

LINIENBETRIEB

Fraunhofer-Institut für
Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI

Dr. Thoralf Knote
Zeunerstraße 38 | 01069 Dresden
Telefon +49 351 4640-800 | www.ivi.fraunhofer.de

 **Fraunhofer**
IVI

... IM DRESDNER

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR VERKEHRS- UND INFRASTRUKTURSISTEME IVI




PARTNER

- HOPPECKE Advanced Battery Technology GmbH
- M&P motion control & power electronics GmbH
- Schunk Bahn- und Industrietechnik GmbH
- Vossloh Kiepe GmbH
- Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB) AG

TECHNISCHE DATEN

Fahrzeuglänge	12.000 mm
Unterkante Kontakthaube über Fahrbahn	4.500 mm
Beförderungskapazität	58 Personen
Gewicht Batteriespeichersystem (inkl. Kühlung)	1.300 kg
Gewicht Nachladesystem Fahrzeug	85 kg
(Dauer-) Leistung des Zentralantriebs (ASM)	145 kW
Nutzenergieinhalt Schnellladung	30 kWh
mittlerer Energiebedarf Linienbetrieb	1,2 kWh
benötigte Nachladezeit (Schnellladung)	20 s/km
benötigte Nachladezeit (Pulsladung)	9 s/km
Zeit für Kontaktschluss bis Beginn Energietransfer	< 1 s

GEFÖRDERT VOM
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



MIT  ENERGIE ...



Schnellladefähiger Elektrobus



IDEE UND FAHRZEUG

An der Umsetzung des vollelektrischen Busbetriebs nach dem Docking-Prinzip arbeitet das Fraunhofer IVI seit mehr als 10 Jahren. Als Docking-Prinzip wird ein neues Antriebs- und Energieübertragungskonzept für Fahrzeuge des ÖPNV bezeichnet. Im Fahrzeug fungiert eine Batterie als alleinige Energieressource. Dieser Speicher wird aus wegseitig installierten Schnellladeeinrichtungen punktuell mit elektrischer Energie nachgeladen und gibt diese zum Antrieb des Fahrzeugs und zur Versorgung von Hilfsbetrieben bedarfsgerecht ab.

Mit dem Ziel der seriennahen Umsetzung und Erprobung bildete sich ein Konsortium bestehend aus Industrie- und Verkehrsunternehmen sowie dem Fraunhofer IVI. Innerhalb des vom BMBF geförderten SEB-Teilprojektes *EDDA-Bus* gelang die Entwicklung notwendiger Kerntechnologien, deren Integration in einen Linienbus sowie die Demonstration des Docking-Prinzips im Fahrgastbetrieb der Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB) AG.

Das Fraunhofer IVI verfügt seit November 2010 über einen seriellen Hybridbus, der im Projektverlauf durch die Integration eines 86-kWh-Lithium-Polymer-Batteriespeichers und eines fahrzeugseitigen Hochstromkontaktsystems für einen rein elektrischen Betrieb mit Schnellladung umgerüstet wurde.

KERntechnologien

Aktuell eignen sich zur Nachladung eines Fahrzeugenergiespeichers zwei Varianten wegseitiger Energieversorgungseinrichtungen. Dabei stellen die Pulsladung (15 Sekunden mit 700 Kilowatt) an Haltestellen und die für Linienendpunkte konzipierte Schnellladung (ca. 6 Minuten mit 250 Kilowatt) voneinander wesentlich abweichende Anforderungen hinsichtlich der Leistungsbereitstellung aus einer Netzressource.

Die Firma M&P motion control and power electronics entwickelte **zwei Ladestationen**, mit denen neben der Pulsladung auch die Schnellladung dargestellt werden kann. Der Leistungsbezug ist wahlweise aus einem Niederspannungs-, einem 20-Kilovolt-Mittelspannungs- oder einem Bahnstromnetz möglich. Für die Pulsladung wird ein in der Ladestation integrierter Superkondensatorspeicher aus einem Niederspannungsnetz mit 35 Kilowatt über einige Minuten vorgeladen. Für die Schnellladung erfolgt der Energietransfer ohne Zwischenspeicherung direkt aus der Netzressource zum Bus.

Ein für die Aufnahme hoher Ladeströme geeigneter **Batteriespeicher** wurde durch die HOPPECKE Advanced Battery Technology GmbH entwickelt. Von den insgesamt 86 kWh Energieinhalt können 30 kWh für den Fahrbetrieb genutzt werden.

KONTAKTSYSTEM

Das im Projekt *EDDA-Bus* in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Schunk Bahn- und Industrietechnik GmbH entwickelte Kontaktsystem erfüllt neben normativen Vorgaben hinsichtlich Polanzahl und Kontaktreihenfolge die speziellen Anforderungen des Linienbusbetriebs. Hierzu gehören eine große Positionierungstoleranz sowie die Möglichkeit, hohe Ströme ohne Schädigung des Kontaktsystems zu übertragen.

Im Zusammenspiel mit der am Fraunhofer IVI entwickelten Automatisierungslösung wird der sichere und zuverlässige Energietransfer zwischen Ladestation und Fahrzeug ohne Interaktion des Fahrzeugführers möglich. Basierend auf einer vollumfänglichen Gefährdungsanalyse erfolgte die Zertifizierung für das Gesamtsystem Batteriebus mit Nachladesystem und wegseitiger Ladeinfrastruktur sowie dessen Freigabe für den Personenbetrieb durch den TÜV Rheinland.

Die für die Schnellladung und den rein elektrischen Betrieb angepasste **Traktionsausrüstung** stammt von der Vossloh Kiepe GmbH.

PRAXISERPROBUNG IM LINIENBETRIEB

Auf verschiedenen Teilstücken der Buslinien 61 und 85 erweiterte der Bus das Beförderungsangebot. Die betriebsgemäße Schnellladung nach jedem Umlauf sowie die Demonstration der Pulsladung erfolgten am Busbetriebshof der DVB AG in Dresden Gruna.

Die im Projekt vorgesehene Praxiserprobung erfolgte vom 03.11.2014 bis zum 30.01.2015. Das Fahrzeug befuhr einen Rundkurs mit 14,4 Kilometer Umlauflänge zwischen dem Betriebshof Gruna und dem Endpunkt der Linie 61 in Löbtau. Die entwickelten Kerntechnologien zeigten vom Beginn der Erprobung an eine zum Normalbetrieb mit konventionellen Fahrzeugen vergleichbare Verfügbarkeit. Auf insgesamt 9.400 Kilometern ergab sich ein durchschnittlicher Energiebedarf von 1,19 kWh/km ab Kontaktsystem. Für den Ausgleich der Energiebilanz des Fahrzeugenergiespeichers wurden nach jedem Umlauf im Mittel 4,5 Minuten Nachladezeit benötigt. Der Übertragungswirkungsgrad der Ladestation betrug im Durchschnitt 94,7 Prozent.

Aufgrund der sehr guten Projektergebnisse entschied man sich für einen verlängerten Praxiseinsatz. Im Zeitraum vom 02.02. bis zum 30.04.2015 befuhr das Fahrzeug auf zwei verschiedenen Rundkursen insgesamt 8.900 Kilometer. Auch auf einer deutlich anspruchsvolleren Strecke über 19,5 Kilometer Länge mit starker Neigung (Grundstraße) konnte eine Gesamtverfügbarkeit von 94 Prozent erreicht werden. Bei unveränderten 1,19 kWh/km Energiebedarf waren durchschnittlich 6,5 Minuten für den Ausgleich der Energiebilanz auf diesem Streckenumlauf erforderlich.