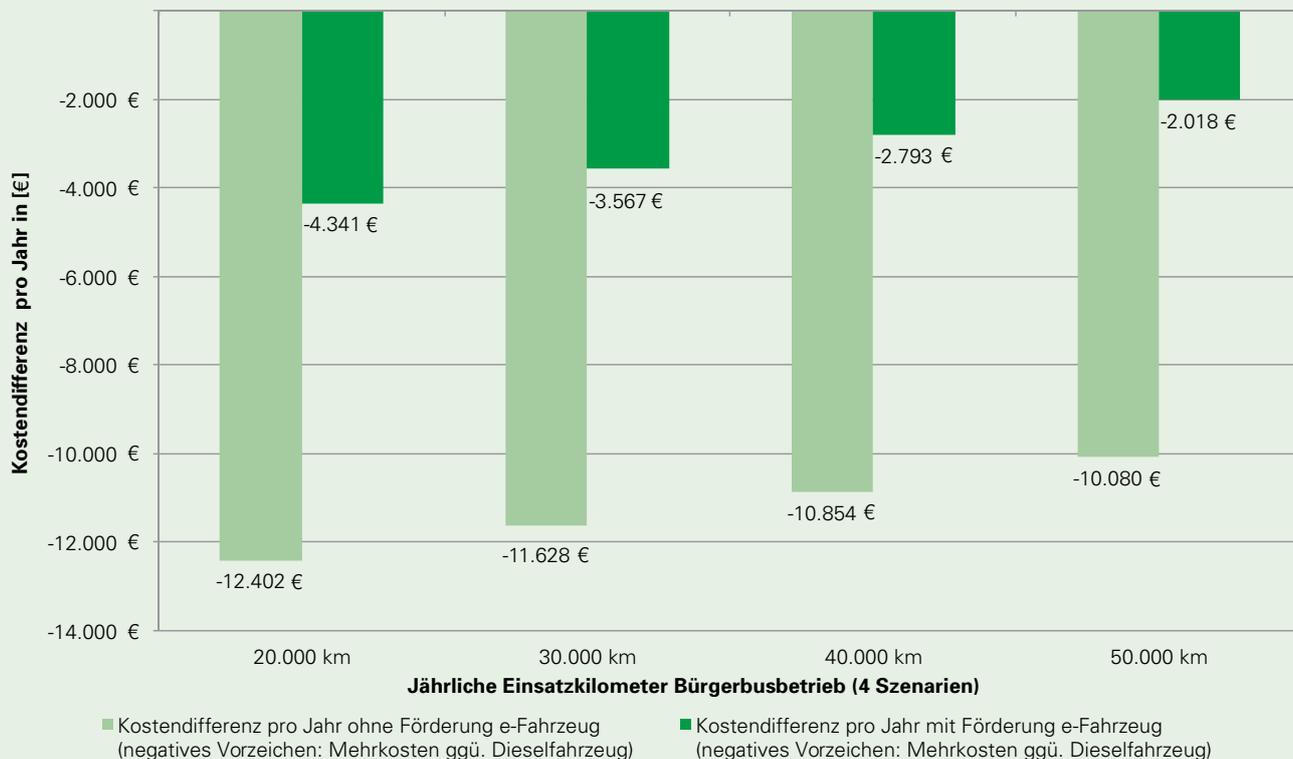


Bild 12: Veränderung der Kosten pro Jahr für Betrieb und Schadstoffemissionen vor Ort gegenüber Dieselfahrzeug (netto, Preisstand 2015)

5.2 Fördermöglichkeiten

Bürgerschaftlich getragene Mobilitätsangebote werden meist aus einer Mischung unterschiedlicher Quellen finanziert. Durch das bürgerschaftliche Engagement im Fahrdienst sind die Kosten des Betriebs sehr gering. Für das Fahrzeug – und hier vor allem für die Anschaffung – sind dagegen weitere finanzielle Mittel erforderlich. Gerade bei Elektromobilität können diese erheblich sein (während sich die laufenden Betriebskosten im Vergleich zum Verbrennerfahrzeug reduzieren, vgl. Teil 5.1).

Für die Finanzierung sind verschiedene Förderprogramme nutzbar, und gerade für die Elektromobilität wurden in den letzten Jahren neue Möglichkeiten geschaffen. Dabei handelt es sich jedoch immer um Teilförderungen mit jeweils eigenen Bedingungen. Die folgende Darstellung beschränkt sich auf spezielle Fördermaßnahmen für Fahrzeuge und Anlagen der Elektromobilität. Für andere Maßnahmen zur Unterstützung engagementbasierter Verkehrsdienste allgemein muss aus Platzgründen auf den Bürgerbus-Leitfaden und die Internetseite www.buergerbus-bw.de verwiesen werden.⁹

Kaufprämie des Bundes für E-Fahrzeuge: Um den Absatz von Elektrofahrzeugen zu fördern, unterstützt der Bund mit Beteiligung der Autohersteller seit Mitte 2016 Fahrzeugkäufer mit einem Zuschuss zum Kauf von vollelektrischen und sogenannten Plug-In-Hybridfahrzeugen (d. h. von außen aufladbare Hybridfahrzeuge) sowie Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb. Dieser sogenannte „Umweltbonus“ wird auf Antrag über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) ausgezahlt. Der Förderbetrag beträgt für vollelektrische und Brennstoffzellenfahrzeuge einmalig 4 000 Euro, für Hybridfahrzeuge 3 000 Euro.

