ebusplan
Solutions for Clean Transportation

Elektrobusse für Offenbach

Machbarkeitsanalyse | Einführung von Elektrobussen bei den Offenbacher Verkehrs-Betrieben

Ergebnisse im Überblick

Kunde: Offenbacher Verkehrs-Betriebe GmbH
Hebestraße 14
63065 Offenbach am Main

Mobilität
Stadtwerke Offenbach

Autoren: Rogge, Matthias
Sinhuber, Philipp

Datum: 22.02.2018

Gefördert durch:
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:
NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Die vorliegende Machbarkeitsanalyse umfasst die betriebliche, technische und wirtschaftliche Bewertung einer Elektrifizierung der Buslinien der Offenbacher Verkehrs-Betriebe (OVB). Im Rahmen der Studie wurden alle Linien (101 bis 108 und 120) gemäß des neuen Nahverkehrsplans für den Zeitraum 2018 bis 2022 untersucht. Basierend auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie wurde anschließend ein Umstellungskonzept erarbeitet, welches die schrittweise Einführung von insgesamt 27 Elektrobussen bis zum Jahr 2023 empfiehlt.

Ergebnisse im Überblick:

- Bis 2023 können 35% der Stadtbusflotte der Offenbacher Verkehrs-Betriebe elektrifiziert werden. Dies entspricht 27 Fahrzeugen.
- Pro Jahr können dann 2.300 t CO2, 1.000 kg Stickoxid und 8 kg Feinstaub eingespart werden.
- Um dieses Ziel zu erreichen und einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, sind keine zusätzlichen Fahrzeuge (im Vergleich zum Dieselbuseinsatz) und kein weiteres Fahrpersonal nötig.
- Hierzu werden die Elektrobusse nachts im Depot in der Hebestraße und tagsüber an zwei Endhaltestellen im Offenbacher Stadtgebiet („Kaiserlei“ und „An den Eichen“) mit Hilfe eines sogenannten Pantographen geladen.
- An den drei Standorten muss passende Ladeinfrastruktur aufgebaut und eine geeignete Stromversorgung hergestellt werden.
- Um einen optimalen Betrieb und eine hinreichende Klimatisierung (Heizung / Kühlung) des Innenraums zu jeder Jahreszeit sicherzustellen, wird ein Hybridheizsystem angewendet.
- Die Ausrüstung der Werkstatt der Offenbacher Verkehrs-Betriebe muss um spezielle Arbeitsgeräte erweitert werden. Außerdem benötigen die Mitarbeiter der Werkstatt und des Fahrbetriebs weitere Schulungen zur neuen Technik und zu den neuen Fahrzeugen.

Elektrobus und Ladekonzepte

Um sich der größten Herausforderung bei der Umstellung auf Elektrobusse, der begrenzten Reichweite der Batterie, zu stellen, wurden zwei unterschiedliche Ladestrategien untersucht: die ausschließliche Depotladung und die Gelegenheitsladung an geeigneten Endhaltestellen.

Typischerweise haben Batteriebusse mit ausschließlicher Depotladung sehr große Batteriesysteme. Trotzdem reichen deren Reichweiten häufig nicht aus, um alle benötigten Tagesumläufe zu realisieren. Das bedeutet, dass mehr Fahrzeuge eingesetzt und somit mehr Fahrpersonal benötigt wird.

Bei der sogenannten Gelegenheitsladung werden die eingesetzten Batteriebusse zusätzlich während Standzeiten, zum Beispiel in der Pause, an den Endstellen der Linien mittels Stromabnehmer (vgl. Pantograph) und hoher Ladeleistung zwischengeladen. Dadurch lässt sich die Größe der Batteriesysteme deutlich reduzieren und im Regelfall ist der Fahrzeugbedarf geringer als bei einer ausschließlichen Depotladung.

Dies trifft ebenfalls auf die Gegebenheiten in Offenbach zu.

Die durchgeführte Machbarkeitsprüfung zeigte deutlich, dass eine ausschließliche Depotladung nur bedingt für das Streckennetz der Offenbacher Verkehrs-Betriebe geeignet ist. Der Energiebedarf der Fahrzeugeinsätze überstieg in den meisten Fällen die verfügbare Batteriekapazität der aktuellen und in absehbarer Zeit am Markt erhältlichen Fahrzeuge, sodass betriebliche Anpassungen und zusätzliche Fahrzeuge auf allen Linien notwendig wären.

Um Investitionen in zusätzliche Fahrzeuge, einhergehend mit einer Erhöhung der laufenden Betriebskosten durch mehr Fahrpersonal und unnötige Leerkilometer zu vermeiden, wurde auch die Strategie der Gelegenheitsladung (vgl. schnelle Zwischenladung) für Offenbach untersucht.

