

# Bahnsystemtechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Vor zehn Jahren wurde an der Universität Karlsruhe der Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik gegründet. Daraus hat sich das Teilinstitut Bahnsystemtechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit einem attraktiven Lehrangebot und einem umfangreichen Forschungsprogramm entwickelt.

► Bahnsystemtechnik ist ein wesentlicher Bestandteil moderner Mobilität. Deshalb hat die Fakultät für Maschinenbau der damaligen Universität Karlsruhe im Rahmen der Exzellenzinitiative zum 01.11.2008 den Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik eingerichtet. Ermöglicht wurde das durch eine Stiftungsprofessur der Firma Bombardier Transportation GmbH sowie mit der Unterstützung der VBK Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH. Damit gibt es heute am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ein Teilinstitut, das sich speziell mit Vollbahn- und Nahverkehrssystemen sowie Schienenfahrzeugen befasst.

## LEHRE UND FORSCHUNG AM KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

Das KIT wurde am 01.10.2009 als Zusammenschluss der Universität Karlsruhe und

dem Forschungszentrum Karlsruhe gegründet. Mit rund 9300 Mitarbeitern ist es eine der größten Wissenschafts- und Lehreinrichtungen in Europa. An den elf Fakultäten studieren heute etwa 25 000 Studentinnen und Studenten (die Hälfte davon in den Ingenieurwissenschaften) und promovieren 3200 Doktorandinnen und Doktoranden.

Mobilität ist eines der großen Forschungsfelder am KIT. Das Teilinstitut Bahnsystemtechnik gliedert sich daher gut in das strategische Profil des KIT ein.

## STUDIUM DER BAHNSYSTEMTECHNIK AM KIT

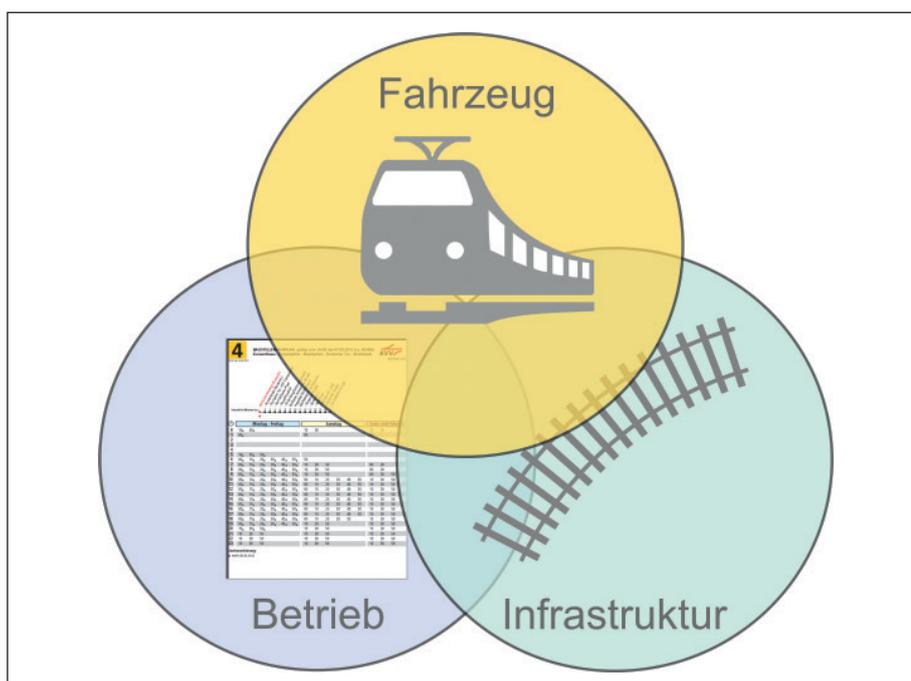
Das heute übliche konsekutive Bachelor- und Masterstudium der Ingenieurwissenschaften am KIT beinhaltet zahlreiche Pflichtveranstaltungen im Grundlagenbereich. Erst am Ende des Bachelorstudiums



**Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld**  
 Institutsleiter Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Fahrzeugsystemtechnik  
 Teilinstitut Bahnsystemtechnik  
 peter.gratzfeld@kit.edu

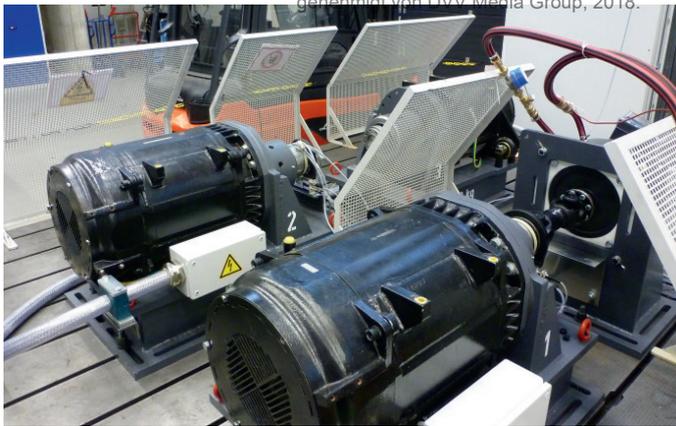
und im Master haben die Studierenden die Möglichkeit, selbstgewählte Schwerpunkte zu setzen. In diesem Rahmen können sie sich auch auf Bahnsystemtechnik spezialisieren. Das Teilinstitut Bahnsystemtechnik bietet dafür ein umfangreiches Programm an, das alle wesentlichen Aspekte eines modernen Eisenbahnsystems behandelt. Dazu zählen Lehrveranstaltungen über die Bahn als Gesamtsystem, Schienenfahrzeugtechnik, Elektrische Schienenfahrzeuge, Projektmanagement im Schienenfahrzeugbau, die Eisenbahn im Verkehrsmarkt und Seminare. Ergänzt wird das Angebot durch die Abteilung Eisenbahnwesen in der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften mit weiteren Lehrveranstaltungen zu Bahnbetrieb, Bau- und Instandhaltung von Schienenfahrwegen bis hin zu Recht im Öffentlichen Verkehrswesen. Darüber hinaus können die Studierenden im Rahmen ihrer Bachelor- und Masterarbeit an aktuellen Forschungsprojekten im Bahnbereich mitarbeiten.