Dieses Programm ist in erster Linie für Pkw gedacht – damit kommt es im Prinzip auch für den Bereich der Bürgerbusse, Bürgerrufautos und Bürgerfahrdienste in Betracht. Wichtig sind jedoch folgende Einschränkungen:

- Es werden nur Fahrzeugmodelle gefördert, die in einer vom Bafa geführten Liste enthalten sind. Derzeit sind dies etwa 100 Modelle, wobei einige Fahrzeuge in Varianten mehrfach vorkommen. Darunter sind auch der Renault Kangoo und der Nissan e-NV200, die beide schon als Bürgerbus bzw. Rufauto im Einsatz sind (siehe Beispiele). Größere Transporter bzw. Kleinbusse sind bisher nicht in der Liste zu finden.
- Es werden nur Neufahrzeuge gefördert, so dass der Umbau bestehender Verbrenner-Kfz auf Elektroantrieb nicht unterstützt wird.

- Länder und Landeseinrichtungen sind ebenso wie Kommunen nicht antragsberechtigt. Möglich ist jedoch eine Förderung an kommunale Einrichtungen und Unternehmen, sofern diese eine eigene Rechtspersönlichkeit haben. Ein kommunales Verkehrsunternehmen könnte daher einen Antrag stellen.

Weitere Informationen zu Anforderungen und Verfahren sind auf der Homepage des Bafa zu finden.¹⁰ Die Antragstellung erfolgt ebenfalls elektronisch.

Landesförderung Elektro- und Hybridbusse: Im Laufe des Jahres 2017 soll eine Neuordnung der Elektromobilitätsförderung erfolgen. Informationen zu den derzeitigen Elektromobilitätsförderungen des Landes Baden-Württemberg erhalten Sie ständig aktualisiert auf der Homepage des Verkehrsministeriums.¹¹

Kfz-Steuerbefreiung: Rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (sowie Brennstoffzellenfahrzeuge) sind aktuell für zehn Jahre ab Kauf von der Kfz-Steuer befreit. Im Anschluss an diese Zeit ist die Steuer um 50 Prozent ermäßigt. Der Befreiungsbescheid wird nach der Zulassung des Fahrzeugs automatisch vom Zoll erstellt und der Einzug der Steuer entsprechend ausgesetzt, so dass keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind. Bei einem Halterwechsel wird der verbliebene Befreiungszeitraum auf den neuen Halter übertragen; die steuerfreie Nutzungszeit verlängert sich dadurch also nicht. Anders als bei der Kaufprämie ist die Steuerbefreiung auch für auf Elektroantrieb umgerüstete Fahrzeuge ab dem amtlich festgestellten Tag der Umrüstung nutzbar.

⁹ Im Jahr 2017 sind dies die Fahrzeugförderung Bürgerbus, die Kostenerstattung für den „Führerschein zur Fahrgastbeförderung“ und die Übernahme von Beratungsleistungen für bürgerschaftliche Projekte („Gut beraten“).

¹⁰ siehe http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html; jsessionid= 6F7FBD3E1B7B9C62D-356D8C5DDF84A13.1_cid378

¹¹ <http://vm.baden-wuerttemberg.de/de/verkehrspolitik/nachhaltige-mobilitaet/elektromobilitaet/>

Tipp

Im Bereich der alternativen Fahrzeugantriebe ist vieles in Bewegung – dies gilt auch für die Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten. Neben den genannten Quellen können daher noch weitere in Betracht kommen; möglicherweise lassen sich auch unter anderen Titeln passende Hilfen finden. Allen Interessenten ist daher zu empfehlen, sich im Zuge ihrer Planung aktuell zu informieren und gezielt beraten zu lassen. Basisinformationen zu vielen Landes-, Bundes- und EU-Förderungen sind z. B. unter www.foerderdatenbank.de erhältlich.

NACHGEFRAGT...

ELEKTROFAHRZEUGE ALS ÖPNV-ERGÄNZUNG IM PROJEKT „EMMA“

Interview von Martin Schiefelbusch mit Bernhard Schultes, Netzwerk Oberschwaben GmbH



Das erste elektrische Bürgerrufauto Oberschwabens nahm im September 2014 in Meckenbeuren (Bodenseekreis, ca. 13 000 Einwohner) seinen Betrieb auf. Das Verkehrsangebot verbindet mehrere kleinere Ortsteile mit Hauptort und Bahnhof.

Im Projekt Emma wurden verschiedene Elektrofahrzeuge zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt. Was war das Ziel des Projekts und welche Aktivitäten gab es im Einzelnen?

