

# Antriebssysteme für den Nahverkehr – Prüfstand und Simulation

Der Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik ist am Institut für Fahrzeugsystemtechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) angesiedelt. Die Forschung am Lehrstuhl konzentriert sich auf die Gebiete „Eisenbahn als mechatronisches System“, „Energiemanagement“, „Induktive Energieübertragung“ und „Antriebssysteme“. Im Bereich der Lehre übernimmt der Lehrstuhl in den Bachelor- und Masterstudiengängen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik, Mechatronik und Informationstechnik sowie Wirtschaftsingenieurwesen die Ausbildung derjenigen Studierenden, die sich auf den Gebieten Bahnsystemtechnik oder Schienenfahrzeugtechnik vertiefen.

## Simulationsmodelle elektrischer und hybrider Antriebssysteme

Im Forschungsbereich Antriebssysteme werden innovative elektrische und hybride Antriebssysteme für Schienenfahrzeuge des Nahverkehrs untersucht. Hierzu werden Simulati-

onen und Prüfstandsversuche durchgeführt. Um das Potenzial der verschiedenen Ansätze bewerten zu können, werden Simulationsmodelle der Antriebssysteme erstellt. Da es sich hierbei um komplexe multiphysikalische Systeme mit mechanischen, elektrischen und teilweise auch hydraulischen Komponenten handelt, kommt die objektorientierte 1-D Simulation zum Einsatz. Verwendet wird die Modellierungssprache Modelica in der Simulationsumgebung Dymola. Diese ermöglicht eine einfache Modellierung des gesamten Systems in einer einzigen Entwicklungsumgebung mit der Möglichkeit, sämtliche Komponentenmodelle frei zu ändern und an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen. Abb. 1 zeigt beispielhaft ein solches Simulationsmodell eines elektrischen Antriebstrangs. Auf Basis dieser Simulationsergebnisse können beispielsweise anwendungsspezifische Antriebstrangtopologien ausgewählt, thermische Belastungen von Fahrmotoren eingeschätzt oder Speicher in Hybridsystemen dimensioniert werden.

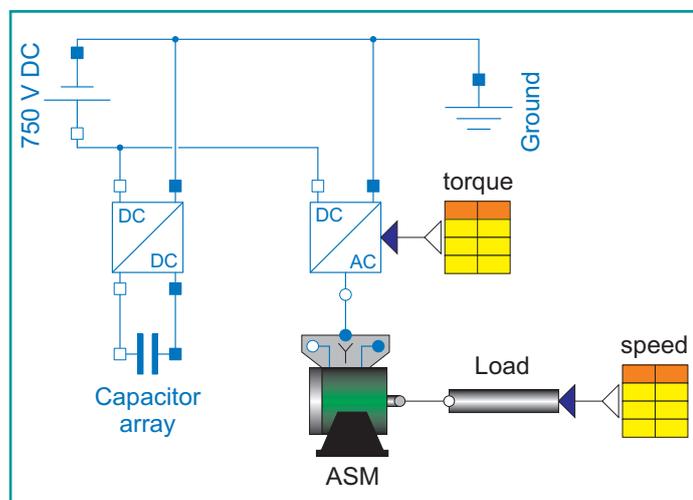


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung des Aufbaus eines objektorientierten Simulationsmodells mit Drehmomentgeregeltem Prüfling und vorgegebener Drehzahl. Die Sollwertvorgabe erfolgt über Tabellen. Grafik: Stefan Haag

## Antriebssystemprüfstand

Um qualifizierte Aussagen treffen zu können, werden die Simulationsmodelle sowohl auf Komponentenebene als auch auf Systemebene am Prüfstand validiert. Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen hat der Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik hierfür einen Antriebssystemprüfstand aufgebaut. Der Prüfstand ist für typische Antriebssysteme von Straßen- und Stadtbahnen sowie Elektrobusen und kleinen bis mittelgroßen mobilen Arbeitsmaschinen (Gabelstapler, Kommunalfahrzeuge) ausgelegt. Der modulare Aufbau des Prüfstands ermöglicht unterschiedliche Testszenarien, von Untersuchungen an Antriebsstrangkomponenten und elektrischen Maschinen bis hin zu kompletten Antriebssystemen.

