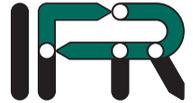




Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für  
Regelungstechnik



# Elektronische Fahrzeugsysteme 2013

Jahresbericht: Akademisches Jahr 2012/2013

Markus Maurer, Bernd Lichte (Hrsg.)



## **Impressum**

Copyright: © 2013

Technische Universität Braunschweig

Institut für Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer, Dr.-Ing. Bernd Lichte (Hrsg.)

ISBN: 978-3-9814969-2-5

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Mitarbeiter</b>	<b>9</b>
2.1	Mitarbeiter im Berichtszeitraum . . . . .	9
2.2	Neue Mitarbeiter . . . . .	11
2.3	Neue Doktoranden . . . . .	18
2.4	Personalien . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Lehre</b>	<b>23</b>
3.1	Übersicht . . . . .	23
3.2	Neues aus der Lehre . . . . .	24
3.3	Qualitätssicherung in der Lehre . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Berichte aus der Forschung</b>	<b>47</b>
4.1	Autonomes Fahren und Fahrerassistenz . . . . .	47
4.2	Fahrzeugsystemtechnik . . . . .	58
<b>5</b>	<b>Ereignisse</b>	<b>73</b>
5.1	Uni-DAS Doktorandenworkshop . . . . .	73
5.2	Carolo Cup 2013 . . . . .	74
5.3	„Wissen leuchtet“ NFF-Gemeinschaftsstand auf der TU-Night 2013 mit Leonie . . . . .	78
5.4	Leonie im Schweizer Fernsehen . . . . .	80
5.5	Erster NFF-Doktorandentag im MobileLifeCampus Wolfsburg . . . . .	80

5.6	Kindermuseum Fulda . . . . .	84
5.7	„Leonie“ im KiKA in „Erde an Zukunft“ . . . . .	85
5.8	Feste am Institut . . . . .	85
<b>6</b>	<b>Veröffentlichungen</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>Die Arbeitsgruppe in den Medien</b>	<b>89</b>
7.1	Rundfunk und Fernsehen . . . . .	89
7.2	Zeitungen . . . . .	89
7.3	Veröffentlichungen auf Internetseiten . . . . .	91

# 1 Vorwort

*von Markus Maurer*

„Klein aber fein“, so lautete das Fazit von Wendelin Göbel, Generalsekretär des Volkswagen Konzerns, nach seinem Besuch unserer Arbeitsgruppe im August 2013. Dadurch fühlen wir uns auf das Vorteilhafteste beschrieben. Natürlich sind wir klein verglichen mit einem Weltkonzern mit 550.000 Mitarbeitern.

Mehr als fünf Jahre nach meinem Start in Braunschweig haben wir bereits die obere Grenze der geplanten Gruppengröße überschritten. Kapazitätsgrenzen werden in unterschiedlicher Form sichtbar. Die Büros und Werkstattflächen in Braunschweig sind bestens ausgelastet. Auch in Wolfsburg auf dem Mobile Life Campus findet eine aktive Priorisierung statt, welche Gruppen weiter dort forschen dürfen.

Zunächst sind die Kapazitätsgrenzen sichtbare Zeichen des Erfolgs. Das autonome Fahren, an dem ich persönlich seit zwanzig Jahren forsche, war Schwerpunktthema auf der vergangenen IAA in Frankfurt. Unser Forschungsfahrzeug „Mobile“, das unter der Leitung von Peter Bergmiller von vielen engagierten Studierenden und wissenschaftlichen Mitarbeitern entworfen, aufgebaut und in Betrieb genommen wurde, findet beste Resonanz unter Fachleuten und in den Medien. Es wird auch der ersten DFG-Forschergruppe, an der wir beteiligt sind, als Entwicklungsplattform dienen. Die Daimler und Benz Stiftung hat mich beauftragt, im Projekt „Autonomes Fahren - Förderprojekt Villa Ladenburg“ im Kernteam und als Sprecher mitzuarbeiten und in dieser Rolle den gesellschaftlichen Dialog zum Thema zu intensivieren.

Unsere Absolventen sind in der Automobilindustrie sehr gesucht. Die Arbeitsgruppe ist attraktiv für die starken Nachwuchskräfte aus den eigenen Reihen und von anderen namhaften Universitäten.

Nur über ausgewählte Projekte dürfen wir an dieser Stelle berichten. Aktuell überwiegen die industriegeförderten Aktivitäten, über die wir oft nur deutlich zeitverzögert oder in abstrahierter Form publizieren werden. So entsteht zwangsläufig in diesem Bericht ein lückenhaftes Abbild unserer Aktivitäten.

Die anstehende Reakkreditierung des Bachelor- und Masterstudiengangs Elektrotechnik haben wir zum Anlass genommen, das Profil unserer Lehrveranstaltungen deutlich zu schärfen. Froh sind wir über das neue Format des Oberseminars, in dem wir die Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Arbeiten besonders interessierter Studierender und der wissenschaftlichen Mitarbeiter gezielt fördern und fordern.

Der Rückblick auf das vergangene akademische Jahr macht uns dankbar. Dankbar für den Einsatz und die Erfolge unserer Wissenschaftler und Studierenden. Dankbar für die Unterstützung der Fakultät für Elektrotechnik und des Präsidiums der TU Braunschweig, die unsere experimentellen Arbeiten erst möglich machen. Dankbar für das Vertrauen unserer Kunden, die uns die Möglichkeit geben, unsere Ansätze und Methoden an praxisrelevanten Aufgabenstellungen und in konkreten Fahrzeugplattformen zu prüfen und zu ertüchtigen.

Der besondere Dank gilt an dieser Stelle allen, die an diesem Jahrbuch mitgewirkt haben: Allen Autoren, Bernd, Stefanie und Veronika als Mit-Herausgeber, Lektorinnen und Organisatorinnen.

Die angesprochenen Kapazitätsgrenzen sind für uns Motivation und Auftrag zur Veränderung: Wir werden unsere Gruppenstruktur an die neue Größe anpassen. Wir beabsichtigen, eine weitere Halle auf dem

Campus Nord zu renovieren und als Werkstatt zu nutzen. Persönlich würde ich mir wünschen, dass wir unsere Zusammenarbeit mit dem Formula Student Team aus Braunschweig intensivieren und auf Dauer auch wissenschaftliche Nachwuchskräfte aus diesem Team gewinnen können. Die gute Auftragslage werden wir nutzen, um unsere Forschungsansätze weiter thematisch und methodisch zu schärfen.



# 2 Mitarbeiter

## 2.1 Mitarbeiter im Berichtszeitraum

Während des akademischen Jahres 2012/2013 waren die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme an unserem Institut beschäftigt:

<b>Mitarbeiter</b>	<b>Aufgabenbereich</b>
Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer	Leitung
Prof. Dr.-Ing. Thomas Form	Honorarprofessor
Dr.-Ing. Bernd Lichte	Standortleitung in Wolfsburg
Dr. phil. Veronika Krapf	Assistenz der Institutsleitung
Stefanie Scheffer	Sekretärin
Dipl.-Ing. Oussama Alaya	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Peter Bergmiller	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Horea Cernat	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Frank Dierkes	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Richard Matthaedi	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Fabian Schuldt	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
M.Sc. Jens Rieken	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dr.-Ing. Yevgen Sklyarenko	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Torben Stolte	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
M.Sc. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Simon Ulbrich	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
M.Sc. Jan Timo Wendler	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Mohamed Brahmi	Gastwissenschaftler

**Mitarbeiter**

M.Sc. Jaebum Choi  
 B.Sc. Bashar Ibrahim  
 Dr.-Ing. Sven A. Beiker  
 B.Eng. Sven Böhme

**Aufgabenbereich**

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  
 Denise Arenhövel  
 Selena Brauch  
 Robert Haider  
 Dominic Heinemann  
 Luc Möbius  
 Pierre Trenkner  
 Milan von Wittke

**Aufgabenbereich**

Akademischer Rat  
 Sicherheitsbeauftragter  
 Technik  
 Technik  
 Auszubildende Technik  
 Auszubildende Technik  
 Auszubildender Technik  
 Auszubildender Technik  
 Auszubildender Technik  
 Auszubildender Technik  
 Auszubildender 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  
 M.Sc. Ahmed Ragab  
 Dipl.-Ing. Max Schmidt

**Firma**

Daimler AG  
 Hella KGaA Hueck & Co. KG  
 Volkswagen AG  
 WABCO Development GmbH  
 Audi AG

## 2.2 Neue Mitarbeiter

Das Institut für Regelungstechnik freut sich sehr, auch in diesem Berichtszeitraum wieder neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in unserer Arbeitsgruppe „Elektronische Fahrzeugsysteme“ willkommen heißen zu können.