Das Lehrangebot wird vor allem von Studierenden des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens genutzt, die sich damit ein grundlegendes Systemverständnis des Eisenbahnwesens erwerben können (Bild 1). Etwa 130 Prüfungen und 30 Abschlussarbeiten jährlich belegen, dass sich viele Studierende mit moderner Mobilität auseinandersetzen. Alle Absolventen finden problemlos einen Arbeitsplatz in der Bahnindustrie mit ihren vielfältigen Zulieferfirmen oder bei öffentlichen oder privaten Eisenbahnbetreibern und Nahverkehrsunternehmen. »



**BILD 1:** Eisenbahn als Gesamtsystem

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Karlsruher Institut für Technologie (KIT) / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group, 2018.



**BILD 2:**  
Antriebssystemprüfstand

**FORSCHUNG AM TEILINSTITUT BAHNSYSTEMTECHNIK**

Mit seinen Forschungsaktivitäten fördert das Teilinstitut Bahnsystemtechnik die weitere Entwicklung der Schiene zum energieeffizienten, umweltfreundlichen und leistungsfähigen Verkehrsträger. Es befasst sich mit Fragestellungen an den Schnittstellen im Bahnsystem (Fahrzeug und Infrastruktur, Fahrzeug und Betrieb, Betrieb und Infrastruktur) und besitzt in diesem Kontext auch Gesamtsystemkompetenz. Das Fahrzeug steht dabei im Mittelpunkt. Es werden sowohl Vollbahnen als auch Nahverkehrssysteme einschließlich elektrisch betriebener Bussysteme betrachtet.

Die aktuellen Projekte gliedern sich in folgende Forschungsfelder:

- Gesamtfahrzeug
- Energieversorgung
- Antrieb
- Fahrwerk

Es handelt sich dabei sowohl um öffentlich geförderte Projekte zum Teil in Kooperation

mit Partnern aus der Industrie und Betreibern als auch um Forschungsaufträge aus der Fahrzeugindustrie.

Am Institut stehen umfangreiche Prüffelder für experimentelle Untersuchungen zur Verfügung. Speziell für die Antriebstechnik wurde ein Prüfstand mit vier 130 kW-Original-Traktionsmotoren aus Nahverkehrsfahrzeugen aufgebaut (Bild 2) [1]. Untersuchungen an kompletten Fahrzeugen erfolgen mit Unterstützung der Verkehrsbetriebe Karlsruhe in deren Infrastruktur.

**GESAMTFAHRZEUG**

Das Forschungsfeld Gesamtfahrzeug befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen Fahrzeug, Infrastruktur und Betrieb. Schienenfahrzeuge und weitere Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs werden als Teil eines integralen Verkehrssystems betrachtet. Die öffentliche Diskussion um Umweltbelastungen, Ressourceneinsatz und CO<sub>2</sub>-Ausstoß machen diesen systemischen Ansatz zu einem zentralen gesellschaftlichen Thema.

**ENERGIEMANAGEMENT IM FAHRZEUG**

Dieselgetriebene Schienenfahrzeuge bilden auf nicht elektrifizierten Strecken das Rückgrat des regionalen und überregionalen Nahverkehrs. Da die Möglichkeiten innermotorischer Wirkungsgradsteigerungen ausgeschöpft sind, muss auf Systemebene gesucht werden, um weitere Potenziale zu erschließen. [2]

Ziel der Forschung ist die Effizienzerhöhung durch Hybridisierung von Schienenfahrzeugen mit mehreren Antriebsanlagen. Die Schwerpunkte liegen dabei auf der simulationsgestützten Auslegung des Gesamtsystems. Beachtet werden hierbei besonders die möglichen Freiheitsgrade durch Anpassung der Regelung von Antriebsanlage und Energiespeicher an den vorgesehenen Einsatz. [3]

