



## Elektronische Fahrzeugsysteme 2012

Jahresbericht: Akademisches Jahr 2011/2012

Markus Maurer, Bernd Lichte (Hrsg.)





## **Impressum**

Copyright: © 2012  
Technische Universität Braunschweig  
Institut für Regelungstechnik  
Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer, Dr.-Ing. Bernd Lichte (Hrsg.)

ISBN: 978-3-9814069-1-8

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Vorwort</b>  | <b>5</b>  |
|          | chapter2 Mitarbeiterstrukturelle Veränderungen am Institut . . . . .            | 7         |
|          | section2.2 Mitarbeiter im Berichtsjahr 2013 Neue Mitarbeiter                    | 8         |
|          | subsection2.3.1 Jaebum Choi9 subsection2.3.2 Yevgen Skliarenko10                |           |
|          | subsection2.3.3 Simon Ulbrich13 section2.4 Abgänge15                            |           |
| 2.5      | Personalien . . . . .   | 15        |
|          | chapter3 Lehrübersicht . . . . .  | 17        |
|          | section3.2 Neues aus der Lehre18 paragraphDas Team18                            |           |
|          | paragraphCarolo Cup 201219 paragraphEntwicklung Software19                      |           |
|          | subsection3.2.1 Vorlesung Fahrerassistenzsysteme mit maschi-                    |           |
|          | neller Wahrnehmung in Wolfsburg22 subsection3.2.2 Stanford                      |           |
|          | students at the SummerCamp 201227 subsection3.2.3 Industriebeiträge             |           |
|          | in Vorlesungen35 subsection3.2.4 Seminarvorträge37 paragraph                    |           |
|          | Sommersemester 201238 section3.3 Qualitätssicherung in                          |           |
|          | der Lehre40   |           |
|          | <b>Berichte aus der Forschung</b>   | <b>41</b> |
|          | section4.1 Autonomes Fahren und Fahrerassistenz41                               |           |
|          | subsection4.1.1 ANB für Querverkehr41 subsection4.1.2 Stadtpilot41              |           |
|          | subsection4.1.3 Urban Assist43 subsection4.1.4 Verhaltensgenerierung            |           |
|          | in der Stadt44 paragraphFahrzeugsystemtechnik . . . . .                         | 45        |
|          | subsection4.2.1 CCC45 subsection4.2.2 Fahrender SIL49                           |           |
|          | subsection4.2.3 Miniaturversuchsfahrzeug MAX51 subsection4.2.4 Referenzsensoren |           |
|          | subsection4.2.5 Vehicle in the Loop57 subsection4.2.6 Funktionale               |           |
|          | Sicherheit in der E-Mobilität59 chapter5 Forschungsverbünde67                   |           |
| 5.1      | NFF . . . . .   | 67        |
|          | subsection5.1.1 Standort Wolfsburg67 section5.2 Uni-DAS67                       |           |
|          | section5.3 Uni-DAS67  |           |
|          | <b>Ereignisse</b>   | <b>69</b> |
|          | section6.1 Professor Tsugawa in Braunschweig69                                  |           |
|          | section6.2 Weihnachtsfeier69  |           |
|          | section6.3 Carolo Cup 201369  |           |
|          | section6.4 Hybrid-Symposium . . . . .   | 73        |
|          | section6.5 Semesterabschluss69  |           |
|          | paragraphDer Tigerenten Club dreht mit Leonie . . . . .                         | 74        |
|          | section6.7 Der Arbeitskreis „Wirtschaft und Verkehr“                            |           |

# 1 Vorwort

*von Markus Maurer*

„Wandel“ ist das Wort, das mir spontan einfällt, wenn ich auf das akademische Jahr 2011/2012 zurückblicke. Wahrscheinlich ist das Wort „Wandel“ zu groß, das englische „change“ trüfe es besser, „Veränderung“ erscheint mir zu beliebig.

Die Topthemen in der automobilen Forschung wandeln sich. Es wird klar, dass es länger dauern wird, bis Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb größere Marktanteile erwerben als zwischenzeitlich gedacht. Das autonome Fahren erlebt wachsende Beachtung in der Forschung. Zumindest die deutschen Premiumhersteller beschäftigen sich intensiv mit hoch- und vollautomatisiertem Fahren, wie es jetzt offiziell nach der BASt-Diktion heißt (Gasser, 2012). Wir sind ein bisschen stolz, wenn uns von Seiten der Fahrzeughersteller gespiegelt wird, dass wir die intensivste Forschung durch unsere Arbeiten mit angestoßen haben. Dabei hoffen wir, dass nicht nur unsere Begeisterung für das autonome Fahren in der Stadt angekommen ist, sondern auch unsere Botschaft, dass noch viel nachhaltige Forschungsarbeit vor uns liegt und dass wir mit vollautomatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr frühestens 2030 rechnen können. Zumindest in den USA verfolgen wir mit Sorge, dass die Erwartungshaltung in forschungsferneren Kreisen von einem berühmten Suchmaschinenbetreiber und Werbeunternehmen so geschürt wird, dass sie in den nächsten Jahren enttäuscht werden muss.

Auch unser Institutsalltag war geprägt von Veränderungen. So haben wir im vergangenen akademischen Jahr den ersten Generationenwechsel

unter den wissenschaftlichen Mitarbeitern abgeschlossen: Alle wissenschaftlichen Mitarbeiter, die unter Thomas Form begonnen haben, haben ihre Forschungsarbeiten erfolgreich abgeschlossen und ohne Ausnahme einen guten Einstieg in die Industrie gefunden. Den Bürobereich des Institutes haben wir neu strukturiert (siehe Kapitel 2).

Wichtige mehrjährige Forschungsprojekte sind ausgelaufen und wurden durch industriegeförderte Projekte abgelöst, der guten Konjunktur sei Dank. Die gute Konjunktur ist auch dafür verantwortlich, dass wir erstmalig in unserer noch kurzen Historie deutlich mehr Projektangebote bekommen haben als wir geeignete Mitarbeiter finden konnten. Wir freuen uns sehr, dass die gemeinsamen Projekte mit Volkswagen am Mobile Life Campus von Nachwuchssorgen ausgenommen waren. Hier zahlt sich für VW und die TU Braunschweig die langfristige Investition in die Kooperation im NFF aus.

Im Kontrast zur dynamischen Forschungslandschaft zeichnet sich die akademische Lehre durch Kontinuität und das ständige Bemühen aus, die Lehrveranstaltungen noch etwas attraktiver zu machen. Wir freuen uns mit dem Braunschweiger Team CDLC, das sich seit Gründung des Carolo Cups in der Spitze etabliert hat und im vergangenen akademischen Jahr wieder gewinnen konnte. Zu den größeren Veränderungen zählte die Verlegung der Vorlesung „Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung“ nach Wolfsburg (siehe Teilabschnitt ??) und die Öffnung des SummerCamps für Studierende aus Stanford (siehe Teilabschnitte 3.2.3 und 3.2.4)

Unverändert geblieben ist der Einsatz, mit dem sich die Mitarbeiter jeden Tag um exzellente Forschung und Lehre bemühen. Ebenso wird durch die nächste Generation die Atmosphäre am Institut weiter gepflegt, die unsere Gäste aus Industrie, Akademia, Medien und Politik immer wieder als konstruktiv, kreativ, kollegial und offen bezeichnen.

Dafür allen im Team herzlichen Dank!

Wir danken ganz herzlich unseren Kunden für ihr Vertrauen. Wir danken dem TU Präsidium, das in unserer Ausstattung würdigt, dass experimentelle Forschung auch personalintensiv ist. Den Kollegen im NFF danken wir für die vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Vielen Dank auch an alle Autoren für ihre Beiträge in diesem Jahrbuch.

Gespannt blicken wir ins nächste Jahr. Welche Veränderungen wird es bringen? Wie wird sich die Konjunktur, wie der Arbeitsmarkt entwickeln? Wie attraktiv werden wir für die leistungsstarken Absolventen des kommenden Jahres sein? Was passiert, wenn die Studiengebühren fallen?

Gemeinsam mit den beteiligten Kollegen warten wir auf den Startschuss für die DFG-Forschergruppe CCC (siehe Teilabschnitt 4.2.1) und hoffen, dass eine unserer Initiativen zu einem weiteren Projektbeginn eines öffentlich geförderten Projektes im nächsten Jahr führt.

Ihnen, Euch und uns allen wünschen wir Gesundheit und Freude im laufenden akademischen Jahr 2012/2013,

Markus Maurer



# 2 Mitarbeiter

## 2.1 Strukturelle Veränderungen am Institut

*von Markus Maurer*

Als Forschergruppe leben wir von der Qualität unserer Mitarbeiter. An der Universität denken wir auch in Generationen von wissenschaftlichen Mitarbeitern. Im vergangenen Jahr haben wir den ersten Generationenwechsel in unserer Arbeitsgruppe abgeschlossen. Die Mitarbeiter, die noch Thomas Form eingestellt hat während seines dreijährigen Wirkens an unserem Institut, haben uns inzwischen alle verlassen. Mit Falko Saust hat bereits der erste Mitarbeiter, den ich eingestellt habe, seine aktive Zeit am Institut beendet. So sehr ich mich freue, dass unsere wissenschaftlichen Mitarbeiter von der Industrie aufgesogen werden, so sehr hinterlässt jeder eine Lücke am Institut.

Wir sind sehr froh, dass wir unser Team gleichzeitig durch hervorragende junge Mitarbeiter verstärken konnten. Besonders freut es mich, dass wir mit Torben Stolte und Simon Ulbrich zwei neue Mitarbeiter aus unserem eigenen studentischen Nachwuchs gewinnen konnten. Der Zugang von Jaebum Choi macht deutlich, dass unsere Arbeiten auch in Korea wahrgenommen und geschätzt werden. Mit Yevgen Skliarenko verstärkt uns ein ehemaliger Stipendiat aus Professor Walter Schumachers Gruppe erheblich.

Neu ist für uns die Erfahrung, dass wir nicht alle Projekte, die uns von dritter Seite angeboten wurden, realisieren konnten. Hier zeigt sich der in den Medien diskutierte Ingenieurmangel ganz konkret. Angesichts



der demographischen Entwicklung werden wir zusätzliche Initiativen ergreifen müssen, um auch in konjunkturellen Hochphasen in Zukunft weiterhin exzellenten Nachwuchs in ausreichender Zahl rekrutieren zu können.

Parallel zum Generationenwechsel der wissenschaftlichen Mitarbeiter hat sich ein struktureller Wandel im Sekretariats- und Bürobereich vollzogen. Nach dem Weggang unserer Sekretärin Mareen Pflug haben wir den Gestaltungsspielraum genutzt und die neuen Strukturen stärker an den Entscheidungsstrukturen im Institut orientiert. Heute trennen wir nicht mehr nach Institutsbüro und Institutssekretariat sondern nach Arbeitsgruppen. In der Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme unterstützt uns unsere neue Sekretärin Stefanie Scheffer gemeinsam mit unserer Büroleiterin Dr. Veronika Krapf. Stefanie und Veronika waren auch bereit, eine Dependence des Sekretariates in Wolfsburg zu eröffnen und zu betreuen.

Auch der neue Webauftritt des Institutes orientiert sich stärker an den Arbeitsgruppen. Unserem studentischen Webmaster Marcus Nolte ganz herzlichen Dank für sein Engagement und die tolle Umgestaltung der Webseite.

## 2.2 Mitarbeiter im Berichtszeitraum

Während des akademischen Jahres 2011/2012 waren die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme an unserem Institut beschäftigt:

### **Mitarbeiter**

Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer

Prof. Dr.-Ing. Thomas Form

### **Aufgabenbereich**

Leitung

Honorarprofessor

**Mitarbeiter**

Dr.-Ing. Bernd Lichte  
 Dr. phil. Veronika Krapf  
 Mareen Pflug  
 Stefanie Scheffer  
 Dipl.-Ing. Peter Bergmiller  
 Dipl.-Ing. Horea Cernat  
 Dipl.-Ing. Karsten Cornelsen  
 Dipl.-Ing. Richard Matthaei  
 Dipl.-Inform. Sebastian Ohl  
 Dipl.-Ing. Falko Saust  
 Dipl.-Wirtsch.-Ing. Fabian Schuldt  
 Dipl.-Ing. (FH), Torben Stolte,  
 M.Sc.  
 Dipl.-Wirtsch.-Ing. Simon Ulbrich,  
 M.Sc.  
 Dipl.-Ing. Mohamed Brahmi  
 Jaebum Choi, M.Sc.  
 Asem Eltahir, M.Sc.  
 Bashar Ibrahim, B.Sc.  
 Dr.-Ing. Sven A. Beiker  
 Sven Böhme, B.Eng.

**Aufgabenbereich**

Standortleitung in Wolfsburg  
 Assistenz der Institutsleitung  
 Sekretärin  
 Sekretärin  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Gastwissenschaftler  
 Gastwissenschaftler  
 Gastwissenschaftler  
 Gastwissenschaftler  
 Gastdozent  
 Technik

Beide Gruppen am Institut werden gleichermaßen unterstützt durch

**Mitarbeiter**

Dr.-Ing. Marcus Grobe  
 Dipl.-Ing. Bernd Amlang  
 Meister Andreas Rusniok  
 Peter Schwetge

**Aufgabenbereich**

Akademischer Rat  
 Sicherheitsbeauftragter  
 Technik  
 Technik

**Mitarbeiter**

Michelle Klages  
 Denise Arenhövel  
 Selena Brauch  
 Luc Möbius  
 Pierre Trenkner  
 Milan von Wittke

**Aufgabenbereich**

Auszubildende Sekretariat  
 Auszubildende Technik  
 Auszubildende Technik  
 Auszubildende Technik  
 Auszubildende Technik  
 Auszubildende Technik

Folgende externe Doktoranden werden von der Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme betreut:

**Externer Doktorand**

Dipl.-Ing. Benjamin Bieber  
 Dipl.-Ing. Helgo Dyckmanns  
 Dipl.-Ing. Philipp Heck  
 Dipl.-Ing. Max Schmidt

**Firma**

Daimler AG  
 Hella KGaA Hueck & Co. KG  
 Volkswagen AG  
 Audi AG

## 2.3 Neue Mitarbeiter

Das Institut für Regelungstechnik freut sich sehr, fünf neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in unserem Team willkommen zu heißen.

### 2.3.1 Jaebum Choi

*von Jaebum Choi*

My name is Jaebum Choi and I am from Seoul, South Korea. I earned my bachelor's degree in Mechanical Engineering and master's degree in Automotive Engineering at Hanyang University in Korea. After I graduated, I have been working in MANDO Corporation which is one of automotive parts company. I was working on Electric chassis control



system (e.g. ESP) and Driver Assistance System (e.g. Adaptive Cruise Control, Pre-Crash Safety System). After 7 years of successful experience in Research & Development, I have got a chance to study in Germany with a financial support from the company. My company guarantees for scholarship - tuition and living expenses - during my doctorate course. I was interested in autonomous vehicle and have found that IFR did a great achievement in this area. So I applied to IFR and now I am researching on the environment perception with velodyne lidar in IFR. In my free time, I try to study German but there are many difficulties in learning. Also I enjoy soccer playing whenever it is possible.

### 2.3.2 Stefanie Scheffer

*von Stefanie Scheffer*



Mein Name ist Stefanie Scheffer und ich bin seit dem 01.07.2012 Sekretä-

rin der Arbeitsgruppe „Elektronische Fahrzeugsysteme“. Nach meinem Umzug nach Niedersachsen habe ich die letzten zwei Jahre in der freien Wirtschaft gearbeitet. Davor war ich in Nordrhein-Westfalen bereits an einer Universität und freue mich, dass mein Wunsch in Erfüllung gegangen ist, jetzt an der TU Braunschweig arbeiten zu dürfen. Die Zusammenarbeit mit Professoren und Studenten hat mir immer viel Freude bereitet. Jetzt erledige ich seit dem 1. Juli 2012 alle Aufgaben unseres Sekretariates in Braunschweig und bin auch regelmäßig im Wolfsburg am NFF/Mobile Life Campus anzutreffen.

### 2.3.3 Yevgen Skliarenko

*von Yevgen Skliarenko*



Seit August 2012 bin ich Mitglied der Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme. In der heutigen globalisierten Welt ist eine Karriere mit Zick-Zack-Kurven durchaus nichts Außergewöhnliches mehr. So ist auch mein akademischer Werdegang. Meine erste wissenschaftliche Tätigkeit war in meiner Heimat an der TU Donetsk (Ukraine), wo ich mein Studium in der Fachrichtung Antriebs- und Automatisierungstechnik abgeschlossen habe. Danach hatte ich dank einer DAAD-Förderung einen vierjährigen Forschungsaufenthalt am Institut für Elektrische

Energiesysteme der Uni Magdeburg, wo ich meine Dissertation auf dem Gebiet der Regelung von Roboterantrieben unter Betreuung von Prof. Palis angefertigt und 2002 verteidigt habe. Die weitere wissenschaftliche Karriere setzte ich wieder an der TU Donetsk fort, wo ich den akademischen Grad des Kandidaten der technischen Wissenschaften und das Diplom des Dozenten erworben habe. Dieser Zeitraum war durch die Lehre, organisatorische Tätigkeit als Prodekan an der Deutschen Technischen Fakultät der TU Donetsk sowie Mitwirkung in den DAAD-Projekten und -Auswahlkommissionen in der Ukraine geprägt. Die Möglichkeit für die wissenschaftliche Fortbildung ergab sich 2008 an der TU Braunschweig am Institut für Regelungstechnik. Dank der heutigen Stelle eines wissenschaftlichen Mitarbeiters am Institut für Regelungstechnik widme ich mich neben dem Industrieprojekt auch weiterhin ganz leidenschaftlich der Forschung und der Lehre. Meine Freizeit nutze ich, um die Welt zu erkunden. Des Weiteren interessiere ich mich für die sogenannte alternative Urgeschichte, die grundsätzlich im Widerspruch zur offiziellen Version der Menschheitsgeschichte steht und aus diesem Grund von der akademischen Wissenschaft verschwiegen oder sorgfältig verborgen wird.

### **2.3.4 Torben Stolte**

*von Torben Stolte*

Eigentlich an die TU Braunschweig gekommen, um diese mit dem Master wieder zu verlassen, hat es mich im vergangenen Jahr nach dem Abschluss doch hier gehalten. Seit Dezember 2011 bin ich nun Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Regelungstechnik in der Arbeitsgruppe für Elektronische Fahrzeugsysteme.

Getrieben von einem breiten, rückblickend aber auch noch diffusen,



technischen Interesse habe ich mich nach dem Abitur für ein Studium der Automatisierungstechnik an der damaligen FH Nordostniedersachsen (mittlerweile aufgegangen in die Universität Lüneburg) entschieden. Die Kombination aus Maschinenbau, Elektrotechnik und Anteilen aus dem Bereich Wirtschaftsingenieurwesen sollte meinem breiten Interesse gerecht werden. Während des Studiums bin ich dann zügig der Elektrotechnik verfallen. Neben anderen Faktoren lenkte besonders die Vorstellung eines studentischen Mikrocontroller-Projektes den Fokus meines Interesses auf elektrotechnische Fragestellungen. Dieses zum Anlass genommen führte mich das Praxissemester in die Sensorentwicklung der Robert Bosch GmbH in Reutlingen, wo sich das geweckte Interesse weiter vertiefte. Folglich handelte auch die abschließende Diplomarbeit bei der Dräger Safety AG & Co. KGaA in Lübeck von der Hard- und Software-Entwicklung für den Prototypen eines neuartigen Gasmessgerätes.

Die Arbeiten an der Diplomarbeit motivierten mich, meine Kenntnis noch weiter zu vertiefen. Die Qual der Wahl nach der Zusage für mehrere Master-Studiengänge führte mich schließlich an die TU Braunschweig. Bedingt durch den Schwerpunkt Messtechnik und Mechatronik ergab sich der erste Kontakt mit dem IfR mehr oder wenig zwangsläufig. Auf

klassischem Wege (HiWi) intensivierten sich die Kontakte gerade zur Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme schnell. Schließlich bot sich über die Kooperation mit dem Dynamic Design Lab (DDL) der Stanford University die Gelegenheit, meine Master-Arbeit in Kalifornien schreiben zu können.