Die Ergebnisse zeigen: Mittels Gelegenheitsladung an strategisch günstig gelegenen Endstellen, zum Beispiel „Kaiserlei“ und „An den Eichen“, ist die Elektrifizierung aller Fahrzeugumläufe der Linien 103, 104 und 108 sowie einzelner Umläufe der Linie 107 ohne zusätzliche Fahrzeuge und ohne Einschränkungen des Betriebs technisch machbar.

Auf Grundlage der technischen Machbarkeit wurden hiernach beide Ladestrategien hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Auswirkungen im Rahmen einer sogenannten Lebenszyklusberechnung betrachtet. Auch hier zeigte sich im Ergebnis deutlich, dass es für die Gegebenheiten in Offenbach wirtschaftlicher ist, Investitionen für Ladestandorte auch außerhalb des Betriebshofes zu tätigen, anstatt die Stadtbusflotte um zusätzliche Fahrzeuge zur Durchführung der benötigten Fahrten zu erweitern.

Nach technischer und wirtschaftlicher Betrachtung der möglichen Ladestrategien wird somit empfohlen, die Elektrobusse schnellladefähig und mit fahrzeugseitigem Pantographen zur Stromabnahme zu beschaffen sowie an geeigneten Endstellen Ladeinfrastruktur zu errichten.

Infrastruktur

Die Endstellen „Kaiserlei“ und „An den Eichen“ erweisen sich aufgrund ihrer regelmäßigen Frequentierung als besonders vorteilhaft, da hierdurch eine hohe Auslastung der Infrastruktur möglich ist. Der für die Versorgung der Ladeinfrastruktur notwendige Anschluss an das örtliche Mittelspannungsnetz kann an beiden Standorten realisiert werden und die notwendigen Veränderungen vor Ort lassen sich mit städtischen Bau- und Entwicklungsmaßnahmen in Einklang bringen.

Neben der Schnellladung tagsüber im Liniendienst ist es notwendig, die Fahrzeugflotte im Depot über Nacht zu laden. Darum wurde der Betriebshof der OVB in der Hebestraße auch im Hinblick auf die Abstellung und Ladung der Elektrobusse analysiert und bewertet.

Die Prüfung zeigte, dass aus betrieblicher und technischer Sicht eine Umstellung der Fahrzeugflotte grundsätzlich möglich ist. Hierzu sind jedoch, unabhängig von der Ladestrategie (Depot- oder Gelegenheitsladung), umfangreiche Investitionen in den Ausbau des bestehenden Netzanschlusses, in den Umbau der Abstellhallen sowie die Beschaffung und Installation von Ladegeräten und geeigneten Stromabnahmepunkten notwendig.

Aus technischer Sicht empfiehlt es sich, auch bei der Ladung im Depot den fahrzeugseitigen Pantographen zu nutzen und so einen möglichst automatisierten Ladevorgang der Fahrzeugflotte zu ermöglichen.

Als Ladeeinrichtungen werden somit für den Betrieb von 27 E-Fahrzeugen drei Schnellladepunkte an der Endstelle „Kaiserlei“ und ein Schnellladepunkt an der Endstelle „An den Eichen“ benötigt. In den Abstellhallen des Betriebshofes sind sieben Fahrzeugspuren mit insgesamt 28 Ladepunkten zu elektrifizieren. Darüber hinaus sollte die Installation eines weiteren Schnellladepunktes im Betriebshof vorgesehen werden, um Fahrzeuge auch bei einem kurzen Aufenthalt ausreichend laden zu können.

Beim Umbau des Betriebshofes ist es sinnvoll, schon zu Beginn die infrastrukturellen Maßnahmen für die zukünftige Umrüstung der gesamten Busflotte durchzuführen. Insbesondere im Hinblick auf Erdarbeiten kann so kostenbewusst gearbeitet werden.

Heizungs- und Klimatisierungskonzept

Zur Überprüfung der technischen Machbarkeit und der benötigten Fahrleistungen wurde der Energiebedarf der Fahrzeuge bei einem Einsatz auf allen Linien der Offenbacher Verkehrs-Betriebe bestimmt. Dabei zeigte sich insbesondere der deutliche Einfluss des Heizungs- und Klimatisierungskonzeptes auf den Gesamtenergiebedarf. Neben dem Energiebedarf für den Antrieb verbraucht die Klimatisierung eine nicht unerhebliche Energiemenge – insbesondere bei sehr hohen oder sehr niedrigen Außentemperaturen.

