

1 Messfahrten in Dresden.

2 Visualisierung aufgenommener Messdaten und Untersuchungsergebnisse.

ENERGIE- / LEISTUNGSBEDARF VON ÖPNV-FAHRZEUGEN

Vor dem Hintergrund schwindender globaler Energieressourcen und zunehmenden Klimawandels ist auch bei den Fahrzeugen des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) ein Einsatz von energieeffizienten und schadstoffemissionsarmen Technologien eine zentrale Aufgabenstellung.

Bei Fahrzeugen mit elektrischem Antriebsstrang besteht die Möglichkeit, die Fahrmotoren beim Bremsen als Generatoren zu betreiben und einen Teil der kinetischen und gegebenenfalls potentiellen Energie des Fahrzeugs in Elektroenergie zurückzuwandeln (Rekuperation). Dieses Prinzip wird bei Straßen- und Stadtbahnen sowie bei Oberleitungsbussen bereits häufig angewandt. Voraussetzung ist jedoch, dass zeitgleich andere Verbraucher (Energie aufnehmende Fahrzeuge im Speiseabschnitt, Nebenaggregate) im Netz vorhanden sein müssen, die die rekuperierte Energie aufnehmen können. Alternativ kann ein geeigneter Energiespeicher vorgesehen werden. Auf diese Weise ist es möglich, den Nutzanteil an der zurückgewonnenen Elektroenergie deutlich zu erhöhen.

Berücksichtigt man den hierdurch deutlich reduzierten Netzenergiebezug und die verringerten Übertragungsverluste, lassen sich Energieeinsparungen von bis zu 30 Prozent, bezogen auf den Fahrzeuggesamtenergiebedarf, erreichen. Gleichzeitig können Energiespeicher zur Stabilisierung der Netzspannung sowie zur Verringerung von Lastspitzen im Fahrleitungsnetz beitragen. Für die Dimensionierung einer optimierten Energiespeicherlösung ist die Ermittlung der vorzuhaltenden Energie- und Leistungsreserven zwingend erforderlich. Diese Parameter sind von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig. Hierzu zählen beispielsweise die örtliche Verteilung der Netzurückspeisung, die Streckentopographie sowie der Einfluss der Außentemperatur auf den Hilfsenergiebedarf.

Da sich sowohl Fahrzeuge als auch Netze der Betreiber und Umgebungseinflüsse entsprechend der örtlichen Besonderheiten sehr stark unterscheiden, ist für die Auslegung einer auf den Anwendungsfall optimierten Energiespeicherlösung eine individuelle Analyse dieser Parameter, basierend auf messtechnischen Untersuchungen, nötig.

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI

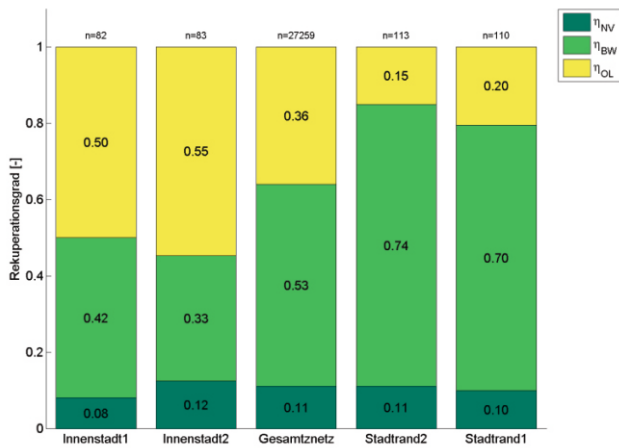
Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. Matthias Klingner