„Emma“ bedeutet „Elektromobilität mit Anschluss“. In diesem vom Bund geförderten Vorhaben wurden in der Bodenseeregion verschiedene Mobilitätsangebote eingerichtet, bei denen unterschiedliche E-Fahrzeuge zum Einsatz kamen. Zum einen waren es verschiedene Varianten von Carsharing, also für Selbstfahrer, zum anderen Ergänzungen des ÖPNV mit flexiblen Angeboten. Diese wurden in Zusammenarbeit mit dem Verkehrsverbund bodo konzipiert. In Eriskirch und Deggenhausertal werden diese durch die Busunternehmen betrieben, in Meckenbeuren dagegen auf ehrenamtlicher Basis durch den Verein „BürgerMobil“.

Welche Fahrzeuge haben Sie genutzt? Was war Ihnen bei der Auswahl wichtig?

In den ersten Monaten hatten wir Mitsubishi-Fahrzeuge, mit denen es aber einige Schwierigkeiten gab. Danach sind wir umgestiegen auf den Nissan E-NV 200 für Deggenhausertal und Eriskirch, für Meckenbeuren auf den Nissan Leaf – alle Fahrzeuge wurden durch die Gemeinden finanziert. Die Fahrzeuge haben jeweils 4 Fahrgastplätze, was für den Bedarf bisher ausreicht. Alle Autos wurden gemietet.

Wie ist die Tourenplanung organisiert? Gibt es spezielle Ladepausen?

Alle drei Verkehre können über eine einheitliche Telefonnummer, per Internet oder App bestellt werden. Die Disposition erfolgt über das System Ansat. Dort ist allerdings keine Reichweitenüberwachung integriert. Die

Angebote in Deggenhausertal und Eriskirch fahren nach festem Fahrplan mit planmäßigen Pausen, außerdem haben die Unternehmen bei Bedarf Ersatzfahrzeuge mit mehr Sitzplätzen. In Meckenbeuren gibt es eine Mittagspause, die manchmal zum Nachladen genutzt wird. An allen drei Standorten ist eine CHAdeMO-Schnellladestation installiert.

Haben sich die E-Fahrzeuge für diese Aufgaben bewährt?

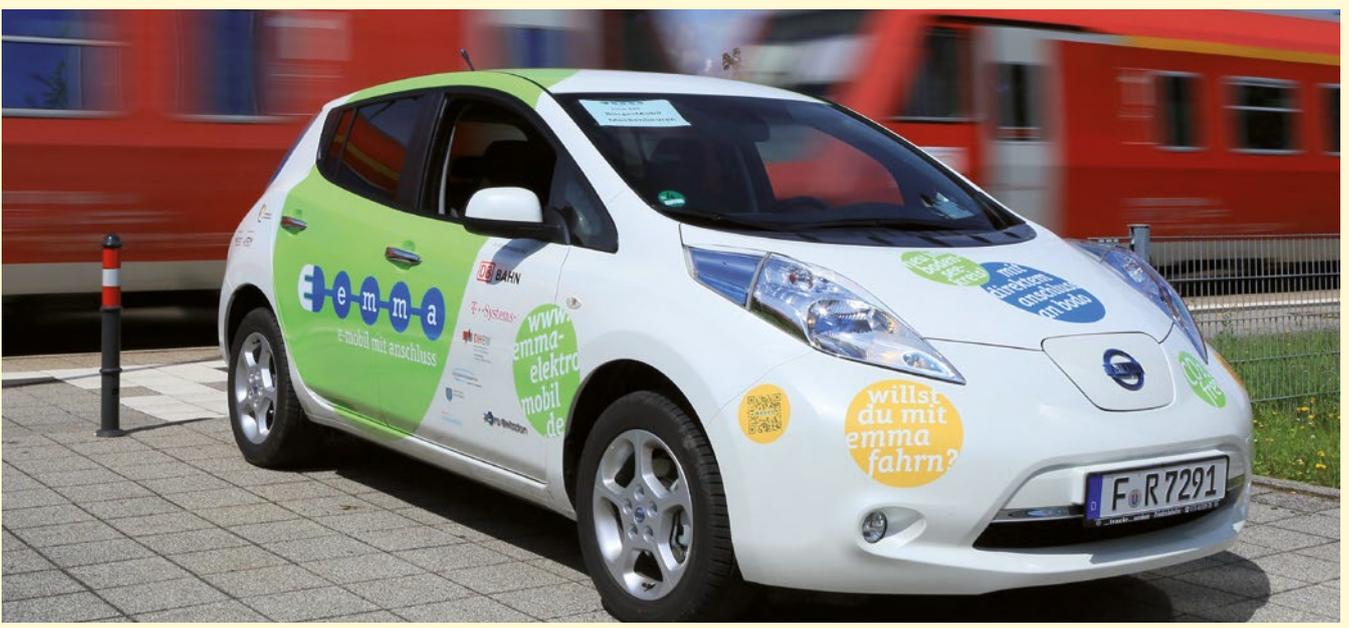
Ja, anfangs gab's natürlich Unsicherheiten, aber in den 2 Jahren hat sich alles geklärt. Ein örtliches Autohaus sowie die ebenfalls im Projekt aktive Duale Hochschule haben uns bei Einweisung und Schulung unterstützt.