### 2.2.1 Oussama Alaya

*von Oussama Alaya*



Seit September 2013 unterstütze ich die Arbeitsgruppe als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsgebiet „Fahrerassistenzsysteme“.

Ich habe von 2005 bis 2011 an der Uni-Bremen Elektrotechnik mit der Vertiefungsrichtung Automatisierungstechnik studiert. Aufgrund meines Interesses für den Einsatz von mathematischen Verfahren in technischen Problemen habe ich nebenbei mit dem Studium Technomathematik angefangen. Einen ersten Kontakt mit dem automotiven Bereich konnte ich im Rahmen meiner Abschlussarbeiten bei der Volkswagen AG und der Robert Bosch GmbH knüpfen. Dadurch hatte ich die Möglichkeit, in zwei spannenden Forschungsprojekten mitzuarbeiten, nämlich in den Projekten „Aktive Bedämpfung von Motordrehmomenten“ und „Verfolgung von dynamischen Objekten in der Fahrzeugumgebung“.

Danach war ich am „KIT“ (Karlsruher Institut für Technologie) und an der Universität Stuttgart als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Ich habe mich dort unter anderem mit den Themen „Intraoperative Bewegungssynchronisation von Instrumenten bei robotergestützten Operationen am schlagenden Herzen“ und „Verteilte Regelung von vernetzten Systemen“ beschäftigt.

Am Institut arbeite an einem Forschungsprojekt in Kooperation mit der WABCO Development GmbH. Ich beschäftige mich mit der Entwicklung von einem energiesparenden „Adaptive Cruise Control System“ für schwere Nutzfahrzeuge. Das Ziel des Projektes ist es, basierend auf prädiktiven Streckendaten geeignete Regelungs- und Optimierungsverfahren für die Energie-minimierende Geschwindigkeitsregelung zu entwickeln. Die Besonderheit des Projektes ist die Verknüpfung spannender Gebiete (wie Modellierung, echtzeitfähige Regelung und Simulation von technischen Systemen) mit einer sehr anspruchsvollen Anwendung. Ich freue mich auf die Zusammenarbeit im Institut.

### 2.2.2 Frank Dierkes

*von Frank Dierkes*



Seit Juni 2013 gehöre ich nun als wissenschaftlicher Mitarbeiter zur Arbeitsgruppe Elektronische Fahrzeugsysteme. Nach einem Monat am In-

stitut in Braunschweig, wo ich sehr herzlich aufgenommen wurde, ging es für mich weiter nach Ingolstadt. Im Rahmen des UR:BAN-Projekts arbeite ich dort in der Vorentwicklung der Audi AG, im Projekthaus Fahrerassistenzsysteme, an zukünftigen autonomen Fahrzeugen.

Nach dem Abitur am König-Wilhelm-Gymnasium in Höxter, meiner Geburts- und Heimatstadt im schönen Weserbergland, zog es mich zunächst zum Studium an die RWTH nach Aachen. Ausschlaggebend war der dort angebotene Studiengang Technische Informatik. Schon zu meiner Schulzeit interessierte ich mich sehr für Informatik, „irgendetwas mit Computern“ lag also nahe. Allerdings wollte ich nicht rein in der virtuellen Welt agieren und suchte daher den Bezug zur Physik und zur Technik. So empfand ich den Ingenieursstudiengang Technische Informatik als für mich ideale Lösung und entschied mich, mit einer rückblickend noch undeutlichen Vorstellung vom Fach, aber schon einer vagen Vorstellung von einer Zukunft in der Forschung, vielleicht in der Robotik, für Aachen.

Mit den Semestern verschob sich der Schwerpunkt meines Studiums mehr und mehr in Richtung digitale Signalverarbeitung. So arbeitete ich unter anderem am Lehrstuhl für Bildverarbeitung im Bereich Medizintechnik an der Klassifikation von Zellen sowie zu guter Letzt in meiner Diplomarbeit am Institut für Technische Akustik an der Messung winkelabhängiger Reflexionsfaktoren von Schallabsorbern. Zuvor verbrachte ich noch ein halbes Jahr bei Siemens Corporate Research in Princeton, New Jersey, wo ich ein Versuchsfahrzeug mit einem Sensorsystem zur Umfeldwahrnehmung ausrüsten durfte.

Besonders diese letzten Stationen gaben das entscheidende Moment, nach Abschluss des Studiums den Weg in die Forschung zu suchen. Zum einen das Kennenlernen des Forschungsbetriebs bei Siemens Corporate Research, zum anderen der Spaß am wissenschaftlichen Arbeiten am

Institut für Technische Akustik. So bin ich sehr froh darüber, mich nun am Institut für Regelungstechnik auf einem Gebiet wissenschaftlich austoben zu dürfen, das mich mit entscheidend zu und in meinem Studium motiviert hat.

Sollte ich nicht gerade programmieren oder mir wissenschaftliche Literatur zu Gemüte führen, hin und wieder soll das vorkommen, bin ich sehr für Musik, Sport und Sprachen zu begeistern.

### 2.2.3 Jens Rieken

*von Jens Rieken*



Nachdem ich die Aufnahme in den letzten Jahresbericht um genau einen Tag verpasst habe, darf ich nun in diesem Jahr und an dieser Stelle berichten, wie es mich an dieses Institut verschlagen hat.

Alles begann, wie so oft, bereits in der Schulzeit. Bereits in frühen Jahren hatte ich ein großes Interesse für technische Zusammenhänge. Nach dem Abitur in Emden, meinem Heimatort direkt an der schönen Nordsee, konnte ich einen Platz im Programm *Studium im Praxisverbund* ergattern. Die Besonderheit dieses Kooperations-Projekts zwischen der Fachhochschule Emden/Leer und der Volkswagen AG war die Kombination einer beruflichen Ausbildung mit einem Studium der Elektro-

technik. Neben den akademischen Aspekten hatte es mir insbesondere der hohe praktische Anteil in diesem Programm angetan, da ich nicht nur graue Theorie kennenlernen wollte. Einen Teil der beruflichen Ausbildung absolvierte ich im Presswerk des VW-Werks in Emden, wo ich auch während der Anfertigung meiner Bachelor-Thesis meinem Bastel-Trieb nachgehen konnte.

Mit dem Bachelor-Zeugnis in der Hand stellte sich die Frage des weiteren Werdegangs. Nach reichlichen Überlegungen entschied ich mich für ein Master-Studium im Bereich der Elektrotechnik an der TU Braunschweig. Durch meine gewählte Vertiefungsrichtung Mechatronik und Messtechnik besuchte ich auch einige Vorlesungen an diesem Institut. Kurze Zeit später war ich bereits als HiWi bei Peter Bergmiller eingestellt und arbeitete am Versuchsfahrzeug Mobile mit, über welches ich ebenfalls meine Master-Thesis geschrieben habe.

Parallel hierzu entdeckte ich mein Interesse für elektronische Fahrzeugsysteme. Durch die Teilnahme am Summercamp und Gespräche mit Kommilitoninnen und Kommilitonen motiviert, wurde ich Mitglied im Team CDLC. In vielen schlaflosen Nächten schafften wir es, unser autonomes Modellfahrzeug *Carolinen* fertigzustellen und im Februar 2012 den ersten Platz beim Carolo-Cup zu gewinnen. Während dieser Zeit entschied sich für mich, dass ich auch nach Abschluss des Studiums in diesem Bereich tätig sein möchte. Aus dieser Entscheidung entwickelte sich schnell eine Stelle als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Institut.

Hier habe ich seit Oktober 2012, neben einigen weiteren Aufgaben, die Betreuung des Feldbuslabors und der Vorlesung *Datenbussysteme* sowie die Mitorganisation des Carolo-Cups übernommen. Der Schwerpunkt meiner wissenschaftlichen Tätigkeiten liegt im Bereich der Umfeldwahrnehmung für automatische Fahrzeuge, insbesondere der Erfassung

anderer Verkehrsteilnehmer. Dieses Thema bearbeite ich sowohl in Industrieprojekten als auch im Stadtpiloten.

### 2.2.4 Jan Timo Wendler

*von Jan Timo Wendler*



Seit einigen Monaten bin auch ich wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Regelungstechnik in der Arbeitsgruppe „Elektronische Fahrzeugsysteme“. Doch wie kam es überhaupt dazu?