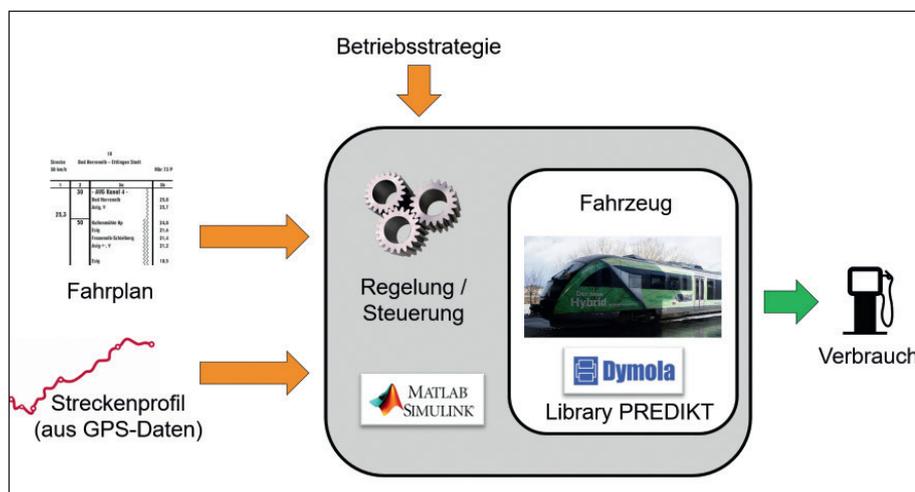
Im motorisierten Individualverkehr werden schon seit Jahren verschiedene globale Optimierungsverfahren eingesetzt, um den Verbrauch zu senken. Diese Methoden verlieren deutlich in der Ergebnisqualität, wenn der Fahrweg und das Geschwindigkeitsprofil a priori nicht bekannt sind. Sie müssen also eine bestimmte Zeit voraus präzisieren können, was passieren wird. Bei Bahnen sind genau diese Voraussetzungen erfüllt, denn die Fahrzeuge fahren auf Schienen und der Fahrplan weiß, wann man wo sein muss. Dies bietet optimale Voraussetzungen für prädiktive Regelverfahren. [4]

Im Rahmen des durch das BMWi geförderten Projektes PREDIKT wird am Teilinstitut gemeinsam mit den Projektpartnern MTU Friedrichshafen GmbH und der AKASOL GmbH an der Entwicklung von prädiktiven selbstlernenden Algorithmen zur energieoptimalen Längsführung von hybriden Regionaltriebwagen geforscht [5] (Bild 3).

**ELEKTRISCHE NAHVERKEHRSSYSTEME**

Im Kontext der E-Mobilisierung rückt auch die Elektrifizierung von Linienbussen verstärkt in den Fokus. Der E-Bus ermöglicht die Emissionsreduktion in Ballungsgebieten, reduzierte Betriebskosten sowie eine umweltbewusste Außenwirkung für Städte und Verkehrsbetriebe.

Das Teilinstitut Bahnsystemtechnik beteiligte sich im Leuchtturmprojekt PRIMOVE Mannheim an der Erforschung von E-Bussen im Stadtverkehr. Das Forschungsprojekt wurde durch das Bundesverkehrsministerium (BMVI) gefördert und als Kooperation zwischen dem KIT, den Rhein-Neckar-Verkehrsbetrieben (RNV), Bombardier Transportation GmbH in Mannheim und der Stadt Mannheim auf der Mannheimer Buslinie 63 umgesetzt.



**BILD 3:** Prädiktives Regelungskonzept

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Karlsruher Institut für Technologie (KIT) / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.

Der Forschungsschwerpunkt am Teilinstitut liegt, basierend auf den gewonnenen Praxiserfahrungen, in der Gesamtsystemauslegung und -optimierung urbaner E-Busverkehre. Hierzu ist Know-how in folgenden Themenfelder vorhanden (Bild 4):

- Techno-ökonomische Methodiken zur Auslegung und Optimierung von E-Buslinien mit Operations Research (Standortplanung) [6, 7]
- Validierte Systemmodelle zur Ermittlung der Energieflüsse im Fahrzeug [8, 9]
- TCO-Analysen, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und Berechnung externer Kosten für den Einsatz verschiedener Antriebstechnologien

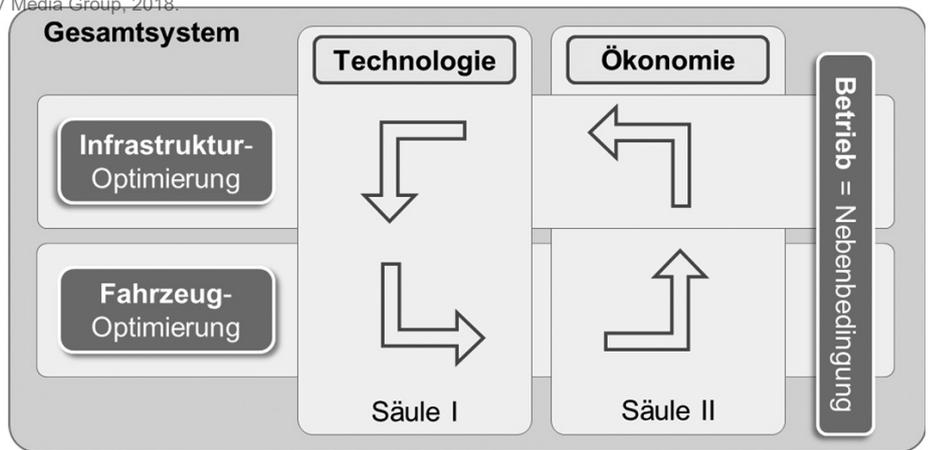


BILD 4: E-Bus-Gesamtsystem

MESSSTRASSENBAHN

Das Teilinstitut Bahnsystemtechnik und die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft rüsten gemeinsam eine Messstraßenbahn aus, die im regulären Fahrgastbetrieb zum Einsatz kommen wird.

