

# Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik an der TU München

Ein zentraler Bestandteil des neuen Campus der TU München in Garching ist die Fakultät für Maschinenwesen mit ihren fast 30 Lehrstühlen. Ihr Spektrum reicht von klassischen Maschinenbaudisziplinen bis hin zur Medizintechnik. Die Fahrzeugtechnik bildet an vielen Lehrstühlen einen wichtigen Forschungsschwerpunkt, da die Fahrzeugentwicklung auf zahlreiche Spezialdisziplinen verteilt ist. Leichtbau und kraftstoffsparende Auslegung von Motoren und Getrieben fallen hier ebenso darunter wie die Optimierung der Produktionstechnik von Pkw-Karosserien. In Garching stehen am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik unter Leitung von Professor Dr.-Ing. Bernd Heißing moderne Anlagen zur Verfügung.



## 1 Anordnung des Lehrstuhls in der Fakultät für Maschinenwesen

Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, [www.ftm.mw.tum.de](http://www.ftm.mw.tum.de), hat im Rahmen der Ausbildung von Ingenieuren der Fahrzeugtechnik an der TU München eine integrierende Funktion, in der Fragestellungen aus der Entwicklung aller Bereiche zum Gesamtfahrzeug betrachtet und koordiniert werden. Im Jahr 2001 neu an der Fakultät für Maschinenwesen, **Bild 1**, gegründet, hat der Lehrstuhl bereits nach kurzer Zeit eine zentrale Rolle bei der Ausbildung der Studenten im Hauptstudium übernommen. Ein wesentlicher Bereich ist dabei die Lehre der virtuellen Methoden in der Fahrzeugentwicklung. Der modulare Aufbau des Studienabschnittes nach dem Vordiplom ermöglicht eine Ausrichtung nach persönlichen Neigungen und Fähigkeiten.

## 2 Vorstellung des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik

Leiter des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik, kurz FTM, an der Technischen Universität München ist Professor Dr.-Ing. Bernd Heißing, **Bild 2**. Vor Aufnahme dieser Tätigkeit war er ab 1985 Leiter der Fahrwerksentwicklung der Audi AG, Leiter des Strategiekreises „Fahrwerk“ im Volkswagen-Konzern und Honorarprofessor an der TU München. 1971 beendete er als Dipl.-Ing. das Maschinenbaustudium, Vertiefung Kraftfahrzeugtechnik, an

der RWTH Aachen. Nach einer Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent bei Professor Dr.-Ing. Jürgen Helling am Institut für Kraftfahrwesen in Aachen promovierte er 1979 zum Doktoringenieur mit einer Arbeit zur Simulation der Fahrodynamik.

Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik ist in der Lehre und Forschung aktiv. Die beiden folgenden Abschnitte beleuchten dies genauer.

### 2.1 Aktivitäten des Lehrstuhls in der Lehre

#### 2.1.1 Vorlesungen und Praktika

Das Lehrangebot ist breit angelegt, es reicht von der Einführung in Gestaltung und Funktion typischer Kfz-Baugruppen – vom Motorrad bis zum Nutzfahrzeug – ber die Analyse der Dynamik von Ein- und Zweispurfahrzeugen bis hin zur Detaillierung des Entwicklungsprozesses von Straßenfahrzeugen in Simulation und Versuch. Da viele Fahrzeugeigenschaften heute von mechatronischen Subsystemen beeinflusst werden, wird in Vertiefungsvorlesungen unter der Mitwirkung von Spezialisten aus der Fahrzeugindustrie ganz besonders auf die aktuellsten Entwicklungstendenzen in diesem Bereich eingegangen. Bei den Praktika steht die Ausbildung in Mess-, Versuchs- und Simulationstechnik im Vordergrund. Das Kennenlernen und Anwenden von MKS-Programmen und einer Fahrdynamiksimulation mit HiL-Komponenten in Echtzeit bereitet gezielt auf die berufliche Praxis vor.

## Der Autor



Dr.-Ing. Andreas R. Meyer ist Akademischer Direktor des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik (FTM) der Technischen Universität München.