Gerade die Arbeit als HiWi in der Arbeitsgruppe sowie die Master-Arbeit am DDL haben mein Interesse an Hard- und Softwarethemen hin zur Mechatronik erweitert. Schlussendlich führte dies zu der Entscheidung, in der Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme als Wissenschaftlicher Mitarbeiter anzufangen. Innerhalb der Arbeitsgruppe gilt mein Forschungsinteresse insbesondere der Funktionalen Sicherheit in Kombination mit neuartigen Fahrzeugsystemkonzepten. In der Lehre bin ich für die Lehrveranstaltungen "Grundlagen der Elektrotechnik" und "Datenbussysteme" aktiv und betreue das "SummerCamp".

### 2.3.5 Simon Ulbrich

*von Simon Ulbrich*



Beinahe hätte ich es bereits in den letzten Jahresbericht geschafft, doch erst im Oktober 2011 bin ich nun auch „offiziell“ zum Institut für Regelungstechnik und der Arbeitsgruppe für Elektronische Fahrerassistenz-



systeme als Wissenschaftlicher Mitarbeiter hinzugestoßen.

Während meines Studiums war mir selbst noch nicht unbedingt klar, dass ich einmal tatsächlich eine technische Promotion anstreben würde. Schon früh entwickelte ich ein Interesse für Elektronik und Informatik. Während meiner Schulzeit machte ich mich selbstständig und gründete eine kleine Firma im Bereich der Entwicklung elektronischer Geräte für Medizintechnik. Für mich war dies eine sehr spannende wie auch herausfordernde Zeit; das Abitur drohte oft geradezu zu einer Nebensächlichkeit zu werden.

Doch irgendwann ist auch die schönste Schulzeit vorüber und die eine Nebensächlichkeit des Abiturs verlangte danach durch eine andere Nebensächlichkeit in Form eines Studiums an der Technischen Universität Braunschweig ersetzt zu werden. Ich absolvierte dort meine Vordiplome in Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik. Nach zwei weiteren Semestern an der TU hatte ich alle für das Diplom notwendigen Vorlesungen gehört und verließ Braunschweig, um einen Master of Science in Industrial Engineering am Georgia Institute of Technology in den USA zu machen. Egal ob MBA-Management-Kurs, „Probabilistic Asset Pricing for Risk-Hedging“ oder schlichte nichtlineare Optimierung, während meiner Zeit am Tech lernte ich viel Neues und Dinge komplett neu zu verknüpfen. Es war durchaus eine schwere Entscheidung nicht gleich in den USA zu bleiben, sondern in Deutschland noch das Diplom mit einer Diplomarbeit zu vollenden.

Nichtsdestotrotz entschied ich mich zu selbigem und begann frohen Mutes und nach einem kurzen Abenteuerurlaub in Form eines Praktikums bei Volkswagen in Indien meine Diplomarbeit am Institut für Regelungstechnik in „good old“ Braunschweig. Im Rahmen meiner Diplomarbeit entwickelte ich einen Ansatz zur kosten-optimalen Entscheidungsfindung unter Unsicherheit für die Herausforderung von

Spurwechseln beim autonomen Fahren im urbanen Raum.

Das Thema automatisches Fahren und Entscheidungsfindung für Fahrmanöver faszinierte mich so sehr, dass ich meine Pläne änderte: Statt PowerPoint getriebene rosige Konzepte als Berater zu verkaufen, strebe ich nun doch eine technische Promotion an. Sicher nicht der erste und letzte Wandel in meinem Leben.

Am Institut habe ich nun die Aufzucht, Erziehung und Pflege von „Leonie“ - unserem automatischen Fahrzeug - übernommen, einige Vorlesungen und die Übung der Lehrveranstaltung „Elektronische Fahrzeugsysteme 2“, die Organisation eines Oberseminars und ich begleite die Ausschreibung und Beauftragung von zwei DFG-Großgeräten. Ich freue mich sehr auf unsere gemeinsame Zeit am Institut für Regelungstechnik.

### 2.3.6 Neue Mitarbeiter in der Werkstatt

*von Bernd Lichte*



Im aktuellen Jahr hat auch in der Werkstatt wieder eine Auszubildende ihre Lehre begonnen. Selene Brauch wird von unserem Meister Andreas Rusniok unterwiesen.

## 2.4 Abgänge

*von Markus Maurer*

Im vergangenen Jahr haben uns vier wissenschaftliche Mitarbeiter verlassen. Karsten Cornelsen und Falko Saust haben in die Entwicklung zur Volkswagen AG gewechselt, Karsten in die Getriebeapplikation, Falko in die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen. Sebastian Ohl arbeitet inzwischen bei der Elektrobit Automotive GmbH, ebenfalls in der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen. Asem Eltahir wurde bei der Berner & Mattner Systemtechnik GmbH eingestellt. In allen vier Fällen hoffe ich noch auf reichlich Lektüre und auf erfolgreich abgeschlossene Promotionsverfahren.

Euch allen danke ich für Euer großes Engagement und wünsche Euch auch weiterhin einen erfolgreichen Berufsweg.

## 2.5 Personalien

*von Bernd Lichte*

Unser Techniker Sven Böhme, der unsere Versuchsträger mit viel Liebe und Professionalität ganz hervorragend aufbaut, studiert in seiner Freizeit den Studiengang „Fahrzeuginformatik und -elektronik“ an der Ostfalia, Hochschule für angewandte Wissenschaften, in Wolfsburg. Wir gratulieren ihm ganz herzlich zum erfolgreich bestandenem Bachelor, wünschen ihm nun für den Master-Studiengang alles Gute und warten gespannt auf das, was nach dem Masterstudium kommt.

Ganz besonders freuen wir uns auch mit Jörn Marten Wille, dem langjährigen Projektleiter des Projekts „Stadtpilot“ (s. 4.1.4), über seine hervor-

ragende Promotion (s. ??). Wir wünschen ihm im Volkswagen Konzern weiterhin alles Gute.



# 3 Lehre

## 3.1 Übersicht

Folgende Veranstaltungen haben wir im vergangenen Jahr angeboten:

| <b>Vorlesungen</b>   | <b>Vortragender</b>          | <b>Zeitraum</b> |
|--|------------------------------|-----------------|
| Datenbussysteme in<br>Straßenfahrzeugen                      | Prof. Maurer<br>& Bergmiller | WiSe 11/12      |
| Elektromagnetische Verträglichkeit<br>in der Fahrzeugtechnik | Prof. Form                   | SoSe 12         |
| Elektronische Fahrzeugsysteme 1                              | Prof. Form                   | WiSe 11/12      |
| Elektronische Fahrzeugsysteme 2                              | Prof. Maurer                 | SoSe 12         |
| Fahrerassistenzsysteme mit<br>maschineller Wahrnehmung       | Prof. Maurer                 | SoSe 12         |
| Grundlagen der Elektrotechnik                                | Prof. Maurer                 | WiSe 11/12      |
| Industrielle Kommunikation mit<br>Feldbussen                 | Prof. Maurer<br>& Bergmiller | WiSe 11/12      |
| System Dynamics  | Dr. Beiker                   | SoSe 12         |

| <b>Labore</b>  | <b>Zeitraum</b>         |
|--|-------------------------|
| Entwurf von vernetzten eingebetteten<br>Fahrzeugsystemen | WiSe 11/12<br>& SoSe 12 |
| Feldbussysteme in der Automatisierungstechnik            | SoSe 12                 |
| Vernetzung und Diagnose im Kraftfahrzeug                 | WiSe 11/12              |

## 3.2 Neues aus der Lehre

### 3.2.1 Das CDLC-Team 2012

*von Gerrit Bagschik*

**Das Team** Nach dem Sieg beim Carolo Cup 2012 war das Team hochmotiviert, an einem Nachfolger von Carolinchen IV weiterzuarbeiten. Leider zogen sich einige Teammitglieder von der Arbeit zurück, da sich ihr Studium mit anstehenden Abschlussarbeiten dem Ende zu neigte. Sie stehen uns allerdings weiterhin mit gutem Rat und konstruktiver Kritik an der Teststrecke bei. Glücklicherweise konnten wir durch diverse Werbeaktionen in Vorlesungen, eine Bachelorarbeit und das SummerCamp einige Interessierte für uns gewinnen. So besteht das Team CDLC für den Carolo Cup derzeit aus neun Mitglieder aus den Studiengängen Elektrotechnik, Informations-Systemtechnik und Informatik.

**Öffentlichkeit** In der Zeit des Carolo Cups 2012 gab es deutschlandweit eine beachtliche Menge an Berichterstattungen (siehe Presseecho der Cup-Homepage). Speziell für die Arbeit des Team interessierten sich folgende Redaktionen:

- Sat. 1 Regional
- NDR Fernsehen
- Zukx - Campus2Company
- Volkswagen TV
- Evangelischer Pressedienst

Nach der Umstellung auf das „Automotive Data and Time Triggered Framework“ (ADTF) im vergangenen Jahr wurde die Firma Elektrobit ebenfalls auf das Team aufmerksam. Auf dem ADTF User Day 2012 im November 2012 hat das Team deshalb die Ehre, neben den Neuvorstellungen von Elektrobit rund um ADTF das Projekt CDLC und den Carolo Cup vorzustellen.

### **Carolo Cup 2012**

**Entwicklung Hardware** Im November 2011 wurde die Hardwareentwicklung von Carolinchen IV abgeschlossen und die Testphase auf der großen Teststrecke konnte beginnen. Neuerungen waren der rote Linienlaser zur Objektdetektion und die bessere Struktur der Mikrocontroller-Platinen. Das Fahrzeug wirkte deutlich übersichtlicher und robuster gegenüber dem Vorgänger.

Nach Fertigstellung des ersten Fahrzeugs wurde ein baugleiches Schwesterfahrzeug konstruiert, um gleichzeitige Tests möglich zu machen und für den Notfall ein Ersatzfahrzeug zu haben.

Nach dem Carolo Cup 2012 wurden neue Ideen und Verbesserungen in einer Probier- und Spielephase zusammengetragen. Schnell wurden die Änderungen an Carolinchen V geplant und schließlich von der Hardware-Abteilung umgesetzt:

- Grüner Linienlaser
- Infrarotsensoren an Front und Heck
- niedrigerer Schwerpunkt
- gummierte Regenreifen
- Weitwinkelobjektiv



- sportliche Scirocco Karosserie

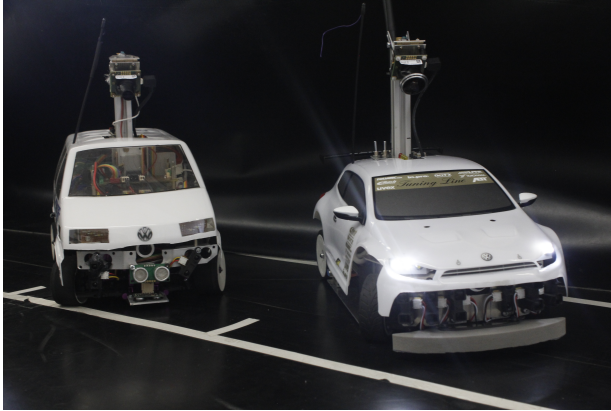


Abbildung 3.1: Carolinchen IV & V im Vergleich

**Entwicklung Software** Während der Vorbereitungen zum Carolo Cup 2012 und den beiden Wettbewerbstagen gab es bereits viele Ideen zur Verbesserung der Software. Das grundlegende Konzept der Datenverarbeitung wurde simpler gestaltet, um mögliche Fehlerquellen im voraus ausschließen zu können. Die Bildverarbeitung zur Straßenerkennung wurde durch einen neuen robusteren Ansatz ersetzt, da wir viele Probleme bei der Stabilisierung des Fahrzeugs in der Spur hatten. Die Objekterkennung wurde auf die gitterbasierte Umfeldmodellierung reduziert, da diese sich als sehr performant und zuverlässig herausgestellt hat. Aus diesen Datenquellen soll nach einer abgeschlossenen Runde ein diskretisierter Streckengraph erstellt werden, um in der zweiten Runde mehr Wissen über den Verlauf der Strecke zu haben und die Geschwindigkeit zu steigern.

**Entwicklungsstand** Derzeit ist Carolinchen V voll einsatzfähig und hat bereits die ersten Runden auf der kleinen Teststrecke autonom zurückgelegt. Anfang November startet die umfangreiche Testphase zum Carolo Cup 2013, auf die das Team mit den Neuerungen an Hard- und Software sehr zuversichtlich schaut. Nach dem Sieg 2012 ist die Motivation, den Titel als erstes Team verteidigen zu können, sehr groß und wir hoffen das Beste für den Carolo Cup 2013.

### 3.2.2 Vorlesung Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung in Wolfsburg

*von Fabian Schuldt*

Im vergangenen Semester fand die erste Vorlesung der TU Braunschweig am Standort des Niedersächsischen Forschungszentrums für Fahrzeugtechnik (NFF) in Wolfsburg am Mobile Life Campus statt. Es handelte sich dabei um die Vorlesung „Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung“ des Instituts für Regelungstechnik (IfR). Die Vorlesung wurde in enger Kooperation mit der Forschungsabteilung für Fahrerassistenzsysteme und integrierte Sicherheit der Volkswagen AG durchgeführt.

Den Studenten wurde für den Transfer zwischen Braunschweig und Wolfsburg ein Shuttle-Service angeboten. Nur durch die enge Kooperation mit der Volkswagen AG war es möglich, diesen Service anbieten zu können. Die Forschungsabteilung stellte dem Institut für den Transfer der Studenten ihre Versuchsträger mit integrierten Fahrerassistenzsystemen zur Verfügung. Mitarbeiter der Forschungsabteilung holten die Studenten in Braunschweig vor der Vorlesung mit den Fahrzeugen ab und erklärten die Systeme und deren Bedienung während der Fahrt.

Das Besondere an dem Shuttle-Service war die Tatsache, dass die Studenten während der Fahrt nach Wolfsburg und Braunschweig selbst mit den Versuchsträgern fahren durften und so die Fahrerassistenzsysteme, wie beispielsweise Adaptive Cruise Control, Spurhalteassistenten oder einen Spurverlassenswarner, im Einsatz unter realen Bedingungen testen und erleben konnten. Somit konnte jeder Student aufgrund der Limitierung der Teilnehmerzahlen mindestens einmal die Fahrerassistenzsysteme als Fahrer erleben. Ermöglicht wurde dies durch einen speziellen Leihvertrag, der zwischen dem Institut und der Volkswagen AG abgeschlossen wurde.

Durch den Shuttle-Service konnte die Vorlesung um einen wichtigen Praxisbezug ergänzt und so die Lücke zwischen der theoretischen Ausbildung während der Vorlesung und einem praktischen Erlebnis der Systeme geschlossen werden.

Wegen des Aufwands für den Transport wurde die Vorlesung geblockt alle zwei Wochen in Wolfsburg gehalten. Dabei wurden pro Aufenthalt in Wolfsburg zwei Vorlesungen gehalten. Zwischen den beiden Vorlesungsblöcken hatten die Studenten eine halbstündige Pause. Während dieser Pausen stellte sich jeweils eine der fünf Unterabteilungen der Fahrerassistenzforschung vor. Die Studenten hatten so die Möglichkeit, direkte Kontakte für zum Beispiel zukünftige Arbeiten oder Praktika herzustellen.

Aktuell läuft bereits die Planung für eine Fortsetzung der Lehraktivitäten in Wolfsburg im kommenden Sommersemester. Dabei gibt es aufgrund der positiven Resonanz der Studenten auf die Vorlesung in Wolfsburg Überlegungen, weitere Vorlesungen nach Wolfsburg zu verlegen und diese an einem Tag in der Woche anzubieten.

Neben der Vorlesung hat sich auch die Übung im vergangenen Semes-

ter maßgeblich verändert. Ursprünglich sollten die Studenten in der Übung Fahrerassistenzsysteme selbst entwickeln und diese mit Modellfahrzeugen im Maßstab von 1 : 10 validieren. Diese Übung war bei den Studenten sehr beliebt, jedoch wurde immer wieder von den Studenten bemängelt, dass diese Art der Übung nicht zur Vorbereitung auf die Klausur dient und die Inhalte der Übung sich nicht mit denen der Vorlesungen deckten. Aus diesem Grund wurde im vergangenen Semester die Übung auf eine theoretische Übung umgestellt. Diese wurde im Gegensatz zur Vorlesung in Braunschweig gehalten. Bei der Ausarbeitung der Übungsinhalte wurde auf die Übung der Parallelvorlesung in München zurückgegriffen. Aus dieser wurden Teile übernommen und erweitert.

Die Studenten hatten im Rahmen der Vorlesung noch die Möglichkeit, an einer Exkursion zur Robert Bosch GmbH in Hildesheim teilzunehmen. Die Studenten konnten während der Exkursion so einen Blick in die aktuellen Forschungsthemen der Firma werfen. Aktuelle Ergebnisse in Bereichen, wie beispielsweise der Fußgängererkennung, Gesichtserkennung, Car2Car-Kommunikation, Augmented Reality oder der Fahrerassistenz, wurden den Studenten anhand von Demonstratoren gezeigt. Zusätzlich konnten die Studenten bei einem gemeinsamen Mittagessen Gespräche mit den Mitarbeitern führen und sich so über Einstiegsmöglichkeiten bei einem potentiellen Arbeitgeber informieren.

### **3.2.3 SummerCamp 2012**

*von Torben Stolte*

In der Zeit vom 2. bis 7. September wurde in diesem Jahr bereits zum sechsten Mal das SummerCamp gemeinsam mit den Instituten für Pro-



Abbildung 3.2: Teilnehmer des SummerCamp 2012 mit Steuergeräten

grammierung und Reaktive Systeme (IPS) sowie für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik (iVA) durchgeführt. Erstmals waren in diesem Jahr neben 23 hiesigen Studierenden auch vier Studierende der Stanford University (USA) dabei.

Beim SummerCamp handelt es sich um ein einwöchiges Planspiel, bei dem Studierende der Elektrotechnik, der Informatik, des Maschinenbaus und verwandter Studiengänge einen Entwicklungsprozess nach V-Modell durchleben, so wie man ihn auch bei großen Automobilherstellern antrifft. In drei konkurrierenden Teams entwickeln die Studierenden ein vernetztes, auf mehrere Steuergeräte verteiltes Komfortsystem. Hierfür erhalten die Gruppen eingangs eine Systembeschreibung, aus der die Studierenden die Systemanforderungen extrahieren müssen. Aufbauend auf den Anforderungen gilt es dann, eine Systemarchitektur zu gestalten, welche anschließend in Hard- und Software umgesetzt werden muss. Abgeschlossen wird das SummerCamp mit der Testphase.

Neben dem eigentlichen Entwicklungsprozess ist vor allem die Arbeit im Team Schwerpunkt des SummerCamps; genauso soll die durchaus

auch einmal geschürte Konkurrenz zwischen den Teams die Studierenden zusätzlich herausfordern. Unterschiedliche Fortschritte der einzelnen Teams wurden auch in diesem Jahr gerne wieder in der ein oder anderen Nachtschicht ausgeglichen. Ein zusätzlicher Stressfaktor sind Einlagen, in denen die Studierenden z.B. innerhalb kürzester Zeit ihren aktuellen Projektstatus vorstandsgerecht präsentieren müssen.

Darüber hinaus sieht die im SummerCamp eingesetzte Werkzeugkette in den einzelnen Phasen des Entwicklungsprozesses die Verwendung von Tools vor, die auch in der Automobilindustrie standardmäßig anzutreffen sind, so dass die Studierenden diesbezüglich einen Einblick erhalten. Abgerundet wird das SummerCamp durch Vorträge zum einen von Vertretern der beteiligten Institute, zum anderen von externen Firmen wie zum Beispiel Volkswagen, der Carmeq, Elektrobit und dSPACE. Gerade Vertreter der Firmen haben den Studierenden immer wieder interessante Einblicke in das Leben in einem Unternehmen gewährt.