Dabei werden elektrische und mechanische Größen sowie die vorliegenden klimatischen Bedingungen aufgezeichnet (Bild 5). Zentrale Forschungsvorhaben, die sich hieraus ergeben, sind die Optimierung des Straßenbahnnetzes und des Fahrzeugs. Ebenfalls können durch die Auswertung der Daten und der damit verbundenen Generierung von Vorhersagemodellen Maßnahmen zur prädiktiven Instandhaltung eingeleitet werden. Des Weiteren wird Betreibern sowie Fahrzeugherstellern das Potenzial groß angelegter Datenerhebungen und -auswertungen aufgezeigt.

ENERGIEVERSORGUNG

Das Forschungsfeld Energieversorgung befasst sich mit der Bereitstellung von elektrischer Energie für Schienenfahrzeuge und weitere elektrische Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs. Hierzu zählt die kontinuierliche Versorgung entlang der Strecke mit Oberleitungen oder Stromschienen, aber auch die punktuelle oder abschnittsweise Versorgung. Prinzipiell kann die Energie konduktiv, mit einem mechanischen Kontakt oder induktiv übertragen werden.

Für die Auswahl der Energieübertragung bei punktueller oder abschnittsweiser Versorgung ist der Energiespeicher von zentraler

Bedeutung. Weiterhin können Energiespeicher mobil oder stationär zur Erhöhung der Energieeffizienz oder zur Stabilisierung der Versorgungsspannung genutzt werden. Anforderungen an eine Energieversorgung sind Zuverlässigkeit, Sicherheit und Energieeffizienz.

ENERGIESPEICHER

Die Versorgung von Straßen- und Stadtbahnen erfolgt über Gleichrichterunterwerke, die durch ihren einfachen und robusten Aufbau

eine unregelmäßige Oberleitungsspannung bereitstellen und Energie lediglich einspeisen können. Bild 6 zeigt den schematischen

Mit seinen Forschungsaktivitäten fördert das Teilinstitut Bahnsystemtechnik die weitere Entwicklung der Schiene zum energieeffizienten, umweltfreundlichen und leistungsfähigen Verkehrsträger.

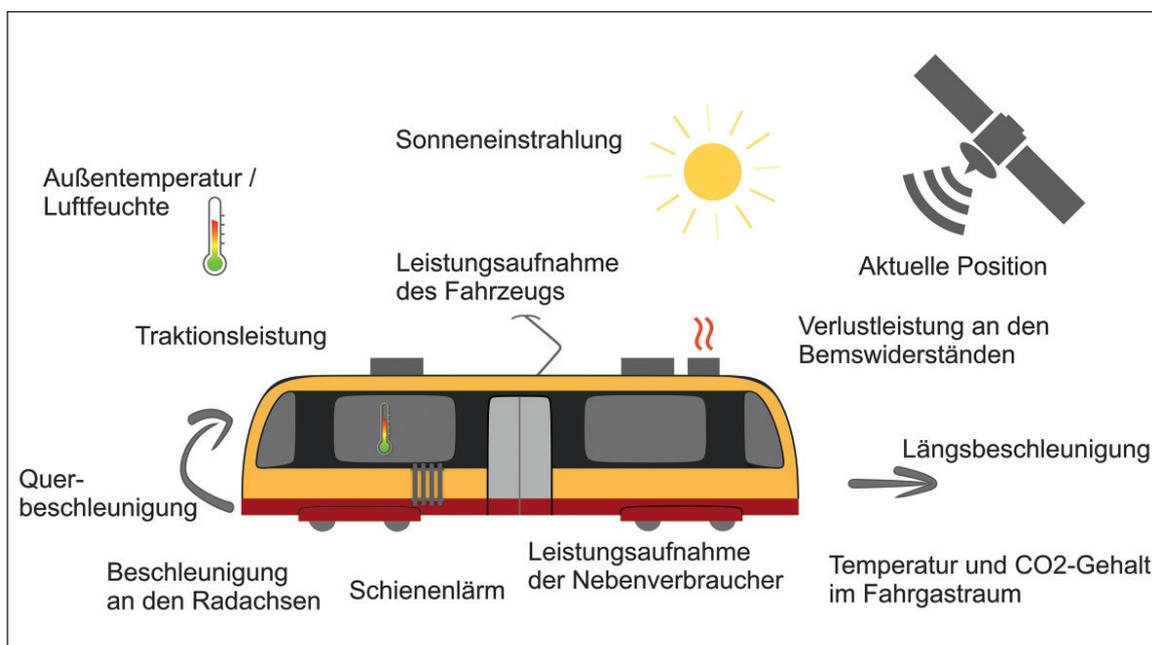
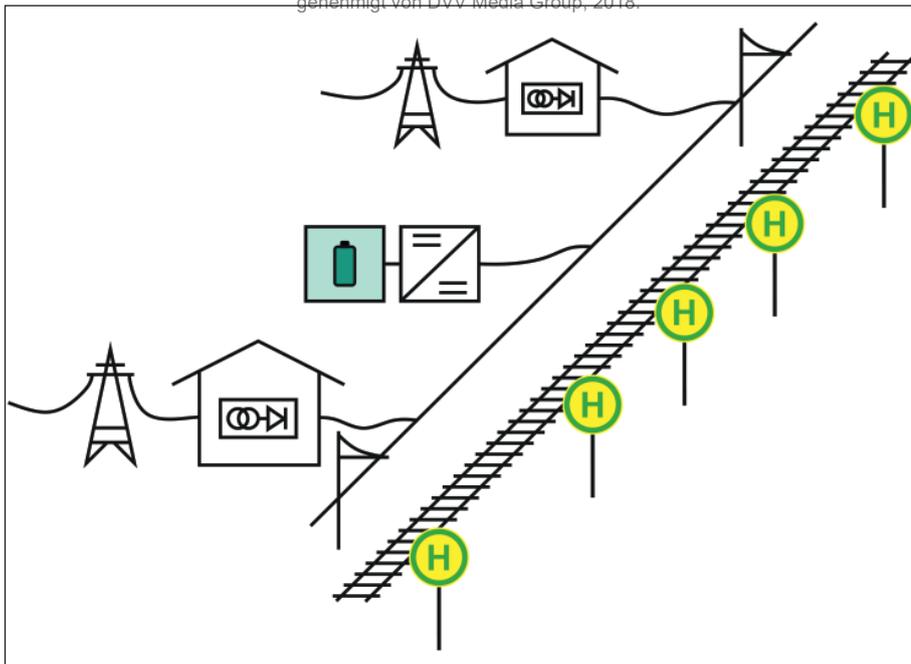