Geboren bin ich in Hamburg, habe jedoch fast mein ganzes Leben in Wolfenbüttel verbracht. In der Oberstufe hat sich herauskristallisiert, dass mich zwei Themenbereiche besonders interessieren: Zum einen die Informatik und zum anderen die Elektrotechnik. Nachdem ich mich für keines der Gebiete entscheiden konnte, war ich erfreut zu erfahren, dass der Studiengang Informations-Systemtechnik beide Bereiche abdeckt.

Die Weichen waren gestellt und ich habe mich 2007 an der Technischen Universität Braunschweig immatrikuliert. Im Laufe des Studiums hat sich herausgestellt, dass ich ein besonderes Interesse an der Fahrzeugelektronik habe. Folglich habe ich im Masterstudium die Vertiefungsrichtung „Computer Engineering and Embedded Systems Platforms“ gewählt und insbesondere Vorlesungen aus dem Bereich „Elektroni-

sche Fahrzeugsysteme“ gehört. So war es auch kein Wunder, dass ich als Hilfswissenschaftler am Institut für Regelungstechnik am Projekt „Stadtpilot“ mitgearbeitet habe. Das im Studium vorgesehene Praktikum habe ich bei der IAV GmbH in Gifhorn absolviert. Dort erhielt ich Einblicke in die Serienentwicklung beziehungsweise in die Inbetriebnahme eines Telematiksteuergerätes. Anschließend habe ich meine Masterarbeit „Software-in-the-Loop in a Moving Vehicle“ am IfR verfasst.

Seit April 2013 bin ich am Institut angestellt. Am Institut betreue ich das Labor „Vernetzung und Diagnose im Kraftfahrzeug“ und arbeite an dem Versuchsträger „Henry“ in dem Projekt „360° Rundumsicht mit Radarsensoren“. In der Freizeit betätige ich mich gern sportlich und mache unter anderem beim wöchentlichen Institutsfußball mit.

## 2.2.5 Neue Mitarbeiter in der Werkstatt

*von Bernd Lichte*



Auch im aktuellen Berichtszeitraum haben in unserer Werkstatt wieder zwei Auszubildende ihre Lehre begonnen. Robert Haider und Dominic Heinemann werden von unserem Meister Andreas Rusniok betreut.

## 2.3 Neue Doktoranden

### 2.3.1 Ahmed Ragab

*von Ahmed Ragab*



Seit Oktober 2013 bin ich offiziell ein externer Doktorand an dem Institut für Regelungstechnik. Wenn ich meinen Weg bis zu diesem Zeitpunkt betrachte, fallen mir sehr viele Ereignisse ein, die ich gerne erzählen würde. Ich mache es hier aber kurz.

Ich komme ursprünglich aus Ägypten, wo ich mein Bachelor-Studium der Elektronik und Nachrichtentechnik an der Universität Ain-Shams (Kairo - Ägypten) absolviert habe. Während meines Studiums hat mich ganz stark die Regelungstechnik fasziniert, insbesondere wenn sie in Verbindung mit der Elektronik und Software bearbeitet wird. Meine Begeisterung führte dazu, dass ich meine Freizeit intensiv für praktische Projekte außerhalb des Studiums nutzte, weil es an der Universität selber nicht sehr viele Möglichkeiten gab. Nach meinem Bachelor-Abschluss habe ich ein akademisches Stipendium vom „Information Technology Institut“ (Giza - Ägypten) bekommen, das eine Partnerschaft mit dem Heinz-Nixdorf-Institut sowie eine Kooperation mit der Universität Paderborn hatte. Auf diese Weise habe ich meinen Master mit dem Titel „Joint Studies of Applied Mechatronics“ zweiseitig bzw. zweispra-

chig (Englisch in Ägypten und Deutsch in Deutschland) abgeschlossen. Meine Masterarbeit habe ich bei „Daimler AG - Trucks“ in Stuttgart geschrieben, was mein Interesse einerseits für Schwermaschinen andererseits für Fahrerassistenzsysteme geweckt hat.

Durch meine Vorkenntnisse im Bereich der Software und der Elektronik habe ich meine Karriere als Softwareingenieur für Fahrerassistenzsysteme im Januar 2009 bei einem OEM-Zulieferer angefangen. Nach einigen Jahren in der Industrie und nachdem ich Erfahrungen in der Business, Produkt- und Systementwicklung gesammelt hatte, wollte ich meinen Fokus wieder in die Richtung der Forschung setzen. So ist es erneut möglich, wissenschaftliche Kenntnisse zu vertiefen, neue Themen zu erforschen und einfach innovativ und kreativ zu arbeiten. Das passiert zwar auch in der Industrie, dennoch hat es an der Universität einen anderen Geschmack.

Mein Arbeitgeber (WABCO GmbH) bot mir an zu promovieren. Diese Möglichkeit habe ich genutzt, wodurch ich im Moment gemeinsam mit dem IfR an einem interessanten Forschungsprojekt der Produktentwicklung arbeite.

### **2.3.2 Max Schmidt**

*von Max Schmidt*

Nach dem Abitur 2005 in Kassel habe ich mich entschieden, ein Maschinenbaustudium an der Technischen Universität Hamburg-Harburg zu beginnen. Nach dem Vordiplom habe ich dann die Vertiefungsrichtung Mechatronik gewählt. Während des Studiums hatte ich die Chance, verschiedene Bereiche der Ingenieurwissenschaften kennen zu lernen. Am Institut für Thermofluidodynamik habe ich mehrere Jahre als Hiwi gearbeitet und einen Teststand für Kühlplatten für Leistungselektronik aufgebaut und betreut.



Während einer Studienarbeit habe ich gemeinsam mit einem Kommilitonen einen Roboterarm aufgebaut und eine hybride Kraft-Weg-Regelung realisiert. Schon hier habe ich angefangen, mich für Robotik zu begeistern.

Nach einem Auslandsaufenthalt in Neuseeland und Australien hatte ich dann die Möglichkeit, meine Diplomarbeit bei der Firma Bertrandt AG zu schreiben. Ich habe mich mit der Erkennung von ausscherehenden Fahrzeugen in Autobahnsituationen beschäftigt.

Im Zuge der Diplomarbeit kam auch der Kontakt zur Abteilung „Entwicklung Fahrerassistenzsysteme“ der AUDI AG zustande. Nach dem Abschluss meiner Arbeit war für mich klar, dass ich weiter wissenschaftlich arbeiten will und eine Promotion das Richtige für mich ist. Mittlerweile bin ich als Doktorand bei der AUDI AG angestellt und beschäftige mich mit der Situationsrepräsentation für hochautomatisierte Fahrerassistenzsysteme. Die wissenschaftliche Betreuung erfolgt durch Herrn Professor Maurer.

In dem Förderprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie „UR:BAN“ sollen Ergebnisse meiner Arbeit zu verbesserten Fahrerassistenzsystemen im urbanen Raum beitragen.

## 2.4 Personalien

*von Markus Maurer*

Die Position von Sven Böhme, unserem Prototypenbauer, wurde im vergangenen Jahr wegen der überzeugenden Leistungen von Sven und dem gesamten Team entfristet. Herzlichen Dank dafür an Sven, das Team und die Kollegen der Fakultät. Ein besonderer Dank geht an Holger Stegert, dem Geschäftsführer der Fakultät, der uns in den Verhandlungen mit der Fakultät bestens unterstützt hat.

Auch die Leistungen von Bernd Lichte in der Arbeitsgruppe wurden weithin sichtbar und gewürdigt. Bernd wurde aufgefordert, sich auf die Professur „Regelungstechnik“ an der Hochschule „Ostfalia“ zu bewerben. Auf diese Position hat er den Ruf erhalten. Herzliche Glückwünsche aus dem ganzen Team!

Unser Absolvent Jörn Marten Wille wurde zum Assistenten des Leiters „Entwicklung Fahrwerk“ bei Volkswagen ernannt. Auch zu diesem neuen Karriereschritt unsere besten Glückwünsche!