Ein weiteres Highlight war in diesem Jahr die erstmalige Teilnahme von vier Studierenden der Stanford University. Anfängliche Skepsis, ob die Sprache zu größeren Problemen führen würde, konnte bereits am ersten Abend ausgeräumt werden. Sämtliche gemeinsame Vorträge wurden auf Englisch durchgeführt, auch in den drei Gruppen, die jeweils mindestens einen Studierenden aus Stanford als Mitglied hatten, war Englisch die Arbeitssprache. Wie auch ihre deutschen Kommilitonen zeigten sich die vier Studierenden aus Stanford vom SummerCamp begeistert, so dass das "Experiment", das SummerCamp international durchzuführen, als sehr gelungen betrachtet werden kann. Wir hoffen, auch im nächsten Jahr wieder Studierende aus Stanford beim SummerCamp begrüßen zu dürfen.

Insgesamt kann für das diesjährige SummerCamp ein sehr positives Fazit gezogen werden, gerade auch auf Grund des Feedbacks der Stu-

dierenden. Ganz herzlich bedanken wir uns bei allen Referenten, bei den unterstützenden Unternehmen, die uns die Räumlichkeiten und die Werkzeuge zur Verfügung gestellt haben, sowie bei den beteiligten Instituten. Persönlich möchte ich mich auch bei den Kollegen von IPS und iVA für die von mir als sehr positiv empfundene Zusammenarbeit bedanken!

### **3.2.4 Stanford students at the SummerCamp 2012**

*von Jackie Liao*

SummerCamp Experience - September 2012

For a week and a half in September, four intrepid researchers from the Dynamic Design Lab (DDL) at Stanford University made their way to Lower Saxony in Germany. Our goal was to take part in the SummerCamp experience held by TU Braunschweig and VW. We began our journey on the 30<sup>th</sup> of August when we left San Francisco on a Lufthansa flight for Hamburg flying through Munich. We landed in Munich 11 hours later full of excitement. However due to the Lufthansa strike our connecting flight was cancelled and our bags were lost!

Thankfully, we managed to get a later flight and arrived in Hamburg (with our bags!) on Friday night. Torben Stolte, a PhD student at the IFR, met us at the airport and then took us to Braunschweig. It was good to see Torben as many of us had known him during his time at the DDL a year ago. He took us to our hotel and we fell asleep immediately.

For the following weekend, Peter Bergmiller from the IFR was our tour guide and host. He was an excellent companion and took us to the home of Jägermeister, Wolfenbüttel. It was here that we met the man

that invited us, Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer. He took us for lunch and a tour of Wolfenbüttel and we had a great time in the historic town.

Peter also took us to the AutoStadt in Wolfsburg. For 'car guys' like us, this was like going to automobile Mecca. We visited all of the pavilions and had an especially good time at the Porsche pavilion. We also had the best currywurst in Germany (we had enough currywurst while in Germany to know!): the VW Currywurst!

After a great weekend, we began the SummerCamp on Sunday night. The goal of the camp was to learn the software development process for an automotive comfort system. This process normally takes 2 years but was compressed into 5 intense (sleepless!) days at SummerCamp. We had to deal not only with learning a new automotive standard (AUTOSAR) but also with real-world problems like shifting deadlines and last minute meetings with the 'management'. We learned many technical skills while developing and implementing our hardware and software systems. More importantly, we learned how to work with an international team. There were 3 teams in the SummerCamp each of which had 1-2 American team members. Despite different native tongues, we did not have problems communicating effectively with one another. A lot of the credit has to go to our redoubtable German colleagues who were very enthusiastic in speaking to us in English and making our experience a pleasant one. We learned to work together and also drink together (in the Brockenstübel!).

Once the camp was completed we spent our last weekend in Germany exploring Braunschweig, Berlin, and Hamburg. We had a great time in these places visiting various tourist sites and eating currywurst at every opportunity.

In all, our time in Germany was awesome (German translation: "pretty ok"). We would like to thank Markus, Torben, Peter and all our German





Abbildung 3.3: Impressions from SummerCamp

colleagues who made us feel very welcome. We look forward to returning sometime in the future and hope to see some of our German colleagues here at the DDL !

### 3.2.5 Forschungsaufenthalt in Stanford

*von Jan Rohde*

Zu Beginn meines Bachelorstudiums der Elektrotechnik an der TU Braunschweig hatte ich zwei besonders dominante Ziele. Zum einen wollte ich meine Studienzeit möglichst international gestalten und zum anderen im automotiven Bereich auf hohem Niveau forschen. Durch Institutspräsentationen und meine Tätigkeit als Hilfwissenschaftler am Institut für Regelungstechnik (IfR) erfuhr ich bereits im ersten Semester von dem X1-Projekt. In Kooperation mit dem Dynamic Design Lab (DDL) wird in diesem Rahmen an X-By-Wire-Systemen für Straßenfahrzeuge geforscht. Eine eigene Beteiligung an diesem Projekt schien mir angesichts meiner gesteckten Ziele als fast unabdingbar; mein Interesse war somit sofort geweckt.

Nach Stationen in der F&E bei Volkswagen, Wolfsburg und dem Volkswagen Research Lab China, Shanghai hatte ich dann auch direkt im Anschluss an das Bachelorstudium die Möglichkeit, vom 01.10.2011 - 31.03.2012 im Rahmen des X1-Projekts als Gastwissenschaftler am DDL zu arbeiten. Bevor es vom beginnenden Herbst in Deutschland in das sonnige Kalifornien gehen konnte, machte es der Beantragungsprozess für das Visum nochmals spannend. Gerade rechtzeitig hielt ich dann aber doch mein Visum in den Händen und auch eine Stipendienzusage vom DAAD traf ein. Damit also auf nach Stanford!

In San Francisco war die Sonne an diesem Freitag schon untergegangen, als das Flugzeug schließlich landete. Jennifer, die Assistentin von Prof. Gerdes (Leiter DDL) und meine Mitbewohnerin für die kommenden sechs Monate, holte mich vom Flughafen ab. Erst auf der Fahrt zu dem Haus in Redwood City realisierte ich langsam, dass ich nach der Anspannung der letzten Wochen tatsächlich in Kalifornien angekommen

war. Ich war froh, dass ich bereits von Deutschland aus eine Unterkunft gefunden hatte und mir eine spontane Wohnungssuche, wie bei einigen meiner Vorgänger, erspart blieb. An dem nun folgenden Wochenende konnte ich mich zunächst mit der neuen Umgebung vertraut machen, bevor ich am Montag zusammen mit Jennifer zum DDL fuhr.

Im DDL wurde ich von allen Mitgliedern herzlich begrüßt und dank der Unterstützung des „X1-Teams“ konnte ich schnell mit der Einarbeitung beginnen. Bei einem Kaffee in einem der zahlreichen Cafés auf dem riesigen, beeindruckenden Campus der Stanford University beschlossen Prof. Gerdes und ich, dass ich an der Inbetriebnahme der neu eingetroffenen Rechner-Hardware für den X1 Versuchsträger arbeiten sollte. Die Inbetriebnahme der dSpace MicroAutoBox II (MAB II) brachte zudem eine grundlegende Änderung der Rechner- und Datenbusstruktur des Versuchsträgers mit sich. Zu diesem Zeitpunkt war eine verteilte Rechnerstruktur implementiert, bei der die einzelnen Regel- und anderweitige Algorithmen auf mehrere, via Flexray vernetzte, Microcontroller im Fahrzeug verteilt wurden. Diese sollten nun durch einen zentralen, echtzeitfähigen und automotivetauglichen Rechner ersetzt werden, der MAB II. Schritt für Schritt mussten daher die Sensoren (für Odometriedaten, ...) und Aktoren (z.B. Stellmotoren für die Räder) über digital I/O und CAN-Schnittstellen an die MAB II angeschlossen und der Code in die dSpace Entwicklungsumgebung transferiert werden. Die einzelnen kleineren Code-Module von den Microcontrollern wurden so zu einem großen mit zahlreichen Submodulen zusammengefasst. Die Programmierung erfolgte wie gewohnt in Matlab/Simulink. Das sonstige Tooling (Flashen, Speichern/Anzeige von Sensordaten, ...) wurde auf dSpace Software umgestellt.

Nach der Kalibrierung der Sensorik und Aktorik sowie der Auslegung der Querregler für das Vorder- und Hinterachsmotul stand einer ers-

ten Probefahrt in X1 nichts mehr im Wege. Bemerkenswert fand ich das scheinbar riesengroße Interesse der Passanten an dem Fahrzeug. Viele blieben stehen und guckten X1 interessiert hinterher. Auch schon während der Arbeit an dem noch nicht fahrtüchtigen X1 kamen öfters Interessierte vorbei und stellten detaillierte Fragen - der wohl prominenteste Fragensteller ist in Abbildung 3.7 zu sehen.



Abbildung 3.4: Der Vorstandsvorsitzende der Volkswagen AG Dr. Martin Winterkorn zu Besuch (Quelle: IfR)

Allgemein hat es mich gefreut, an dieser Universität fast ausschließlich auf freundliche, begeisterungsfähige und neugierige Menschen zu treffen. Das hat mein Denken sicher ein ganzes Stück weit beeinflusst. Neben der Vielzahl an interessanten Forschungsbereichen hat die Stanford University noch einiges mehr zu bieten. In dem 52.000 Besucher fassenden Footballstadion auf dem Campus schaute ich mir einige Spiele der Cardinals an und besuchte einige Vorträge zu verschiedensten Themen. An den Wochenenden war ich meistens mit Freunden im Bereich der Bay Area wandern oder bei Trailrunning Wettkämpfen in den Bergen der näheren Umgebung. Während der Feiertage reichte die Zeit, um auch einen Blick über die Bay Area hinaus zu werfen. Besonders

beeindruckend durch die überwältigende Unwirtlichkeit fand ich das Death Valley mit Badwater und den Sailing Rocks vom Racetrack Playa. Bis auf den Tag meiner Abreise bin ich jeden Morgen während dieser sechs Monate gerne aufgestanden und habe mich auf den anstehenden Tag gefreut. Ich möchte mich hiermit bei allen bedanken, die dazu beigetragen haben. Besonders bedanke ich mich bei Prof. Maurer und Prof. Gerdes, welche mir dieses tolle halbe Jahr erst ermöglicht haben. Und auch bei Peter Bergmiller für seine überaus zuverlässige und reichliche Unterstützung gerade in den aufregenden letzten Wochen vor meiner Abreise in die USA. Danke auch an das X1-Team (Thank you X1-Team :) und an alle, die mich während dieser Zeit begleitet haben.

### 3.2.6 Industriebeiträge in Vorlesungen

*von Fabian Schuldt und Simon Ulbrich*

Auch in dem akademischen Jahr 2011/2012 konnte das Institut für Regelungstechnik wieder einige Partner aus der Industrie für Gastvorträge gewinnen. Die Vorlesung „Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung“ wurde mit zwei Industriebeiträgen von Mitarbeitern der Volkswagen AG bereichert: Jörn Marten Wille, Leiter der Unterabteilung für Unfallforschung, und Dr. Jan Effertz, dem Leiter der Unterabteilung für Umfeldwahrnehmung. Passend zum jeweiligen Forschungsbereich der Unterabteilung wurden von den Vortragenden Teile der Vorlesung übernommen und diese mit aktuellen Forschungsinhalten sowie persönlichen Erfahrungen ergänzt.

Darüber hinaus sagte Dr. Andreas Abele, Mitarbeiter der Continental AG, einen Gastbeitrag im Rahmen der Vorlesung Elektronische Fahrzeugsysteme 2 zu. In seinem sehr spannenden Vortrag gewährte er

den Studierenden Einblicke in den Entwicklungsprozess für Fahrzeugkomponenten unter Berücksichtigung von rechtlichen Vorgaben der funktionalen Sicherheit nach ISO26262.

### 3.2.7 Vorlesung und Übung System Dynamics

*von Sven Beiker*

Im August 2012 wurde von Dr.-Ing. Sven Beiker (Stanford University) zum zweiten Mal die Blockvorlesung „System Dynamics“ gehalten. Nachdem der Probedurchlauf im vorigen Jahr erfolgreich durchgeführt worden war, wurde die Vorlesung nun in das Pool-Modell zur überfachlichen Qualifikation aufgenommen und auch mit einer zusätzlichen Rechnerübung ausgestattet, die von Dipl.-Ing. Benjamin Bieber (externer Doktorand, tätig bei der Daimler AG, siehe auch Abschnitt 4.2.8) gehalten wurde. Die Vorlesung, die mit 3 Credit Points (+ 1 CP für die Übung) angerechnet wurde, richtete sich vorrangig an Studierende des Masterstudiengangs Elektrotechnik und vermittelte in 10 Vorlesungstagen à 90 Minuten die Grundlagen der Fahrzeugdynamik sowie zugehöriger Regel- bzw. Assistenzsysteme.

Wie auch im Vorjahr gliederte sich die Vorlesung, und jetzt auch die Übung, in drei Teile: Längs-, Vertikal- und Querdynamik des Automobils. Dabei wurden auch in der Vorlesung schon viele Berechnungsbeispiele vorgestellt, um die Studierenden mit der Anwendung der Grundzusammenhänge vertraut zu machen, besonders aber auch, um das Freischneiden von Kräften und Aufstellen der Bewegungsgleichungen zu trainieren. In den Übungen wurden die entsprechenden Systeme dann in Matlab abgebildet und noch mit weiteren Parametervariationen vertieft.

Am Ende der zweiwöchigen Blockveranstaltung hatten die Studierenden

tiefe Einblicke in die Fahrdynamik und -regelung von Kraftfahrzeugen gewonnen und dabei auch ein neues Verständnis für das „Automobil als Regelkreis“ entwickelt. Neben den Grundlagen von der relevanten Dynamik und Kinematik wurden Antriebstrang, Reifeneigenschaften, Radaufhängungen und Aerodynamik behandelt, wobei auch Regelsysteme wie ABS, ESP, ACC und andere mit Grundgleichungen und Videomaterial veranschaulicht wurden.

Die Vorlesung wurde von 12 Studierenden besucht, wobei besonders der hohe Anteil internationaler Teilnehmer begrüßt wurde, was u.a. auch dadurch erleichtert wurde, dass das gesamte Lehrangebot (Vorlesung, Übung, Unterlagen) in englischer Sprache angeboten wurde. Auch die deutschsprachigen Teilnehmer brachten in ihrer abschließenden, insgesamt sehr gut ausgefallenen Bewertung zum Ausdruck, dass auch sie das englischsprachige Angebot begrüßten, da sie dadurch ihren entsprechenden Wortschatz erweitern und anwenden konnten.

Im kommenden Jahr sollen die Vorlesung und Übung „System Dynamics“ wieder im August angeboten werden und sind prinzipiell für Studierende aller Fachrichtungen offen.

### **3.2.8 Seminarvorträge**

Im letzten Jahr wurden wieder zahlreiche interessante Seminarvorträge gehalten. Dabei wurden Inhalte und Vortragstechnik intensiv diskutiert.

#### **Wintersemester 2011/2012**

- Stand der Forschung - Einparksysteme, Roald Miethe
- Force-Feedback als Fahrerschnittstelle, Alexander Freier



- Stand der Technik - Querführungsunterstützung, Jan Timo Wendler
- Verfahren zur Fahrbahndetektion in der Bildverarbeitung, Mert Kadir Assoy
- Virtual Test Drive als Simulationstool für FAS-Systeme, Gerrit Bagschik
- Vergleich von verschiedenen Simulationsumgebungen, Toni Günther
- Autonomes Fahren - Definition des Begriffs und Übersicht über Forschergruppen, Thomas Bachmann
- Steer-By-Wire in Serienfahrzeugen?, Björn Hackel
- Methoden der Bahnplanung auf Basis von Umfelddaten, Johanna Matthaei
- Künstliche Intelligenz und Entscheidungsfindung, Thorben Schobbe
- Vergleich von Rapid-Prototyping-Systemen, Marcel Hinze

### **Sommersemester 2012**

- ABS - Grundlagen und Stand der Technik, Kevin Rumphorst
- Assistenzsysteme zur Verbrauchsenkung, Thomas Bachmann
- Einblick in die Unfallforschung und Potentialabschätzung für verschiedene Fahrerassistenzsysteme, Henning Schillingmann
- Konzepte zur Fahrzeugstabilisierung, Marc Semrau
- Stand der Technik: Verkehrszeichenerkennung, Mahmud Agdas

- Verfahren zur Umfeldmodellierung aus Occupancy-Grids im Automotive-Bereich, Christopher Karberg

### 3.2.9 Studentische Arbeiten

Während des vergangenen Jahres haben wir folgende studentische Arbeiten an unserem Institut betreut:

- *Entwurf einer Toolkette zur automatisierten Generierung von detaillierten Straßenmodellierungen in VTD auf Basis von Kartendaten*, Bachelorarbeit, Thomas Bachmann
- *Implementierung und Test eines wahrscheinlichkeitsbasierten Fehlerbehandlungssystems für ein Drive-by-Wire-Fahrzeug*, Bachelorarbeit, Balkan Bayram
- *Entwicklung und Implementierung einer Ansteuerungslogik für aktive Redundanzmechanismen im Drive-by-Wire-Fahrzeug auf Gesamtfahrzeugebene*, Bachelorarbeit, Marcel Hinze
- *Modellbasierte Untersuchungen zu urbanen Trackingverfahren mit Lidar-Sensoren*, Bachelorarbeit, Christopher Karberg
- *Auslegung und Evaluation eines Konzepts zur 12V-Bordnetzversorgung aus der Hochvoltbatterie*, Masterarbeit, Ingo Kern
- *Entwurf und Umsetzung eines Headcontrollers zur Steuerung eines Elektrofahrzeugs*, Bachelorarbeit, Ronny Lepke
- *Entwurf eines Ortungsmoduls für ein autonom fahrendes Modellfahrzeug*, Bachelorarbeit, Till Menzel
- *Optimierung der Fahrstrategie des autonomen Straßenfahrzeugs „Leonie“*, Bachelorarbeit, Marcus Nolte
- *Entwicklung einer optimierten Annäherungsstrategie an Lichtsignalanlagen*, Diplomarbeit, Sabine Pflug
- *Entwicklung einer C2I-gestützten Ampelassistentz*, Bachelorarbeit, Alexander Rain

- *Object Detection via a Grid-Based Data Structure using a 2D Split and Merge Algorithm*, Studienarbeit, Shanchun Liu
- *Aufbau und Sicherheitsanalyse eines fehlertoleranten Bordnetzes für ein vollelektrisches Drive-by-Wire-Fahrzeug*, Masterarbeit, Jens Rieken
- *Untersuchung zur technischen Realisierbarkeit eines servopneumatischen Positioniersystems in der Automobilindustrie*, Bachelorarbeit, Marc Semrau
- *Development and Implementation of a Force Feedback System for a Steer-by-Wire Vehicle*, Masterarbeit, Torben Stolte
- *Entwurf, Implementierung und Test eines Systems zur Verbesserung der Fehlertoleranz im Steuergeräteverbund eines Kraftfahrzeuges*, Studienarbeit, Thorsten Volz
- *Analyse und Optimierung eines Testverfahrens für das Fahrerassistenzsystem Sign Assist*, Bachelorarbeit, Jonas Weinz

### 3.3 Qualitätssicherung in der Lehre

von Markus Maurer

Zu unserem Selbstverständnis gehört, dass wir qualitativ hochwertige Lehre anbieten. Natürlich ist uns bewusst, dass sich die Qualität der Lehre nur schwer messen lässt. Immerhin gibt es Indikatoren, die auf ein gutes Lehrangebot hindeuten. So lassen wir jede Veranstaltung durch unsere Hörer evaluieren. Die Ergebnisse der Evaluation, die alle sehr positiv sind, werden am Institut öffentlich ausgehängt. Wie im vergangenen Jahr sehen wir auch den Zulauf der Studierenden zu den Lehrveranstaltungen und für studentische Arbeiten als Ergebnis unserer Lehrbemühungen. Die Durchschnittsnoten der Veranstaltungen

wiederum sind ein Indikator dafür, dass die Studierenden jenseits der Pflichtveranstaltungen nicht zu uns kommen, weil wir inflationär gut bewerten.