BILD 5: Messstraßenbahn

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Karlsruher Institut für Technologie (KIT) / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.



**BILD 6:** Versorgung einer Straßenbahnüberleitung

schen Aufbau. Durch regeneratives Bremsen kann die Energieeffizienz der Nahverkehrsnetze deutlich gesteigert werden. Die Aufnahme der Energie durch das Netz ist allerdings nur dann möglich, wenn ein Bedarf an Energie in unmittelbarer Umgebung des bremsenden Fahrzeugs besteht. Andernfalls wird die Bremsenergie von den Bremswiderständen auf dem Fahrzeug in Wärme umgewandelt. Mit Energiespeichern kann die ungenutzte Bremsenergie zwischengespeichert werden und steht somit dem System weiter zur Verfügung.

Am Teilinstitut Bahnsystemtechnik wird

an den Einsatzbedingungen für Energiespeicher im Nahverkehrsnetz geforscht. So sollen Fragen zu der Eignung von Energiespeichern für unterschiedliche Einsatzszenarien, aber auch zur Wirtschaftlichkeit der Energiespeicher beantwortet werden. Dafür werden Betriebsstrategien und neue Anwendungen entwickelt und untersucht.

**INDUKTIVE ENERGIEÜBERTRAGUNG**

Aufgrund des Aufschwungs der Elektromobilität im Individualverkehr wird an innovativen Lösungen zum Laden der Batterie

geforscht. Dabei zeigt sich die induktive Ladung der Batterie als besonders aussichtsreiche Technologie. Hierzu beteiligte sich das Teilinstitut am Forschungsprojekt BIPoLplus, welches durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Spitzenclusters Elektromobilität Süd-West gefördert wurde.

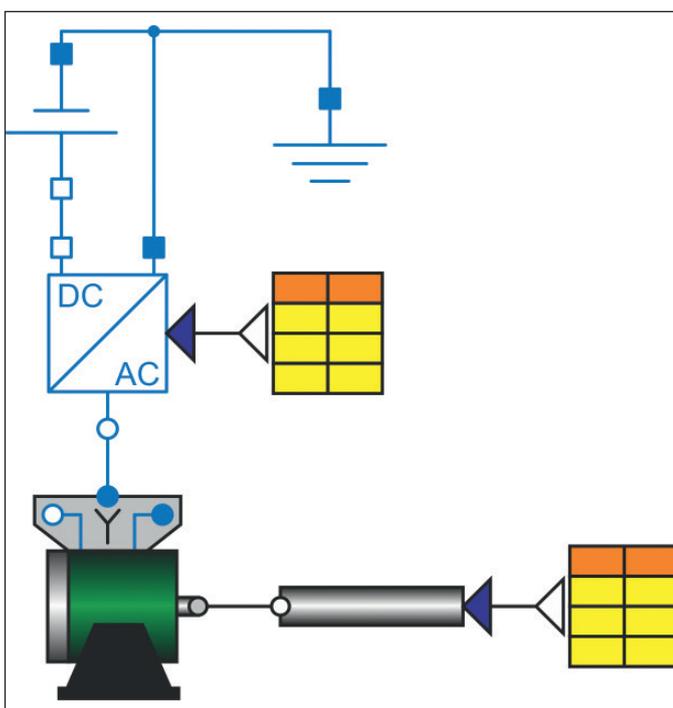
Im Fokus steht dabei ein 22 kW Übertragungssystem für welches die Primär- und Sekundärspule simulativ ausgelegt werden, um eine hohe Kopplung und Positionierungstoleranz zu erreichen [10]. Untersuchungen zur Spulengeometrie sollen den interoperablen Betrieb des Spulensystems sicherstellen.

