



Kompakte Ladestation – die Entkoppelung des Trolleybusses von der Fahrleitung



Die Innovationen in der Batterietechnik bleiben in ihren Auswirkungen nicht auf den motorisierten Individualverkehr beschränkt, sondern eröffnen auch neue Möglichkeiten zur Elektrifizierung des öffentlichen Nahverkehrs. Dies soll im Folgenden anhand eines innovativen Nachladekonzepts für Batteriebusse aufgezeigt werden.

Der Verkehrssektor ist für rund ein Drittel der Schweizer Treibhausgasemissionen verantwortlich. Da alle Prognosen darauf hindeuten, dass das Bedürfnis nach Mobilität in Zukunft eher zu- statt abnehmen wird, ist es unabdingbar, nach neuen, umweltfreundlichen Wegen zu suchen. Hierbei geht es um mehr als um die globalen Ziele des Pariser Klimaabkommens von 2016. Denn es ist unbestritten, dass der heutige Verkehr neben viel Lärm auch Schadstoffe wie Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenmonoxid, flüchtige organische Verbindungen und Feinstaub produziert. Deren Konzentration ist mit Blick auf die gesundheitsschädliche Wirkung besonders in innerstädtischen Bereichen zu minimieren. Die Elektromobilität bietet die Chance, bezüglich der Abgasbelastung zumindest lokal emissionsfrei unterwegs zu sein. Bei Verwendung regenerativer Energien ist gar eine weitgehend klimaneutrale Fortbewegung möglich.

Im öffentlichen Verkehr der Städte stehen mit Tram und Trolleybus bereits zwei Systeme zur Verfügung, die rein elektrisch betrieben werden. Beide weisen jedoch den Nachteil auf, dass zu deren Nutzung eine aufwändige Infrastruktur aufgebaut und

Zum Laden wird der Stromabnehmer – gesteuert durch den fahrzeugseitigen Laderegler – auf das Fahrzeugdach abgesenkt.
Fotos: Furrer+Frey

unterhalten werden muss. Die damit verbundenen Kosten führen dazu, dass sich ein Betrieb erst bei einem hinreichend hohen Verkehrsaufkommen rechnet. Die Spurgebundenheit ist zudem ein Nachteil bei baubedingten Umleitungen und erst recht bei Änderungen in der Linienführung. Erschwerend kommt der Aspekt der Ästhetik hinzu. Insbesondere an exponierten Stellen wie z. B. in historischen Stadtkernen werden Fahrleitungen und die dazugehörigen Masten immer häufiger als inakzeptable Fremdkörper gewertet.

Ein dicker gordischer Knoten...

Soll nun auch der öffentliche Verkehr abseits der großen Verkehrsströme elektrifiziert werden, benötigt man allein schon aus Kostengründen eine Lösung, die mit weniger Infrastruktur auskommen muss. Die Fortschritte in der Batterietechnik ermöglichen erst seit kurzem den wirtschaftlichen Bau von Bussen, welche ihre Energie zur Fortbewegung einer Traktionsbatterie entnehmen.

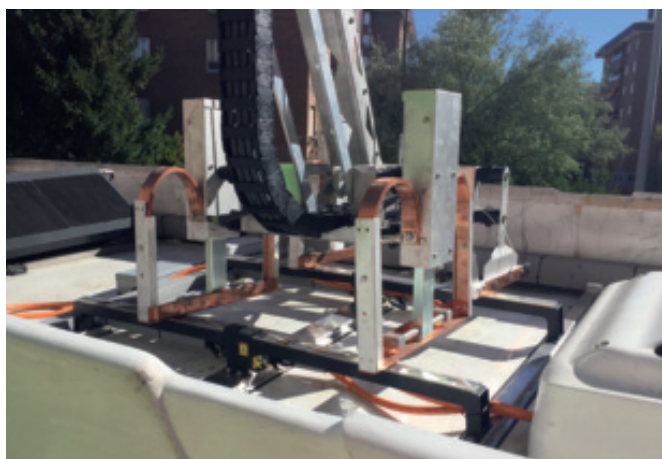
Jedoch ist in den meisten Fällen das Verhältnis von Ladekapazität zu Masse ungenügend, um den Betrieb eines solchen Fahrzeugs über einen ganzen Einsatztag zu ermöglichen. Die entsprechende Batterie wäre einfach zu schwer. Deshalb ist es unumgänglich, den Bus auch zwischen- durch immer wieder mal aufzuladen. Dazu