Im Berichtszeitraum wurden folgende Prüfungen abgelegt:

| <b>Name des Fachs</b>                                    | <b>Anzahl der Prüfungen</b> | <b>Durchschnitts-<br/>note</b> |
|--|-----------------------------|--------------------------------|
| Datenbussysteme  | 51                          | 2,2                            |
| Elektromagnetische Verträglichkeit                       | 25                          | 2,3                            |
| Elektronische Fahrzeugsysteme 1                          | 55                          | 2,6                            |
| Elektronische Fahrzeugsysteme 2                          | 25                          | 2,1                            |
| Fahrerassistenzsysteme mit maschi-<br>neller Wahrnehmung | 16                          | 2,6                            |
| Grundlagen der Elektrotechnik                            | 242                         | 3,7                            |
| System Dynamics  | 9                           | 1,8                            |

Tabelle 3.1: Anzahl der Prüfungen

Ganz herzlich danke ich allen Mitarbeitern auch in diesem Jahr für ihr außergewöhnliches Engagement in der Lehre. Die Lehrleistung von Sebastian Ohl in den vergangenen Jahren ist in diesem Jahr besonders offensichtlich geworden: Fabian, Simon und Torben haben Sebastians Nachfolge in den Veranstaltungen Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung, Elektronische Fahrzeugsysteme 2 und Summercamp angetreten. Alle haben diese Herausforderung mit viel Enthusiasmus und Erfolg gemeistert. Sie haben aber dabei auch noch einmal deutlich gemacht, wie groß Sebastians Fußstapfen in der Lehre gewesen sind. Sebastian, Dir noch einmal ganz herzlichen Dank für Dein großes Engagement in der Lehre.

Mein besonderer Dank geht auch in diesem Jahr wieder an unsere

beiden externen Lehrenden Thomas Form und Sven Beiker.



# 4 Berichte aus der Forschung

## 4.1 Autonomes Fahren und Fahrerassistenz

### 4.1.1 ANB für Querverkehr

*von Philipp Heck*

Fast die Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden innerhalb der Europäischen Union findet im Umfeld von Kreuzungen statt. Diese Bereiche sind aufgrund der sich hier kreuzenden Verkehrsströme ein besonderer Gefahrenpunkt. Um das Ziel einer weiteren Reduktion von Unfällen bzw. zumindest einer Minderung der Unfallschwere zu erreichen, werden heutige Fahrzeuge zunehmend mit sogenannten Notbremssystemen ausgerüstet. Diese erkennen eine drohende Kollision und leiten eine automatische Bremsung ein mit dem Ziel, einen Unfall zu verhindern oder die Kollisionsgeschwindigkeit zu reduzieren. Heutige Serien-Systeme sind dabei nicht in der Lage, Unfälle mit kreuzendem Verkehr zu verbessern. Neben der technischen Herausforderung bei der Detektion kreuzender Fahrzeuge wurde die Frage untersucht, wie diese Unfälle bezüglich ihrer Unfallschwere positiv beeinflusst werden können.

Auffahrunfälle (Längsverkehrskollisionen) und Querverkehrskollisionen unterscheiden sich in einem wesentlichen Punkt. Im Querverkehr gilt die Annahme nicht, dass eine Bremsung des stoßenden Fahrzeugs stets zu einer Verbesserung der Unfallschwere führt. Deutlich wird dies anhand des Beispiels einer Kollision zweier Fahrzeuge im Bereich der Vorderwagen. Aufgrund der Trefferlage gleiten die Fahrzeuge aneinander ab, verbunden mit einer geringen Unfallschwere der primären Kollision. Ein Bremsengriff durch das stoßende Fahrzeug führt im



Querverkehr automatisch zu einer Änderung der Trefferlage. Das stoßende Fahrzeug kommt, bedingt durch die Verzögerung, langsamer, aber vor allem später am Ort der Kollision an. Das gestoßene Fahrzeug legt zwischenzeitlich folglich eine längere Strecke zurück und wird daher weiter hinten getroffen. Im obigen Fall kann ein undifferenzierter Bremsengriff dazu führen, dass anstelle des Vorderwagens die Fahrgastzelle getroffen wird. Diese Trefferlage ist aufgrund der zu erwartenden erhöhten Verletzungsschwere für das gestoßene Fahrzeug deutlich nachteilig.

Im Rahmen der Tätigkeiten in diesem Bereich ist bei der Volkswagen Konzernforschung ein Handlungskonzept zur Unfallfolgenminderung von Querverkehrskollisionen entstanden. Vor einem Eingriff werden Risiko und Nutzen gegeneinander abgewogen, um einen situativ optimalen Bremsengriff durchzuführen. Im Falle einer unvermeidbaren Kollision wird ein Bremsmanöver ausgeführt, das eine Erhöhung der Unfallschwere ausschließt. Negative Folgen, insbesondere aufgrund von Intrusion der Fahrgastzelle, können verringert werden, indem sichergestellt wird, dass eine seitliche Kollision mit der Fahrgastzelle vermieden wird.

Eine erste technische Umsetzung im Versuchsträger erfolgte dieses Jahr als Fahrdemonstration. Dabei wurde ein querendes Soft-Crash Fahrzeug im Maßstab 1:1 mittels Video-Sensorik erkannt. Beginnend mit einer Warnung konnte eine Warnkaskade mit visueller und auditiver Warnung gezeigt werden. Im Falle einer unvermeidbaren Kollision wird ein automatischer Bremsengriff ausgeführt, der zum einen die Kollisionsgeschwindigkeit reduziert und zum anderen verhindert, dass die Fahrgastzelle getroffen wird.

### 4.1.2 Autonomes Fahren im Straßenbetriebsdienst

*von Markus Maurer*

Sebastian Ohl hat bereits im letzten Jahrbuch das Projekt Autonomes Fahren im Straßenbetriebsdienst ausführlicher vorgestellt. Die Ergebnisse einer Arbeitsgruppe mit der Hochschule Biberach im Auftrag der BASt hat er in einem Vortrag auf der Konferenz AAET in Braunschweig vorgestellt (siehe Kapitel ??), der auf große Resonanz im Auditorium gestoßen ist. Der automatische Sperranhänger für mobile Arbeitsstellen könnte ein interessantes Pilotprojekt darstellen und in wohldefiniertem Rahmen aufzeigen, dass unter günstigen Bedingungen unbemannte Straßenfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr bereits möglich sind. Wir arbeiten daran mit, ein geeignetes Konsortium aufzubauen, und sind gespannt, ob Technologie und politischer Wille wirklich schon erste unbemannte Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr erlauben.

### 4.1.3 Stadtpilot

*von Bernd Lichte*

Das Projekt wurde im Sommer 2008 als Nachfolgeprojekt zur DARPA Urban Challenge gestartet und konnte im vergangenen Berichtszeitraum, am 8.10.2010, im Rahmen einer von der Pressestelle der TU Braunschweig organisierten Veranstaltung eine Weltpremiere feiern: Erstmals präsentiert ein Fahrzeug im alltäglichen Stadtverkehr autonomes Fahren.

Neben dem Institut für Regelungstechnik (IfR) und dem Institut für Flugführung (IFF) der TU Braunschweig ist das Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Projekt beteiligt. Das Team nutzt ein Projekthaus am MobileLife-

Campus, dem Wolfsburger Standort des Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik (NFF), dem an dieser Stelle für die stets wohlwollende Unterstützung des Projekts ein besonderer Dank gewidmet sei.

Auch wenn in diesem Jahr keine weiteren „spektakulären“ und aufsehenerregenden Premieren gefeiert werden konnten, so wurde doch nicht minder wichtige Arbeit geleistet. Auch Dank der Unterstützung durch Stepan Scholz aus der Forschung der Volkswagen AG konnte durch den Einsatz des Tools „Virtual Test Drive“ eine sehr realitätsnahe Simulationsumgebung zur Erprobung der Algorithmen aufgebaut werden. Wir bedanken uns daher ganz herzlich für die freundliche Unterstützung. Erst der Aufbau dieser Simulationsumgebung ermöglichte uns die erste Umsetzung und Erprobung autonomer Spurwechsel in städtischen Szenarien (siehe Teilabschnitt ??).

Das IfR besitzt zwei Versuchsträger für die Forschungsarbeiten im Bereich des autonomen Fahrens und der Fahrerassistenz. „Leonie“ ist dabei wohl das bekannteste Institutsmitglied. Mittlerweile ist aber auch der Aufbau von „Henry“, dem zweiten Versuchsträger, im Technikum des Mobile Life Campus am NFF-Standort in Wolfsburg weiter vorangeschritten. Im Gegensatz zu „Leonie“ wird bei „Henry“ seriennähere Sensorik verwendet, so dass „Henry“ im Straßenverkehr zunächst nicht als Versuchsträger auffällt.

Im Projekt Stadtpilot waren die Höhepunkte im diesjährigen Berichtszeitraum der Besuch des japanischen Professors Tsugawa (siehe Teilabschnitt ??), einem Pionier des autonomen Fahrens, der Drehtermin mit dem Tigerenten Club (siehe Teilabschnitt ??) und der Besuch des Arbeitskreises „Wirtschaft und Verkehr“ des niedersächsischen Landtags (siehe Teilabschnitt ??).

Nachdem wir bereits im letzten Berichtszeitraum den langjährigen Projektleiter Jörn Marten Wille verabschiedeten, geht der Umbruch im Team weiter und auch im kommenden Jahr werden weitere personelle Veränderungen stattfinden. Sebastian Ohl, der lange Zeit für die Sensordatenfusion und für die Betreuung der Computersysteme in „Leonie“ zuständig war, wechselte schon im Sommer zur Elektrobot Group. Mit Falko Saust, der für die regelungstechnischen Algorithmen verantwortlich war und darüber hinaus auch lange Jahre der verlängerte Arm der Projektleitung war, geht im Dezember 2012 ein weiterer Mitarbeiter zur Volkswagen AG. Beiden wünschen wir an dieser Stelle alles Gute für ihre berufliche Zukunft und bedanken uns ganz herzlich für ihr Engagement und ihre Arbeit.

#### **4.1.4 KOLINE**

*von Falko Saust*

Nach nun mehr als dreijähriger Laufzeit endete das Forschungsprojekt KOLINE (Kooperative und optimierte Lichtsignalsteuerung in städtischen Netzen) am 30.09.2012. Das Ziel des Projektes war die Verbesserung des innerstädtischen Verkehrsflusses durch kooperative Optimierung der Lichtsignalsteuerung und des Fahrzeugverhaltens auf Basis der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation. Im Gegensatz zu vorherigen Ansätzen wurden hierzu sowohl die Infrastruktur als auch die Fahrzeugreaktion gemeinsam optimiert. Neben dem Institut für Regelungstechnik (IfR) und dem Institut für Verkehr und Stadtbauwesen (IVS) der TU Braunschweig waren als weitere Partner das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), das Institut für Automation und Kommunikation (ifak), die TRANSVER GmbH und die Volkswagen AG an dem vom BMWi geförderten Projekt beteiligt. Als Projektträger

fungierte die TÜV Rheinland AG.

Der Projektfokus lag auf der Erhöhung der Leistungsfähigkeit und der Sicherheit im Stadtverkehr. Darüber hinaus können durch eine Verringerung von Fahrzeughalten an Lichtsignalanlagen und den damit verbundenen Brems- und Beschleunigungsvorgängen die Emissionen und der Energieverbrauch verringert und ein gleichmäßiger Verkehrsfluss erzeugt werden.

Die wesentlichen Arbeitspunkte des letzten Jahres waren umfangreiche Tests der im Projektverlauf entwickelten Funktionalität. Die Tests fanden zunächst auf einem abgeschlossenen Testgelände im Süden von Braunschweig statt und umfassten die grundlegende Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur, die Evaluation aller relevanten Systemkomponenten sowie zahlreiche Fahrversuche der im Projekt eingesetzten Versuchsträger zur Erprobung des optimierten Fahrzeugverhaltens. Abbildung 4.1 zeigt eine Versuchsfahrt auf dem Testgelände mit dem autonom fahrenden Fahrzeug „Leonie“ (siehe vorherigen Abschnitt) des IFR und im Hintergrund den Versuchsträger der Volkswagen AG. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Testreihen erfolgte die Erprobung im öffentlichen Straßenverkehr auf einem ausgewählten Teil des Braunschweiger Stadtrings.

In Zusammenarbeit mit der „Anwendungsplattform Intelligente Mobilität“ (AIM) vom DLR wurde das KOLINE-System im öffentlichen Straßenraum realisiert. Dies beinhaltete u.a. die Installation der notwendigen Kommunikations- und Verkehrserfassungstechnik, die bereits an zahlreichen Knotenpunkten des Stadtrings montiert ist. Den Abschluss des Forschungsprojektes bildete eine gemeinsame Veranstaltung am 13.09.2012 im Haus der Wissenschaft in Braunschweig. Neben der Vorstellung aller Projektergebnisse wurden Fahrdemonstrationen in den beiden Versuchsträgern des IFR und von Volkswagen angeboten.



Abbildung 4.1: Versuchsträger „Leonie“ auf dem abgesperrten Testgelände

Besondere Gäste waren Frau Ankelin vom TÜV Rheinland und Herr Hubert vom BMWi als Vertreter des Projektträgers bzw. des Forschungsförderers.

Für die erfolgreiche und intensive Zusammenarbeit bedanken wir uns an dieser Stelle bei allen Projektpartnern!

#### 4.1.5 Urban Assist

*von Richard Matthaei*

Im Rahmen der NFF-Kooperation zwischen der TU Braunschweig und der Volkswagen AG unterstützen wir seit 2008 im Projekt „Urban Assist“ im Bereich der Umfeldwahrnehmung. Nach erfolgreichen Abschluss-Präsentationen 2011 für die Projekte Intersafe2 und GENEVA (Fokus Kreuzungsassistenz), untersuchen wir nun Ansätze zur Lokalisierung in graphenbasierten Karten unter Verwendung von Umfeldmerkmalen.

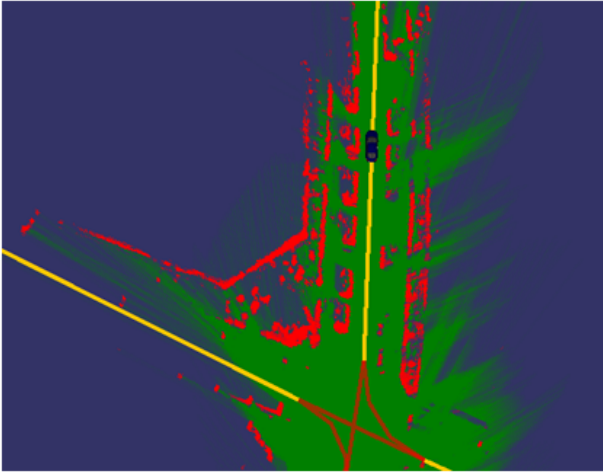


Abbildung 4.2: Ergebnis des Matchings zwischen Umfelddaten (hier Grid in rot/grün) und Straßendaten (Graph in gelb).

Für ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) in urbanen Umgebungen (beispielsweise Kreuzungsassistent) scheint der Einsatz von Kartenmaterial zur robusten Interpretation der durch Umfelddaten erfassten Verkehrssituation in absehbarer Zeit unausweichlich. Die A-Priori-Information aus Kartenmaterial ist jedoch nur nutzbar, wenn Position und Orientierung des Fahrzeugs bzw. die Position der Umfeldmerkmale in der Karte in ausreichender Genauigkeit bekannt sind. Meist wird diese Zuordnung über hochgenaues Kartenmaterial und hochgenaue INS-DGPS-Lösungen (Inertial Navigation System, Differential Global Positioning System) umgesetzt. Aufgrund von Abschattungen und Mehrwegeausbreitung kann jedoch selbst mithilfe derartig aufwendiger Ortungslösungen in städtischer Umgebung eine zuverlässige und dauerhaft verfügbare Lokalisierung über GNSS (global navigation satellite systems) nicht immer gewährleistet werden. Daher sind andere Mechanismen aus dem Bereich der Map-Matching-Verfahren

notwendig, die Umfeldmerkmale mit Kartendaten abgleichen und auf diese Weise unabhängig vom Satellitenempfang eine für Assistenzsysteme ausreichende Lokalisierungsgenauigkeit bieten. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Orientierung des Fahrzeugs in der Karte, deren Genauigkeit insbesondere in größerer Entfernung elementaren Einfluss auf das Ergebnis der Objektzuordnung zu Fahrstreifen hat.

Wir setzen in diesem Kontext Algorithmen zur Extraktion relevanter Merkmale aus dem Fahrzeugumfeld sowie erste Filter zur Schätzung der Fahrzeugpose in der Karte um.

### 4.1.6 Verhaltensgenerierung in der Stadt

*von Simon Ulbrich*

Die Generierung von Fahrverhalten in urbanen Umgebungen zählt zu einer der Schlüsselherausforderungen beim automatischen Fahren. Eine der zentralen Herausforderungen hin zu einem höheren Automatisierungsgrad ist die Entscheidungsfindung über das Durchführen von Spurwechseln und höheren Fahrmanövern. Hierzu ist es notwendig, abstrahiertes Wissen über die Verkehrsinfrastruktur und das dynamische Umfeld zu erlangen. Es wird versucht, das Verhalten von Verkehrsteilnehmern basierend auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu prädictieren, um daraus kostenfunktionsbasiert bestmögliche Entscheidungen abzuleiten. Ein probabilistischer Ansatz ermöglicht es, über einen längeren Zeitverlauf hin konsistente Entscheidungen zu treffen.

Das Testen einer Instanz zur Verhaltensgenerierung auf einem Testgelände oder im realen Straßenverkehr ist aufgrund der Vielzahl von mög-



lichen Szenarien überaus schwierig. Schon für einfache Spurwechselvorgänge mit drei bis vier Verkehrsteilnehmern bedarf es vieler Stunden an Fahrversuchen, um auch nur einige der kritischen Situation dediziert abzutesten. Daher setzt unsere Arbeitsgruppe einen besonderen Fokus auf die Erprobung der Algorithmen in einer Simulationsumgebung.



Abbildung 4.3: Simuliertes Fahrverhalten im urbanen Raum

Jedoch die korrekte Funktionsweise der Algorithmen in einem Simulationsframework ist erst der erste Schritt. Im Jahr 2012 ist das Team weitere Schritte gegangen, um Spurwechsel während des automatischen Fahrens tatsächlich im urbanen Raum auszuführen. Nach einer ausführlichen Erprobung auf abgesperrten Testgeländen ist unser Team stolz, im Herbst 2012 nun auch die ersten Spurwechsel im urbanen Raum durchgeführt zu haben. Unseres Wissens nach sind wir damit eines der ersten Teams weltweit, das derart komplizierte Manöver im öffentlichen städtischen Straßenverkehr ausführt.

### 4.1.7 Manöverübergreifende autonome Fahrzeugführung in innerstädtischen Szenarien am Beispiel des Stadtpilotprojekts

*von Jörn Marten Wille*

Über das Projekt Stadtpilot und die erste erfolgreiche Präsentation im Oktober 2010 hat Bernd Lichte bereits letztes Jahr ausführlich berichtet. Während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter bis Ende 2010 ist im Rahmen des Stadtpilot-Projekts die Dissertation zur manöverübergreifenden Fahrzeugführung am Institut für Regelungstechnik entstanden. Eine wertvolle Grundlage war dabei zudem die Teilnahme der TU Braunschweig an der DARPA Urban Challenge 2007, bei der wir als Team CarOLO im Finale antreten konnten.