**Bild 1:** Magistrale im Gebäude der Fakultät für Maschinenwesen



**Bild 2:** Lehrstuhlleitung:  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Hei3ing

### 2.1.2 Internationale Studentenprojekte – Global Drive

Nach erfolgreicher Teilnahme an internationalen studentischen Teamprojekten in den Jahren 2006 und 2007 an der Stanford University (ME310), hat der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM) in diesem Jahr ein eigenes Programm aufgelegt – Global Drive, **Bild 3**. Teams von 3-4 Studenten an FTM bearbeiten mit je einem Team an einer ausländischen Partneruniversität kreative, zukunftsweisende Themenstellungen mit industrieller Relevanz. Ein Partner aus der Industrie unterstützt die Teams fachlich vor Ort.

Sowohl die thematische Ausrichtung als auch die Herangehensweise unterscheiden sich in mehreren Aspekten von einer klassischen Studienarbeit. Die Arbeiten sind nicht an konkrete Entwicklungs- oder Forschungsprojekte gebunden, sondern basieren auf freien, ergebnisoffenen Fragestellungen. Das heißt, es steht nicht die technisch-wissenschaftliche Lösung eines Problems im Vordergrund, sondern die kreative Idee mit Umsetzung in Form eines Prototyps als Antwort auf eine abstrakte Fragestellung. Hintergrund ist der Wunsch, sich von den Denkschienen des erfahrenen Ingenieurs zu lösen, um innovative Visionen zu entwickeln.

Die Basis für den Erfolg dieser Projekte ist zunächst die Bearbeitung durch praxisunerfahrene, aber in ihrem analytischen Denken hervorragend ausgebildete Studenten. Unterschiedliche Arbeitsstrategie und Ausbildung der lokalen und ausländischen Teams werden bewusst als „Störgröße“ eingesetzt um eine Dominanz vorangegangener Erfahrungen und Lösungen zu vermeiden.

Neben der heterogenen Zusammensetzung kommt aber auch der Vorge-

hensweise eine große Bedeutung zu. Die Studenten erhalten jede verfügbare fachliche und methodische Unterstützung von Betreuern und Industriepartnern – aber keine Ideen zur Lösung ihres Themas. Die Teams haben somit Zugang zu allen erdenklichen Werkzeugen zur Bewältigung der Aufgabe, sollen den Lösungsweg aber eigenständig finden. Sie haben dazu sowohl eigene Arbeitsräume und Kommunikationsstrukturen als auch eigene Budgetverantwortung.

Der Kick-Off der Projekte findet in der ausländischen Partneruniversität statt. Studenten und Betreuer lernen sich und das Land kennen und die Teams haben eine erste Möglichkeit zur gemeinsamen Ideenfindung. Der Projektabschluss beinhaltet einen mehrwöchigen Aufenthalt des gesamten Teams in München zum Aufbau des finalen Prototyps und der abschließenden gemeinsamen Präsentation aller Teams.

Fast zwangsläufig kommt es unter diesen Voraussetzungen in der ersten Projekthälfte zur gewünschten Expansion des Lösungsraums. Die Teams generieren möglichst viele Ideen. Dazu reichen nicht allein ein Whiteboard und Papier. Zu festgelegten Meilensteinen werden Prototypen erstellt, die nicht nur eine Idee oder Funktion repräsentieren, sondern selbst Methode zur Initiierung neuer Ideen sind. Es spielt dabei keine Rolle, ob diese neuen Ideen die vorangegangenen verbessern, erweitern oder komplett ersetzen. Die ers-

ten Prototypen sind am Ende nur der Weg zu mehr Erkenntnis und Kreativität. So müssen die Teams zu einem Meilenstein konkret den Prototyp einer zunächst verworfenen Idee erstellen, um zum Ende der Expansionsphase ein nochmaliges Umdenken zu erreichen.

