



Wer bremst, gewinnt

KIT-Wissenschaftler wollen die Bremsenergie von Bahnen effizienter nutzen

VON INGRID VOLLMER

Eine fahrende Straßenbahn braucht Energie. Muss sie bremsen, setzt sie Energie frei, die momentan oft verheizt wird. Die Bremsenergie wird zum großen Teil in Wärme umgewandelt, die aber nutzlos verpufft. Im Idealfall – so die Wissenschaftler – könnte die Energie wieder zurück ins Netz gespeist und von anderen Fahrzeugen abgenommen werden. „Doch das ist im Gleichstromnetz nicht so einfach“, sagt Christoph Kühn vom Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik (FAST) des KIT. Er befasst sich mit dem Einsatz von Energiespeichern im Bahnnetz zur Optimierung der Energiebilanz.

Was Züge der Deutschen Bahn bereits machen, ist für Straßenbahnen, U-Bahnen oder S-Bahnen nur begrenzt möglich: Bremsenergie ins Netz speisen und einfach wiederverwenden. Die im Nahverkehr üblichen Gleichspannungsnetze erlauben nur einen Leistungsfluss in das Netz hinein. Dadurch kann die zurückgewonnene Bremsenergie nur dann über die Fahrleitung aufgenommen werden, wenn Anbieter und Abnehmer in räumlicher Nähe zeitgleich Energie anbieten beziehungsweise anfordern. Bremsst also eine Straßenbahn an einer Haltestelle und zeitgleich fährt dort eine andere los, ist die Abnahme der Bremsenergie des einen vom anderen Fahrzeug direkt möglich. Bei einer noch so kleinen Zeitversetzung zwischen Bremsen und Anfahren geht das schon nicht mehr. „Messungen haben ergeben, dass rund 30 Prozent der vom Fahrzeug aufgenommenen Energie nutzlos in Wärme umgewandelt werden“, sagt Professor Peter Gratzfeld, Leiter des Instituts für Fahrzeug-



FOTO: LYDIA ALBRECHT

Energy from Braking

KIT Scientists Want to Use the Braking Energy of Trams More Efficiently

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

A tram uses energy for driving. In the case of braking, it releases energy. This energy is largely converted into heat by the brake resistor and released into the environment without being used. And yet, this energy could be fed back into the grid and used by other vehicles, although that is rather difficult to do in a DC grid. Studies that would enable this energy to be used are being done by Christoph Kühn from the Chair for Railway System Technology of the KIT Institute of Vehicle System Technology (FAST). Professor Peter Gratzfeld, who is heading the institute, is quite sure that Kühn's research results will gain relevance in the future when energy costs will further increase.

One solution is to store the energy recovered during braking in a storage system that is installed either on board of the tram or along the tracks. Christoph Kühn, Research Assistant at FAST, analyzes this possibility with the help of driving simulations and power flow calculations for the complete tram network. He is currently writing a simulation program for the calculations. From them, detailed findings will be derived with respect to the appropriate number, size, and positioning of energy storage systems for an optimum energy balance. ■

Wollen Straßenbahnen energetisch optimieren: Professor Peter Gratzfeld (li.) und Christoph Kühn vom Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik am Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST)

Professor Peter Gratzfeld (left) and Christoph Kühn from the Chair for Railway System Technology of the KIT Institute of Vehicle System Technology (FAST) want to optimize the energy management of trams



systemtechnik am KIT. „Das ist eigentlich ein Skandal in einer Zeit, in der wir alle vom Energiesparen reden.“

Die Lösung: Die beim Bremsen zurückgewonnene Energie wird in einem Speicher zwischengelagert, der entweder mobil auf der Bahn angebracht ist oder stationär an der Strecke die Energie abnimmt. Beide Varianten gibt es bereits: In Heidelberg fahren Straßenbahnen mit einem Speicher auf dem Dach, bei der Hamburger S-Bahn ist an der Strecke ein stationärer Speicher zur Aufnahme der Bremsenergie installiert. Allerdings kann niemand sagen, wie viel Energie dadurch eingespart wird, wie wirtschaftlich das

Ganze ist, wie groß ein Speicher dimensioniert sein muss oder wie viele Speicher benötigt werden. All diese Fragestellungen will Christoph Kühn, Akademischer Mitarbeiter am FAST, mithilfe von Fahrspielsimulationen und Leistungsflussberechnungen für das gesamte Streckennetz analysieren.