**ENERGIEVERSORGUNG FÜR AUTONOME FAHRZEUGE**

Hochautomatisierter fahrerloser Schienenverkehr wird heutzutage bereits in mehreren Bereichen des öffentlichen Nahverkehrs eingesetzt. Die sich dabei ergebenden Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit an die Infrastruktur, den Betrieb sowie an die Schienenfahrzeuge und deren Komponenten sind für abgeschlossene Systeme, wie z.B. U-Bahnen, bereits hinreichend erfüllt [11]. Für autonomen fahrerlosen Betrieb in nicht abgeschlossenen Systemen müssen jedoch alle im System beteiligten Teilsysteme und Komponenten hinsichtlich der Zuverlässigkeit sowie der Ausfall- und Fehlerwahrscheinlichkeit ganzheitlich im Zusammenhang betrachtet werden, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Hierbei ist eine robuste und zuverlässige Energieversorgung des Fahrzeugs essentiell, um jeden Fehlerzustand des Systems in einen sicheren Systemzustand überführen zu können. Dies gilt genauso für autonom fahrende Straßenfahrzeuge. Das Teilinstitut befasst sich mit Architekturen, die dies zuverlässig gewährleisten können.

**ANTRIEB**

Das Forschungsfeld Antrieb befasst sich mit dem kompletten Antriebsstrang von Schienenfahrzeugen und weiteren Fahrzeugen des öffentlichen Personennahverkehrs. Der Antriebsstrang ist einer der größten Energieverbraucher im Fahrzeug und hat somit einen großen Einfluss auf den gesamten Energiebedarf und die Betriebskosten. Durch neuartige Antriebs- und Steuerungskonzepte können diese beiden Größen positiv beeinflusst werden. Kombiniert werden hier die aktuellen technischen Entwicklungen unter Berücksichtigung der hohen Anforderungen hinsichtlich Betriebsdauer und Überlastfähigkeit in der Traktionsanwendung.



**BILD 7:** 1-D-Simulation von Antriebssystemen

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Karlsruher Institut für Technologie (KIT) / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.

1-D SIMULATION ELEKTRISCHER UND HYBRIDER ANTRIEBSSTRÄNGE

Bei der Entwicklung moderner Antriebssysteme für Schienenfahrzeuge besteht eine große Zahl an Freiheitsgraden. Die Leistungen und Drehzahlbereiche der einzelnen Antriebsmaschinen und die Größe des Speichers müssen bestimmt werden.

Um ein Antriebssystem optimal an das jeweilige Einsatzprofil im Bahnsystem anzupassen, kann die 1-D Simulation verwendet werden. Dabei werden die Antriebsstrangkomponenten über physikalische Gleichungen oder durch gemessene Kennfelder beschrieben. Damit lassen sich sehr gut multiphysikalische Systeme mit mechanischen, elektrischen und hydraulischen Komponenten aufbauen (Bild 7).

Am Teilinstitut Bahnsystemtechnik wurde eine Modellbibliothek in der Modellierungssprache Modelica erstellt. Die Komponentenmodelle der Bibliothek wurden am institutseigenen Antriebssystemprüfstand (Bild 2) validiert und lassen sich einfach zu Modellen von Antriebssystemen zusammensetzen.

Die Infrastruktur des Prüfstands eignet sich auch für Hardware-in-the-Loop Versu-

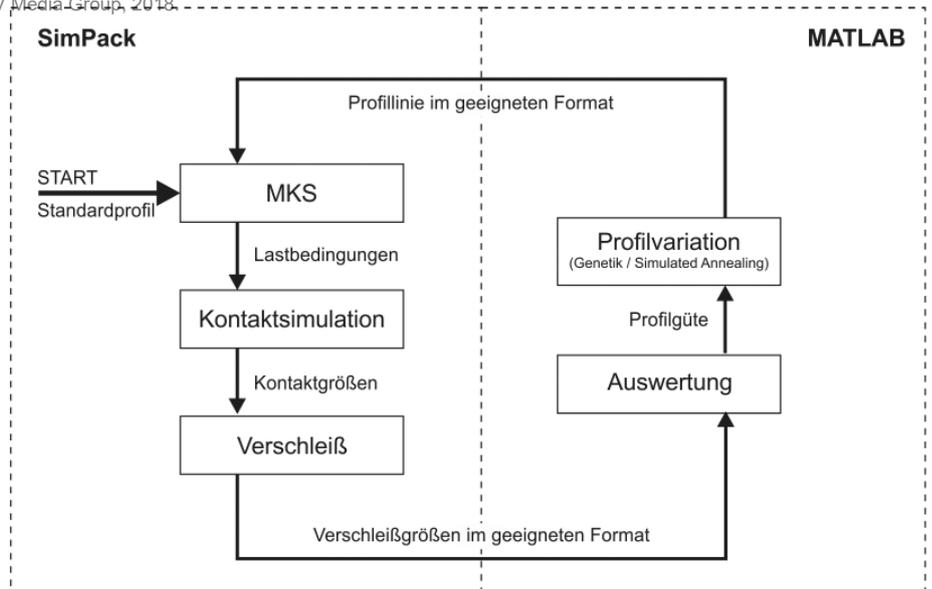


BILD 8: Prozess zur Optimierung von Radprofilen

che, bei denen Teile eines Antriebssystems in einer simulierten Umgebung erprobt werden [12, 13]. Die simulierte Umgebung kann ebenfalls aus den Simulationsmodellen der Modellbibliothek aufgebaut werden.