Gab es Unterschiede zwischen dem haupt- und ehrenamtlichen Einsatz?

In Meckenbeuren gibt es schon einen engeren Draht zwischen Fahrern und Fahrgästen, man hat mehr Feedback bekommen. Aus den Diskussionen dort vor Ort heraus wurde kürzlich auch das Konzept umgestellt. Vorher hatte das BürgerMobil einen Linienfahrplan wie ein normaler Bus mit 25 Haltestellen, jetzt haben wir diese auf 70 erweitert und fahren im Flächenbetrieb. Damit kommen deutlich näher an die Fahrgäste heran. Man kann jetzt Fahrten von beliebigen Haltestellen zur Zieladresse buchen, seitdem sind auch die Nutzungszahlen deutlich gestiegen!

Wie geht es nach dem Projektende mit diesen Angeboten weiter?

Die Nutzung der Fahrzeuge im stationsgebundenen Carsharing ist unter den Erwartungen geblieben, daher werden diese Angebote teils wieder eingestellt, teils mit einem neuen Betreiber weitergeführt. Die drei ÖPNV-Ergänzungen wurden im September 2014 eröffnet und fahren auch nach Projektende weiter. Der Bodenseekreis will ein Förderprogramm für flexible ÖPNV-Ergänzungen auflegen, dabei ist auch ein Bonus für den Einsatz von E-Fahrzeugen in Planung.





6

Betriebserfahrungen und Einsatzempfehlungen

In mehreren Praxisprojekten (z. B. e-Bürgerbus, e-Fahrdienst Boxberg) wurden bereits wegweisende Erfahrungen mit dem Einsatz eines e-Fahrzeugs im Bürgerbus- sowie Bürgerrufautoverkehr gemacht. Die wichtigsten Erkenntnisse aus den jeweiligen Praxiseinsätzen sind in diesem Kapitel zusammengefasst und sollen bei Planungen zum Einsatz eines e-Fahrzeugs unterstützen.

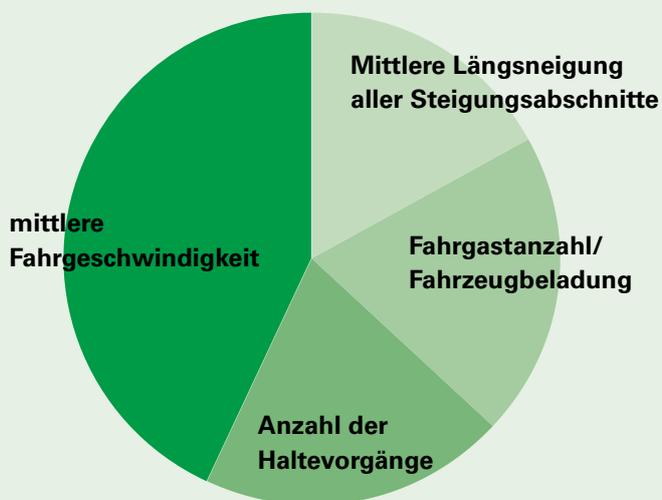
6.1 e-Bürgerbus

Im durch das Ministerium für Verkehr und Infrastruktur geförderten Projekt „e-Bürgerbus“ wurde ein rein batterieelektrisch betriebener Kleinbus (Nennleistung 85 kW, nutzbare Energie der Batterie 38,8 kWh) mit einem zulässigen Gesamtgewicht von max. 3,5 t beschafft und anschließend in einem sechsmonatigen Testbetrieb erprobt. U. a. wurde das e-Fahrzeug jeweils zwei Monate in den Anwendungskommunen Salach und Ebersbach im realen Bürgerbusverkehr erfolgreich eingesetzt, wo es anstelle des Dieselmotors den dortigen Linienbetrieb ganz (Salach) oder teilweise (Ebersbach) abdeckte. Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Testbetriebs durch die Universität Stuttgart wurden dabei über 1 000 Linienroutenfahrten des e-Bürgerbusses erfasst und analysiert.

Weiterhin wurden über 200 eigene Testfahrten durchgeführt, welche die Ergebnisse des Realbetriebs gezielt ergänzten (z. B. Testfahrten auf weiteren Bürgerbusrouten sowie zur Ermittlung des Einflusses der Fahrzeugauslastung).

Ergebnisse

Die für jede Fahrt hochgerechnete Fahrzeugreichweite lag überwiegend zwischen 80 und 120 km, der spezifische Energieverbrauch einer Fahrt vornehmlich zwischen 25 und 35 kWh pro 100 km (ohne Berücksichtigung von Ladeverlusten). Als jeweilige Haupteinflussfaktoren wurden die mittlere Längsneigung aller Steigungsabschnitte, die Anzahl der Fahrgäste, die Anzahl der Haltevorgänge und die mittlere Fahrgeschwindigkeit untersucht. In deren Vergleich zeigt sich die mittlere Fahrgeschwindigkeit als be-



Untersuchte Einflussgrößen	Zugrundeliegender Wertebereich	
	Untere Grenze	Obere Grenze
mittlere Längsneigung aller Steigungsabschnitte in %	1,4	4,7
Fahrgastanzahl	0	6
Anzahl Haltevorgänge	4	15
mittlere Fahrgeschwindigkeit in km/h	22	30

Bild 13: Relative Wirkung der untersuchten Einflussgrößen auf die Fahrzeugreichweite bezogen auf die Einsatzbedingungen im Testbetrieb des e-Bürgerbusses

deutendster Einfluss (siehe Bild 13).