Untersucht wurden daher die Varianten der vollelektrischen Heizung, der fossilen Zusatzheizung und eines Mittelweges, der Hybridheizung. Bei diesem Typ erfolgt die Heizung und Klimatisierung in einem definierten Temperaturband elektrisch. Bei (zum Beispiel) sehr niedrigen Außentemperaturen im Frostbereich kann jedoch ein fossiler Heizer hinzugeschaltet werden.

Das Ergebnis für Offenbach zeigte, dass sich ein vollelektrisches Heizungs- und Klimatisierungskonzept negativ auf die Reichweite (Reduktion bis zu 40%) der Fahrzeuge auswirkt. Eine rein fossile Heizung ermöglicht stattdessen einen uneingeschränkten Betrieb bei sehr hohen oder sehr niedrigen Außentemperaturen, trägt jedoch nicht zur geplanten Einsparung von Emissionen bei.

Um einen dauerhaften ganzjährigen Betrieb der Fahrzeugflotte zu ermöglichen, wird daher empfohlen alle anzuschaffenden Fahrzeuge mit einer Hybridheizung auszustatten. Dieses System ermöglicht einerseits bei sensiblen Wettersituationen den vollumfänglichen Betrieb der Fahrzeuge, und berücksichtigt anderseits auch den Aspekt der Schadstoffreduktion bestmöglich.

Werkstatt und Instandhaltung

Die Werkstatt der Offenbacher Verkehrs-Betriebe ist aufgrund ihrer bisherigen Erfahrung bei der Begleitung von Projekten zur Elektromobilität vergleichsweise gut aufgestellt. Dennoch sind auch hier Investitionen für technisches Equipment und Schulungen notwendig. So ist in der Werkstatt der OVB die Errichtung eines Dacharbeitsplatzes mit Krananlage erforderlich, da bei Elektrobussen zum Beispiel wesentliche Komponenten auf dem Dach des Fahrzeugs untergebracht sind. Außerdem müssen Spezialwerkzeuge beschafft und weitere Schulungen durchgeführt werden, um Arbeiten an den Hochvoltsystemen durchführen zu können.

Umstellungskonzept, finanzielle- und Umweltwirkung

Zielsetzung für die Entwicklung des Umstellungskonzepts ist die Elektrifizierung von 35% der Fahrzeugflotte bis zum Jahr 2023. Um dieses Ziel zu erreichen, bietet es sich an, neben der Fahrzeugmehrbeschaffung im Zuge der Umsetzung der zweiten Phase des Nahverkehrsplans (fünf weitere Fahrzeuge), die Einführung von Elektrobussen an die ohnehin notwendigen jährlichen Ersatzbeschaffungen zu koppeln.

Für den beschriebenen Zeitraum ergibt sich somit ein Beschaffungsbedarf von 27 Fahrzeugen.

Die linienspezifische technische und wirtschaftliche Betrachtung hat gezeigt, dass das Konzept der Gelegenheitsladung unter Einbezug einer Hybridheizung mit den geringsten Mehrkosten gegenüber dem Dieselbusbetrieb realisiert werden kann.

Das Gesamtvolumen des anvisierten Umsetzungskonzeptes beläuft sich auf rund 16,5 Mio. €. Zur anteiligen Kompensation des Betrages sowie zur Sicherung des jährlichen operativen Ergebnisses wird empfohlen, Fördermittel von Landes- und Bundesprogrammen (vgl. Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020 und Innovationsrichtlinie des Landes Hessen) zu akquirieren sowie Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur langfristig in den Abschreibungen gemäß gesetzlicher Neuerungen zu berücksichtigen.

In Summe wurden im Rahmen der Machbarkeitsanalyse die möglichen Fahrzeugeinsätze an allen Betriebstagen ermittelt und ein Einsatzszenario der Fahrzeuge aufgezeigt, welches einen flexiblen Einsatz auf den Linien 103, 104, 107 und 108 ermöglicht. Die insgesamt 27 Elektrobusse erreichen in Summe eine jährliche Fahrleistung von 1,88 Mio. km (davon 1,81 Mio. km im Liniendienst), was einer mittleren Fahrleistung pro Fahrzeug von rund 70.000 km pro Jahr entspricht. Eine intensive Nutzung der Elektrobusflotte ist damit sichergestellt.

Bei einem Einsatz von bilanziell emissionsneutralem Ökostrom reduzieren sich damit die jährlichen CO2-Emissionen um rund 2.300 t. Die Emissionseinsparungen bei NOX umfassen rund 1.000 kg und die Einsparungen bei Feinstaub betragen rund 8 kg pro Jahr, was direkte Vorteile für die Luftqualität vor Ort mit sich bringt. Ebenfalls vorteilhaft für die lokale Situation sind hierbei die deutlich reduzierten Lärmemissionen.