FAHRWERK

Das Forschungsfeld Fahrwerk untersucht und entwickelt neue Ideen zum Teilgebiet Lauftechnik und leistet so einen Beitrag zu Fahrwerken mit verbessertem Laufverhal- »



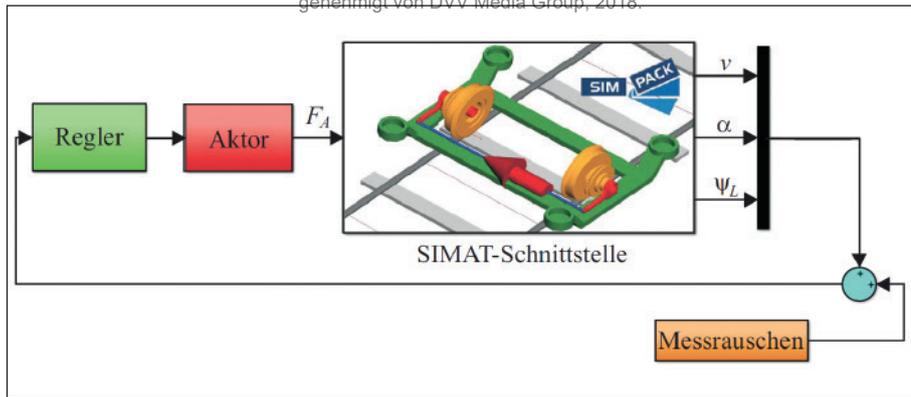
EIN FLIRT MIT BADEN-WÜRTTEMBERG.

Mit 55 hochmodernen Triebzügen vom Typ FLIRT fördert Stadler die Mobilität im Landle. Wir bedanken uns bei der Go-Ahead Baden-Württemberg GmbH für ihr Vertrauen.

www.stadlerrail.com

STADLER

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Karlsruher Institut für Technologie (KIT) / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2018.



**BILD 9:** Simulation des lenkbaren Fahrwerks

ten, weniger Geräuschen und niedrigerem Verschleiß.

**RAD-SCHIENE-VERSCHLEISS**

Zur Verbesserung des Verschleißverhaltens von Rädern und Schienen erforschen wir neben Methoden zur Simulation von Radverschleiß in engen Bogenradien [14, 15] auch Möglichkeiten zur simulationsgestützten Gestaltoptimierung von Rad- und Schienenprofilen. Das Ziel ist es, dem Anwender eine Möglichkeit zu geben, Radprofile für den Einsatz auf einem gegebenen Streckennetz abzustimmen und so den Verschleiß an Rädern und Schienen auf ein Minimum zu reduzieren (Bild 8). Hierfür werden die metaheuristischen Optimierungsverfahren „Simulated Annealing“ und „Genetische Optimierung“ in Kombination mit Fahrdynamik- und Verschleißsimulationen verwendet.

**LENKBARES FAHRWERK**

Das Fahrwerk – ob Einzelachse oder Drehgestell – ist eine essentielle Baugruppe moderner Schienenfahrzeuge. Gerade Straßenbahnlaufwerke unterliegen besonderen Anforderungen, da enge Kurven in Städten vorherrschen und Rad sowie Schiene durch erhöhten Spurkranzanlauf stärker verschleissen lassen. Zur zeitgleichen Geräuschminderung wird am Teilinstitut ein aktiv lenkbares Fahrwerk untersucht, um Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Das mechatronische Fahrwerk besteht aus einer lenkbaren Achse, einer Sensorik zur Erfassung der Messgrößen sowie einer robusten Regelung und einem Aktor zur Einstellung des Lenkwinkels. In der Mehrkörpersimulation der kompletten Reglerstruktur (Bild 9) konnte nachgewiesen werden, dass die prinzipielle Funktionsfähigkeit gegeben ist [16]. Derzeit wird die Umsetzung einer auf dem Halleffekt basierenden Sensorik zur

Erfassung des Lateralversatzes von Rad und Schiene auf einem Prüfstand validiert.

**LEICHTBAU**

Leichtbau ist für den Schienenfahrzeugbau von zunehmender Bedeutung. Gerade eine Reduktion der Massen im Fahrwerk verspricht neben einer Steigerung der möglichen Zuladung und Energieeinsparung im Betrieb verbesserte dynamische Eigenschaften des Schienenfahrzeugs [17].

Die Umsetzung leichter Komponenten lässt sich vielfältig realisieren. Unter anderem bietet die Faserverbund-Metall-Hybrid-Bauweise die Möglichkeiten des Werkstoff- und Verbund-Leichtbaus, welche am Teilinstitut untersucht werden.

