



# GEMEINSAM GUT AUF

Von fast ganz oben bis fast ganz unten wird an der TU Graz das Eisenbahnsystem untersucht, simuliert und getestet. Dazu gehören einerseits die Schienenfahrzeuge ebenso wie das Gleis und der Oberbau, andererseits aber auch die dahintersteckenden Mobilitätskonzepte und deren Wirtschaftlichkeit.

**Birgit Baustädter**

Gemeinsam die Mobilität in Zukunft auf Schiene bringen – nachhaltig, sicher, zuverlässig und wirtschaftlich sinnvoll. Dieses Ziel haben sich vor zweieinhalb Jahren die auf Eisenbahn fokussierten Institute der TU Graz gemeinsam mit den Wirtschaftspartnern ÖBB, Siemens, voestalpine Railway Systems und Virtual Vehicle im Research Cluster Railway Systems gesetzt. Seither arbeiten Forschende am Institut für Eisenbahn-Infrastrukturdesign, am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft sowie am Institut für Betriebsfestigkeit und Schienenfahrzeugtechnik unter anderem an einem „Digital Twin“, der das Eisenbahnsystem virtuell abbilden soll. Damit sollen sich Planung, Überprüfung, Konzeption, Betrieb und Instandhaltung wesentlich vereinfachen.

Abseits davon sind die Forschenden der TU Graz wissenschaftlich an fast allen Teilen des Eisenbahnsystems und am Blick auf das große Ganze interessiert.

## **TOTAL COST OF OWNERSHIP**

Zentrales Thema in der Eisenbahn-relevanten Forschung ist derzeit die Total Cost of Ownership, die immer mehr in den Fokus rückt. Das bedeutet, dass nicht mehr nur die Anschaffungskosten der einzelnen Komponenten – wie etwa einer neuen Lok –



Lunghammer – TU Graz



Stefan Marschnig im  
Podcast-Interview

# SCHIENE

betrachtet und wirtschaftlich bewertet werden, sondern die gesamten Kosten über den jahrzehntelangen Betrieb. Dazu zählen neben Wartungen am Fahrzeug zum Beispiel auch die Schäden, die das Fahrzeug an der Infrastruktur hinterlässt. „Die Eisenbahn wurde seit jeher als ganzes System gedacht“, erklärt Stefan Marschnig vom Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft. „Das ist auch kein Wunder: Wir haben Achslasten von teils über 20 Tonnen, die auf eine fingernagelgroße Fläche übertragen werden. Das Rad und der Fahrweg müssen deshalb perfekt zusammenpassen, damit sich überhaupt etwas bewegen kann.“ Der ursprüngliche Blick auf das Gesamtsystem wurde im Lauf der Zeit allerdings vom Fokus auf Wettbewerb abgelöst. Um am Markt keine Verzerrungen zu generieren, gab es eine wirtschaftliche Trennung von Fahrweg und Fahrzeug – wodurch allerdings beide Seiten nur noch für sich optimierten. Gab es eine Änderung an einem Fahrzeug, konnte diese Schäden am Fahrweg verursachen und umgekehrt. „Wir erleben derzeit eine Rückbesinnung auf das große Ganze“, erzählt Marschnig. Was ihn auch aus wissenschaftlicher Sicht freut. Denn: Mehr Abstimmung zwischen Fahrzeug und Schiene bedeutet weniger Schäden und damit weniger Wartungs- und Reparaturaufwand – ein Thema, mit dem sich Marschnig in seiner Forschung unter anderem beschäftigt. Diese Instandhaltungsaufgaben werden heute

vorwiegend während des Betriebs durchgeführt – also während ein Gleis gesperrt ist, das andere aber den Betrieb abwickelt. Das verlangt aufwendige Planungsarbeiten im Vorfeld, denn bei den Instandhaltungsmaschinen handelt es sich um großmaschinelle Infrastruktur, die zufahren und anschließend die Arbeiten durchführen muss. Je mehr Verkehr nun auf die Schiene verlegt wird – und das ist immer mehr erwünscht –, desto kürzer werden auch die Zeitfenster, in denen Instandhaltungen eingeplant werden können. „Wir müssen da möglicherweise das System ganz neu denken und zum Beispiel, wie bei Straßenarbeiten üblich, Abschnitte für Bauarbeiten sperren. Oder Wartungsintervalle optimieren und vorab genau planen, ob Wartungs- oder gar Austauschmaßnahmen sinnvoller sind.“ Dafür wiederum ist eine genaue Datengrundlage notwendig, um möglichst exakt bestimmen zu können, wie die Infrastruktur auf die unterschiedlichen Belastungen reagiert.