Der weitere Projektverlauf stellt im Gegensatz dazu einen starken Konzentrationsprozess dar. Aus der Menge entwickelter Ideen wird ein kondensiertes Portfolio entwickelt, das zusammen mit dem industriellen Partner in einer Expertenrunde bewertet wird. Das Ergebnis ist der Auftrag, eine oder eine kompatible Gruppe von Ideen in einem finalen Prototyp umzusetzen. Dieser muss in seiner Anmutung dem möglichen Produkt ebenbürtig sein und es erfahrbar machen. Ob die eingesetzten Technologien zu diesem Zeitpunkt tatsächlich realisierbar sind, spielt dabei keine Rolle, so lange nur dem Probanden dieser Eindruck vermittelt wird.

Die GlobalDrive-Projekte stellen zu Beginn vor allem auch den Industriepartner vor eine ungewöhnliche Herangehensweise, die nicht selten zunächst skeptisch betrachtet wird. Die Erfahrung zeigt aber, dass die beteiligten Unternehmen, wenn alle Vorbehalte überwunden wurden, mit neuen und zum Teil überraschenden Lösungen belohnt werden.

Derzeit laufen drei Projekte in Kooperation mit Partneruniversitäten in Mexico City (UNAM) und Shanghai (Tongji)



**Bild 3:** Studenten bei Teamarbeit in Stanford

mit Themen zu Problemen der Mobilität in Megacities.

## 2.2 Aktivitäten des Lehrstuhls in der Forschung

Die einzelnen Forschungsgebiete des Lehrstuhls sind um das zentrale Thema „Automobile Entwicklung – Prozesse und Werkzeuge“ angeordnet. Zusammen mit den OEM arbeitet der Lehrstuhl an der Weiterentwicklung von Teilprozessen, insbesondere im Bereich der virtuellen Methoden. Die einzelnen Forschungsgebiete sind:

- Fahrerassistenz- und Regelsysteme
- Fahrdynamik und Konstruktion
- Mobile Arbeitsmaschinen
- Fahrer-Fahrzeug-Interaktion.

Im Folgenden sind ausgewählte Forschungseinrichtungen und Projekte näher dargestellt.

### 2.2.1 Fahrsimulator

Für die Untersuchung von Anzeige- und Bedienkonzepten sowie neuartigen Fahrerassistenzsystemen im Lkw verfügt der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik über einen dynamischen Lkw-Fahrsimulator, **Bild 4**. Dessen Sichtsimulation basiert auf einer fünf-kanaligen Fixed-Screen-Rückprojektion, die dem Fahrer einen horizontalen Sichtwinkel von 210° ermöglicht, sowie drei Flachbildschirmen zur Realisierung der Rückspiegelansichten. Für ein realistisches Beschleunigungsempfinden sorgt die Bewegungssimula-

tion mit sechs Freiheitsgraden, die aufwändig an die Besonderheiten der Lkw-Fahrdynamik und zu Gunsten einer guten Verträglichkeit abgestimmt wurde. Das verwendete Serienfahrerhaus trägt zu einer weiteren Erhöhung des Präsenzempfindens bei und ermöglicht die Durchführung sehr anwendungsnaher Forschungsreihen. Durch den Einsatz von Profi-Lkw-Fahrern werden durchweg aussagekräftige Ergebnisse erzielt.

Mithilfe einer grafischen Bedienoberfläche können spezifische Umgebungs- und Verkehrsszenarien geplant, sowie individuelle Straßenverläufe anhand eines Streckeneditors generiert werden.

Für die Analyse der Probandenversuche steht eine Messtechnik zur zeitsynchronen Datenaufzeichnung zur Verfügung, womit zum Beispiel Bedieneingaben des Fahrers, fahrdynamische Größen des simulierten Fahrzeugs sowie Umfeldaten erhoben werden. Des Weiteren können Videoaufnahmen des Fahrers mitgeschnitten und bei Bedarf zusätzlich über ein Messsystem Blick- und Kopfrichtung ermittelt werden.

Seit der Inbetriebnahme des Simulators im Jahr 2004 wurde bereits eine Vielzahl an Versuchsreihen zu nutzfahrzeugspezifischen Forschungsthemen, überwiegend in Kooperation mit einem Industriepartner, durchgeführt. Schwerpunkte der Forschungsarbeiten sind zum einen die ergonomische Innenraum- und Systemgestaltung, insbesondere die Aus-

legung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Zum anderen werden neue Konzepte für Fahrerassistenzsysteme entwickelt und im Simulator getestet. Zukünftig sind auch weitere Forschungsgebiete denkbar, für die der Simulator aufgrund seiner flexiblen PC-basierten Struktur problemlos erweitert werden kann.