Kern der im Folgenden vorgestellten Dissertation ist ein System zur Trajektorienoptimierung<sup>1</sup>, das manöverübergreifend und unabhängig vom gewählten Verfahren zur Entscheidungsfindung Trajektorien in Bezug auf Krümmung und Krümmungsänderung optimiert. Im Vergleich zum Stadtpilot-Projekt haben sich frühere Forschungsvorhaben zur autonomen Fahrzeugführung hauptsächlich auf ausgewählte Szenarien wie autobahnähnliche Umgebungen oder Geländefahrten und auf selektierte Fahrmanöver beschränkt. Das jeweilige Verhalten der Fahrzeuge wird dabei in der Regel durch eine Aneinanderreihung unterschiedlicher Fahrmanöver erreicht. Der Stadtverkehr weist u.a. aufgrund der hohen Anzahl an gefahrenen Fahrmanövern pro Streckenlänge und der hohen Situationsvielfalt im Stadtverkehr, die sich auch in einem erhöhten Unfallrisiko widerspiegelt, eine hohe Komplexität auf. Eine rein

---

<sup>1</sup>Mit einer Trajektorie wird die Sollbewegung des autonomen Straßenfahrzeugs beschrieben, in dem zu jedem definierten Zeitpunkt die Sollposition des Fahrzeugs vorgegeben wird.

manöverbasierte autonome Fahrzeugführung in städtischen Umgebungen ist daher nicht sinnvoll. Im Rahmen des Stadtpilot-Projekts wurde deshalb ein Verfahren zur Trajektoriengenerierung entwickelt, das die Vielfältigkeit realer städtischer Verkehrsszenen manöverübergreifend beherrscht. Das Resultat sind Trajektorien, die die Lenkaktivität und die Querschleunigung bei autonomen Fahrten im Vergleich zu klassischen Verfahren minimieren.

Das Verfahren zur Trajektorienplanung verwendet ein allgemeines mechanisches Modell, das angelehnt an das Elastische Band beliebige Fahrbahnverläufe beschreibt, sowie unterschiedliche Spline-Algorithmen zur Glättung. Über eine beliebige Anzahl von Fahrmanövern hinweg werden krümmungs- und krümmungsänderungsoptimierte Trajektorien innerhalb vorgegebener Fahrkorridor Grenzen in Echtzeit berechnet. Die Ziele des Ansatzes sind:

- Beherrschung der hohen Anzahl an Fahrmanövern im Stadtverkehr durch eine manöverübergreifende Trajektorienplanung
- Reduzierung der auftretenden Querschleunigung und der Lenkaktivität und dadurch Realisierung eines ruhigen und komfortablen Fahrverhaltens
- Realisierung einer möglichst hohen Stellreserve des Queraktors
- Erreichung eines möglichst großen Abstands zur Haftungsgrenze des Fahrzeugs
- Simultane Positionierung der Stützstellen und Planung der Trajektorien innerhalb eines auf Basis des historisch entstandenen Straßenverlaufs berechneten Fahrkorridors
- Unabhängigkeit des Ansatzes von Fahrmanövern und Fahrbahnverlauf

- Erweiterung der Planungsmöglichkeiten des Entscheidungsmoduls zur Realisierung von bisher nicht möglichen Fahrmanövern

**Drei-Stufen-Algorithmus für ein optimiertes Querführungsverhalten** Die Grundlage der manöverübergreifenden Trajektorienplanung stellt ein vom Entscheidungsmodul bereitgestellter Fahrkorridor (s. Abbildung ??) dar. Durch diesen Korridor wird ein Raum beschrieben, in dem sich ein autonomes Straßenfahrzeug kollisionsfrei und regelkonform bewegen kann. Damit beschreibt dieser Raum auch den Optimierungsspielraum für das Trajektorienmodul.

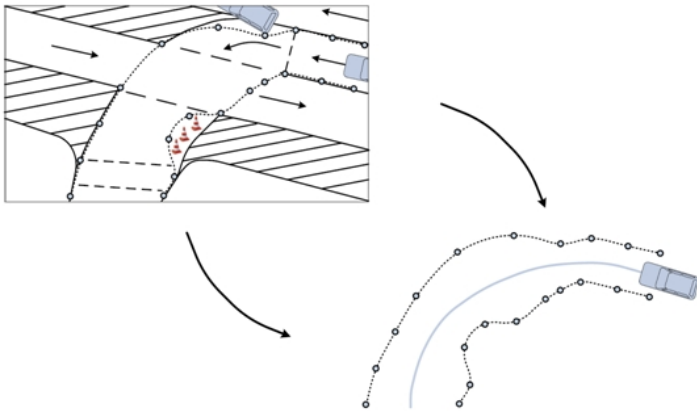


Abbildung 4.4: Übersetzung der Umgebungsbedingungen einer Fahrsituation in einen Fahrkorridor, innerhalb dessen die Trajektorien geplant werden

Zunächst berechnet eine A-Priori-Planung eine krümmungsoptimierte, manöverübergreifende Trajektorie auf Basis von Kartenmaterial für sämtliche Fahrstreifen der zu fahrenden Gesamtstrecke vorab. Das Kartenmaterial ermöglicht durch die Kenntnis des kompletten Kurven-

verlaufs ein optimales Anfahren der Kurven.

Sind Abweichungen von dieser vorab bestimmten Trajektorie notwendig (z.B. Fahrstreifenwechsel und Ausweichmanöver aufgrund von Hindernissen innerhalb des eigenen Fahrstreifens), erfolgt eine sogenannte Onlineanpassung. Bei einem Fahrstreifenwechsel wird von einer A-Priori-Trajektorie auf eine Nachbartrajektorie übergeblendet. Ausweichmanöver werden durch ein partielles Anpassen der Trajektorie ermöglicht.

Für beide Planungsschritte (A-Priori-Planung und Onlineanpassung) wird ein gemeinsamer Planungsalgorithmus verwendet, der auf unterschiedlichen Einzelalgorithmen aufbaut:

- einem mechanischen Modell, das den Fahrbahnverlauf beschreibt,
- einem Verfahren, das Stützstellen typisiert,
- einem Approximationsalgorithmus, der auf B-Splines basiert,
- einem Glättungsverfahren, das auf Basis von Smoothing Splines wirkt.

Der Planungsalgorithmus besteht dabei aus insgesamt drei Schritten:

1. Analytische Stützstellenpositionierung: Initialisierung und Typisierung von Stützstellen mit dem Ziel, Verschiebungsvektoren zur Verbesserung der Stützstellenposition zu bestimmen.
2. Anwendung des ausgleichenden Kräftegleichgewichts des Elastischen Bandes: Verschiebung der Stützpunkte entsprechend Schritt 1, so dass sich die Krümmungsmaxima der Trajektorie reduzieren.
3. Glättung des Krümmungsverlaufs: durch die Anwendung soge-

nannter Smoothing Splines in der Krümmung-Weg-Ebene wird eine Glättung des Krümmungsverlaufs erreicht.

Als Resultat ergibt sich ein echtzeitfähiger Algorithmus, der in der Lage ist, simultan Stützstellen zu initialisieren und krümmungsoptimierte Trajektorien innerhalb eines bekannten Fahrkorridors zu berechnen. Unter Berücksichtigung geometrischer Beschränkungen wird der Krümmungsverlauf einer Trajektorie reduziert (s. Abbildung ??).

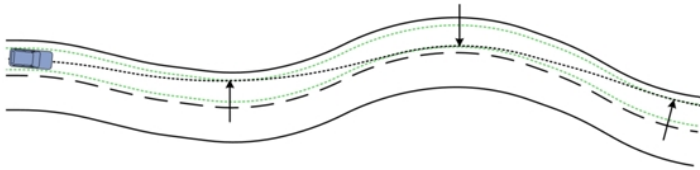


Abbildung 4.5: Visualisierung der Grundidee: Ziel sind Trajektorien innerhalb des vorgegebenen Fahrkorridors, die zu Beginn einer Kurve an der Außenseite entlang laufen und sich am Scheitelpunkt der Innenseite annähern.

Die entwickelten Ansätze wurden mit den Versuchsfahrzeugen Caroline in der DARPA Urban Challenge und mit Leonie auf dem Braunschweiger Stadtring erfolgreich umgesetzt. Durch Gütemaße wurde das Verfahren mit bekannten Ansätzen auf Splines oder Sigmoiden verglichen, wobei als Gütemaße u.a. Querablage, Querbeschleunigung, Standardabweichung der Lenkgeschwindigkeit und Querruck verwendet wurden. Insgesamt zeigte sich bei allen Gütemaßen eine deutliche Verbesserung, je nach Gütemaß konnten sogar Verbesserungen um bis zu 30% erzielt werden.

Die Dissertation, die das entwickelte Verfahren im Detail beschreibt, wird im kommenden Jahr veröffentlicht.

## 4.2 Fahrzeugsystemtechnik

*von Markus Maurer*

Das Forschungsgebiet „Fahrzeugsystemtechnik“ ist das jüngere unserer beiden Arbeitsthemen. Motiviert ist es bei uns durch meine in mittlerweile fast zwei Jahrzehnten gesammelte Erfahrung, dass die Beherrschung von komplexen Systemen in der Praxis zwar eine Kernkompetenz der Automobilhersteller ist, diese aber methodisch von der Wissenschaft eher am Rande unterstützt wird. Daher haben wir die Fahrzeugsystemtechnik für unsere junge Arbeitsgruppe als Herausforderung und im Wettbewerb mit anderen Instituten auch als Marktlücke begriffen. Idealerweise hatte Thomas Form als mein Interimsvorgänger bereits unabhängig von meinen Plänen erste spannende Arbeiten auf diesem Gebiet formuliert.

Die Fahrzeugsystemtechnik soll neben der komponentenorientierten Perspektive des Konstrukteurs und der kundenorientierten Perspektive des Versuchingenieurs eine dritte systemische Perspektive in der Fahrzeugentwicklung motivieren und etablieren.

Die Resonanz aus der Industrie auf unsere Arbeiten bestätigt uns, dass wir damit ein wichtiges Feld besetzt haben. In der täglichen wissenschaftlichen Arbeit unserer Mitarbeiter zeigt sich aber auch, dass es nicht nur Vorteile hat, wenn man sich auf einem Gebiet bewegt, das in der Wissenschaft noch jung ist: Es gibt keine etablierten Gemeinschaften, es fehlen etablierte Publikationsorgane, es gibt keine konsolidierten, allgemein anerkannten Methoden. Unterstützt werden wir auf diesem neuen Gebiet durch die Strategien der Fakultät für Elektrotechnik und des NFF im Rahmen des intelligenten Fahrzeugs.

Um die wissenschaftliche Arbeit unserer Mitarbeiter zu unterstützen,

haben wir ähnlich vorsichtig wie vor zehn Jahren in der Fahrerassistenz begonnen (vgl. Abschnitt ??), eine wissenschaftliche Gemeinschaft aufzubauen. Gemeinsam mit Hermann Winner von der TU Darmstadt haben wir bereits im September 2011 eingeladen zu einem Workshop Fahrzeugsystemtechnik, an dem wissenschaftliche Mitarbeiter beider Institute zu den Themengebieten Anforderungen und Architekturen, funktionales Testen, funktionale Sicherheit und Evaluation von Wahrnehmungsfähigkeiten vorgetragen haben. Vorausgegangen waren zwei Impulsvorträge der beiden Institutsleiter zum Thema.

Begeistert von der Diskussion hat sich die Gruppe noch auf dem Workshop entschlossen, die Beiträge des Workshops in einem gemeinsamen Buch zu veröffentlichen, das 2013 im Springer-Verlag erscheinen wird. Auch wenn sich gezeigt hat, dass es dauert, bis aus guten deutschen Vorträgen qualitativ hochwertige englische Buchkapitel werden, war die Zeit aus meiner Sicht gut investiert.

Bereits jetzt planen wir einen Folgeworkshop, der im März 2013 in Grasellenbach stattfinden wird. Für den nächsten Workshop, den die TU Darmstadt organisieren wird, haben wir zwei weitere Forschergruppen eingeladen und freuen uns bereits jetzt auf spannende Diskussionen.

### 4.2.1 CCC

*von Peter Bergmiller*

Im akademischen Jahr 2011/12 hat sich die Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme erfolgreich an der Antragstellung zur Forschergruppe „Controlling Concurrent Change“ (CCC) beteiligt. Die von Prof. Ernst geleitete Forschergruppe mit den Mitgliedern Prof. Rolf Ernst, Prof. Sándor Fekete, Alexander Kröller, Prof. Markus Maurer, Prof. Ha-



rald Michalik, Vassilis Prevelakis, Sophie Quinton und Prof. Lars Wolf wird - vorbehaltlich der Entscheidung des DFG-Hauptausschusses - in den nächsten bis zu 6 Jahren adaptierbare Softwaresysteme in sicherheitskritischen Anwendungen untersuchen. Zur Demonstration der Applizierbarkeit und der Vorteile der entwickelten Methoden und Algorithmen dienen Demonstratoren aus dem Bereich der Raumfahrt sowie aus dem Automobilbereich. Dabei werden im Bereich der Raumfahrt vor allem Aspekte der Verfügbarkeit untersucht, wohingegen im Fahrzeug Sicherheitsaspekte im Vordergrund stehen. Die Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme vertritt in der Forschergruppe den Automobilbereich.

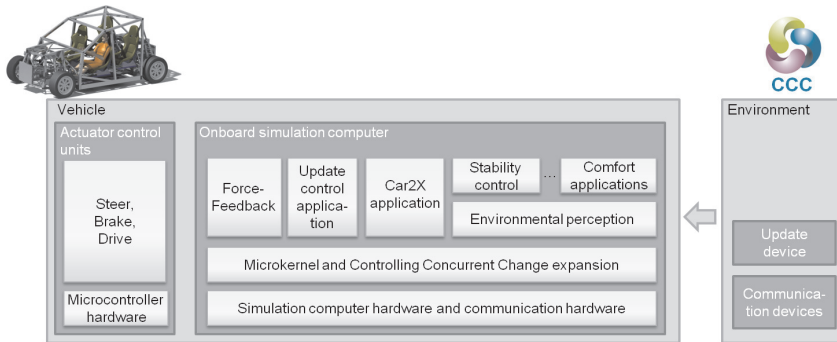


Abbildung 4.6: Im Rahmen der Forschergruppe untersuchte Beispielanwendung für flexible Softwarekomponenten im by-Wire-Fahrzeug

Als Anwendungsbeispiel wird eine flexible Softwarekonfiguration in einem Drive-by-Wire Fahrzeug (MOBILE) untersucht. Bild 4.4 zeigt den wesentlichen Aufbau des Softwaresystems. Einzelne Module des Systems können ausgetauscht, entfernt oder modifiziert werden. Des Weiteren erlaubt das mikrokernbasierte Betriebssystem mit CCC Erweiterung die Adaption an geänderte Hardwarekonfigurationen. Auf

Basis dieses flexiblen Systems können Fahrernutzen und -sicherheit über die Lebensdauer des Fahrzeugs hinweg erhöht werden - ein Verhalten, das in starkem Kontrast zu der üblichen Wahrnehmung eines kontinuierlich verschleißenden und veraltenden Fahrzeugs steht. Der Fahrer kann nach Bedarf bestehende Module durch neue verbesserte Module des Herstellers austauschen lassen. Damit können beispielsweise neue Sicherheitsanforderungen erfüllt oder Emissionsziele erreicht werden. Zusätzlich lassen sich Komfortfunktionen im Feld nachinstallieren. Insbesondere Anwendungsfelder wie Car2X könnten von diesen neuen Freiheiten stark profitieren, da merkbarer Kundennutzen erst auf Basis eines minimalen Ausrüstungsgrades der Fahrzeugflotte (Marktdurchdringung!) entstehen kann. Hier können Upgrade-Szenarien eine kosteneffiziente Lösungsmöglichkeit bieten. In der ersten Förderperiode (bis 3 Jahre) wird der Austausch von Soft- und Hardwarekomponenten in der Werkstatt bei Stillstand des Fahrzeugs durchgeführt. In weiteren Abschnitten der Förderung könnten Updates auch über offene Netze zugelassen werden. Dabei müssen gemeinschaftlich mit den Projektpartnern verstärkt auch Security-Aspekte berücksichtigt werden.

Insgesamt verspricht das Projekt eine spannende Zusammenarbeit der Lehrstühle mit verschiedenen Schwerpunkt-Arbeitsgebieten. Die Synergien im Projekt werden insbesondere im Bereich der sicherheitskritischen Fahrzeugelektronik neue Möglichkeiten zur flexiblen Erweiterung und Anpassung von Fahrzeugen aufzeigen und damit zur Erhöhung des Fahrernutzens beitragen. Vergleichbare Flexibilität wird von den bisher im Fahrzeug betrachteten Systemen und Architekturen nicht unterstützt.

## 4.2.2 InDrive

*von Bernd Lichte*

Das Projekt „InDrive“ wurde vom BMWi insgesamt über eine Laufzeit von zwei Jahren gefördert. Zusammen mit den Partnern von der IAV GmbH, der TU Berlin sowie zwei weiteren Lehrstühlen der TU Braunschweig (IMAB, Prof. Canders und IfR, Prof. Schumacher) wurde das Projekt durchgeführt und im Berichtszeitraum abgeschlossen.

Die Auslegung der Betriebsstrategie von Hybridantrieben ist mitunter sehr komplex. Ihre Wirksamkeit hängt maßgeblich von der richtigen Auslegung der Komponenten und ihrer sorgfältigen Abstimmung aufeinander ab. Bei der Wahl der Betriebsstrategie müssen daher die vorge-sehene Einsatzart und das Gesamtsystem, bestehend aus Umwelt, Verkehr, Fahrer, Fahrzeug und Antrieb ganzheitlich berücksichtigt werden. Ausgelegt werden Antriebssysteme heute allerdings meistens offline in einer Gesamtfahrzeugsimulation, die die quantitativen Werte der Fahreigenschaften eines Hybridkonzepts schon in der Entwurfsphase relativ genau vorhersagt. Qualitative Werte und das eigentliche Fahrgefühl werden hingegen unzureichend beschrieben. Sie können bisher erst in einer relativ späten Phase des Entwicklungsprozesses mit dem Bau fahrfähiger Prototypen vermittelt werden.

Das Projekt schließt genau diese Lücke zwischen dem Entwurf und der Prototypen-Erprobung. Im Rahmen des Projektes wurde ein im realen Straßenverkehr fahrfähiger Simulator entwickelt, der die Längsdynamik eines neuartigen Antriebsstrangs unter Nutzung der Modelle aus der Offline-Simulation noch vor dem Bau von Prototypen im wahrsten Sinne des Wortes „erfahrbar“ macht.

Für Entwickler und Kundenakzeptanzuntersuchungen steht damit ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem es möglich wird, neuartige Antriebs-

systeme schon in der frühen Entwurfs- bzw. Entwicklungsphase zu erproben, zu überprüfen, zu vergleichen, zu bewerten und zu präsentieren. Damit sind präzise Aussagen über die zu erwartende Wirksamkeit des Konzepts in Abhängigkeit von der jeweiligen Einsatzsituation möglich.

Die Eingaben des Fahrers werden erfasst und über ein Sicherheitssystem einem Echtzeitrechner zugeführt. Dieser berechnet unter Nutzung vorhandener Modelle aus der Offline-Simulation die Beschleunigung, Geschwindigkeit, aber auch weitere Daten wie beispielsweise Energieverbräuche oder Abgaswerte und führt sie einem sogenannten Längsregler zu. Dieser regelt dann die Längsdynamik des Trägerfahrzeugs.

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Trägerfahrzeuge aufgebaut. Den kostengünstigen Einsatz des InDrive-Konzepts in einem Serienfahrzeug mit Verbrennungsantrieb zeigt ein Passat CC. Das Simulationssystem greift über wenige Schnittstellen in die Architektur dieses Fahrzeugs ein und kann mit wenig Aufwand in nahezu beliebige Fahrzeuge mit Automatikgetriebe eingerüstet werden. Allerdings unterliegt es den Beschränkungen von Verbrennungsfahrzeugen, die natürlich nur eingeschränkt hybride oder vollelektronische Antriebe simulieren können.