Die Basis zur Bewertung des Leichtbaupotenzials bildet die Mehrkörpersimulation. Mithilfe dieser werden Fahrzeugmodelle und Szenarien erstellt, simuliert und ausgewertet. Die Erkenntnisse daraus dienen der Erschließung neuer Anwendungsgebiete für den Leichtbau in Schienenfahrzeugen. ◀

**Literatur**

[1] Pohlandt, C.; Geimer, M.; Haag, S.; Gratzfeld, P.: Dynamischer Prüfstand für elektrische Antriebssysteme. ATZ offhighway, 7 (2), 70 – 80, 2014.  
 [2] Haag, S.; Eller, M.: Hybridisierungsmöglichkeiten für Dieseltriebzüge mit mehreren Antriebsanlagen. Ingenieur-Spiegel, (2), 40 – 43, 2016.

[3] Haag, S.; Eller, M.; Gratzfeld, P.: Methodische Auslegung eines Hybridantriebs für Nahverkehrstrabwagen. Elektrische Bahnen, 115 (5), 230 – 237, 2017.  
 [4] Eller, M.: Optimierte Betriebsstrategien für Multi-hybridantriebe im Schienenpersonennahverkehr. Antriebssysteme 2017 – Elektrik, Mechanik, Fluidtechnik in der Anwendung, Beiträge der 7. VDE/VDI-Fachtagung, 22.–23. November 2017 in Karlsruhe, Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG), 40-45, VDE-VERLAG GMBH, Berlin, 2017.  
 [5] TÜV Rheinland Consulting GmbH: PREDIKT – Prädikative Regelung von Diesel-Hybrid-Antrieben und elektrische Koppelung der Traktionsantriebe http://www.tuvpt.de/index.php?id=foerderung0001000000113 abgerufen am 22.08.2018  
 [6] Tesar, M.: Auslegungsmethodik für die Elektrifizierung von Buslinien. 2018, April 26. Life needs Power Forum, Hannover Messe, 23.–27. April 2018.  
 [7] Rohrbeck, B.; Berthold, K.; Hettich, F.: Location Planning of Charging Stations for Electric City Buses Considering Battery Ageing Effects. Operations Research Proceedings – Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Berlin, Germany, September 6-8, 2017. Ed.: N. Klawer, 701 – 707, Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-89920-6\_93, 2018.  
 [8] Berthold, K.; Gratzfeld, P.: Virtuelle Gesamtsystemoptimierung von E-Bussen im urbanen Verkehr mittels gekoppelter Simulation. Urbane Mobilität der Zukunft : regional eco mobility 2030/Symposium des Innovationsclusters REM 2030 am 17./18. Juni 2015 in Karlsruhe. Tagungsband. Ed.: M. Wietschel Martin Wietschel, Simon Funke (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, 61-68, Fraunhofer-Inst. für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, 2015.  
 [9] Berthold, K.; Gratzfeld, P.: Techno-ökonomische E-Bus-Forschung am KIT. Elektrische Bahnen, 114 (1-2), 14 – 16, 2016.  
 [10] Knaisch, K.; Springmann, M.; Gratzfeld, P.: Comparison of coil topologies for inductive power transfer under the influence of ferrite and aluminum. 2016 Eleventh International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Monte Carlo, Monaco, 6-8 April 2016, Art.Nr. 7476339, IEEE, Piscataway (NJ). doi:10.1109/EVER.2016.7476339  
 [11] Nießen, N., Schindler, C., Vallée, D.: Assistierter automatischer oder autonomer Betrieb – Potentiale für den Schienenverkehr. ETR – Eisenbahntechnische Rundschau (4), 32-37, 2017.  
 [12] Haag, S.: Validierung hybrider Traktions-Antriebssysteme mittels sequentieller Versuche an einem Antriebsprüfstand. Elektrische Bahnen, (4-5), 123 – 129, 2018.  
 [13] Haag, S.: Sequentieller Versuch zur HiL-unterstützten Validierung hybrider Antriebssysteme mit gekoppelten Antriebseinheiten. Dissertation. 2018. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe. doi:10.5445/KSP/1000078697  
 [14] Heck, J.; Gratzfeld, P.: Ein Beitrag zur Simulation des Rad-Schiene-Verschleißes bei Straßenbahnen. Bahntechnik Aktuell, Bd. 42/2012, S. 9 – 20.  
 [15] Heck, J.: Zur Simulation des Rad-Schiene-Verschleißes bei Straßenbahnen. Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik/Institut für Fahrzeugsystemtechnik. Bd. 44, Karlsruhe; KIT Scientific Publishing, 2016. – ISBN 978-3-7315-0443-6  
 [16] Wei, Y.: Spurführungsregelung eines aktiv gelenkten Radpaars für Straßenbahnen. Dissertation. 2014. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe. doi:10.5445/KSP/100004168714  
 [17] König, J.: Integral consideration of the lightweight design for railway vehicles. Proceedings of Young Researchers Seminar 2011, Copenhagen, Denmark. ECTRI, Brussels, Belgium, 2011.

**► SUMMARY**

**Rail System Technology at Karlsruhe Institute of Technology (KIT)**

As railways will play an important role in our society's future mobility, the Chair of Railway System Technology at the University of Karlsruhe was established on 01.11.2008. From this, the Institute of Railway System Technology at the Karlsruhe Institute of Technology has developed with an attractive range of courses and an extensive research program for students and researchers. Since then, the institute, which is supported by an endowed professorship by Bombardier Transportation and the local public transport operator VBK, conducted research on main line railways and trams as well as new electric mobility concepts like battery electric buses and inductive power transmission systems.