Mit diesem Fokus auf das Gesamtsystem kommen vermehrt auch wieder die Personen in den Fokus, die im Zug transportiert werden. „Früher hatte man oft das Gefühl, die Bahn ist sehr wenig willkommen heißend und gemütlich. Heute fühlt man sich viel mehr als Gast und wird gut versorgt. Der Servicegedanke ist jetzt viel stärker verankert“, so Marschnig. Und er muss es wissen. Denn der Zug ist bereits seit seiner Jugend das bevorzugte Transportmittel. „Ich mag die Reisegeschwindigkeit. Im Zug erlebt man die Reise durch das Land, das befahren wird, aber ist trotzdem in einer annehmbaren Zeit am Ziel.“ Selbst hat er unter anderem bereits ganz Indien mit dem Zug bereist und ist mit der Transsibirischen Eisenbahn nach China gefahren.

## VON DER MODELLEISENBahn IN DIE FORSCHUNG

Ferdinand Pospischil hat seine Forschung etwas weiter nach unten fokussiert – auf den Oberbau. Hier geht es um Schwellen, Stützpunktelemente, Schotter oder, je nach System, eine feste Fahrbahn. „Unser Fokus sind die Kraftflüsse im Oberbau. Was passiert mit dem Fahrweg, wenn die tonnenschweren Züge darüberfahren?“, erklärt der Forscher und Leiter des Instituts für Eisenbahn-Infrastrukturdesign. Zum Einsatz kommen dabei Dehnmessstreifen, Beschleunigungsaufnehmer, unterschiedliche Lasermessmethoden und induktive Bewegungssensoren, die ein möglichst vollständiges Gesamtbild der Reaktion erzeugen sollen. Das Ziel: den Fahrweg zu verbessern und zu stabilisieren und den Passagier\*innen gleichzeitig eine möglichst angenehme Reise zu ermöglichen. „Wir wollen immer mehr Verkehr auf die Schiene bekommen. Das bedeutet, dass entweder wesentlich mehr Gleise gebaut werden müssen oder aber die vorhandenen Gleise noch engmaschiger befahren und damit wesentlich stärker belastet werden müssen.“ Gleich mehrere Herausforderungen stellen sich dabei: Auf der einen Seite kommen auf einer Strecke ganz unterschiedliche Züge zum Einsatz. Es fahren sowohl leichte und langsamere Cityjets als auch lange und schnelle internationale Züge. Gleichzeitig sind auf den Gleisen neben dem Personenverkehr auch Güterzüge unterwegs, die noch einmal völlig anders gebaut sind. „Zum Beispiel wird hier >



**Ferdinand Pospischil im Podcast-Interview.**

noch mehr Wert auf Gewinnmaximierung gelegt und der Komfort klarerweise nicht beachtet. Wenn ich etwa Holz geladen habe, dann ist es den Blochen herzlich egal, wenn sie während der Fahrt durchgerüttelt werden“, beschreibt es Pospischil. Hinzu kommt, dass den Personenverkehr eine überschaubare Zahl an Anbieter-Unternehmen bestreitet. Im Gegensatz dazu stammen die Gütergarnituren oft aus unterschiedlichsten Leihpools und weisen verschiedenste Wartungszustände auf, was wiederum die Fahrwegkomponenten zusätzlich belastet. Gleichzeitig sind nicht alle Schienen und Infrastrukturelemente gleich. Das Eisenbahnsystem wird laufend erweitert und umgebaut – die neuen Abschnitte oder Umbauten entsprechen dem jeweils aktuellsten Stand der Technik.

An der Arbeit mit Eisenbahnen fasziniert den Forscher besonders, wie interdisziplinär sie angelegt ist: „Ich arbeite nie an einem kleinen, abgeschlossenen Teil, sondern immer im Team. Mein Institut ist zum Beispiel Teil der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, aber viele meiner Mitarbeitenden haben ihre Wurzeln im Maschinenbau. Gleichzeitig arbeiten wir intensiv mit Akustiker\*innen zusammen, die aus der Physik kommen. Oder mit Elektrotechniker\*innen.“ Eine Vielfalt, die ihn schon früh fasziniert hat – mit der Modelleisenbahn im Elternhaus. „Modell-eisenbahnen sind heute etwas in Verruf geraten, ich halte sie aber für eine sehr gute Grundbildung. Es geht nicht nur darum, ein Spielzeug im Kreis fahren zu lassen. Man muss Gleispläne entwerfen, Landschaften selbst bauen, Schaltungen designen, selbst löten, schrauben und Verbindungen herstellen, Weichen konstruieren und kleine Motoren warten.“