bieten sich die Wartezeiten an den Endhaltestellen einer Linie an, die sich indessen bloß im Minutenbereich bewegen. Das erfordert eine Ladeleistung von mehreren hundert kW. Und diese lässt sich am zuverlässigsten mit einem Stromabnehmer übertragen, der die Verbindung zwischen Bus und Ladestation herstellt. Da der Ladevorgang des Busses ausschließlich im Stillstand erfolgt, kann der Stromabnehmer bei der Ladestation angeordnet werden. Fahrzeugseitig braucht es nur noch Kontaktschienen.

... erfolgreich durchtrennt

Dieses Konzept weist große Vorteile auf: So muss der Batteriebus – im Gegensatz zum klassischen Trolleybus – den Stromabnehmer nicht auf der ganzen Fahrt als tote Masse mitschleppen. Letztere ist auf dem fahrenden Bus unabdingbar. Noch besser: Die verringerte Bauhöhe ermöglicht es auch Doppelstockbussen mit einer Fahrzeughöhe von 4 m fahrleitungsfrei zu rollen. Übers Ganze ist zu bedenken, dass je größer die Masse der Dachaufbauten ausfällt, desto kräftiger – und entsprechend schwerer – die Konstruktion der Karosserie sein muss. Demgegenüber weisen die Kontaktschienen auf dem Busdach bei einem ladestationsseitigen Stromabnehmer eine Masse von lediglich ca. 15 kg bei einer gleichzeitig geringeren Bauhöhe auf. Ein bestechendes Argument zugunsten der





Zwei Ladestationen von Furrer+Frey in Edelstahloptik im niederländischen Utrecht (links). Rechts eine Detailaufnahme des Stromabnehmers während des Ladevorgangs. Auf dem Busdach befinden sich die in Längsrichtung angeordneten Kontaktschienen mit vernickelter Kontaktfläche. Um einen soliden Kontakt auch mit aktiver Kneelingfunktion zu gewährleisten, sind die Kontaktschienen leicht abgerundet. Neben den Kontakten für Plus- und Minuspol wird mittels eines dritten Kontakts das Erdpotential der Ladestation mit dem Buschassis verbunden. Ein zusätzlicher vierter Kontakt dient der Verifizierung der Erdverbindung. Für den Betrieb unter winterlichen Bedingungen können die Kontaktschienen zudem beheizt werden.

Platzierung des Stromabnehmers an der Ladestation, wie sie unter anderem von Furrer+Frey angeboten wird, ist schließlich die Einhausung des Stromabnehmers mit seiner beweglichen Mechanik zum Schutz gegen Wind und Wetter zur weiteren Steigerung der Zuverlässigkeit. Ein solcher Schutz wäre auf dem Busdach nur schwer umsetzbar.

Die Dimensionierung der Schnittstelle zwischen Ladestation und Fahrzeug basieren auf dem OppCharge-Industriestandard, welcher eine herstellerunabhängige Interoperabilität gewährleistet. Um das Fahrzeug aufzuladen, bringt es der Fahrer unter der Ladestation in Position. Dabei sind Toleranzen von ± 300 mm sowohl in Längs- als auch in Querrichtung einzuhalten. Der maximale Anfahrwinkel zwischen Längsachse Bus und Bordsteinkante darf bis zu 2 Grad betragen, so dass der Bus nicht vollständig parallel zur Bordsteinkante ausgerichtet sein muss. Die Kneeling-Funktion zur Erleichterung des Einstiegs der Fahrgäste ist auch während des Ladevorgangs uneingeschränkt nutzbar. Diese Verkipfung wird am Stromabnehmer kompensiert. Eingeleitet wird das Laden durch den automatischen Aufbau einer drahtlosen Kommunikation zwischen Bus und Ladestation. Diese basiert auf den Vorgaben der IEC 15118. Bus und Ladestation gehen dabei eine Master-Slave-Beziehung ein, bei welcher der fahrzeugseitig verbaute Laderegler den genauen Ablauf des Aufladevorgangs dirigiert und Anforderungen hinsichtlich Spannung und Strom an die Ladestation sendet. Das Kommando zum Ein- und Ausfahren des Stromabnehmers erteilt der fahrzeugseitige Laderegler.