Die mittlere Fahrgeschwindigkeit wird bei einer Fahrt auf derselben Strecke und mit der gleichen Anzahl von Haltevorgängen neben dem (zufallsbeeinflussten) Verkehrsgeschehen vor allem von der Fahrweise der Fahrerinnen und Fahrer beeinflusst. Eine höhere mittlere Fahrgeschwindigkeit (Haltezeiten gehen nicht in diesen Wert ein) ergibt sich zum einen durch das Fahren mit stark variierenden

Geschwindigkeiten insgesamt sowie zum anderen durch stärkere Brems- und/oder Beschleunigungsmanöver, um eine bestimmte Geschwindigkeit zu erreichen.

Die Darstellung in Bild 14 gibt auf Basis der Ergebnisse des Testbetriebs einen Anhaltspunkt zu den jeweiligen Wirkungen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Reichweite des eingesetzten e-Fahrzeugs:

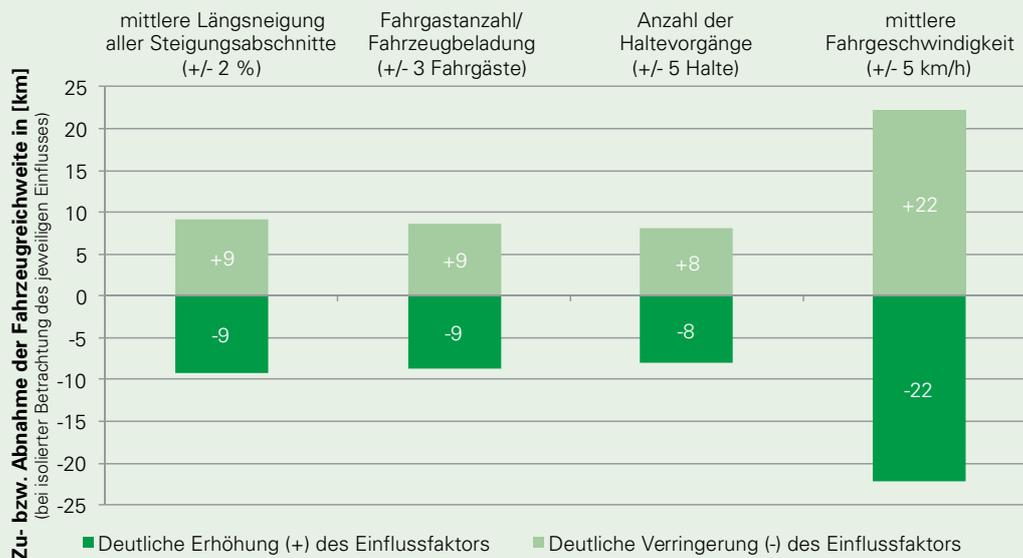


Bild 14: Wirkung der untersuchten Einflussfaktoren auf die Fahrzeugreichweite

Die Angaben resultieren aus der isolierten Betrachtung des jeweiligen Einflussfaktors, weshalb z. B. eine Summenbildung über die einzelnen Einflüsse i. A. nicht zulässig ist. Als Maß für eine deutliche Erhöhung bzw. Verringerung einer Einflussgröße wurde in etwa die Hälfte des im Testbetrieb beobachteten Wertespektrums angesetzt. Eine deutliche Erhöhung der mittleren Fahrgeschwindigkeit (d. h. um 5 km/h) unter sonst gleichbleibenden Bedingungen ergibt demnach eine Reduzierung der Fahrzeugreichweite von rund 20 km und damit annähernd das Doppelte, als wenn einer der übrigen drei untersuchten Einflussgrößen (unter sonst gleichbleibenden Bedingungen) deutlich erhöht würde.

Empfohlene Einsatzbedingungen

Anhand der aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden für eine erfolgreiche Nutzung des untersuchten Fahrzeugmodells im Bürgerbusverkehr folgende Einsatzbedingungen empfohlen:

- Gesamtlänge der ohne Ladevorgang zu bewältigenden Betriebsstrecke max. 80 km (bei sehr schwieriger Topographie der Linienstrecke empfiehlt es sich einen noch geringeren Wert anzusetzen)
- Ausreichende Einsatzpause zwischen Vormittags- und Nachmittagsbetrieb zur Aufladung der Fahrzeugbatterie: Dauer in Abhängigkeit der Länge der Betriebsstrecke vormittags bzw. nachmittags. Die Dauer eines kompletten Ladevorgangs (d. h. bei „leerer“ Batterie) beträgt bei einer verfügbaren Ladeleistung von 11 kW ca. 3,5 Stunden.