„Das Schwierige daran ist, dass man auf keine geeignete Software zurückgreifen kann, die die komplexen Vorgänge in einem Nahverkehrsnetz abbildet“, sagt Kühn, der sich seit gut zwei Jahren mit der Problemstellung befasst. „Jede Straßenbahn verändert während der Fahrt ihre Position und verhält sich entweder als Last oder als

andere, mal sind die Schienen nass, mal trocken und so weiter. „Letztlich“, so meint Professor Gratzfeld, „ist es doch sehr gut, wenn wir es schaffen, etwas mehr als 50 Prozent der Bremsenergie, die bislang verpufft, wiederzuverwenden.“

„Das Programm muss die infrastrukturellen, fahzeugdynamischen und betrieblichen Eigenschaften und Vorgänge des gesamten Netzes abbilden können. Zum einen muss es die Fahrspiele zur Bestimmung der erforderlichen Traktionsleistung und der geografischen Standorte aller Fahrzeuge simulieren und zum anderen die Leistungsflüsse im elektrischen Netz berechnen, um die einzel-



TOYOTA
NICHTS IST UNMÖGLICH

NIE WAR HYBRID SO GÜNSTIG.

Der neue Yaris Hybrid. Der erste Kleinwagen mit Vollhybridantrieb.

Yaris Hybrid mit stufenlosem Automatikgetriebe, 1,5-I-VVT-i, 55 kW (74 PS), und Elektromotor, 45 kW (61 PS), Systemleistung 74 kW (100 PS), 5-Türer

Ausstattungs Highlights:

- LED-Tagfahrlicht
- Klimautomatik
- 7 Airbag (inkl. Knieairbag für Fahrer)

ab 79 g CO₂/km
Ab 3,51/100 km

monatl. Rate
129 €¹

Kraftstoffverbrauch kombiniert/außerorts/innerorts: 3,7-3,5/3,7-3,5/3,4-3,1/100 km, CO₂-Emissionen kombiniert 85-79 g/km (nach EU-Messverfahren).

Unser Toyota Finanzierungsangebot:¹ Hauspreis: 15.255,- €, Anzahlung: 2.990,- €, **Nettodarlehenbetrag: 12.732,75 €**, Gesamtdarlehenbetrag: 14.350,05 €, einmalige Schlussrate: 8.287,05 €, Laufleistung: 10.000 km/Jahr, Vertragslaufzeit: 48 Monate, **gebundener Sollzins: 3,83%**, **effektiver Jahreszins: 3,90%**, 47 monatl. Raten à 129,- €, Bearbeitungsgebühr: 0,- €, inkl. Restschuldversicherung²: 467,75 €.

¹Ein Angebot der Toyota Kreditbank GmbH, Toyota-Allee 5, 50858 Köln. Gilt bei Anfrage und Genehmigung bis zum 30.09.2013. Nur bei teilnehmenden Toyota Vertragshändlern.

²Restschuldversicherung zur Absicherung Ihrer Raten bei unfall- oder krankheitsbedingter Arbeitsunfähigkeit sowie Tod. (Risikoträger: Aioi Nissai Dowa Life Insurance of Europe AG, Carl-Zeiss-Ring 25, 85737 Ismaning). Unser Autohaus vermittelt ausschließlich Darlehensverträge der Toyota Kreditbank GmbH.

Toyota Zentrum
AHZ Automobil Handels Zentrum GmbH
Ein Unternehmen der Emil Frey Gruppe Deutschland

Karlsruhe
Ottostraße 18a
Tel. 0721/942668-0
www.toyota-zentrum.de



Erzeuger im Netz.“ Zwar führen Energieanbieter durchaus Leistungsflussberechnungen durch, die haben jedoch andere Randbedingungen. Deren private und gewerbliche Endkunden verändern ihre Standorte nicht und erzeugen selbst keine nennenswerten Energiemengen. Kühns Programm will den Leistungsfluss für viele tausend Knoten berechnen. Ebenso schwierig gestaltet sich für den Wissenschaftler die Bestandsaufnahme. Nur wenige Verkehrsbetriebe verfügen über vollständiges Datenmaterial, mit dem wissenschaftlich gearbeitet werden kann. Und letztlich gibt es auch viele unwägbar Faktoren, die den Leistungsbedarf eines Fahrzeugs beeinflussen. Hier kann Kühn nur mit statistischen Methoden arbeiten, denn der eine Fahrer fährt und bremst viel aggressiver als der andere, die eine Bahn transportiert viel mehr Menschen als die

nen Knotenspannungen und Zweigströme zu bestimmen“, fasst Christoph Kühn zusammen. Im Moment ist er vorrangig damit beschäftigt, ein Simulationsprogramm für die Berechnungen zu schreiben. Das Ziel ist, konkrete Aussagen über die geeignete Anzahl, Dimensionierung und Positionierung von Energiespeichern innerhalb des Netzwerks zur Optimierung der Energiebilanz treffen zu können. „Bis in zehn Jahren wird sich jeder damit auseinandersetzen müssen“, macht Peter Gratzfeld die Aktualität dieser Forschung deutlich. Die Verkehrsbetriebe, so meint er, seien sich fast überall der Situation bewusst. Steigende Energiepreise machten schließlich auch ihnen über kurz oder lang zu schaffen. „Wären wir am Ende von Kühns Untersuchungen, würden uns die Verkehrsbetriebe die Türen einrennen“, ist sich Gratzfeld sicher. ■

Info: www.bahnsystemtechnik.de
Kontakt: christoph.kuehn@kit.edu