Daher wurde noch ein T5 mit Elektroantrieb aufgebaut. Elektromotoren bieten gegenüber Verbrennungsmotoren eine erheblich bessere Regelbarkeit. Das geforderte Moment wird innerhalb weniger Millisekunden aufgebaut und totzeitbedingte Effekte entfallen nahezu vollständig. Zusätzlich besitzen Elektroantriebe eine erheblich größere Dynamik. Diese erlaubt auch die Darstellung von Rucken und Vibrationen. Da für einen Simulationsträger ausreichend motorisierte Serienfahrzeuge mit Elektroantrieb zu Beginn des Projektes noch nicht verfügbar waren, wurde ein normales Serienfahrzeug, ein Volkswagen T5, mit einem Elektroan-



Abbildung 4.7: Fahrender Simulator mit Verbrennungsmotor (Passat CC)

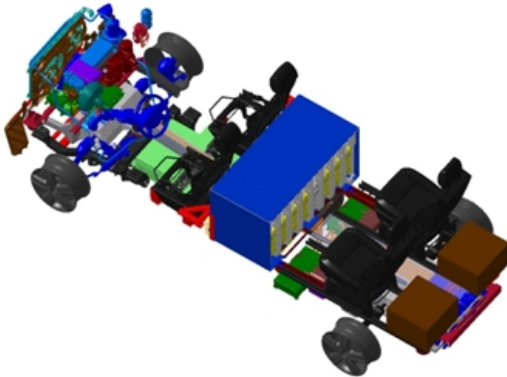


Abbildung 4.8: Fahrender Simulator mit Elektroantrieb (T5 mit neuem Antriebsstrang)

trieb ausgestattet. Drei Asynchronmotoren à 150 kW Leistung erlauben eine hinreichend starke Beschleunigung des Trägerfahrzeugs, um auch Zielfahrzeuge mit stärkerem Hybridantrieb darstellen zu können.

Auf dem Hybrid-Symposium (siehe Abschnitt 6.4) wurde das Projekt schließlich offiziell beendet. Dem Projekt wurde hier als Abschlussveranstaltung eine eigene Session gewidmet.

### 4.2.3 Mobile

*von Peter Bergmiller*

Im Projekt MOBILE wird am Institut für Regelungstechnik in Kooperation mit dem Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig das in Abb. 4.7 dargestellte vollelektrische und flexible Versuchsfahrzeug aufgebaut. Das Dynamic Design Lab an der Stanford University von Prof. J. Chris Gerdes ist beratend im Projekt tätig. Ziele des Projekts sind die Schaffung einer leistungsfähigen Versuchsplattform zur Erprobung elektronischer Fahrzeugsysteme und vollelektrischer Antriebskonzepte sowie die Ausbildung von Studenten im Bereich Elektromobilität. Dabei bauen die Arbeiten auf den Erfahrungen mit dem Versuchsfahrzeug X1 (Kap.4.2.6) auf. Gleichzeitig werden zusätzliche Freiheitsgrade, insbesondere im Antriebssystem und Innenraum des Fahrzeugs, ergänzt.

Das Fahrzeug verfügt an allen vier Rädern über elektrischen Einzelradantrieb, elektrische Einzelradlenkung sowie elektrische Bremsen. 2012 wurde die Entwicklung aller wesentlichen Komponenten des Elektroniksystems abgeschlossen. Zusätzlich wurden auf Basis des digitalen Rahmenentwurfs des Instituts für Konstruktionstechnik die daraus

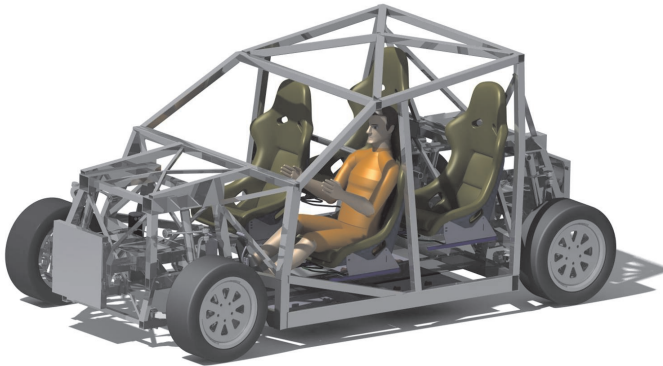


Abbildung 4.9: Rendering des im Projekt MOBILE aufgebauten Versuchsfahrzeugs

abgeleiteten Rohre gefertigt, sodass im folgenden akademischen Jahr der Zusammenbau des Rahmens sowie die Integration der Komponenten durchgeführt werden kann. Wesentliche Elektronikkomponenten werden im Folgenden kurz herausgegriffen (Bild 4.8):

- Die im Projekt entwickelten *DC-DC-Boxen* wandeln die Spannung der Hochvoltbatterien (270V-400V) auf 12V und 48V. Auf jeder der beiden Spannungsschienen können die beiden im Fahrzeug verbauten Einheiten gemeinsam 2,4kW zur Verfügung stellen. Die Ausgänge werden durch Pufferbatterien zusätzlich gestützt, sodass eine stabile Spannungsversorgung für das Lenk- und Bremssystem gewährleistet werden kann. Für die DC-DC-Boxen wurde eine entsprechende Analyse zur funktionalen Sicherheit durchgeführt.
- Die *Softstart-Boxen* ermöglichen das Vorladen und Zuschalten des Antriebsstrangs. Zusätzlich binden die Softstart-Boxen die Ladegeräte an das Hochvoltpack an. Die Koordination des Anschalt- und Ladevorgangs übernehmen die zentralen Power Control Units.

- *Batterieüberwachungsmodule* messen Temperatur und Spannung jeder Zelle im Hauptbatteriepack. Auf Basis dieser Werte wird der Gesamtzustand des Packs geschätzt. Das System ist so ausgelegt, dass in weiteren Arbeiten auch das Balancing zwischen den Zellen in die Einheit verlagert werden könnte. Bisher werden kommerzielle Balancing-Module zum Ausgleich der Zellspannungen verwendet, die jedoch Defizite aufweisen.
- Die *Laderegelung* berücksichtigt die Messwerte der Batterieüberwachungsmodule und steuert entsprechend das Ladesystem an. Dabei wird verhindert, dass einzelne Batterien überlastet werden und damit ein Teilausfall des Packs hervorgerufen wird.
- Ein *Fahrereingabemodul* erlaubt am Prüfstand die Eingabe von Steuersignalen durch den Fahrer (Lenk-, Brems- und Beschleunigungswunscherfassung) und ist bereits für den Einsatz in MOBILE konzipiert. Die Einbaumaße wurden anhand von CAD-Daten bestimmt und abgesichert.

Im folgenden akademischen Jahr soll der Aufbau des Fahrzeugs abgeschlossen werden. Wesentliche Aspekte stellen dabei der mechanische Aufbau des Rahmens sowie die Integration der am Prüfstand aufgebauten Komponenten in das Chassis dar.

#### 4.2.4 Miniaturversuchsfahrzeug MAX

von Peter Bergmiller

Das Modellfahrzeug MAX (Abb. 4.9) im Maßstab 1:5 bietet am Institut für Regelungstechnik die Möglichkeit zur frühzeitigen Erprobung elektronischer Fahrzeugsysteme. MAX ist mit Einschränkungen funktional dem im Projekt MOBILE (Kap. 4.2.4) aufgebauten Versuchsfahrzeug



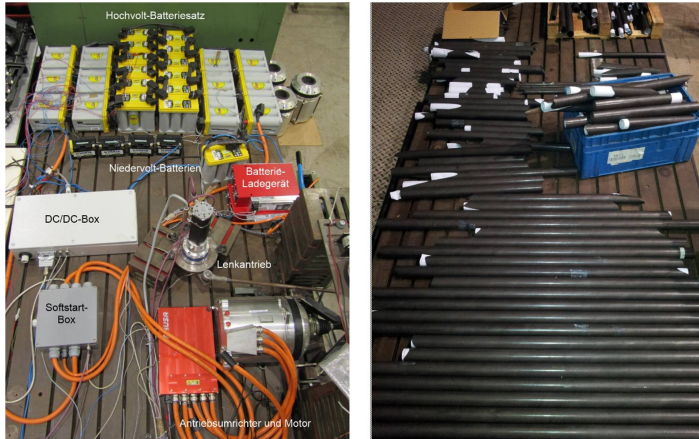


Abbildung 4.10: Elektronikkomponenten am Prüfstand (links) und Rohmaterial für MOBILE vor der Rahmenfertigung (rechts)

nachempfunden. Das Modellfahrzeug verfügt über einen Antrieb pro Achse, eine elektrische Einzelradlenkung für alle vier Räder sowie Sensorik zur Erfassung des fahrdynamischen Eigenzustands. Im Vergleich zum großen Vorbild wurde bei MAX auf ein dediziertes elektromechanisches Bremssystem sowie die Möglichkeit zum Einzelradantrieb verzichtet. Im Fahrzeug sind bis zu vier Steuergeräte auf Basis von Mikrocontrollern sowie ein Simulationsrechner verbaut. Dabei kommen die gleichen Mikrocontroller wie im Versuchsfahrzeug des Projekts MOBILE zum Einsatz. Damit ist eine gute Übertragbarkeit der auf Basis von MAX entwickelten Algorithmen gewährleistet.

Das Fahrzeug dient als wichtiges Werkzeug bei der Erprobung neuer Software-Algorithmen im Forschungsbereich „Drive-by-Wire“ sowie der Fahrzeugregelung. Mittels des Modellfahrzeugs kann im Rahmen der Entwicklung und Erprobung neuer Algorithmen die Lücke zwischen Simulation und realem Versuchsfahrzeug geschlossen werden.



Abbildung 4.11: Miniaturversuchsfahrzeug MAX

Das Fahrzeug dient als erste Erprobungsplattform für sicherheitskritische Algorithmen. In abgesicherter Umgebung können damit gefahrlos Messfahrten durchgeführt werden, die bei Bedarf gut reproduzierbar sind.

2012 wurden mittels des Versuchsträger vor allem Forschungsprojekte im Bereich der Fahrdynamik durchgeführt. Hierbei wurden drei Schwerpunktgebiete bearbeitet:

- Zur *Verbesserung der Eigenzustandsschätzung* im Fahrzeug wurden mehrere Schätzer auf Basis von Kalmanfiltern mit Hilfe einer Fuzzy-Logik kombiniert. Primärziel war dabei die Qualität der Geschwindigkeitsschätzung in einem allradgetriebenen Fahrzeug in hochdynamischen Fahrsituationen zu verbessern. Das System greift zur Schätzung der Geschwindigkeit lediglich auf die bestehende Sensorik zur Messung der Raddrehzahlen und Beschleunigungswerte zurück. Messungen mithilfe des Versuchsfahrzeugs MAX und geschleppten Rädern bestätigen, dass das bisherige System deutlich verbessert werden konnte und gleichzeitig noch

auf den verbauten Mikrocontrollern ablauffähig ist.

- Eine *Modellabgleichregelung* erlaubt, verschiedene virtuelle Fahrzeugmodelle auf MAX zu laden und das virtuelle Fahrverhalten des Fahrzeugmodells auf MAX zu erfahren. Dieses Konzept ist angelehnt an das ebenfalls unter Beteiligung des Instituts durchgeführte und in Teilabschnitt 4.2.2 vorgestellte InDrive Projekt. Als Erweiterung im Vergleich zu dem in InDrive verfolgten Ansatz können in der ersten Version des Modellabgleichreglers Längs- und Querdynamik von Fahrzeugen nachgebildet werden.
- Als wesentliches und auch im folgenden akademischen Jahr fortlaufendes Projekt wurde eine *Stabilitätsregelung auf Basis von Allradlenkung* für MAX implementiert. Das System baut dabei auf den bereits entwickelten Reglern zur Modellabgleichregelung auf. Zusätzlich wurden geeignete Schwellen identifiziert, um das System lediglich in kritischen Situationen zuzuschalten. In einer ersten Version erlaubt dieses System einen Slalomparcour deutlich sicherer und schneller zu durchqueren als mit dem unregelmäßigen System. Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Reaktion des Fahrzeugs auf den Ausfall einzelner Lenkaktoren sowie Fehlverhalten des Bremssystems durchgeführt. Hiervon ausgehend wurden geeignete Maßnahmen mittels der verbleibenden Aktorik abgeleitet und in realen Versuchen hinsichtlich ihrer praktischen Applizierbarkeit untersucht. Die so entwickelten Strategien sollen zukünftig den existierenden Stabilitätsregler ergänzen.

Weitere Arbeiten im folgenden Jahr werden auf die Portierung von mittels MAX vorentwickelten Algorithmen auf das Versuchsfahrzeug MOBILE abzielen. Zusätzlich soll die Integration zusätzlicher Ansteuerungsalgorithmen von Aktorik zum Torque-Vectoring und für radindividuellen Bremsengriff in Simulation untersucht werden.

### 4.2.5 X<sub>1</sub>

von *Jan Rohde*

Das X<sub>1</sub>-Projekt am Dynamic Design Lab (DDL) der Stanford University hat die Erforschung innovativer x-by-wire-Systeme für den Einsatz in Straßenfahrzeugen als Ziel. Dessen experimentelle Basis bildet das in Zusammenarbeit mit dem Institut für Regelungstechnik (IfR) der TU Braunschweig entwickelte und gebaute Versuchsfahrzeug „X<sub>1</sub>“.



Abbildung 4.12: Der Versuchsträger „X<sub>1</sub>“ (Quelle: IfR)

Der modulare Aufbau, bestehend aus einem zentralen Hauptmodul sowie einem Hinter- und Vorderachsmodule, ermöglicht eine schnelle und flexible mechanische Anpassung des Versuchsträgers an das jeweilige Experiment. Dieser Aufbau grenzt sich stark von zum Versuchsträger umgebauten, herkömmlichen Pkw ab.

In dem Versuchsträger sind Steer-, Brake- und Accelerate-by-Wire implementiert. Weiterhin können die Lenkwinkel aller 4 Räder unabhängig voneinander gesteuert werden (Independent Steering); ein Independent-Braking-System wird zur Zeit in Betrieb genommen. Diese Ausstattungsmerkmale schaffen eine verstärkte Beeinflussbarkeit der fahrdynamischen Eigenschaften von X1.

X1 verfügt über einen zentralen, echtzeitfähigen Rechner. Auf Grund der geforderten Tauglichkeit der Rechner-Hardware für den automotiven Bereich, insbesondere Staubschutz und Echtzeitfähigkeit, wird hierfür eine dSpace MicroAutoBox II (MAB II) verwendet. Über dessen digitale Eingänge werden sämtliche Sensor-Daten, z.B. die Fahrzeug-Odometriedaten, eingelesen. 4 CAN- und 2 Ethernet-Anschlüsse ermöglichen es, die von der MAB II generierten Ausgangssignale an die Aktuatoren zu senden.

Über eine Ethernet-Schnittstelle können Regel- und anderweitige Algorithmen auf die MAB II übertragen werden, die benötigte Software wird von dSpace geliefert. Über diese Schnittstelle können ebenfalls aktuelle Größen, wie Sensormesswerte und Regelgrößen, über einen externen Rechner abgerufen, gespeichert sowie grafisch dargestellt werden.

## 4.2.6 Referenzsensorik

*von Mohamed Brahmi, Simon Ulbrich und Richard Matthaei*

Im Rahmen des Ausbaus des Niedersächsischen Forschungszentrums für Fahrzeugtechnik (NFF) wurden durch die teilnehmenden Institute Anträge zur Finanzierung von Großgeräten bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gestellt. Wir haben in diesem Kontext gemeinsam mit dem Institut für Datentechnik und Kommunikationsnetze (Prof. Ernst, TU Braunschweig) in Folge des durch die DFG geneh-

migten Prüfstands „Referenzsensorik“ die Ausschreibung spezifiziert. Fortschritte in der Entwicklung verbesserter Systeme werden derzeit meist basierend auf den Erfahrungen einzelner Experten beurteilt. Mit diesem Prüfstand soll ein Werkzeug zur objektiven Referenzierung und zum Benchmark maschineller Wahrnehmung für assistiertes und autonomes Fahren geschaffen werden. Der Prüfstand liefert hierzu die erforderlichen messtechnischen Grundlagen. Insbesondere soll der Prüfstand hierfür die synchronisierte Aufzeichnung und Visualisierung der von verschiedenen Sensoren erfassten Umfelddaten ermöglichen, um beispielsweise Sensoren auch in dynamischen Situationen vermessen und bewerten zu können.

Nach heutigem Stand der Technik ist die Frage nach geeigneten Methoden zum Vergleich verschiedener Sensoren mit gleichen sowie unterschiedlichen Messprinzipien ungeklärt. Zudem ist eine Einschätzung der Genauigkeit der Umfeldwahrnehmung im Allgemeinen wie auch der Genauigkeit eines einzelnen Sensors für komplexe (teil-) automatische Anwendungen eine elementare Information, um Risiken einschätzen und entsprechende (Re-)Aktionen ausführen zu können.

Mit Hilfe des Prüfstands „Referenzsensorik“ sollen unter Anderem folgende Fragestellungen untersucht werden:

- Wie gut sind die automotiven Sensoren zur Umfeldwahrnehmung wirklich?
- Wie lassen sich Sensoren untereinander vergleichen/benchmarken?
- Welcher Sensor oder welche Sensorkombination ist für ein bestimmtes Szenario am besten geeignet?
- Wo müssen die Sensoren idealerweise verbaut sein?
- Welche Wahrnehmungsalgorithmen liefern die besten Ergebnisse bezüglich bestimmter Kriterien (z.B. aus der Applikation abgelei-

tet: Genauigkeit des Signals, Totzeit/Latenz, ...)?

In jedem der genannten Untersuchungsfälle ist es essentiell, zum einen definierte Szenarien unter hinreichend ähnlichen Bedingungen wiederholt darzustellen und zum anderen automatisiert eine möglichst exakte Referenz generieren zu können.

## **4.2.7 Entwicklung einer erweiterten Gelenksteuerung zur Stabilisierung von Gelenkbussen**

*von Benjamin Bieber*

Im öffentlichen Personennahverkehr werden Gelenkbusse bei großem Passagieraufkommen eingesetzt. Neben deren Verwendung im innerstädtischen Verkehr wird der Einsatz der Gelenkbusse zunehmend auf Strecken in die vorstädtischen Gemeinden ausgedehnt. Am weitesten verbreitet ist die Bauform mit einem gelenkten zweiachsigen Vorderwagen und einem angetriebenen ein- oder zweiachsigen Hinterwagen. Zur Stabilisierung des Gesamtfahrzeuges bei hohen Fahrgeschwindigkeiten und zum Schutz des Gelenkes vor extremen Knickwinkeln bei niedriger Geschwindigkeit wird eine elektro-hydraulische Dämpfung verwendet.

Ein Ziel dieses Promotionsvorhabens besteht darin zu analysieren, ob die Funktion der Gelenkdämpfung das Stabilisierungspotential einer über Bremsengriffe realisierten ESP-Funktion besitzt. Dazu wird eine Stabilitätsdefinition für einen Gelenkbus erarbeitet, mit der Stabilisierungskonzepte beurteilt werden können. Das Stabilisierungspotential einer ESP-Umsetzung über den Aktorikpfad Radbremse wird dem Stabilisierungspotential der Gelenkdämpfung gegenübergestellt. Dazu wird das Fahrverhalten eines Gelenkbusses in ESP-relevanten Manövern an Hand der Stabilitätsdefinition beurteilt.

In diesem Jahr wurden im Rahmen der jährlich stattfindenden Wintererprobung Messungen zur Eigendämpfung des Gelenkbusses durchgeführt. In der Simulation wurden die Manöver nachgestellt und die Stabilität des passiven Fahrzeuges für unterschiedliche realitätsnahe Beladungssituationen bis zur Höchstgeschwindigkeit bestimmt. Der Einfluss der Beladung auf die Stabilität wurde auch analytisch an Hand eines vereinfachten Ersatzmodells nachgewiesen. Des Weiteren wurde der Einfluss des Antriebskonzeptes auf die Fahrstabilität untersucht.

Im Fahrsimulator wurde eine Probandenstudie mit Fahrexperten zur Untersuchung der Fahrzeugbeherrschbarkeit durchgeführt. Durch Variation eines Dämpfmaßes für den Knickfreiheitsgrad wurde eine Fahrzeugmindestdämpfung abgeleitet, bei der das Fahrverhalten als allgemein beherrschbar eingeschätzt wird. Mit den Ergebnissen der Eigendämpfungsanalyse wurde ein Stabilisierungsbedarf ermittelt. In einer darauf aufsetzenden Untersuchung wurden die Aktorikpfade Gelenkdämpfung und Bremsengriff in ihrer Eignung zur Fahrzeugstabilisierung beurteilt. Dazu wurden der Stellaufwand zur Deckung des identifizierten Stabilisierungsbedarfes und das Erreichen des geforderten Mindestdämpfmaßes bewertet.