# 3 Lehre

## 3.1 Übersicht

Folgende Veranstaltungen haben wir im vergangenen Jahr angeboten:

<b>Vorlesungen</b>	<b>Vortragender</b>	<b>Zeitraum</b>
Datenbussysteme	Dr. Grobe & J. Rieken	WiSe 12/13
Elektromagnetische Verträglichkeit in der Fahrzeugtechnik	Prof. Form	SoSe 13
Elektronische Fahrzeugsysteme	Prof. Form	WiSe 12/13
Fahrzeugsystemtechnik	Prof. Maurer	SoSe 13
Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung	Prof. Maurer	SoSe 13
Grundlagen der Elektrotechnik	Prof. Maurer	WiSe 12/13
System Dynamics	Dr. Beiker	SoSe 13
Oberseminar	Prof. Maurer	WiSe 12/13 & SoSe 13
<b>Labore</b>		<b>Zeitraum</b>
Entwurf von vernetzten eingebetteten Fahrzeugsystemen		WiSe 12/13 & SoSe 13
Feldbussysteme in der Automatisierungstechnik		SoSe 13
Vernetzung und Diagnose im Kraftfahrzeug		WiSe 12/13

## 3.2 Neues aus der Lehre

### 3.2.1 Reakkreditierung der Studiengänge Elektrotechnik

*von Markus Maurer*

Im Sommer 2013 stand die Reakkreditierung unseres Lehrangebotes im Rahmen der Studiengänge Bachelor und Master Elektrotechnik an. Dies bot eine günstige Gelegenheit, Bilanz zu ziehen und - wo erforderlich - größere Korrekturen anzubringen.

Insgesamt fällt das Fazit, wie auch in den anderen Artikeln zum Thema „Lehre“ in diesem Jahr und in den Vorjahren deutlich wird, sehr positiv aus. Das grundsätzliche Angebot, das in Teilen noch von Thomas Form als meinem Vorgänger stammt, wird von den Studierenden angenommen und geschätzt (siehe auch Abschnitt 3.3).

Eingeführt bei der Umstrukturierung haben wir die stärkere Differenzierung der Leistungsanforderungen nach Bachelor- und Master-Studiengang.

Das Schwergewicht im Lehrangebot im Bachelor ist weiterhin die Vorlesung „Grundlagen der Elektrotechnik“, die Pflichtfach für die Hörerinnen und Hörer der großen Studienrichtungen der Fakultät für Elektrotechnik ist. Im Rahmen der Spezialisierung im Bachelor können die Studierenden die Vorlesung „Datenbussysteme“ im 5. Semester hören, die seit dem letzten Wintersemester Marcus Grobe mit der Unterstützung von wissenschaftlichen Mitarbeitern hält. Im 6. Semester biete ich die Vorlesung „Fahrzeugsystemtechnik“ an, die die Vorlesung „Elektronische Fahrzeugsysteme 2“ ablöst. Hier werden die methodischen Grundlagen für eine systemische Fahrzeugentwicklung

gelehrt, die dann in den Vorlesungen im Master-Studium vorausgesetzt werden. Weitere thematische Vertiefungen im Bachelor sind durch Engagement im Carolo-Cup, der Formula Student, durch Seminarvorträge oder Bachelorarbeiten möglich.

Im Master-Studium werden unterschiedliche Vertiefungen in den Vorlesungen „Elektronische Fahrzeugsysteme“, „Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung“, „Elektromagnetische Verträglichkeit in der Fahrzeugtechnik“ und „System Dynamics“ angeboten. Eine besondere Vertiefung ausgesuchter Forschungsthemen ist im Oberseminar wählbar, das ganzjährig angeboten wird. Wie auch im Bachelor kann das Studium im Master durch zahlreiche praktische Aktivitäten vertieft werden: Die Labore „Vernetzung & Diagnose“ und „Feldbussysteme“, das Engagement im „Carolo-Cup“, der „Formula Student“ oder im „Summercamp“, Seminarvorträge und Masterarbeiten runden das Programm ab.

Mein herzlicher Dank geht an alle Lehrenden an unserem Institut. Der besondere Dank geht - wie auch in den Vorjahren - an Thomas Form und Sven Beiker, die als Honorarprofessor und Lehrbeauftragter bei uns lehren. Jörg Schöbel und Holger Stegert haben uns besonders bei der Reakkreditierung geholfen: Auch Euch meinen herzlichen Dank, stellvertretend für alle, die an der Reakkreditierung mitgewirkt haben.

### **3.2.2 Oberseminar**

*von Simon Ulbrich*

Im Rahmen unserer Vertiefungsvorlesungen in den Masterstudiengängen konnten wir zwei Dinge erkennen: Einerseits sorgen extrakurrikul-

lare Engagements von Studierenden z.B. im Rahmen des CaroloCups oder des Lions-Racing-Teams dafür, dass einige hier engagierte Studierende fachlich das Niveau der angebotenen Vorlesungen bereits um Längen überholt haben und daher in unseren Vertiefungsveranstaltungen schlicht unterfordert sind. Andererseits obliegt es den Studierenden meist selbst, sich das wissenschaftliche Handwerkszeug zu erarbeiten, um bei der Fortsetzung einer wissenschaftlichen Karriere erfolgreich zu forschen und zu publizieren. Mit dem neu initiierten Oberseminar möchte unser Institut genau diese Kluft adressieren. Das Oberseminar „Elektronische Fahrzeugsysteme“ ist eine Plattform zum wissenschaftlichen Austausch, Lernen und Weiterentwickeln für leistungsstarke Studierende und Promovierende.

Das Oberseminar wird im Rahmen der Niedersächsischen Technischen Hochschule (NTH) und als Teil des Forschungsfelds „intelligentes Fahrzeug“ des Niedersächsischen Forschungszentrums für Fahrzeugtechnik (NFF) ausgerichtet. Es soll dabei speziell auch dem Austausch und der Vernetzung der verschiedenen Lehrstühle und Universitäten dienen.

Das Oberseminar wurde im Wintersemester 2012/2013 und im Sommersemester 2013 angeboten. Im Rahmen der ersten beiden Semester des Oberseminars haben damit bisher 23 Vortragende eine weite Spanne an Themen präsentiert. Den Vortragenden sei herzlich für die spannenden Beiträge gedankt; den Zuhörern für die regen Diskussionsbeiträge.

<b>Vortragender</b>	<b>Thema</b>
Markus Maurer	Eröffnung der Veranstaltung und Impulsvortrag
Sandro Schulze	Wissenschaftliches Schreiben I und II
Johanna Matthaei	Entwurf einer probabilistischen Umfeldwahrnehmung und Objektverfolgung
Richard Matthaei	Umfeldwahrnehmungsarchitektur zur flexiblen Einbindung von A-Priori-Karten für Fahrerassistenzsysteme
Andreas Reschka	Unterschiede zwischen Fahrerassistenzsystemen und automatischem Fahren bezüglich Sicherheitsbetrachtungen
Eckehard Schnieder	Design to Safety: Verflechtung der Sicherheit und Systementwicklung bei Fahrerassistenzsystemen
Jaebum Choi	The environment perception with Velodyne Lidar
Simon Ulbrich	Probabilistische Entscheidungsfindung für Spurwechselsituationen mittels POMDPs
Roman Henze	Längsregel-/Notbremssysteme oder Adaptive Querregelung unter Berücksichtigung des Fahrervermögens
Gerrit Bagschik	Team CDLC
Andreas Rausch	Architektur eines Transportroboters, der sich autonom unter Menschen bewegt
Philipp Heck	Unfallfolgenminderung im Querverkehr
Markus Maurer	Abschluss der Veranstaltung

Tabelle 3.1: Themen im Wintersemester 2012/2013

<b>Vortragender</b>	<b>Thema</b>
Markus Maurer	Eröffnung der Veranstaltung und „Do's and Don'ts für Dissertationen“
Sandro Schulze	Wissenschaftliches Schreiben I und II
Torben Stolte	Einführung ISO 26262
Peter Bergmiller	Abstrahierte Selbstrepräsentation flexibler Fahrzeuge als Grundlage für Fahrerinformation und Entscheidungsfindung
Sebastian Ohl	AUTOSAR in der Praxis
Jan Timo Wendler	Software-in-the-Loop in a Moving Vehicle
Horea Cernat	Elektronische Stabilitätskontrolle
Fabian Schuldt	Effiziente systematische Testgenerierung für FAS
Ina Schäfer	Effizientes Testen
Christoph Knieke	Softwareentwicklung
Felix Lotz	Einbindung eines Verhaltensplaner-Moduls in eine Architektur für die teilautomatisierte Fahrzeugführung
Mohamed Brahmi	Metriken zur Referenzierung und Bewertung von Systemen
Simon Ulbrich	Abschluss der Veranstaltung

Tabelle 3.2: Themen im Sommersemester 2013

### 3.2.3 Das CDLC-Team 2013

*vom CDLC-Team*

**Das Team** Bei dem Carolo Cup 2013 haben wir den zweiten Platz erreicht. Um auch beim nächsten Cup wieder erfolgreich antreten zu können, kostete es eine Menge Organisation und Neustrukturierung. Viele unserer ehemaligen Teammitglieder haben ihr Studium abgeschlossen

und große Lücken hinterlassen. Wir freuen uns aber, auch in diesem Jahr neue Mitglieder in unserem Team begrüßen zu dürfen. So besteht das Team CDLC für den Carolo Cup 2014 derzeit aus zehn Mitgliedern der Studiengänge Elektrotechnik, Informations-Systemtechnik, Informatik und Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik.