Der Antriebssystemprüfstand verfügt über drei Antriebs- bzw. Belastungsmaschinen mit jeweils 130 kW Nennleistung. Diese können auf einer Prüffläche, bestehend aus zwei schwingungsgedämpft gelagerten Spannbetten mit einer Größe von jeweils 4 m x 5 m, variabel angeordnet werden. Bei den Maschinen (Abb. 2) handelt es sich um luftgekühlte Schienenfahrzeugmotoren aus dem Stadtbahnbereich. Die ro-

busten Asynchronmaschinen können dank ihrer großen thermischen Zeitkonstante kurzzeitig deutlich über der Nennleistung betrieben werden. Es wird ein Drehzahlbereich bis 5000 1/min und ein Drehmomentbereich bis 1000 Nm an der Motorwelle abgedeckt. Die Maschinen können in allen vier Quadranten wahlweise drehzahl- oder drehmomentregelt betrieben werden.

Der in Abb. 3 schematisch dargestellte elektrische Teil des Prüfstands besteht aus einer Versorgungseinheit mit einer Nennleistung von 260 kW, die einen gemeinsamen Zwischenkreis, geregelt mit variabler Gleichspannung von 560 V bis 770 V, speist und eine Rückspeisung in das öffentliche Netz ermöglicht. Der Zwischenkreis versorgt die drei Wechselrichter der Belastungsmaschinen mit einem Nennstrom von je 250 A und einen DC/DC Steller mit einem Nennstrom von 200 A. Der DC/DC Steller kann zur Speisung von Prüflingen (Wechselrichter, Energiespeicher) mit variabler Spannung verwendet werden. Abgriffe für weitere Verbraucher oder Quellen aus dem Zwischenkreis sind möglich. Somit ist ein Energieaustausch zwischen den angeschlossenen Maschinen bzw. Komponenten während der Versuche möglich, und es muss

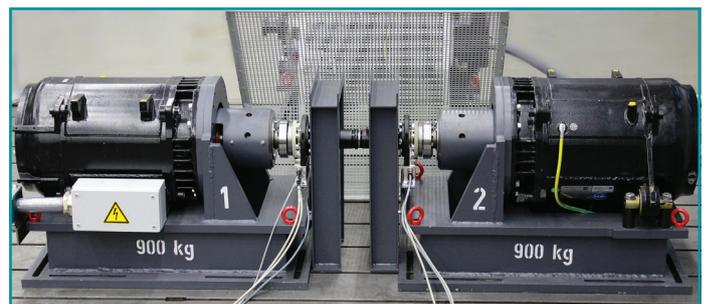


Abbildung 2: Zwei der 130 kW Belastungsmaschinen des Prüfstands. Foto: Christian Pohlandt

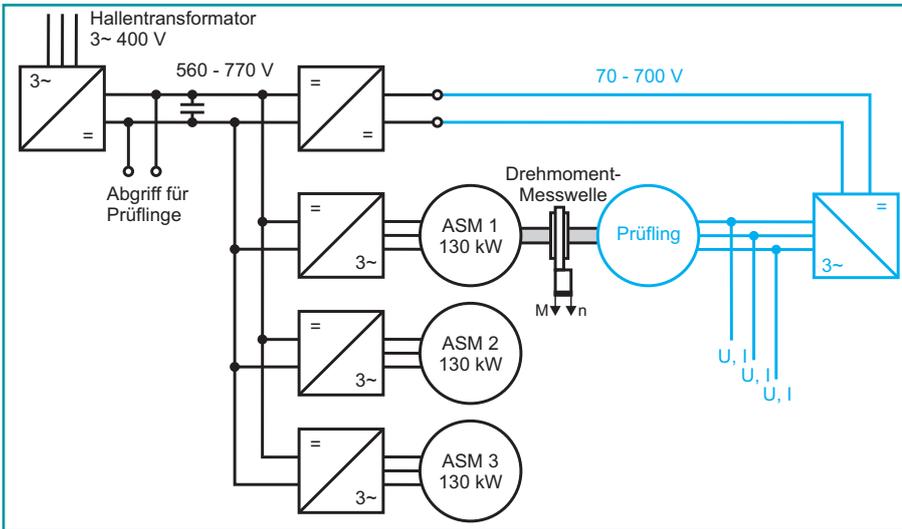


Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Antriebssystemprüfstands, Prüflinge sind in Blau dargestellt. Grafik: Stefan Haag

lediglich die Verlustleistung aus dem öffentlichen Netz nachgespeist werden.