### BETRIEBSFESTIGKEIT

Mit allem, was sich auf den Schienen bewegt, setzt sich das Institut für Betriebsfestigkeit und Schienenfahrzeugtechnik unter der Leitung von Martin Leitner wissenschaftlich auseinander. Am Institut wird analysiert, wie Materialien, Verbindungen und Komponenten von Schienenfahrzeugen ausgelegt sein müssen, um den Belastungen von über 30 Jahren Betriebszeit sicher standhalten zu können. Gleichzeitig untersuchen die Forschenden, wie sich etwaige Schäden zuverlässig detektieren lassen und ab welchem Punkt Komponenten getauscht werden müssen, um Sicherheit zu gewährleisten. Ein weiterer Fokus liegt darauf, wie bei gleich bleibender Sicherheit weniger Material für den Bau von Schienenfahrzeugen eingesetzt werden kann. „Die Bahn ist jetzt eventuell nicht der erste Bereich, an den man denkt, wenn es um Leichtbau geht. Aber auch hier steckt großes Potenzial: Zum einen wird weniger Energie benötigt, wenn weniger Masse bewegt werden muss, zum anderen wird durch gezielten Leichtbau die darunterliegende Infrastruktur weniger geschädigt“, erklärt Martin Leitner.

Untersucht werden unter anderem Materialproben und Verbindungen, wie beispielsweise geschweißte Strukturen, die unterschiedlichen Belastungen ausgesetzt werden. Mit diesen Versuchen gewinnen die Forschenden wichtige Daten, die die weitere Konstruktion eines neuen Fahrzeugs beeinflussen, wie Laborleiter Peter Brunnhofer erklärt: „Bei der Entwicklung von Schienenfahrzeugen gibt es ein umfangreiches Normen- und Regelwerk, damit diese Fahrzeuge überhaupt auf die Schiene kommen dürfen. Deshalb müssen alle Optimierungen bereits im Vorfeld passieren. Wir haben hier keine Prototypen. Auf die Schiene kommen die Fahrzeuge erst für die letzten Zulassungstests und die stehen erst an, wenn sie bereits serienreif sind. Dann gibt es nur noch sehr wenig Platz für Änderungen.“ Die große Herausforderung bei solchen Tests ist es, die für den realen Betrieb repräsentativen Versuchsszenarien zu definieren, mit denen zuverlässig Rückschlüsse auf das gesamte System möglich sind.

Martin Leitner  
im Podcast-Interview.

**Talk  
Science  
To Me**  
TU Graz-Podcast



Lunghammer – TU Graz

Für gemeinsame Projekte mit der TU Graz steht Ihnen das Forschungs- & Technologie-Haus zur Seite

### FORSCHUNGS- & TECHNOLOGIE-HAUS

Mandellstraße 9/II

8010 Graz

Tel.: +43 316 873 6031 oder +43 316 873 6032

forschung@tugraz.at



Neben vergleichsweise kleinen Proben können aber auch größere Komponenten oder sogar ein ganzes Fahrwerk getestet werden. Die große Kunst: Die Tests so zu entwerfen, dass sie möglichst realitätsnahe die langen Betriebszeiten simulieren. „Teilweise sind bei unseren Tests über 20 Hydraulikzylinder gleichzeitig im Einsatz, die zyklisch Kräfte auf die zu prüfende Struktur aufbringen“, beschreibt Martin Leitner. Neben diesen Laborversuchen sind auch numerische Simulationen ein wichtiges Forschungsmittel.

Gerade erst ist am Institut ein neuer Prüfstand hinzugekommen: ein völlig neuartiger Bremsenprüfstand, der gemeinsam mit der Grazer Firma KS Engineers umgesetzt worden ist. Besonders ist an dem neuen Konzept, dass es völlig ohne tonnenschwere mechanische Schwungmassen auskommt, die normalerweise die Trägheit eines Zuges simulieren. „Wir nutzen stattdessen einen vergleichsweise starken Elektromotor, der sehr flexibel reagieren und rasche Belastungsänderungen durchführen kann“, so Peter Brunnhofer.

Zusätzlich soll mit dem Prüfstand ein neues Forschungsthema eröffnet werden: die Messung von Bremspartikelemissionen. „Im Automotive-Bereich ist es mit dem Aufkommen der E-Fahrzeuge bereits ein großes Thema, bei Schienenfahrzeugen werden die Bremspartikel in Zukunft auch entsprechend relevanter sein“, so Leitner. Und dafür will das Institut gerüstet sein. „Das ist ein sehr spannendes, neues Thema, für das es derzeit noch keine Lösung, aber sehr viele Ideen gibt“, schließt Leitner. ■

■ Eine genaue Vorstellung  
des Bremsenprüfstands finden  
Sie auf Seite 12.



LICHTMEISTER Foto- und Filmproduktionen e.U



Lunghammer – TU Graz

Peter Brunnhofer im  
Podcast-Interview.

**Talk  
Science  
To Me**  
TU Graz-Podcast