**Öffentlichkeit** Das öffentliche Interesse war auch beim letzten Carolo Cup wieder sehr groß. So ist auch das Medieninteresse im Vergleich zum Vorjahr stark gestiegen. Während des Wettbewerbes berichtete der NDR live vom Rand der Strecke über das Geschehen und konnte ein großes Publikum begeistern. Auch die Braunschweiger Zeitung berichtete umfassend über den Carolo Cup.

Auch folgende Online-Redaktionen haben sich für uns interessiert:

- [robotspot.de](http://robotspot.de)
- [connecticum.de](http://connecticum.de)
- [autonomes-fahren.de](http://autonomes-fahren.de)
- [it-region38.de](http://it-region38.de)

## Carolo Cup 2014

**Entwicklung Hardware** Aufgrund des Generationenwechsels und der damit einhergehenden Teamschwächung haben wir uns für den groben Erhalt der Software und Hardware entschieden. Nichtsdestotrotz haben wir aus den Problemen des letzten Cups gelernt und viele Änderungen in das System unseres neuen autonomen Fahrzeugs *Carolinchen 6* eingebracht.

Bei der Hardware lässt sich die größte Neuerung in der Sensorik beobachten. Ein neuer Laserscanner ersetzt die Infrarot-Sensoren an der Front und den grünen Linienlaser. In einem Öffnungswinkel von 270°

scannt er den Bereich vor und neben dem Fahrzeug und liefert uns so genauere Werte über die Position und Entfernung der Hindernisse. Die hohe Reichweite des Scanners ermöglicht uns das frühzeitige Erkennen von Hindernissen.

Zur Objekterkennung wurde im letzten Cup die grüne Linie des Linienlasers aus dem Kamerabild extrahiert. Durch Einsatz des neuen Laserscanners entfällt diese Prozedur und ermöglicht es uns, auf eine Schwarz-Weiß-Kamera umzusteigen. Dank der höheren Kontraste und niedrigeren Datenrate des Kamerabildes erhoffen wir uns, die Straße auch unter schlechten Lichtverhältnissen besser erkennen und die Daten schneller verarbeiten zu können.

Das Gyroskop, die Inkrementalgeber und die zum Einparken eingesetzten IR-Sensoren zur rechten Seite haben sich stets als zuverlässiger Teil unserer Sensorik behauptet und werden daher erhalten bleiben.

**Entwicklung Software** Unser neues Konzept erhöht insbesondere die Performanz unserer Software. So profitiert die Bildverarbeitung von dem Wegfall der Farbinformationen. Unser Konzept beinhaltet auch eine neue Methode zum Erkennen der Straßenelemente. So wurden die Algorithmen dahingehend verbessert, dass das Bild gezielt auf Straßenelemente abgetastet werden kann, indem der Suchbereich dynamisch angepasst wird. Durch das überarbeitete System wurden bekannte Problemstellen aus dem Vorjahr behoben, wie zum Beispiel eng aneinanderliegende Straßen. Zur Erkennung von Hindernissen wird das bisher verwendete Konzept der gitterbasierten Umfeldkarte verworfen. Stattdessen werden aus den fusionierten Infrarot- und Laserdaten konkrete Objekte erzeugt. Informationen über Dimension und Position der Kartons lassen sich somit frühzeitig und genau bestimmen, was uns nicht nur bei der Hindernisfahrt, sondern auch beim Einparken Vorteile bringen kann.

**Entwicklungsstand** Derzeit findet sich unser Fahrzeug im Hardwareaufbau. Die erste manuelle Fahrt wurde bereits absolviert. Ob und wann ein zweites Fahrzeug aufgebaut wird, entscheidet sich im Laufe der nächsten Wochen. Die Softwareentwicklung läuft parallel und befindet sich in einem frühen Stadium. Wir sind zuversichtlich, bis zum Test auf unserer Teststrecke im November bekannte Probleme behoben zu haben und sind motiviert, uns den 1. Platz beim Carolo-Cup 2014 zurückzuholen.

### **3.2.4 Vorlesung Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung in Wolfsburg**

*von Fabian Schuldt*

Auch in diesem Jahr hat die Vorlesung „Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung“ des Instituts für Regelungstechnik (IfR) am Standort des Niedersächsischen Forschungszentrums für Fahrzeugtechnik (NFF) in Wolfsburg am Mobile Life Campus stattgefunden. Die Vorlesung wurde in enger Kooperation mit der Volkswagen AG durchgeführt. Dabei wurde die Vorlesung zum einen von der Forschungsabteilung für Fahrerassistenzsysteme und integrierte Sicherheit und zum anderen von der technischen Entwicklungsabteilung des Fahrwerks unterstützt.

Wie im letzten Jahr konnte durch die Unterstützung der Volkswagen AG ein Shuttle-Service für die Studentinnen und Studenten zwischen Braunschweig und Wolfsburg angeboten werden. Die Forschungsabteilung stellte dem Institut für den Transfer der Studenten ihre Versuchsträger mit integrierten Fahrerassistenzsystemen zur Verfügung. Mitarbeiter der Abteilung holten die Studenten in Braunschweig vor der Vorlesung mit den Fahrzeugen ab und erklärten die Systeme und deren Bedienung, während die Studierenden mit den Fahrzeugen fuhren. Auf



Abbildung 3.1: Gruppenbild der Fahrerassistenzvorlesung Quelle: Bildrechte NFF-Pressestelle | Christian Bierwagen

diese Weise konnten die Studierenden aktuelle Fahrerassistenzsysteme, wie beispielsweise Adaptive Cruise Control, Spurhalteassistenten oder einen Toter-Winkel-Assistenten, im Einsatz unter realen Bedingungen testen und erleben. Die Vorlesung konnte dadurch um einen wichtigen Praxisbezug ergänzt und so die Lücke zwischen der theoretischen Ausbildung während der Vorlesung und einem praktischen Erlebnis der Systeme geschlossen werden.

Zusätzlich kam in diesem Jahr zum ersten Mal der neue A6 des Instituts zum Einsatz. Dieser wurde von der Audi AG als Geschenk an das Institut übergeben und verfügt über alle gängigen Fahrerassistenzsysteme. Somit konnte das Institut auch ein Fahrzeug mit Fahrerassistenzsystemen für die Vorlesung zur Verfügung stellen.



Abbildung 3.2: Gruppenbild der Fahrerassistenzvorlesung

Quelle: Bildrechte NFF-Pressestelle | Christian Bierwagen



Abbildung 3.3: Fachvortrag von Ralph Mende über Radartechnologien im Fahrzeug

Quelle: Bildrechte NFF-Pressestelle | Christian Bierwagen

Die Vorlesung wurde in diesem Jahr um einen Fachvortrag von Dr. Ralph Mende bereichert. Dieser ist Geschäftsführer von Smartmicro, einem Braunschweiger Unternehmen, welches Radarsensoren entwickelt und herstellt. Passend zu seinem Fachbereich wurde Ralph Mende die Vorlesung über die Radartechnologien im Fahrzeug übertragen. Sein Vortrag wurde ergänzt durch Erfahrungen aus der Praxis. Die Studierenden hatten nach der Vorlesung noch die Möglichkeit, Ralph Mende Fragen zu stellen.

Nachdem die Übung im letzten Semester auf eine theoretische Frontalübung umgestellt wurde, wird nun in Braunschweig und München die gleiche Vorlesung und Übung gehalten. Um die Leistungen der Studierenden direkt miteinander zu vergleichen, wurde in diesem Jahr zur gleichen Zeit in Braunschweig und München die gleiche Klausur geschrieben. Das Ergebnis des Vergleichs war, dass die Studierenden in Braunschweig mit einem Schnitt von 2,0 ein wenig besser abschnitten als die Studierenden in München. Diese erreichten bei der Klausur einen Schnitt von 2,2.