### 2.2.2 Hardware-in-the-Loop

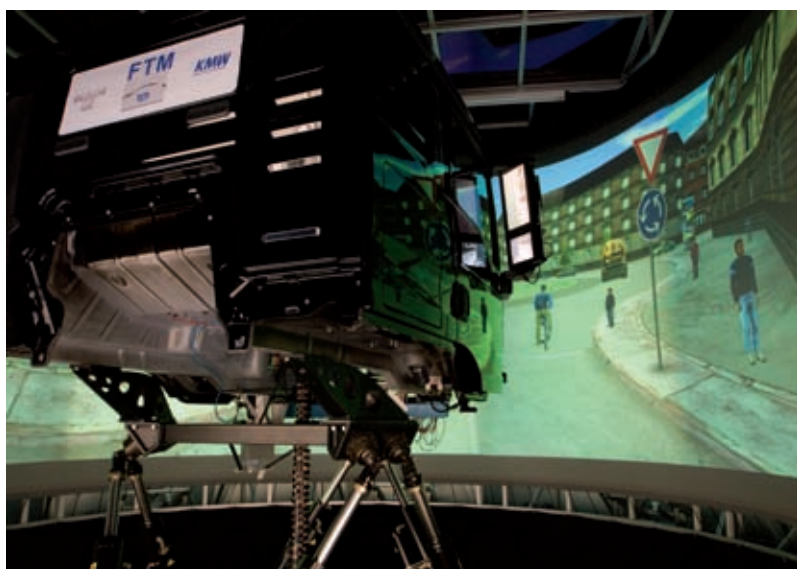
Hardware-in-the-Loop-Prüfstände ermöglichen es, reale Fahrzeugkomponenten in einer virtuellen Umgebung zu betreiben und zu überprüfen. Damit können Regelsysteme wie beispielsweise der Fahrdynamikregler ESP entwickelt und unabhängig von einem realen Fahrzeug getestet werden. Darüber hinaus ist es möglich, dass Regelsysteme bereits zu einem Zeitpunkt auf das zu entwickelnde Serienfahrzeug appliziert werden, zu dem noch kein realer Prototyp existiert.

Neben einfacheren HiL-Prüfständen, die vorwiegend dem Lehrzweck gewidmet sind, umfasst das FTM-HiL-Prüffeld für Forschungs- und Lehraufgaben einen ESP-HiL-Prüfstand und einen HiL-Prüfstand für aktive Lenksysteme. Forschungsschwerpunkte dieser Prüfstände sind Regelungsentwurf, Applikationsmethoden und Energiemanagement.

### 2.2.3 KogniMobil

Unübersichtliche Kreuzungen, hohes Verkehrsaufkommen, schlechte Witterung: Dies alles sind Faktoren, die den Menschen in seiner Aufgabe, ein Fahrzeug zu lenken, negativ beeinflussen. Ein Fahrzeug, das komplexe Situationen im Straßenverkehr richtig einschätzen und angemessen zu reagieren vermag, stellt in solchen Situationen eine große Unterstützung für gestresste Autofahrer dar. Dieses noch utopisch erscheinende Szenario nimmt sich der Sonderforschungsbereich Transregio 28 „Kognitive Automobile“ als Ziel, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum 1. Januar 2006 eingerichtet wurde. Beteiligt sind die Universität Karlsruhe (TH), das Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB) in Karlsruhe, die Universität der Bundeswehr in Neubiberg, sowie die TU München. Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik München bearbeitet dabei eines der insgesamt 15 Teilprojekte.