- Anwendung einer energiesparsamen Fahrweise seitens des Fahrpersonals:
 - Vermeidung unnötiger sowie übermäßig starker Brems- und Beschleunigungsmanöver
 - Wahl einer möglichst gleichmäßigen Fahrgeschwindigkeit
 - Optimale Ausnutzung der Rekuperation (Fahrzeugbatterie wird im Schub- und Bremsbetrieb aufgeladen) durch möglichst geringe Nutzung der Bremse auf Gefällestrecken (sofern Sicherheit hierdurch nicht eingeschränkt wird)
 - Ausnutzung von Zeitreserven im Fahrplan auf der Strecke anstatt an der Haltestelle (zur Vermeidung einer zu frühen Abfahrt langsames Fahren bis zur nächsten Haltestelle anstelle einer länger als nötigen Haltedauer dort).

Die Hinweise sind losgelöst von den konkret genannten Zahlenwerten grundsätzlich auch auf den Einsatz anderer e-Fahrzeugmodelle übertragbar.

6.2 e-Bürgerauto Boxberg

Der Fahrdienst in Boxberg, WvB e.V. (Wir verbinden Boxberg) setzt als e-Bürgerauto in der Tür-zu-Tür-Bedienung den in Kapitel 4.2 vorgestellten Renault Kangoo ZE der ersten Generation ein. Gefahren wird Montag bis Freitag zwischen 8.00 und 18.00 Uhr. Boxberg ist eine der 20 Kommunen, die im Rahmen des vom MLR ausgelobten Wettbewerbs „Elektromobilität ländlicher Raum“ ein Projekt umsetzen konnten (vgl. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg 2015). Das eingesetzte Fahrzeug ist ein Serienfahrzeug ohne Umbauten. Ab Werk verfügt das e-Fahrzeug über eine 22 kWh-Batterie die mit maximal 3,7 kW geladen werden kann. In der Praxis führt das dazu, dass das e-Fahrzeug in der Mittagspause zwei Stunden geladen werden sollte, um ca. 7 kWh nachladen und somit eine zusätzliche Reichweite von ca. 25 km realisieren zu können.

Da die Heizung als energieintensivster Nebenverbraucher über die Antriebsbatterie gespeist wird, sind im Winter be-

triebliche Maßnahmen zu ergreifen. Dazu zählen längere Ladezeiten in der Mittagszeit und damit einhergehend eine Reduktion des Mobilitätsangebots. Das im Rahmen eines Forschungsprojekts, gefördert durch das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, evaluierte Mobilitätskonzept hat auch gezeigt, dass verstärkt Fahrtwünsche mehrerer Fahrgäste zusammengelegt werden sollten. Darüber hinaus hat die Praxis gezeigt, dass einzelne Fahrtwünsche auch auf Folgetage verlegt werden können, wenn diese entsprechend flexibel sind. Wichtig ist hierzu eine zentrale Buchungsstelle für die Fahrtwünsche, die im Fall Boxberg einem Angestellten im Rathaus zugeordnet ist.¹² Der Renault Kangoo ZE ist seit April 2014 im Einsatz.

¹² Weitere Informationen im Forschungsbericht (Martin et al. 2016)





Ausblick

Da Bürgerbusverkehre nahezu optimale Einsatzbedingungen für die Elektromobilität bieten und der Mobilitätsansatz elektrisch betriebener Bürgerbusse und Bürgerautos insgesamt zu einer nachhaltigen Verbesserung des öffentlichen Nahverkehrs beiträgt, ist der Einsatz von e-Fahrzeugen im Bürgerbus-, aber auch im Bürgerautobetrieb grundsätzlich sinnvoll und eine weitere Verbreitung wünschenswert.

Stand 2016 ist der Markt der elektrisch betriebenen e-Bürgerautos und e-Bürgerbusse noch sehr überschaubar. Für die Zukunft ist jedoch mit einer zunehmenden Ausweitung des Angebots solcher Elektrofahrzeuge zu rechnen. Vor dem Hintergrund der Relevanz dieser Fahrzeuge z. B. sowohl für innerstädtische Verkehre (als kleine Stadtbusse) als auch für den Gütertransport bei Kurier-, Express- und Paket-Diensten ist aber grundsätzlich in der Elektrifizierung der Fahrzeugklasse der leichten Nutzfahrzeuge ein enormes Potential für die Marktdurchdringung und weitere Verbreitung der Elektromobilität zu erkennen. Beispielsweise bietet der Hersteller Emovum die Elektrifizierung des Ba-

sisfahrzeugs FIAT Ducato an (Emovum, 2017), auch kann der auf der IAA 2016 vorgestellte rein batterieelektrisch betriebene e-Crafter von VW genannt werden. Abschließend soll mit diesem Leitfaden keine explizite Kaufempfehlung ausgesprochen werden, denn zu individuell sind die Bedürfnisse der Gemeinschaftsverkehre vor Ort und zu rasant entwickelt sich der Markt für Elektrofahrzeuge und die zugrundeliegende Technik weiter. Dennoch kann ein erster Eindruck vermittelt werden, welche Besonderheiten, Ausstattungsmerkmale und Einflüsse auf weitere Komponenten des Mobilitätskonzepts zu berücksichtigen sind.