### **3.2.5 SummerCamp 2013**

*von Torben Stolte*

In der Zeit vom 1. bis 6. September wurde in diesem Jahr zum siebten Mal das SummerCamp in Schulenberg (Harz) durchgeführt. Neben 23 Studierenden der TU Braunschweig aus den Bereichen Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau nahmen zum zweiten Mal vier Studierende des Dynamic Design Labs (DDL) der Stanford University (USA) am SummerCamp teil.

Das SummerCamp ist ein Planspiel, das das Institut für Regelungstechnik gemeinsam mit den Instituten für Programmierung und Reaktive



Abbildung 3.4: Teilnehmer des SummerCamp 2013 bei einem Ausflug an die Okertalsperre

Systeme (IPS), Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik (iVA) sowie Softwaretechnik und Fahrzeuginformatik (ISF) durchführt. Das ISF trug in diesem Jahr erstmalig zum Gelingen des SummerCamps bei.

Der entspannte Eindruck auf dem Gruppenfoto mag einen ruhigen und erholsamen Ausflug in den Harz suggerieren. Tatsächlich handelt es sich bei dem Ausflug an die Okertalsperre um eine der wenigen Gelegenheiten, bei denen die Studierenden das "Haus Schulenberg", so der Name des Veranstaltungsorts, während der einwöchigen Veranstaltung verlassen haben.

Inhaltlich werden die Studierenden durch einen V-Modell-Entwicklungsprozess, ähnlich wie man ihn auch bei großen Automobilherstellern oder Zulieferern antrifft, gefordert. Dabei entwickeln die Teams in drei konkurrierenden Teams ein vernetztes, auf mehrere Steuergeräte verteiltes Komfortsystem. Eingangs erhalten die Gruppen 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, die gemäß ihrer Rolle im V-Modell in diesem Jahr eine zusätzliche Betonung durch die Beteiligung des ISF erhielt.

Allein durch die reine Entwicklungstätigkeit lässt sich das “Einbunkern” im Haus Schulenberg natürlich nicht erklären. Zusätzlich werden weitere praxisrelevante Aspekte im SummerCamp betont. Ein Schwerpunkt ist die Arbeit in selbstorganisierten Teams. 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 einen oder anderen Nachtschicht ausgeglichen. Ergänzt wird dies zudem durch 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 aus der Automobil-

Industrie wie zum Beispiel Volkswagen, Elektrobit und dSPACE. Gerade Vertreter der Firmen haben den Studierenden immer wieder interessante Einblicke in das Leben in einem Unternehmen gewährt.

Ein Highlight war sicher auch in diesem Jahr die Teilnahme von vier Studierenden der Stanford University. Basierend auf den sehr positiven Erfahrungen des Vorjahres wurde auch das diesjährige SummerCamp wieder komplett in Englisch durchgeführt. Die Studierenden des DDLs wurden dabei so aufgeteilt, dass mindestens ein englischsprachiger Student pro Gruppe vertreten war. Spannend zu beobachten war die Überwindung der anfänglichen Scheu bei den deutschen Studierenden, Englisch zu sprechen. Insgesamt gab es eine sehr positive Rückmeldung bezüglich der Beteiligung der Studierenden aus den USA, sowohl von Seiten der hiesigen Studierenden als auch von Seiten der Amerikaner. Wir hoffen, auch im nächsten Jahr wieder Studierende aus Stanford beim SummerCamp begrüßen zu dürfen.

Abschließend kann für das diesjährige SummerCamp ein sehr positives Fazit gezogen werden, gerade auch auf Grund des Feedbacks der Studierenden. 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 besonders bei den Kollegen von IPS, iVA und ISF für die von mir als sehr positiv empfundene Zusammenarbeit bedanken!

### **3.2.6 Stanford students at the SummerCamp 2013**

*von Marcial Hernandez*

For the second time researchers from the Dynamic Design Lab (DDL) at Stanford University made the journey to Germany to take part in



Abbildung 3.5: Marcial Hernandez, Nitin Kapania and John Kegelmann visiting Autostadt

the SummerCamp offered by TU Braunschweig and Volkswagen. For some of us going to Germany was like visiting family, and for others it was a completely new experience. Over three days in late September we arrived in Berlin to explore the city and begin our journey of discovery. Once we had all arrived we traveled by train to Braunschweig, from there we had an opportunity to take a quick trip to Wolfsburg and see the Autostadt and a VW factory.

The next day on Friday we were able to meet up with Torben Stolte, a PhD Student at the IFR. With him we were able to visit the institute and see firsthand some of the research vehicles as well as the university. Saturday, we were hosted by Prof. Dr.-Ing. Markus Maurer and his family who showed us incredible hospitality. We had the opportunity to not only enjoy a delicious meal together, but also visit several historic sites around Wolfenbüttel and learn about the town and its history. The next

day on our way to Haus Schulenberg, to begin SummerCamp, we made a quick stop by Goslar to see some of the amazing culture and food that Lower Saxony has to offer at the annual Tag der Niedersachsen.

SummerCamp was in one word amazing! For one week we experienced the V model of automotive development learning about specifications, requirements, development, integration, and testing. But the camp was not only about learning DOORS and AUTOSAR, or practicing C and MATLAB Stateflow programming; it was about what it means to work on a team, and all the intricacies of a real world development in one week. For this, we were subdivided into three teams, each consisting of 1-2 students from Stanford and 7-8 students from TU Braunschweig. Almost all of the work and discussions took place in English, but as the week progressed and after a few evenings with our new friends we were able to add some variety to the discussions with an occasional Ja Genau.

### 3.2.7 Vorlesung und Übung System Dynamics

*von Sven Beiker*

Auch in diesem Jahr wurde die Vorlesung „System Dynamics“ wieder von Dr. Sven Beiker, Gastdozent von der Stanford Universität und Absolvent der TU Braunschweig gehalten. Die Vorlesung wendet sich an Studierende der Elektrotechnik mit dem Ziel, die Grundlagen der Mechanik zu lehren und auf die Fahrdynamik von Straßenfahrzeugen anzuwenden sowie die Basis für fahrzeugtechnische Regelsysteme zu bereiten.

Die Vorlesung war, wie in den Vorjahren auch, in die Bereiche Längsdynamik, Vertikaldynamik und Querdynamik aufgeteilt. Dabei wurden die mechanischen Grundlagen vermittelt und entsprechende fahrzeugtechnische Regelsysteme diskutiert. In diesem Jahr wurde in der Vorlesung



Abbildung 3.6: Stanford students in Wolfenbüttel

allerdings ein deutlich größerer Schwerpunkt auf die Grundlagen der Mechanik bzw. Dynamik gelegt. Damit wurden vor allem Themen wie Freikörperbild, Schnittufer, Kräftebilanz, Momentengleichgewicht und Gleichungsaufstellen besonders betont und vertieft.

Auch anders als in den Vorjahren, wurde die Vorlesung in diesem Jahr im September angeboten, um eine bessere Vernetzung mit dem „SummerCamp“ (s. auch Teilabschnitte 3.2.5 und 3.2.6) zu gewährleisten. Auch der Vorlesungsplan wurde angepasst, um verschiedenen Anforderungen gerecht zu werden. So wurden die Vorlesungen in der Woche 9.-13. September an allen 5 Tagen jeweils mit einer Vorlesung vormittags und einer Vorlesung nachmittags angeboten. In der Folgewoche wurden 3 Übungen zu Anwendung sowie Vertiefung der Vorlesungsinhalte von Benjamin Bieber, Daimler AG und Doktorand am IfR, angeleitet.

Die schriftliche Prüfung am Ende der zweiten Woche hat gezeigt, dass die Studierenden ein deutlich besseres Verständnis für die dynamischen Grundlagen des Automobils entwickelt hatten und damit gut aufgestellt sind, Regelsysteme zu entwerfen bzw. Fahrabläufe zu automatisieren. Die Teilnehmer in der Vorlesung gaben überwiegend positives Feedback zu Aufbau, Inhalt und Durchführung der Vorlesung und Übung, was Ansporn für weitere Lehrveranstaltungen auf dem Gebiet ist.