Im Rahmen dieses Sonderforschungsbereichs werden Fahrzeuge entwickelt,



**Bild 4:** Dynamischer Lkw-Fahrsimulator



**Bild 5:** SFB-Versuchsfahrzeug KogniMobil auf dem FISITA-Kongress 2008 in München

**Bild 5**, die über kognitive Fähigkeiten verfügen. Diese Fahrzeuge sollen sich selbst und ihre Umgebung wahrnehmen, Wissen selbständig ansammeln und strukturieren, sowie sinnvolle Verhaltensentscheidungen in Echtzeit treffen. Dabei sollen sowohl individuelles wie auch kooperatives Wahrnehmen und Handeln zusammen mit anderen kognitiven Fahrzeugen ermöglicht werden. „Kognitive Automobile“ sind sicherer, fahren ökonomischer und können somit für die deutsche Automobilindustrie langfristig einen technologischen Vorsprung im internationalen Wettbewerb schaffen.

#### 2.2.4 Handling Monitor – Erweiterter Ansatz zur Objektivierung subjektiver Fahrindrücke

Die Objektivierung querdynamischer Eigenschaften aus Fahrersicht stellt eine Thematik der Fahrzeugentwicklung dar, die eine zunehmende Relevanz im Produktentstehungsprozess erfährt. Nur durch automatisierte und verlässliche Bewertungsmethoden lassen sich auch variantenreiche Baureihen bereits in der virtuellen Entwicklungsphase zuverlässig und kosteneffizient auslegen. Daher entwickelt das Projekt Handling Monitor am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TU München eine neuartige Methodik zur Erzeugung von quasi-objektiven Subjektivbewertungen für ausgewählte querdynamische Bewertungskriterien.

Die am Institut entwickelte Methode zur Objektivierung subjektiver Fahrdy-

namikbewertungen verknüpft zwei unterschiedliche Ansätze: Zum einen die Bewertung der Fahrdynamik aus generalisierten Fahrzeugmodellparametern, zum anderen die Betrachtung der Fahrerbeanspruchung mit einem Fahrermodell. Ziel ist die Entwicklung eines universell einsetzbaren Prototyps, welcher im virtuellen, oder während einer Realfahrt im öffentlichen Straßenverkehr online Subjektivbewertungen ermittelt.

Durch die Kombination der beiden eigenständigen Methoden zur Bestimmung objektiverer Subjektivnoten wird in Summe die Abdeckung eines größeren Gültigkeitsbereichs der Aussagen erreicht. Zudem lassen sich die Aussagen über das Fahrverhalten des Fahrzeugs durch die redundante Notenermittlung stützen.

Die Forschungstätigkeiten hierzu stützen sich auf Realversuche sowohl mit

Serienfahrzeugen, als auch mit dem eigens am Lehrstuhl entwickelten Versuchsfahrzeug „Experimental Handling Vehicle“, **Bild 6**. Durch das modular aufgebaute Fahrzeugkonzept sowie aktive Fahrwerkskomponenten können die Fahrzeugcharakteristika in einem weiten Spektrum variiert werden, wodurch eine breite Basis zur Validierung zur Verfügung steht.

#### 2.2.5 INI.TUM – Ingolstadt-Institute der TU München

Zur Verbesserung der Möglichkeiten, im Bereich der Fahrzeugtechnik zu forschen und im Rahmen dieser Forschungsaktivitäten Dissertationen anzufertigen, wurde vor fünf Jahren auf Initiative des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik und der Audi AG eine Außenstelle der TU München im nahegelegenen Ingolstadt gegründet, das INI.TUM (Ingolstadt-Institute der TU München), [www.ini.tum.de](http://www.ini.tum.de). Lehrstuhl- und sogar fakultätsübergreifend werden hier in bisher etwa 70 Dreijahresprojekten mit der TU München Forschungsprojekte aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik durchgeführt, in denen Wissenschaft und Praxis Hand in Hand gehen.

Für alle Seiten führt diese enge Kooperation zu erheblichen Vorteilen. Die Wissenschaftler erhalten Zugang zu teuren und modernen Test- und Prüfanlagen der Autoindustrie. Dabei erfolgt eine zusätzliche Qualifizierung der jungen Ingenieure, die ihr zukünftiges Berufsfeld in der Fahrzeugtechnik sehen. Im Gegenzug können die Firmen ihre zukünftigen Mitarbeiter bereits im Vorfeld ausgiebig kennenlernen. ■



**Bild 6:** Testfahrt mit dem Experimental Handling Vehicle (EHV)