Ein referenzmodellbasierter Regleransatz wurde entwickelt. Gegenüber einer konventionellen Gelenksteuerung konnte das Potential in einem Fahrsimulatortermin erfolgreich demonstriert werden.

### 4.2.8 Vehicle in the Loop

*von Fabian Schuldt und Simon Ulbrich*

Im vergangenen Jahr wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ein Antrag des Niedersächsischen Forschungszentrums



Fahrzeugtechnik (NFF) für einen VIL-Prüfstand als DFG-Großgerät genehmigt. Die Grundidee des VILs ist es, eine möglichst realistische Testumgebung für fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme zur Verfügung zu stellen. Dabei soll mittels des VILs ein weites Spektrum von Fahrerassistenzsystemen einschließlich sicherheitskritischer Systeme (z.B. automatische Notbremse, automatisches Ausweichen) mit geringem Aufwand erprobt werden können. Der VIL-Prüfstand vereint hierzu einerseits die Vorteile von Simulatoren und andererseits die der realen Testfahrzeuge.

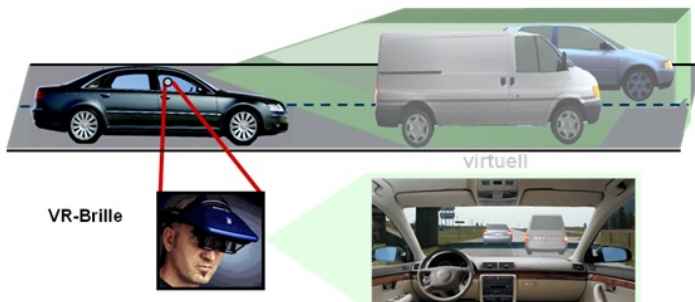


Abbildung 4.13: Vollvirtueller Modus des VILs (Quelle: Bock, T.: *Vehicle in the loop. Test- und Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme*, Göttingen, 2008.)

Nach der Genehmigung des Antrags wurde von den beteiligten Instituten eine Anforderungsliste für den Prüfstand erstellt und darauf aufbauend eine Leistungsbeschreibung entwickelt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt befindet sich die Ausschreibung für den Prüfstand im Vergabeprozess. Es ist zu erwarten, dass im nächsten akademischen Jahr die Verträge finalisiert werden können und mit dem Aufbau des Prüfstands begonnen werden kann. Der Aufbau soll in den Werkstätten des NFF in Wolfsburg stattfinden.

## 4.2.9 Fahrdynamikreglung mit aktiver Lenkung

*von Horea Cernat*

Mit der Entwicklung der Fahrerassistenzsysteme wurden sowohl der Komfort als auch die Sicherheit der Kraftfahrzeuge in den letzten Jahren verbessert. Teilweise hat man große Fortschritte gemacht, wie z.B. beim Adaptive Cruise Control (ACC), das mittlerweile in immer mehr Fahrzeugen zum Einsatz kommt, oder beim Notbremsassistenten, der 2013 für neue LKW-Modelle verpflichtend wird (Verordnung (EG) Nr. 661/2009).

Assistenzsysteme, die in die Lenkung der Fahrzeuge eingreifen, sind seltener, auch dadurch bedingt, dass sie als sicherheitskritischer gelten. Im Falle einer Fehlfunktion hat der Fahrer sehr wenig Zeit zu reagieren, um das Fahrzeug unter seine Kontrolle zu bringen. Im Fahrbetrieb muss aber ein Eingriff jederzeit vom Fahrzeugführer übersteuert werden können. In PKW wird die aktive Lenkung in Form von rein elektrischen EPS-Systemen bei einigen Modellen schon in der Serie verwendet, während sie in Nutzfahrzeugen auch auf Grund der Gewichtsproblematik bislang noch nicht zum Einsatz kam.

Die aktive Lenkung hat den Vorteil, dass sie den Fahrer auch bei der normalen Fahrt unterstützen kann. Vor allem bei Nutzfahrzeugen im unteren Geschwindigkeitsbereich wie zum Beispiel beim Rangieren ist der Kraftaufwand dadurch deutlich geringer.

Nicht alle Fahrer haben die nötige Erfahrung, um in fahrdynamischen Grenzsituationen richtig zu lenken. Mit Hilfe einer aktiven Lenkung, die ein zusätzliches Moment auf das Lenkrad gibt, kann man eine Empfehlung geben, wie man das Fahrzeug lenken soll. Dadurch, dass das Moment begrenzt ist, kann der Fahrer sich entscheiden, dieser Empfehlung zu folgen oder sie zu ignorieren.

Diese Idee wurde bei einer Regelfunktion für die  $\mu$ -Split-Bremmung eines LKWs umgesetzt. Durch das zusätzliche Moment am Lenkrad ist das Einlenken der Räder in die richtige Richtung leichter durchzuführen. Somit kann das Fahrzeug während der Bremsung seiner ursprünglichen Trajektorie folgen und wird nicht auf die Fahrbahnseite mit hohem Reibwert gedreht. Aber auch andere Einsatzszenarien sind denkbar, wie zum Beispiel beim Übersteuern.

#### **4.2.10 Neuronale Modelle zur Offboard-Diagnostik in komplexen Fahrzeugsystemen**

*von Tobias Müller*

Neue innovative Diagnostikverfahren werden notwendig, um stetig komplexer werdende Fahrzeuge auch zukünftig noch effizient warten zu können. Zunehmend vernetzte Fahrzeugfunktionen, steigende Variantenvielfalt und kürzere Entwicklungszyklen führen dazu, dass etablierte Experten-basierte Verfahren an ihre Grenzen stoßen. Die Folge sind höhere Kosten durch längere Fehlersuchzeiten, unnötig getauschte Teile und überforderte Kundendienstmitarbeiter.

Bereits seit einigen Jahren werden umfangreich Daten von Reparaturfällen aus Servicewerkstätten aufgezeichnet, die bisher jedoch nicht automatisiert für Diagnostikverfahren genutzt werden. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit der Volkswagen AG und der TU Braunschweig wurde ein Offboard-Diagnostik-System entwickelt, welches zuerst in einem automatisierten Prozess aus aufgezeichneten Reparaturfällen Diagnostik-Modelle erlernt. In den Servicewerkstätten erzeugen die Modelle auf Basis von Fahrzeuginformationen und Fehlersymptomen eines defekten Fahrzeugs Hypothesen über schadhafte Komponenten und sinnvolle Reparaturmaßnahmen. Das Ergebnis der Reparatur wird

wiederum aufgezeichnet, wodurch ein iterativer Feedback- und Lösungsprozess zur automatischen kontinuierlichen Verbesserung der Modelle entsteht.

Eine große Herausforderung stellen dabei die Art und die Qualität der zur Verfügung stehenden Reparaturfalldaten dar. Die Dualität zwischen Symptominformationen und Kontextinformationen, die hohe Merkmalsdimension, hohe Sparsity und mangelnde Qualität der Daten machen neue Modelle und Lernverfahren notwendig.

In der Dissertation werden zunächst deskriptive und inferenzielle statistische Diagnostik-Modelle analysiert. Diese können jedoch aufgrund der beschränkten Modellkomplexität bedingte Abhängigkeiten zwischen Fahrzeugsymptomen und Fahrzeugvarianten nicht modellieren, was zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit führt. Eine Lösung hierfür stellen neuronale Netze dar, deren Komplexität durch Architekturmodifikationen flexibel modelliert werden kann. Daher wird das inferenzielle statistische Modell im ersten Schritt in ein einschichtiges neuronales Netz überführt, welches dann mit einer neuen Konstruktions- und Trainingsmethode um verdeckte Neuronen und Verbindungen derart erweitert wird, dass nur diejenigen Abhängigkeiten abgebildet werden können, die erforderlich bzw. in den Daten vorhanden sind. Das Verfahren ermöglicht weiterhin eine Interpretation der Verbindungsgewichte und Neuronen und wirkt damit dem typischen „Black-Box“-Charakter neuronaler Netze entgegen. Als Vergleich wird ein Standard-MLP-Netz herangezogen.

Die resultierenden Diagnostik-Modelle werden in drei Stufen, bestehend aus einer Konzeptbewertung, einer Evaluierung mit realen Falldaten und einem Prototypen zur Praxiserprobung am Fahrzeug evaluiert. Hierfür stehen u.a. Daten aus zahlreichen realen Reparaturfällen zur Verfügung. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere mit dem in die-

ser Arbeit entwickelten, komplexitätserweiterten neuronalen Modell trotz der mangelnden Qualität und Anzahl der im Projekt zur Verfügung stehenden Reparaturfalldaten Ergebnisse erzielt werden, die die Erwartungen übertreffen. Die Arbeit wird mit einer Diskussion notwendiger Schritte zur Integration bzw. Migration des Verfahrens in heute eingesetzte etablierte Expertensysteme abgeschlossen.

Die Dissertation, die das vorgestellte Verfahren im Detail darstellt, ist im Literaturverzeichnis (siehe Kapitel ??) aufgelistet.

# 5 Ereignisse

## 5.1 Professor Tsugawa in Braunschweig

*von Bernd Lichte*

Am 9. November 2011 wurde dem Institut eine besondere Ehre zu teil, Professor Tsugawa besuchte mit seinem Team das Institut für Regelungstechnik. Nachdem Simon Ulbrich die japanische Delegation vom Hauptbahnhof in Braunschweig abgeholt hatte, gab Professor Tsugawa einen Einblick in die japanische Forschung und referierte über ein Projekt zur automatisierten Kolonnenfahrt von LKW mit dem Ziel Energie zu sparen. Ein besonderes Highlight seiner Präsentation war dabei historisches Videomaterial zum autonomen Fahren (siehe Abbildungen ??).

Professor Maurer setzte mit seiner Präsentation „Who will drive the Vehicle of the Future?“ den wissenschaftlichen Austausch fort. Nach dem gemeinsamen Mittagessen gab es noch Vorträge zu den Projekten „Stadtpilot“ und „Mobile“, bevor eine Institutsbesichtigung und eine autonome Fahrt mit „Leonie“ auf dem Braunschweiger Stadtring auch einen Einblick in die Praxis boten. Wir danken Professor Tsugawa und seinem Team für den Besuch und die anregenden Diskussionen.



Abbildung 5.1: Historisches Videomaterial zum „Autonomen Fahren“ (Quelle: Prof. Tsugawa)

## 5.2 Weihnachtsfeier

*von Richard Matthaei*

Die Weihnachtsfeier 2011 stand unter keinem guten Stern... Erst sind unsere Pläne ins Wasser gefallen, danach wir selbst - als wir uns im Rahmen unseres Alternativplans auf dem Weihnachtsmarkt zu einem Glühwein versammelt haben. Durchgefroren und durchnässt haben wir den Abend dann aber noch im Charly's Tiger gemütlich ausklingen lassen. Bei gutem Essen und guter Stimmung waren die Folgen des Dezemberwetters schnell vergessen. Ein Dank geht an unseren (ehem.) Kollegen Asem Eltahir, der sich um die Organisation des Abends gekümmert hat.

## 5.3 Carolo Cup 2012

*von Richard Matthaei und Fabian Schuldt*

Der seit 2008 jährlich stattfindende Hochschulwettbewerb Carolo-Cup bietet Studententeams die Möglichkeit, sich mit der Entwicklung und Umsetzung von autonomen Modellfahrzeugen auseinander zu setzen. Die Herausforderung liegt in der Realisierung einer bestmöglichen Fahrzeugführung in unterschiedlichen Szenarien, die sich aus den Anforderungen eines realistischen Umfelds ergeben. Der Wettbewerb selbst ermöglicht es den Studierenden, das eigene Können vor einer Jury aus Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft zu präsentieren und sich mit anderen Hochschulteams zu messen.

Die Studententeams werden von einem fiktiven Fahrzeughersteller beauftragt, anhand eines Modellfahrzeugs im Maßstab 1 : 10 ein möglichst kostengünstiges und energieeffizientes Gesamtkonzept eines



autonomen Fahrzeuges zu entwickeln, herzustellen und zu demonstrieren. Beim Wettbewerb müssen bestimmte Fahraufgaben (Einparken, Langstrecke ohne und mit Hindernissen, Kreuzungssituationen und Markierungsausfälle) möglichst schnell und fehlerfrei bewältigt und das erarbeitete Konzept in Präsentationen erläutert werden.



Abbildung 5.2: Gruppenfoto aller Teilnehmer nach dem Wettbewerb im Februar 2012.

Bei den am 7. Februar 2012 ausgetragenen dynamischen Disziplinen lag der Ulmer Spatz zunächst klar vorn. Den Rundkurs absolvierte das Ulmer Fahrzeug sehr schnell und sicher, während Carolinchen mit einigen Fahrfehlern deutliche Abzüge bekam. Beim anschließenden Einparken holte das Braunschweiger Modellfahrzeug im Maßstab 1 : 10 jedoch auf und landete nur knapp hinter den favorisierten Ulmern. Überzeugen konnte das Team CDLC schließlich in der Königsdisziplin. Auf dem Hindernisparcours konnte Carolinchen die längste Strecke zurück legen und verwies dabei alle Kontrahenten auf die Plätze. Der Ulmer Spatz patzte bei den Hindernissen und konnte keine Punkte

verbuchen. Damit holte sich das Braunschweiger Team den Sieg in der letzten Runde und landete in der abschließenden Gesamtwertung mit insgesamt 860 Punkten deutlich vor den Ulmern.

Die Titelverteidiger hatten jedoch bereits im Vorfeld durch ihr kostengünstiges und energieeffizientes Gesamtkonzept überzeugt und errangen somit den zweiten Platz. Wie bereits im Vorjahr erreichte das Team S.A.D.I. der Westsächsischen Hochschule Zwickau den dritten Platz.

Die Siegerteams können sich nun über ein Preisgeld von insgesamt 10.000 Euro freuen. Das Braunschweiger Team erhält davon 5.000 Euro. Die Zweit- und Drittplatzierten bekommen 3.000 bzw. 2.000 Euro.



Abbildung 5.3: Das Siegerteam „Carolinen“ der TU Braunschweig

Neu beim Carolo-Cup 2013 wird der erstmalig stattfindende Junior-Cup sein. Dieser Wettbewerbsteil richtet sich gezielt an Einsteiger-Teams, für die so die Hürde für eine erfolgreiche Teilnahme an dem Wettbewerb gesenkt werden soll. Im Regelwerk des Junior-Cups wurden dazu die Anforderungen reduziert, um die Entwicklung eines eigenen Fahr-

zeugs in kürzerer Zeit möglich zu machen. Im regulären Wettkampf sind in den dynamischen Disziplinen neben dem Einparken auch Zeitfahrten auf einer Strecke mit Kreuzungen und Linienunterbrechungen zu absolvieren. Anschließend wird die Bahn zusätzlich mit stehenden und bewegten Hindernissen ausgestattet. Beim Junior Cup müssen hingegen lediglich eine Einparkaufgabe und eine Zeitfahrt auf einem Kurs ohne Linienunterbrechungen und ohne Hindernisse bewältigt werden.

Neben der Einführung des Junior-Cups wurde die Disziplin des automatischen Einparkens überarbeitet. Bei den ursprünglichen Wettbewerben hatten die Teams lediglich einen Versuch, der in die Wertung eingegangen ist. Dies wurde für den nächsten Cup abgeändert und die Teams müssen nun in 3 Versuchen zeigen, dass ihre Fahrzeuge ohne Probleme einparken können. Dies fördert die Robustheit der Applikationen und schließt Siege durch zufällig geglückte Versuche aus.

Der Wettbewerb 2013 wird am 04. und 05.02.2013 im Haus der Wissenschaft der TU Braunschweig ausgetragen. Nähere Information zu Regeln und Anmeldevoraussetzungen bzw. -verfahren sind unter [www.carolocup.de](http://www.carolocup.de) verfügbar.

## 5.4 Hybrid-Symposium

*von Bernd Lichte*

Das Symposium für Hybrid- und Elektrofahrzeuge ist eine Konferenzreihe, die sich die Förderung der Entwicklung effizienter Fahrzeugantriebssysteme unter kombinierter Nutzung von Verbrennungsmotoren, Elektroantrieben, aber auch der Entwicklung von Systemen zur Speicherung und Erzeugung elektrischer Energie zum Ziel gesetzt hat. Auf dem neunten Symposium in der Stadthalle Braunschweig war dem

vom BMWi geförderten Projekt „InDrive“ (s. Teilabschnitt 4.2.2) eine eigene Session gewidmet. Nach der Vorstellung des Projekts durch den Projektleiter Daniel Jansch (Mitarbeiter der IAV GmbH) berichtete Karsten Cornelsen (Mitarbeiter des IfR) über die Antriebssteuerung. Bevor Stev Gerson (Mitarbeiter der IAV GmbH) über das Erfahren digitaler Prototypen referierte, erläuterte Michael Lux (Mitarbeiter des IfR) den Antriebsstrang mit präziser und dynamischer Drehmomentdarstellung. Diese Session war dann auch die offizielle Abschlussveranstaltung des Projekts.

## 5.5 Semesterabschluss

*von Falko Saust*

Als Teil einer nun schon mehrjährigen Tradition des Lehrstuhls haben wir am 17.7.2012 das Sommersemester zusammen mit Studierenden und Partnern aus der Industrie mit einem Grillfest am Campus Nord ausklingen lassen. Im Rahmen der Vorlesung „Elektronische Fahrzeugsysteme 2“ entwickelten die Studierenden Einparkassistenten im Miniaturformat auf Modellautos im Maßstab 1:10 und konnten an diesem Termin ihre Ergebnisse präsentieren. Das hiesige CaroloCup-Team nutzte zusätzlich diese Gelegenheit zur Vorstellung des für den CaroloCup 2013 geplanten Fahrzeugs „Carolinchen V“.

Für das leibliche Wohl war durch den nahen Holzkohlegrill und ausreichend Grillgut gesorgt. Der ADAS Consulting GmbH danken wir herzlich für die finanzielle Unterstützung bei dieser Feier.

## 5.6 Der Tigarenten Club dreht mit Leonie

von Bernd Lichte

Nachdem wir bereits im letzten Jahr die „Sendung mit der Maus“ drehen durften, kam Anfang Juli über Frau Hoffmann von der Pressestelle der TU Braunschweig die Anfrage vom Südwestrundfunk SWR, ob wir auch für die Kindersendung „Tigarenten Club“ einen Drehtermin zur Verfügung stellen könnten. Natürlich kamen wir dieser Anfrage sehr gerne nach. Die Sendung wird samstags und sonntags im Ersten sowie im KiKa und RBB ausgestrahlt. Der „Tigarenten Club“ und seine Moderatoren gewannen bereits zahlreiche Preise, darunter mehrere „Goldene Spatzen“ und 2006 den „Bayerischen Fernsehpreis“.



Abbildung 5.4: Dreharbeiten auf dem Campus Nord (Quelle: IfR)



Abbildung 5.5: Dreharbeiten auf dem Campus Süd (Quelle: IfR)



Mit Herrn Nicolas Caspar, einem Redakteur vom SWR, wurden zunächst die Eckpunkte für die Drehplanung geklärt und ein Drehtag im August vereinbart. Am 8. August war es dann soweit, das Dreh-Team bestehend aus dem Redakteur Nicolas Caspar, der Schauspielerin Katharina Küpper sowie einem Kameramann und zwei Assistenten traf am Institut für Regelungstechnik ein. Nach einer kurzen Vorbesprechung am Institut starteten die Dreharbeiten dann im Campus Nord. Fortgeführt wurden die Dreharbeiten auf unserem Testgelände, der ehemaligen Heinrichder-Löwe-Kaserne in Braunschweig-Rautheim. Abschließend wurden autonome Fahrten mit dem Forschungsfahrzeug „Leonie“ im realen Verkehr auf dem Braunschweiger Stadtring gefilmt.

Gerne stehen wir auch weiterhin für solche Drehtermine zur Verfügung und bedanken uns sehr herzlich bei dem Team des „Tigerenten Clubs“ für diese schöne und aufregende Erfahrung. Bei diesem Drehtermin bewies unser wissenschaftlicher Mitarbeiter Andreas Reschka sein schauspielerisches Talent, wie man am 24. November im KiKa bei der Erstaussstrahlung der Sendung sehen konnte. An dieser Stelle auch einmal ein ganz herzliches Dankeschön an alle Mitarbeiter für ihr Engagement, das dieses Ereignis ermöglichte.