### **3.2.8 Seminarvorträge**

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

#### **Wintersemester 2012/2013**

- Bewertungskriterien von Ausfallrisiken elektronischer Schaltungen am Beispiel der ISO26262, Nils Budach

- Flexible Experimentalfahrzeuge als Werkzeuge der Entwicklung, Alexander Rain
- Map-Matching-Algorithmen zur Fahrzeuglokalisierung in Straßenkarten unter Verwendung von GPS und Inertialsensorik, Till Menzel
- Stand der Technik: Objekt-Tracking-Algorithmen, Marcus Nolte
- Methoden zur Gefahrenanalyse nach ISO 26262, Bayram Balkan
- Eigenschafts- und fähigkeitsbasierte Bewertung moderner PKWs, Alexander Freier
- Virtuelle Fahrer für die simulative Erprobung von Fahrzeugregelsystemen, Björn Hackel
- Test und Validierung von Fahrerassistenzsystemen in virtuellen Umgebungen, Gregor Marek
- Stand der Technik: Augmented Reality und Methoden zur optischen Informationseinblendung, Sebastian Funda
- State of the Art: Szenario basiertes Testen, Felix Klein

### **Sommersemester 2013**

- Softwareentwicklung am Beispiel der ISO 26262: Entwicklungsprozess und Methoden, Agdas Mahmud
- Vollautomatisiertes und hochautomatisiertes Fahren in der Forschung, David Arens
- Unterstützung der Fahrzeugquerführung durch die aktive Lenkung, Sabrina Beith
- Online Machine Learning, Patrik Ehinger

- Multi-Hypothesen Objektprädiktion für taktische Situationsbewertung, Sven Chmielewski
- Stand der Technik und Forschung: Kreuzungs- und Abbiegeassistenzsysteme, Nils-Erik Schäfer

### 3.2.9 Studentische Arbeiten

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

- *Entwurf und Implementierung eines kapazitätserhaltenden Lademanagements für Elektrofahrzeuge*, Bachelorarbeit, Mahmud Agdas
- *Evaluierung der Eignung des wahrgenommenen Straßenverlaufs als Merkmal zur hoch genauen Lokalisierung in digitalen Karten*, Masterarbeit, Gerrit Bagschik
- *Entwurf eines modularen Systems zur Untersuchung von Lösungsansätzen zur Stützung der Eigenbewegungsschätzung durch Umfeldsensorik*, Masterarbeit, Dennis Bondarenko
- *Fahrstreifenverlaufsschätzung aus Kameradaten in urbaner Umgebung mit Hilfe gitterbasierter Ansätze*, Masterarbeit, Toni Günther
- *Implementing and Evaluating a Split-and-Merge Segmentation Algorithm für Object Detection in LIDAR Point Cloud Data*, Bachelorarbeit, Jaber Kakar
- *Weiterentwicklung eines elektronischen Stabilitätsregelprogramms für ein überaktiviertes Drive-by-Wire Fahrzeug*, Bachelorarbeit, Sebastian Klingner
- *Realisierung einer zentralen Fahrzeugsteuereinheit für Nutzfahrzeuge auf Basis einer Rapid Control Prototyping Umgebung mit Eingriff in Motor, Bremse, Getriebe & Lenkung*, Masterarbeit, Denis Kutsenok

- *Entwurf einer probabilistischen Umfeldwahrnehmung und Objektverfolgung*, Masterarbeit, Johanna Matthaei
- *Smartpad-gesteuerte Rückfahrhilfe für ein Fahrzeug mit Rückfahrkamera und aktiver Lenkung*, Masterarbeit, Ilja Pfaffenroth
- *Untersuchung zur technischen Realisierbarkeit eines servopneumatischen Positioniersystems in der Automobilindustrie*, Masterarbeit, Marc Semrau
- *Realisierung einer autonomen Spurführung an einem schweren Nutzfahrzeug unter Verwendung einer modifizierten Lane Departure Warning Kamera*, Masterarbeit, Pavel Tonkonog
- *Konzeption und Aufbau eines beweglichen Software in-the-loop Prüfstands für vernetzte Systeme*, Masterarbeit, Jan Timo Wendler
- *Entwurf und Umsetzung eines Konzepts zur automatisierten Ansteuerung von mobilen Hindernissen für den Carolo Cup*, Bachelorarbeit, Jan Wrede

## 3.3 Qualitätssicherung in der Lehre

von Markus Maurer

Zu unserem Selbstverständnis gehört, dass wir qualitativ hochwertige Lehre anbieten. Es 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.

Zwei Veranstaltungen fallen durch eine ungewöhnlich geringe Teilnehmerzahl auf. Zu unserer aller Enttäuschung haben sich zur Vorlesung „System Dynamics“, für die Sven Beiker extra aus Stanford anreiste, neben einigen wissenschaftlichen Mitarbeitern nur zwei Studierende eingefunden, die auch die Prüfung absolvierten. Offensichtlich ist es uns bislang nicht gelungen, diese Veranstaltung, die so wichtig für viele unserer Studierenden wäre, nachhaltig im Lehrplan zu verankern. Sicher liegt das auch daran, dass der Masterstudiengang „Electronic automotive and aerospace systems“, für den diese Vorlesung ursprünglich entwickelt wurde, immer noch nicht angeboten werden kann. Da ich in der Vergangenheit viele Lehreinheiten selbst hören durfte, kann ich das Urteil der wenigen Hörer bestätigen, dass Sven hier eine ganz exzellente Veranstaltung aufgebaut hat. Wenn es uns aber nicht gelingt, nachhaltig die Hörer für diese Veranstaltung zu gewinnen, für die sie ursprünglich konzipiert wurde, werden wir Sven langfristig nicht als Lehrbeauftragten bei uns halten können.

Zufrieden waren wir dagegen, dass wir das Oberseminar mit nur wenigen Studierenden beginnen konnten. Zu neu ist das Format, zu sehr auf individuelles Fördern und Fordern ausgelegt. Wir haben uns daher auch die Möglichkeit gesichert, dass wir eine Teilnehmerbeschränkung einführen können, sobald die Ziele des Seminars wegen zu großem Zuspruch gefährdet werden.

Im Berichtszeitraum wurden folgende Prüfungen abgelegt:

<b>Name des Fachs</b>	<b>Anzahl der Prüfungen</b>	<b>Durchschnitts- note</b>
Datenbussysteme	49	2,8
Elektromagnetische Verträglichkeit	33	2,3
Elektronische Fahrzeugsysteme	55	2,4
Fahrzeugsystemtechnik	18	2,1
Fahrerassistenzsysteme mit maschi- neller Wahrnehmung	32	2,0
Grundlagen der Elektrotechnik	151	3,6
System Dynamics	2	2,0
Oberseminar	2	1,2

Tabelle 3.3: Anzahl der Prüfungen

# 4 Berichte aus der Forschung

## 4.1 Autonomes Fahren und Fahrerassistenz

### 4.1.1 Stadtpilot

*von Richard Matthaei und Bernd Lichte*

Ziel des ausschließlich aus Institutsmitteln der Technischen Universität Braunschweig geförderten Projekts „Stadtpilot“ ist das autonome Fahren auf dem Braunschweiger Stadtring im regulären, öffentlichen Straßenverkehr unter Einhaltung der Straßenverkehrsordnung. Das Projekt wurde im Sommer 2008 als Nachfolgeprojekt zur DARPA Urban Challenge gestartet. Neben dem Institut für Regelungstechnik (IfR) mit Professor Markus Maurer und dem Institut für Flugführung (IFF) mit Professor Peter Hecker der TU Braunschweig ist als weiterer Partner das Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit Professor Karsten Lemmer am Projekt beteiligt.

Das IfR besitzt zwei Versuchsträger für die Forschungsarbeiten im Bereich des autonomen Fahrens und der Fahrerassistenz. Derzeit wird das mit aktueller Prototypen- und Vorseriensensorik ausgestattete autonom fahrende Fahrzeug „Leonie“ (siehe Abbildung 4.1) genutzt.

„Leonie“ war auch dieses Jahr wieder sehr gefragt in Sachen Öffentlichkeitsarbeit für die TU Braunschweig. So hatten wir unter anderem das Schweizer Fernsehen, den ORF und 3SAT zu Besuch. Außerdem waren



Abbildung 4.1: „Leonie“ auf dem Campus Nord (Quelle: IfR)

wir auf der TU-Night (s. Abschnitt 5.3) sowie dem NFF-Doktorandentag (s. Abschnitt 5.5) mit „Leonie“ vertreten.

Nachdem bereits im letzten Berichtszeitraum über die normalen promotionsbedingten personellen Veränderungen im Team berichtet wurde, können wir nun den wichtigen und erfolgreichen Abschluss des Umbruchs im Team verkünden. Tobias Nothdurft, lange Jahre eine der Säulen des Teams und neben Anderem für die hochgenaue Ortung des Fahrzeugs und die digitale Karte zuständig, wünschen wir an dieser Stelle alles Gute für seine berufliche Zukunft und bedanken uns ganz herzlich für sein Engagement und seine Arbeit. Er zog ins schöne Allgäu und kümmert sich bei „Fendt“, eine Marke der „AGCO Corporation“, zukünftig um Landmaschinen. Mit Jens Rieken, Jan Timo Wendler und Jaebum Choi am IfR sowie Martin Escher und Tobias Scheide am IFF wurde ein neues engagiertes Team gebildet, das durch wechselnde Mitarbeiter des DLR unterstützt wird.