Anhang

8.1 Literatur

Bertram, M. und Bongard, S., Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr- Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich, Wiesbaden 2014

Bridging IT GmbH, Deutsches Dialog Institut GmbH und VDE, Fragen rund um das Elektrofahrzeug- Wie kommen Angaben über den Stromverbrauch und die Reichweite von Elektrofahrzeugen zustande? Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität- Querschnittsthema Fahrzeug, Berlin 2015

Dallinger, D., Doll, C., Gnann, T., Held, M., Kley, F. und Lerch, C., Gesellschaftliche Fragestellungen der Elektromobilität, Karlsruhe 2011

electrive.net, Elektroautos in Deutschland, <http://electrive.net>, 2017

e-mobil BW GmbH, Fraunhofer IAO und Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Strukturstudie BWe mobil 2015- Elektromobilität in Baden-Württemberg, Stuttgart 2015

Emovum, e-Ducato, <http://www.emovum.de>, 2017

Europäische Union, Richtlinien über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, Richtlinie 2014/94/EU, o.O. 2014

Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II, Positionspapier IKT für Elektromobilität, Berlin 2015
Hacker, F., von Waldenfels, R. und Mottschall, M., Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen: Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO₂-Minderung, Berlin 2015

Kraftfahrt-Bundesamt, Zulassungsstatistiken Kraftfahrtbundesamt, http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fahrzeuge_node.html, 2016

Kreisel Electric, VDL Midbasic, <http://www.kreiselelectric.com/blog/vdl-midbasic-ist-das-erste-elektrische-serienfahrzeug-von-kreisel>, 2016

Martin, U., Herzwurm, G., Krams, B., Hantsch, F., Körner, M., Besserer Nahverkehr für ländlich geprägte Räume, in: RegioTrans Fachmagazin für den Öffentlichen Personen-Nahverkehr, S. 10–11, 2015

Martin, U., Herzwurm, G., Camacho, D., Krams, B., Ehrenamtlich organisierte Mobilität im ländlichen Raum mit Elektrofahrzeugen: Ergebnisse des Forschungsprojekts „EFB – e-Fahrdienst Boxberg“, Norderstedt 2016

Martin, U., Herzwurm, G., Krams, B., Hantsch, F., Körner, M., e-Bürgerbus – Verstetigung eines nachhaltigen Mobilitätskonzeptes in der Region Stuttgart, Norderstedt 2017 (Erscheinung voraussichtlich April 2017)

Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Modellprojekte Elektromobilität Ländlicher Raum – Erfahrungen und Ergebnisse, Stuttgart 2015

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Energiebericht, Stuttgart 2016
Nationale Plattform Elektromobilität, Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur, Berlin 2013
Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg 2015

Nissan, Nissan e-NV200, Produktdaten, <http://www.nissan.de>, 2016

PTV Group, TCI Röhling, Mann H. U., Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030, Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München 2016

Renault, KANGOO Z.E. Bedienungsanleitung, <http://www.renault.de>, 2012

Renault, KANGOO Z.E., Preise und Ausstattungen, <http://www.renault.de>, 2013

Reutter, U., Elektromobilität und Öffentlicher Verkehr – Alter Hut oder Chancen für Neues? 9. Deutscher Nachverkehrstag, Trier 2012

Statista, [statista.de](http://de.statista.com), <http://de.statista.com>, 2016

Transport Online, Kangoo Z.E. mit 270 km Reichweite, <http://www.transport-online.de/Transport-News/Fahrzeug-Technik/16488/Elektro-Lieferwagen-Kangoo-Z-E-mit-270-Kilometern-Reichweite>, 2016

Universität Stuttgart, e-Bürgerbus, <https://www.buergerbus-bw.de/projekte/ebuergerbus>, 2017

Wikipedia, Liste von Elektro-Nutzfahrzeugen und Elektro-Nutzfahrzeug-Prototypen, https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Elektro-Nutzfahrzeugen_und_Elektro-Nutzfahrzeug-Prototypen, 2016a

Wikipedia, Liste von Elektroautos in Serienproduktion, https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Elektroautos_in_Serienproduktion, 2016b

8.2 Weitere Infos und Kontakte

Universität Stuttgart

Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen
Dr. Fabian Hantsch
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart
Tel: +49 (0)711 - 685-66360
Fax +49 (0)711 - 685-66666
fabian.hantsch@ievwwi.uni-stuttgart.de
www.uni-stuttgart.de/iev

NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH

ÖPNV / Innovative Angebotsformen im ländlichen Raum
Dr. Martin Schiefelbusch
Wilhelmsplatz 11
70182 Stuttgart
Tel: +49 (711) 23 991-117
Fax: +49 (711) 23991-23
E-Mail: schiefelbusch@nvbw.de
www.nvbw.de/aufgaben/innovative-bedienkonzepte/
kompetenzzentrum/