Variantenreiches Laden – anpassungsfähiges Erscheinungsbild

Die Ladung erfolgt mit einer Gleichspannung zwischen 650 und 720 V. Solange

wie möglich lädt der Laderegler die Traktionsbatterie mit einem konstant großen Strom (Controlled Current Charging, CCC). Dies ist bei Ladezuständen von unter 80 % meist ohne Einschränkungen möglich. Erreicht die Ladespannung den maximal zulässigen Wert, schaltet der Laderegler in den Konstantspannungsmodus (Controlled Voltage Charging, CVC) um. Ist die Batterie vollständig geladen, wird die Verbindung zur Ladestation getrennt. Alternativ besteht je nach Bushersteller auch die Möglichkeit der Erhaltungsladung. Dies ist insbesondere angezeigt, wenn bei längeren Haltezeiten gleichzeitig verbrauchsintensive Nebenaggregate wie z. B. die Klimaanlage versorgt werden müssen. Davon unabhängig kann der Ladevorgang jederzeit durch den Fahrer abgebrochen werden.

Beim Aufbau der Ladestation ist es Furrer+Frey gelungen, die komplette Leistungs- und Steuerungselektronik in die Stützkonstruktion des Stromabnehmers zu integrieren. Auf diese Weise ergibt sich eine sehr geringe Standfläche von nur etwa einem Quadratmeter, so dass ein separater Technischrank entfällt. Das Erscheinungsbild der Verkleidungselemente kann zudem auf Kundenwunsch angepasst werden, um beispielsweise einem Corporate Design zu entsprechen oder um die Ladestation harmonisch in die Umgebung einzufügen.

Die Leistungselektronik ist auf mehrere Module mit einer Leistung von je 15 kW aufgeteilt. Sie lassen sich nach dem Plug&Play-Prinzip installieren. Soll beispielsweise die Ladeleistung 300 kW betragen, kommen 20 Module zum Einsatz. Die Aufteilung eröffnet zum einen die Möglichkeit, eine Ladestation optimal für die örtlichen Anforderungen zu skalieren. Zum anderen liefert die Ladestation selbst bei einem Ausfall einzelner Module immer noch Strom, wenn auch mit geringfügig verminderter

Leistung. Diese Redundanz ist ein wesentlicher Baustein zur Gewährleistung der hohen Verfügbarkeit. Darüber hinaus besteht eine Verbindung zur Leitstelle, die permanent alle Ladestationen überwacht.

Eine technische Heirat

Furrer+Frey hat solche Anlagen bereits in Valladolid (Spanien) und Utrecht (Niederlande) erfolgreich realisiert. Während in beiden Städten jeweils eine 7 bzw. 12 Kilometer lange Linie »elektrifiziert« wurde, auf denen die Busse zwischen den Endhaltestellen zirka 40 Minuten unterwegs sind, sind fahrzeugseitig verschiedene Konzepte anzutreffen. In Valladolid verkehren Diesel-Plugin-Hybridbusse von Vectia, die mit einer kleinen 25-kWh-Traktionsbatterie ausgestattet sind. Sie können auf diese Weise etwa 70 Prozent der Strecke rein elektrisch zurücklegen. Dieses Konzept eignet sich vor allem für »Null-Emissions-Zonen«, die abgasbefreit zurückgelegt werden müssen.

Demgegenüber verfügen die Busse des Herstellers Ebusco in Utrecht über eine wesentlich größere Traktionsbatterie mit einer Kapazität von 320 kWh. Sie ermöglichen den vollelektrischen Betrieb des Fahrzeugs über einen Zeitraum von 4 bis 6 Stunden. Damit ist eine ausreichende betriebliche Flexibilität gewährleistet, den Bus nicht nach jedem Rundkurs aufladen zu müssen.

Damit ist der Praxisbeweis erbracht, dass auch ein von der Fahrleitung abgenabelter Trolleybus Fahrgäste zuverlässig transportieren kann. Oder anders formuliert: Jetzt ist die Bahn bzw. in diesem Fall der Bus frei für die Verheiratung von Flexibilität eines konventionellen Busses und Emissionsfreiheit des Elektrofahrzeugs.

Felix Dschung
Furrer+Frey AG