Die Ansteuerung des Prüfstands kann je nach geplantem Versuch über manuelle Sollwertvorgaben (z.B. bei Prüfung in konstanten Betriebspunkten), Analogsignale bzw. vorgegebene Zyklen oder über eine virtuelle Fahrumgebung erfolgen.

Die Messtechnik ist für die zeitsynchrone Erfassung elektrischer, mechanischer und thermischer Größen ausgelegt. Somit ist eine Berechnung von abgeleiteten Größen, z.B. dem Wirkungsgrad, direkt aus elektrischen und mechanischen Messgrößen möglich. Die elektrische Leistung kann auf acht Kanälen (jeweils Spannung bis 1000 V und Strom bis 400 A) mit einem Präzisions-Leistungsmessgerät erfasst werden. Durch die große Anzahl zur Verfügung stehender Kanäle ist die gleichzeitige Erfassung der Messgrößen an allen relevanten Komponenten des Antriebssystems (z.B. Zwischenkreis, Fahrmotor, Speicher, Nebenverbraucher) gewährleistet. Die drei Belastungsmaschinen sind mit Drehmomentmesswellen zur Erfassung von Drehzahl und Drehmoment ausgerüstet. Temperaturen können mit Thermoelementen auf 16 Kanälen erfasst werden.

## Versuchsaufbauten

Neben der Untersuchung rotatorischer Antriebssysteme werden auf dem Prüfstand auch Messungen an einem Demonstrator für Linearmotoren mit sehr großem Luftspalt (mehrere Zentimeter) durchgeführt. An diesem in Abb. 4 dargestellten Demonstrator können Kraft- und Temperaturmessungen bei verschiedenen Spei-

sefrequenzen und Luftspalten durchgeführt und so numerische und analytische Berechnungen validiert werden. Mögliche Einsatzgebiete für derartige Maschinen sind zum Beispiel alternative Antriebe für Straßenbahnen.



Abbildung 4: Der Linearmotor-Demonstrator auf dem Antriebssystemprüfstand.

Foto: Stefan Hartmann

Der Antriebssystemprüfstand des Lehrstuhls für Bahnsystemtechnik ermöglicht umfangreiche Untersuchungen und Prüfungen an unterschiedlichsten Antriebsstrangkomponenten und Antriebssystemen. Zusammen mit den am Prüfstand validierten Simulationsmodellen können Aussagen zu innovativen Konzepten für neue Antriebssysteme getroffen werden. Er eignet sich auch hervorragend dafür, Forschungs- und Entwicklungsfragestellungen von Industriepartnern zu bearbeiten.

Dipl. Ing. Stefan Haag,  
Dipl. Ing. Christian Pohlandt,  
Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld  
Institut für Fahrzeugsystemtechnik am  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

[www.bahnsystemtechnik.de](http://www.bahnsystemtechnik.de)



Digital Information System

### ADISys



Digital Signal Generator

### SG-200



Audio Communication System

### ACSys



Ethernet Train Line Modem

### TLM



### Products:

- PA and Intercom Systems
- Passenger Interroom Terminals
- Control Devices
- Secure Wireless Systems
- Signs (TFT,LED,LCD,RollerBlind)
- Warning Signal Generators
- Loudspeakers, Microphones
- Cable Assembly
- Test Devices and Systems

**TRAKO**  
22-25.09.2015  
International Railway Fair



IT Solutions for Public Transport

1 - 3 March 2016  
Karlsruhe Trade Fair Center  
Germany

**InnoTrans** International Trade Fair  
for Transport Technology  
20.-23.09.2016

**PICASO~Systems GmbH**

Forstweg 1, Geb. 31  
D-14656 Brieselang  
www.picaso-systems.com  
info@picaso-systems.com  
☎ : +49 33232 307 - 0  
Fax: +49 33232 307 - 30