Zeunerstraße 38
01069 Dresden

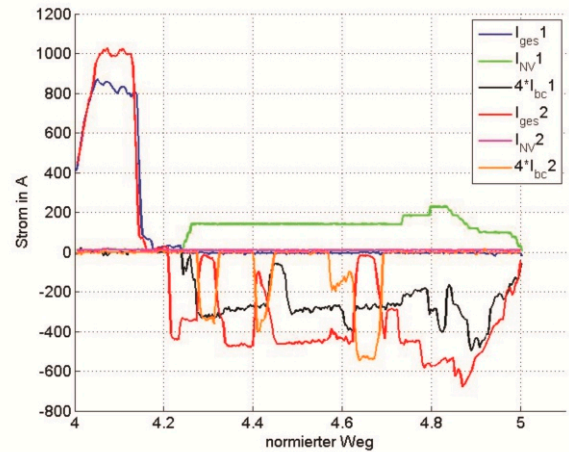
Ansprechpartner

Dr.-Ing. Sven Klausner
Telefon +49 351 4640-812
sven.klausner@ivi.fraunhofer.de

www.ivi.fraunhofer.de



3



4

Messdatenerfassung

Zur Messdatenaufnahme sind verschiedenartige Messverfahren und -aufbauten möglich. Am Fraunhofer IVI wurde beispielsweise in einer neunmonatigen Messkampagne [1] der Energie- und Leistungsbedarf eines modernen 45-m-Straßenbahnzugs vom Typ NGTD12DD für das gesamte Streckennetz orts- und zeitabhängig im regulären Fahrbetrieb ermittelt. Dabei konnte der Messaufbau gemäß Vorgaben ohne Eingriff in die Fahrzeugsteuerung erfolgen.

Durch das Fraunhofer IVI wurden verschiedene Teilaufgaben realisiert:

- Entwicklung eines Messkonzepts,
- Realisierung adäquater Messsysteme,
- Integration der Messtechnik ins Fahrzeug sowie
- Datenerfassung und -speicherung.

3 Anteile der Nutzung anfallender Bremsenergie bei Außentemperaturen größer 15°C (dunkelgrün: Nebenverbraucher, hellgrün: Bremswiderstand, gelb: Oberleitung).

4 Vergleich der aufgezeichneten Ströme zweier Messfahrten über dem normierten Weg.

Messdatenauswertung

Innerhalb umfangreicher Messkampagnen fällt eine große Datenmenge an, die gemäß den geforderten Auswertekriterien angemessen komprimiert, aggregiert und dargestellt werden muss. Allein das Datenvolumen von mehreren Gigabyte überschreitet vielfach die Möglichkeiten konventioneller Kalkulationstools, wie Microsoft Excel o. ä.

Am Fraunhofer IVI wurden deshalb zur Datenauswertung und Aufbereitung spezielle Softwarewerkzeuge entwickelt, die durch aufwendige Berechnungen sehr genaue Ergebnisse erzielen. Einige umgesetzte Funktionalitäten sind:

- Vorverarbeitung der Messdaten mit Korrektur von Messdatenausfällen,
- Koordinatentransformationen,
- Ermittlung der Ortskoordinaten der im Netz des Betreibers befindlichen Haltestellen,
- Identifizierung und Zuweisung von Haltestellen in den Messdaten,
- Einbindung zusätzlicher Messwerte (z. B. Außentemperatur),
- Ermittlung der Fahrwege,
- Nachbildung des befahrenen Streckennetzes durch stetige Streckenverläufe (Splines),
- Auswertung der Datenbasis hinsichtlich verschiedener Parameter sowie
- Ergebnisaufbereitung und graphische Darstellung.

Speicherdimensionierung

Anhand der ermittelten Messergebnisse kann mit Hilfe von Simulationswerkzeugen eine für den speziellen Anwendungsfall und zur Erfüllung der angestrebten Betriebsziele optimierte Energiespeicherdimensionierung unter Berücksichtigung verschiedener Energiespeichertechnologien mit ihren spezifischen Eigenschaften durchgeführt werden. Eine beispielhafte Dimensionierung ist in [2] beschrieben.

Mit den entwickelten Softwaretools lassen sich aus der umfangreichen Datenbasis eine Vielzahl relevanter Informationen wie mittlere Haltestellenabstände oder die Verteilung von Haltestellenverweildauern, aber auch ausgewählte Einflussparameter auf den Leistungs- und Energiebedarf des Fahrzeugs extrahieren.

Referenzen / Literatur

[1] Lehnert, M.; Klausner, S.; Bartholomäus, R.: Energieverbrauch bei Stadtbahnsystemen – Identifizierung von Einsparpotenzialen. Bahntechnik aktuell – Proceedings 14 (2008), S.15-26.

[2] Klausner, S.; Lehnert, M.: Betriebsspezifische Auslegung von Energiespeichern für Straßenbahnen. eb-Elektrische Bahnen 106 (2008) 5, S. 237-246.