## **5.7 Der Arbeitskreis „Wirtschaft und Verkehr“ des Niedersächsischen Landtags zu Besuch**

*von Bernd Lichte*

Am 11. Juli besuchte der Arbeitskreis „Wirtschaft und Verkehr“ des Niedersächsischen Landtags das NFF. Von besonderem Interesse war dabei das autonom fahrende Forschungsfahrzeug „Leonie“. Daher fand der Besuch der Politiker aus den Fraktionen der CDU und der FDP im

Campus Nord der TU Braunschweig statt (siehe Abbildung 6.5). Der Termin wurde von Frau Pape und Frau Heisrath aus NFF-Pressestelle hervorragend vorbereitet.

Nachdem Frau Pape mit einer Begrüßung und einer Kurzvorstellung des NFF den Besuch eröffnete, wurde sowohl das Projekt „Stadtpilot“ als auch das Forschungsfahrzeug „Leonie“ mit seinen verschiedenen Sensoren und Aktoren dem Besuch vorgestellt. Es ergab sich eine anregende Diskussion über das Forschungsprojekt und das NFF.

## 5.8 Workshop FAS2012 in Walting

*von Markus Maurer*

Die Workshopreihe FAS 20XY feierte in diesem Jahr ihr zehnjähriges Bestehen. Gegründet 2002 von Christoph Stiller und Markus Maurer als Workshop für Experten im Bereich der Fahrerassistenzsysteme bot Walting auch in diesem Jahr ein Forum für den intensiven wissenschaftlichen Austausch.

Walting, einen kleinen Ort im Altmühltal, hatten wir ursprünglich ausgewählt, da der Moierhof dort eine familiäre Atmosphäre bietet und Konzentration auf die Konferenz ohne Ablenkungen erlaubt. Bis zu 65 Teilnehmer finden eine gemütliche Herberge. Selbst das Mobiltelefon stört nur selten, da der Empfang eingeschränkt ist. Von Beginn an hatten wir darauf geachtet, dass der Workshop unabhängig von allen wirtschaftlichen und politischen Zwängen bleibt und nur der wissenschaftlichen Qualität der Vorträge und Veröffentlichungen verpflichtet ist. Von Beginn an gab es ein rigoroses Review durch zwei unabhängige Gutachter, von Anfang an setzte der Workshop auch auf das interdisziplinäre Zusammenwirken aller an der Fahrerassistenz beteiligten





Abbildung 5.6: Der Arbeitskreis zu Besuch im Campus Nord (Quelle: NFF-Pressestelle)

Fachrichtungen.

Der Workshop sollte gemeinschaftsbildend wirken. Waren die Forscher und Entwickler vor 2002 auf anderen Tagungen noch Exoten, sollten sie auf dieser Workshopreihe die Protagonisten werden. In diesem Sinne Vorbild für Walting war Boppard, wo jährlich die Jahrestagung der deutschen Regelungstechniker stattfindet. Nachdem die Tagung zunächst im Wechsel mit anderen Orten in Baden-Württemberg ausgetragen wurde, beschlossen wir 2011 - auch aus Marketing-Gründen - uns ganz auf Walting zu konzentrieren. Walting war eine Marke für qualitativ hochwertige Fahrerassistenzvorträge geworden.

Inzwischen ist die Reihe etabliert im Rhythmus von eineinhalb Jahren. Auch ohne große Werbemaßnahmen ermöglichen die innovativen Einreichungen ein exzellentes Programm. Die Konferenzbände, die bereits zur Konferenz vorliegen, werden viel zitiert.

Seit dem Jahr 2011 werden jeweils zwei Preise verliehen, der Uni-DAS Wissenschaftspreis für eine hervorragende Dissertation im Bereich der Fahrerassistenzforschung sowie der ADAS Award für herausragende Persönlichkeiten auf dem Gebiet der Fahrerassistenzsysteme. In diesem Jahr wurde Dr. Markus Enzweiler für seine Dissertation über „Compound Models for Vision-Based Pedestrian Recognition“ mit dem Uni-DAS Wissenschaftspreis ausgezeichnet. Bernhard Lucas, einer der Pioniere im Bereich der radarbasierten Fahrerassistenz, wurde als herausragende Persönlichkeit ausgezeichnet. Die Laudatio für Bernhard ist im Anschluss an diesen Artikel abgedruckt.

Ebenfalls aus der Workshopreihe hervorgegangen ist die enge Kooperation von Professoren im Bereich der Fahrerassistenz, die sich inzwischen als Uni-DAS e.V. zusammengeschlossen haben (siehe Abschnitt ??). Insofern war es nur konsequent, die Organisation und Pflege des Workshops

Uni-DAS zu übertragen. In diesem Sinne ging 2012 die Organisation des Workshops an Klaus Dietmayer (Universität Ulm) als designiertem Sprecher von Uni-DAS über. Als Gründer der Veranstaltungsreihe freue ich mich sehr über den reibungslosen Übergang, die perfekte Organisation und die schönen Details, die Klaus neu eingeführt hat - etwa das neue Layout der Tagungsunterlagen. Klaus, Dir auch an dieser Stelle ganz herzlichen Dank!

Seit Beginn der Reihe unterscheidet sich dieser Workshop von anderen dadurch, dass es - angeregt von Berthold Färber - auch eine Phase der Gruppenarbeit gibt. Auch dieser Teil der Veranstaltung führt dazu, dass die Teilnehmer enger zusammenwachsen, sich in den Gruppen besser kennen lernen. In diesem Jahr lautete das Arbeitsthema „Autonomes Fahren, womit fangen wir an?“ Drei exzellente Impulsvorträge von Klaus Dietmayer, Tom Gasser (BAST) und Chris Gerdes (Stanford University) führten zu angeregten Diskussionen in den einzelnen Gruppen und zu hochwertigen Abschlusspräsentationen im Plenum, so dass ich mich als Moderator der Diskussion dezent zurückhalten konnte. Die offene Diskussion unter den verschiedenen Unternehmen und Hochschulen wird erst dadurch ermöglicht, dass wir über die Ergebnisse nur berichten, wenn es allgemeine Zustimmung im Plenum gibt.

Einen besonderen Akzent setzte Chris Gerdes von der Stanford University, der in seinem Vortrag „What Can Racing Teach Us About Autonomous Vehicles“ überzeugen konnte, dass seine Beschäftigung mit Rennfahrern und ihren Fahrstrategien mehr ist als eine persönliche Leidenschaft und dass zukünftige Assistenzsysteme von diesen Beobachtungen profitieren werden.

Das Datum für den nächsten Workshop in Walting steht bereits fest: Von 26.-28. März 2014 lädt Uni-DAS wieder ein. Berthold Färber (Universität der Bundeswehr München) wird die Veranstaltung als nächster

designierter Sprecher von Uni-DAS organisieren.

### 5.8.1 Laudatio für Bernhard Lucas

Als aktueller Sprecher von Uni-DAS durfte ich auf dem Workshop FAS2012 die Laudatio zu Ehren von Bernhard Lucas von der Robert Bosch GmbH halten, der mit dem ADAS Award ausgezeichnet wurde. Zu Ehren von Bernhard drucken wir diese Laudatio auch hier in unserem Jahrbuch ab:

„Ich gehöre noch nicht zum alten Eisen. Ich gehöre noch nicht zum alten Eisen.“ Das war die erste Reaktion, als ich unseren diesjährigen Preisträger gefragt habe, ob er in diesem Jahr nach Walting mit besonders geputzten Schuhen kommen und eine Lobrede über sich ergehen lassen wolle. Daher möchte ich zunächst nochmal die Intention dieses Preises unterstreichen.

Jede Gemeinschaft braucht Vorbilder. Vorbilder helfen Identität zu stiften, sie geben Orientierung. Im vergangenen Jahr haben wir mit Hans-Georg Metzler eine Persönlichkeit ausgezeichnet, über die wir gesagt haben: „Das gibt es doch nicht, dass er noch nicht öffentlich für sein Wirken gewürdigt wurde.“ Ich gebe zu, wir haben diesen Preis auch für ihn geschaffen.

Die Reaktion unseres diesjährigen Preisträgers ist also insofern berechtigt, als dass die Würdigung unserer Preisträger durch diesen Preis auch schon früher hätte kommen können, bei Hans-Georg Metzler vor 15 Jahren, bei unserem heutigen Kandidaten vor einem halben Jahrzehnt.

Aber da gab es diesen Preis noch nicht. Meinen Uni-DAS Kollegen und mir ist es wichtig zu unterstreichen, was wir mit dem ADAS Award wollen. Wir wollen herausragende Lebensleistungen im Bereich der Erforschung und Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen würdigen.

Wir wollen unsere Gemeinschaft damit auf Vorbilder hinweisen. Wir wollen das zunehmend auch so tun, dass die Geehrten dadurch in ihren Unternehmen, in ihren Karrieren gestärkt werden.

Unser diesjähriger Preisträger wurde bereits 2005 hochkarätig ausgezeichnet. Er hat für seinen Arbeitgeber den „gelben Engel“ vom ADAC für die Entwicklung von „Predictive Safety Systems“ entgegengenommen. Die Dienstälteren im Auditorium wissen bereits jetzt, um wen es sich handelt.

Der Preisträger und ich, wir kennen uns seit 12 Jahren. Es fiel mir auch deshalb besonders leicht, diese meine erste Laudatio zu schreiben, weil mich unser heutiger ‘honorandus’ schon oft bei ersten Schritten erlebt hat. Auch bei meinen ersten Schritten als Projektleiter, als Abteilungsleiter und als Organisator meiner ersten Konferenz - hier in Walting vor 10 Jahren - hat er mir das Gefühl gegeben, dass er mich auch als Novizen schätzt.

Dabei sind wir schon bei einem wesentlichen Erfolgsfaktor: Respekt. Unser Preisträger bringt seinem Gegenüber „Respekt“ entgegen, unabhängig davon, ob das gerade ein Lehrsatz im Top-Management ist oder nicht. Insofern bin ich gelassen, dass Dir auch meine ersten Schritte als Laudator nicht den Humor rauben werden. Humor, das ist schon Deine nächste natürliche Gabe. Auch den Humor lässt Du Dir selbst in Krisensituationen nicht rauben. In Krisensituationen klingt der Humor halt sarkastischer.

Unser Preisträger ist „treu“. Nachdem er zunächst 10 Jahre „etwas Anständiges“ gemacht hat und in Deutschland und Spanien Motoren entwickelt hat, hat er sich 1995 der Fahrerassistenz zugewandt. Damit wurde er ein Serienmann in der Fahrerassistenz der ersten Stunde. Für seinen Arbeitgeber hat er die Hardware-Entwicklung von Radarsen-

soren der 1. Generation geleitet. Er war dort zuständig für die Hochfrequenzbaugruppen und die Konstruktion. Seit 12 Jahren ist er das Gesicht seines Arbeitgebers bei „seinem“ Kunden. Seit 10 Jahren, seit der ersten Konferenz, ist er auch hier in Walting dabei.

Unser Preisträger hat Nehmerqualitäten. Es hat mich manchmal irritiert, was Du beim Kunden einstecken musstest. Und ich habe Dich bewundert, wie Du das gemacht hast: Zunächst warst Du betroffen und hast es auch gezeigt, dann hast Du begonnen, bestimmt die Dinge zurechtzurücken im Bewusstsein der Qualität der eigenen Arbeit. Und dann hast Du nach Wegen gesucht, wie Du und Dein Team das Unmögliche doch noch wahr machen können.

Qualität, das ist ein zentrales Grundkonzept Deiner Arbeit, Innovation ebenso wichtig und zentral. Dein Name steht in unserer Gemeinschaft für Qualität und Innovation.

Über die erste Seriengeneration von ACC haben wir schon gesprochen. Du stehst für innovative Funktionen wie PSS (Predictive Safety Systems). Noch nicht gesprochen haben wir über die aktuelle Seriengeneration von Radarsensoren, die wohl die erste skalierbare Plattform ist. Sie überzeugt als Stereo-System im Premiumfahrzeug mit Hochleistung. Sie hat es aber auch in den Massenmarkt geschafft. Du stehst für Perfektion, für beheizbare Radome, die ACC auch im Winter verfügbar machen. Du stehst auch für unternehmerisches Understatement, für den Ehrgeiz, immer etwas mehr zu halten als man vorher versprochen hat.

Vor 10-15 Jahren sind wir als FAS-Entwickler in den Unternehmen noch verlacht worden. Bei den OEMs wurde die Nützlichkeit von FAS in Abrede gestellt: „Das braucht kein Mensch“. Die Systempartner mussten Investitionen in dreistelliger Millionenhöhe rechtfertigen und der „Re-

turn on Invest“ rückte lange Zeit immer weiter in die Zukunft. Dass die Fahrerassistenzsysteme heute akzeptiert werden und als technologische Hoffnungsträger gesehen werden, liegt ganz maßgeblich an Experten wie Dir. Du hast hartnäckig, zielorientiert, qualitätsbewusst, geduldig und immer seriös erklärt:

- Warum brauchen wir Fahrerassistenz?
- Wie wird sie aussehen - die Fahrerassistenz?
- Wann kommt sie - die Fahrerassistenz?

Akademische Ambitionen hast Du bislang wenig gezeigt. Ob die Kollegen an der Fachhochschule Braunschweig-Wolfenbüttel so abschreckend gewirkt haben, die Dich in den 1980er Jahren zum Diplomingenieur Maschinenbau ausgebildet haben? Ob es die Erdung war, die Du durch Deine Lehre zum Werkzeugmacher erfahren hast? Ob Du die Praxis für die bessere Schule und die Hochschule im Grunde doch für entbehrlich hältst?

Sicher bin ich, dass Du jede erstklassige Fakultät als Ehrendoktor bereichern würdest.

Sicher bin ich auch, dass Dir diese Laudatio zwischendurch peinlich war. Hoffentlich lag das nur daran, dass Du nicht gerne gelobt wirst - und nicht daran, dass Deinem Laudator ein erster Schritt misslungen ist.

Bernhard, komm bitte nach vorne. Sie alle bitte ich um einen donnernenden Applaus für Bernhard Lucas.'



Abbildung 5.7: ADAS-Award für Bernhard Lucas





# 6 Die Arbeitsgruppe in den Medien

Unser Institut konnte auch im akademischen Jahr 2011/2012 wiederum ein großes Medienecho erzielen. Im Folgenden findet sich eine Auswahl von Beiträgen und Artikeln.

## 6.1 Rundfunk und Fernsehen

| <b>Medium</b>                 | <b>Datum</b> | <b>Beitrag</b>                       |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| ARD Die Sendung mit der Maus  | 11.03.2012   | „Auto mit Autopilot“                 |
| KIKA Die Sendung mit der Maus | 11.03.2012   | „Auto mit Autopilot“                 |
| Detektor.fm                   | 16.04.2012   | AutoMobil: Wann kommt der Autopilot? |

## 6.2 Zeitungen

| <b>Medium</b>        | <b>Datum</b> | <b>Artikel</b>                |
|----------------------|--------------|-------------------------------|
| AKTIV                | 03.03.2012   | Die schlaunen Autos rollen an |
| Die Zeit             | 19.01.2012   | Roboter im Alltag             |
| Welt am Sonntag      | 27.05.2012   | Forscher Nachwuchs            |
| Neue Zürcher Zeitung | 03.06.2012   | Computer am Steuer            |

| <b>Medium</b>                                  | <b>Datum</b>             | <b>Artikel</b>   |
|--|--------------------------|--|
| Berliner Zeitung                               | 29.06.2012               | Diese ...  |
| Hildesheimer<br>Allgemeine Zeitung             | 18.08.2012               | Ein Kracher in der Golf-Klasse                                     |
| Impulse  | 30.08.2012               | Autodidakten   |
| Neue Westfälische<br>Braunschweiger<br>Zeitung | 14.09.2012<br>27.09.2012 | Mit „RobbyCar“ zur Kanzlerin<br>Autos dürfen sich selber<br>lenken |
| Cellesche Zeitung                              | 27.09.2012               | Vision wird Wirklichkeit   |
| Fränkischer Tag                                | 27.09.2012               | Kalifornien lässt<br>selbststeuernde Fahrzeuge zu                  |
| Hannoversche<br>Allgemeine Zeitung             | 28.09.2012               | Der Autopilot übernimmt  |
| Studi38  | WS2011/<br>2012          | Das Auto der Zukunft fährt<br>uns?                                 |
| Süddeutsche Zeitung                            | 01.10.2012               | Kalifornien erlaubt<br>selbstfahrende Autos                        |

## 6.3 Veröffentlichungen auf Internetseiten

| <b>Medium</b>       | <b>Datum</b> | <b>Artikel</b>  |
|---------------------|--------------|---|
| chiemgau-online.de  | 10.03.2012   | Der Chauffeur ist ein Roboter   |
| elektronikpraxis.de | 10.09.2012   | Die Mobilität der Zukunft -<br>der Autofahrer wird zum<br>Störfaktor  |
| express.de          | 27.09.2012   | In den USA zugelassen<br>„Robo-Autos“: Wann ist es bei<br>uns soweit? |

---


| <b>Medium</b>      | <b>Datum</b> | <b>Artikel</b>  |
|--------------------|--------------|---|
| password-online.de | 10.09.2012   | Sich selbst steuernde Autos legen 500.000 Kilometer fehlerfrei zurück |
| Subway.de          | 10.05.2012   | Googles Geister-Autos sollen in 3-5 Jahren serienreif sein            |

#### Carolo-Cup: (unvollständige Aufstellung)

- Jan 2012 autonomes-fahren.de: Modell Roboter Autos im Wettstreit
- Jan 2012 automotivecluster.de: Neun Mini-Autos kämpfen um den Titel
- 22.01.2012 moep-it.de: Carolo-Cup autonome Modellautos im Wettbewerb
- 23.01.2012 juraforum.de: Neun Mini-Autos kämpfen um den Titel
- 23.01.2012 uni-protokolle.de: Neun Mini-Autos kämpfen um den Titel
- 26.01.2012 nordic-market.de: Carolo-Cup an der TU Braunschweig
- 30.01.2012 braunschweiger-zeitung.de: Carolo-Cup an der TU Braunschweig
- Feb 2012 autonomes-fahren.de: Ergebnis des modell Roboterauto Tests
- 03.02.2012 epd.de: Mini-Flitzer wie von Geisterhand gelenkt
- 07.02.2012 ndr.de: Braunschweiger Team gewinnt "Carolo-Cup"
- 07.02.2012 nordsee-zeitung.de: Studenten lassen Mini-Autos um die Wette flitzen

- 07.02.2012 Bild.de: Studenten lassen Mini-Autos um die Wette flitzen
- 07.02.2012 abendblatt.de: Studenten lassen Mini-Autos um die Wette flitzen
- 07.02.2012 braunschweiger-zeitung.de: Studenten lassen Mini-Autos flitzen
- 08.02.2012 braunschweiger-zeitung.de: Carolinchen entschädigt Studenten...
- 08.02.2012 idw-online.de: Das Team der TU Braunschweig gewinnt...
- 08.02.2012 juraforum.de: Das Team der TU Braunschweig gewinnt...
- 08.02.2012 facebook.de: Post zu Carolo-Cup
- 08.02.2012 fh-zwickau.de: WHZ-Studenten werden Dritter...
- 09.02.2012 zwickau.de: WHZ-Studenten werden Dritter...
- 10.02.2012 uni-ulm.de: Ulmer Spatz fährt auf 2. Platz
- 11.02.2012 freipresse.de: Zwickau: Studenten auf Platz 3 bei Carolo-Cup
- 14.02.2012 innovationsregion-ulm.de: Ulmer Spatz fährt auf Platz 2...
- April 2012 tu-braunschweig.de: Spannendes Kopf-an-Kopf-Rennen
- Juni 2012 Unimagazin Campushunter
- Oktober 2012 Zukx, Ausgabe 2/2012: CDLC - Auf großer Fahrt mit Carolinchen





Technische Universität Braunschweig  
Institut für Regelungstechnik  
Hans-Sommer-Str. 66  
38106 Braunschweig

ISBN: 978-3-9814969-1-8