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Referat 42
Frau Mona Mühlbäck
Postfach 10 34 52
70029 Stuttgart
Tel: +49 (711) 231-5666
E-Mail: mona.muehlbaeck@vm.bwl.de
www.vm.baden-wuerttemberg.de

e-mobil BW GmbH

Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellen-
technologie Baden-Württemberg GmbH
Leuschnerstraße 45
70176 Stuttgart
Tel: +49 711 892385-0
Fax: +49 711 892385-49
E-Mail: info@e-mobilbw.de

Initiative Zukunftsmobilität

(ehemalige Koordination des Programms „Elektro-
mobilität ländlicher Raum“ des MLR)
Hohnerareal Bau V
Hohnerstraße 4/1
78647 Trossingen
Tel: +49 (0) 74 25 / 94 00 79-20
Fax: +49 (0) 74 25 / 94 00 79-9
E-Mail: info@zukunftsmobilitaet.de
www.zukunftsmobilitaet.de

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Referat 422 – Steinkohleförderung/Anpassungsgeld –
Umweltbonus, Elektromobilität, Einfuhr
Frankfurter Straße 29 – 35
65760 Eschborn
Tel: 06196 908-1009
[https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Kontakt/Kon-
takt_Einstieg_Formular.html?nn=8179214&cl2Catego-
ries_Themen=Elektromobilitaet&cl2Categories_Themen.
HASH=b90420faba737a8ff57](https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Kontakt/Kontakt_Einstieg_Formular.html?nn=8179214&cl2Categories_Themen=Elektromobilitaet&cl2Categories_Themen.HASH=b90420faba737a8ff57)

8.3 Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Komponenten der Systemumstellung auf Elektro-
mobilität (nach einer Vorlage des VDV), © Schiefelbusch

Bild 2: Schematische Darstellung eines batterieelekt-
rischen Antriebs, © Krams (Quelle z. B.: Betram und
Bongard 2014)

Bild 3: Renault Kangoo ZE in der Variante maxi mit
verlängertem Radstand, © Renault

Bild 4: Nissan e-NV200 in der Varianten für den Personen-
transport, © fleetdrive-electric.com

Bild 5: Mercedes Benz Sprinter-Umrüstung von Kreisel
Electric im Einsatz in Nürtingen, © Martin Schiefelbusch

Bild 6: Mercedes Benz Sprinter-Umrüstung VDL Bus &
Coach, © VDL Bus & Coach

Bild 7: Mercedes Benz Sprinter-Umrüstung von German
E-Cars, © Akademie Ländlicher Raum Baden-Württem-
berg

Bild 8: Wallbox mit Zugriffsbeschränkung (Schlüssel) und
angeschlagenem Kabel, © Benedikt Krams

Bild 9: Öffentliche Ladesäule, © Valentin Marquardt,
diewegmeister

Bild 10: Vergleich der Betriebskosten pro Einsatzkilometer
zwischen e- und Dieselfahrzeug bei 30 000 Betriebskilo-
metern pro Jahr (netto, Preisstand 2015), © IEV (Matthias
Körner)

Bild 11: Veränderung der Betriebskosten pro Jahr ge-
genüber Dieselfahrzeug (netto, Preisstand 2015), © IEV
(Matthias Körner)

Bild 12: Veränderung der Kosten pro Jahr für Betrieb und Schadstoffemissionen vor Ort gegenüber Dieselfahrzeug (netto, Preisstand 2015), © IEV (Matthias Körner)

Bild 13: Relative Wirkung der untersuchten Einflussfaktoren auf die Fahrzeugreichweite, © IEV (Matthias Körner)

Bild 14: Wirkung der untersuchten Einflussfaktoren auf die Fahrzeugreichweite, © IEV (Matthias Körner)

Seite 13: © Björn Wylezich – Fotolia.com

Seite 28: Skizzen zur Umrüstung eines Nissan e-NV200 zum Bürgerbus (Seitenansicht und Aufsicht), © FIBE Bus GmbH

Weitere Bildautoren: Dr. Holger Jansen/Projekt Bürgerbusse Rheinland-Pfalz, Bernd Hasenfratz, Florian Ellenböcker, Martin Schiefelbusch

Autoren

Fabian Hantsch, Matthias Körner, Benedikt Krams, Martin Schiefelbusch

Konzeption und Gestaltung

ÖkoMedia GmbH
www.oekomedia.com

Stand

September 2019

Druck

VUD Medien GmbH
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier.

8.4 Abkürzungsverzeichnis

AC	alternating current (Wechselstrom)
BEV	battery electric vehicle
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DC	direct current (Gleichstrom)
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LIS	Ladeinfrastruktur
MLR	Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz
NEFZ	Neuer europäischer Fahrzyklus
NO _x	Stickoxid
NVBW	Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr

8.5 Impressum

Herausgeber

NVBW –
Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH
Wilhelmsplatz 11
70182 Stuttgart



Baden-Württemberg