

# LINIENBETRIEB

Fraunhofer-Institut für  
Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI

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



... 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



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-Ionen-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

Das Fahrzeug wurde 2014 in Dresden erstmals in der Praxis erprobt. Die betriebsgemäße Schnellladung nach jedem Umlauf sowie die Pulsladung erfolgten über den Mittelspannungsanschluss am Busbetriebshof der DVB in Gruna. Der Bus befuhr einen Rundkurs mit 14,4 Kilometer Umlaufflänge auf der Buslinie 61. Die entwickelten Kerntechnologien zeigten vom Beginn 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 Ergebnisse entschied man sich für einen verlängerten Praxiseinsatz, bei dem auch auf einer deutlich anspruchsvolleren Strecke mit starker Neigung eine Gesamtverfügbarkeit von 94 Prozent erreicht wurde. Bei unveränderten 1,19 kWh/km Energiebedarf waren hier durchschnittlich 6,5 Minuten für den Ausgleich der Energiebilanz erforderlich.

Seit Mai 2016 befindet sich das Fahrzeug im Praxiseinsatz bei der Leipziger Verkehrsbetriebe auf der Buslinie 89. Hier werden die Batterien nach jedem Umlauf während der planmäßigen Wendezeit geladen. Eine Besonderheit ist hier die Stromversorgung: Um den Infrastrukturaufwand zu minimieren, wird die Ladestation über das Bahnstromnetz mit Energie versorgt. Aufgrund der zahlreichen Streckenanteile mit geringer Durchschnittsgeschwindigkeit sowie einem hohen Fahrgastaufkommen ergab sich ein erhöhter Energiebedarf von durchschnittlich 1,3 kWh/km.