Im letzten Jahr konnten wichtige strukturelle Arbeiten im Projekt umgesetzt werden, wie z.B. die Umstellung der Entwicklungsumgebung auf CMake für die simultane Entwicklung unter Linux und Windows.

Außerdem gibt es wichtige Fortschritte bei der Bahnplanung, so dass wir nun längere Testfahrten auf unserem Testgelände durchführen können. Im Bereich der Umfeldwahrnehmung konnten wir weitere Fortschritte bei der Anbindung des Velodyne-Laser-Scanners an das Objekttracking und die Fahrbahndetektion erzielen.

Parallel zu den Aktivitäten an „Leonie“ geht der Aufbau von Henry weiter. Wir sind dabei, die MicroAutoBox von dSPACE für die Regelung und Fahrzeugansteuerung in Betrieb zu nehmen und haben erste Aufnahmen der 24-GHz-Radare für die Rundumsicht (s. Teilabschnitt 4.1.3) ausgewertet.

Auch wenn das Projekt ausschließlich aus Institutsmitteln der Technischen Universität Braunschweig gefördert wird, so ergaben und ergeben sich doch immer wieder gerade mit der Konzernforschung der Volkswagen AG Synergien. Daher bedanken wir uns bei Jan Effertz und Stephan Scholz für die langjährige Zusammenarbeit. Beide nehmen nun im Konzern andere Aufgaben wahr, wir wünschen Ihnen beruflich wie privat alles Gute.

## **4.1.2 Autonomes Fahren - Förderprojekt Villa Ladenburg**

*von Markus Maurer*

Die Daimler und Benz Stiftung in Ladenburg untersucht in einem zweijährigen Projekt die möglichen gesellschaftlichen Auswirkungen von autonomen Fahrzeugen. Das Projekt wurde am 1.10.2012 gestartet und endet am 30.9.2014. Ausgehend von einer klaren technischen Definition des autonomen Fahrens soll untersucht werden, ob autonome Fahrzeuge in der Gesellschaft akzeptiert werden und wenn ja, ob sie die Gesellschaft verändern werden.

Im Rahmen des Projektes werden Fahrzeuge als „autonom“ bezeichnet, wenn sie im Sinne der Definitionen der Bundesanstalt für Straßenwesen

„vollautomatisiert“ sind. Das Fahrzeug fährt selbst ohne menschliche Überwachung. Bei Degradation der Leistungsfähigkeit überführt sich das Fahrzeug selbstständig in einen risikominimalen Zustand.

Im Projekt wird auch auf eine besondere Perzeption des Begriffs von Autonomie verwiesen, die Ernst Feil 1987 zusammengefasst hat: Autonomie ist nach Feil bei Kant: „Selbstbestimmung im Rahmen eines übergeordneten (Sitten)-Gesetzes“, das in diesem Anwendungsfall der Mensch vorgibt.<sup>1</sup>

Fünf relevante Diskursbereiche um das autonome Fahren wurden identifiziert: Neben der „Technik“ die Bereiche „Mensch und Gesellschaft“, „Politik und Recht“, „Verkehr“ und „Ökonomie und Markt“. Damit alle Projektbeteiligten eine ähnliche Vorstellung vom autonomen Fahren bekommen, wurden sogenannte „Use Cases“ (Anwendungsfälle) definiert, anhand derer die einzelnen Fragestellungen diskutiert werden sollten.

Die Struktur des Projektes ist in Abbildung 4.2 gezeigt. Im Kernteam arbeiten vier Wissenschaftler aus Deutschland und den USA, die von drei wissenschaftlichen Mitarbeitern unterstützt werden:

Barbara Lenz leitet das DLR Institut für Verkehrsforschung in Berlin. Gleichzeitig ist sie Professorin für Verkehrsgeographie an der Humboldt Universität zu Berlin. Im Kernteam ist sie das einzige Mitglied mit sozialwissenschaftlichem Hintergrund.

Hermann Winner ist Professor für Fahrzeugtechnik an der TU Darmstadt; er beschäftigt sich seit 25 Jahren mit der Erforschung und Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen.

<sup>1</sup>Ernst Feil, „Antithetik neuzeitlicher Vernunft „Autonomie-Heteronomie“ und „rational-irrational“, Vandenhoeck & Ruprecht, 1987



Abbildung 4.2: Struktur des Projektes

Chris Gerdes hält eine Professur für „Mechanical Engineering“ an der Stanford University; er ist wohl der führende Professor in der Fahrzeugtechnik in den USA.

Sprecher und Koordinator des Teams ist der Autor dieser Zeilen.

Um die ganze Diskursbreite abzudecken, hat das Kernteam viele Experten einbezogen, um autonome Fahrzeuge aus deren Sicht zu bewerten. Das Kernteam berichtet einem hochrangig besetzten Projektbeirat und dem Stiftungsrat der Daimler und Benz Stiftung.

Die beteiligten Experten und ihre jeweilige Einrichtung sind in Abbildung 4.3 veranschaulicht.

Das Kernteam hat sich zum Ziel gesetzt, die wesentlichen relevanten gesellschaftlichen und technischen Fragestellungen zu identifizieren und diese Fragestellungen einer interessierten Öffentlichkeit und möglichst vielen relevanten „Stakeholdern“ in der Gesellschaft nahe zu bringen. Dokumentiert werden soll die Arbeit in einem Handbuch für die ganzheitliche Betrachtung des autonomen Fahrens.

Am 19.9.2013 wurde das Projekt in Berlin erstmalig einer größeren Öffentlichkeit vorgestellt, als 40 Journalisten der Einladung der Daimler

**Technik und Recht**

S. Beiker (Stanford University)  
 K. Dietmayer (Univ. Ulm)  
 B. Färber (UniBW München)  
 T. Gasser (BAST)  
 P. Lin (Calif. Polytechnic Univ.)  
 C. Kirchner (HU Berlin)  
 M. Pavone (Stanford University)  
 K. Rannenber (Uni Frankfurt)  
 A. Reschka (Daimler u. Benz Stiftung)  
 B. Smith (Stanford Law School)  
 S. Wu (Attorney, Los Altos)

**Gesellschaft und Verkehr**

R. Cyganski (DLR-VF)  
 H. Flämig (TU Hamburg-Harburg)  
 B. Friedrich (TU Braunschweig)  
 D. Heinrichs (DLR-VF)  
 F. Kröger (HU Berlin, Sorbonne Paris)  
 M. Schreurs (FU Berlin)  
 P. Wagner (DLR-TS)  
 J. Weber (Uni Paderborn)  
 D. Woisetschläger (TU Braunschweig)  
 I. Wolf (FU Berlin)

Abbildung 4.3: Struktur des Projektes

und Benz Stiftung in das Berliner Büro der Stiftung im Haus Huth gefolgt waren. Neben Professor Weber, dem Technikvorstand der Daimler AG, der gleichzeitig Vorsitzender des Stiftungsrates ist, und Professor Minx, einem der beiden Vorsitzenden der Stiftung, nahmen auch die Mitglieder des Kernteams Stellung zu den Fragen der Journalisten.

Es zeichnet sich bereits heute ab, dass dieses Projekt im wesentlichen Fragen aufwerfen wird, die im Nachgang durch die teilweise intensive gesellschaftliche Diskussion und wissenschaftliche Folgeprojekte erörtert und gelöst werden müssen.

Exemplarisch seien vier Fragen genannt, mit denen sich die Mitglieder des Kernteams bei den Berliner Journalisten vorgestellt haben.

„Welche Hoffnungen und Vorbehalte haben die Menschen gegenüber autonom fahrenden (Straßen-)Fahrzeugen - was sind die Themen heute und morgen?“ (Barbara Lenz)

„Can autonomous vehicles be programmed to make ethical decisions?“ (Chris Gerdes)

„Wie lässt sich die Sicherheit einer hochzuverlässigen intelligenten Technik, wie sie für das autonome Fahren benötigt wird, überhaupt nachweisen?“ (Hermann Winner)

„Wie sicher müssen autonome Fahrzeuge sein, damit sie in der Gesellschaft akzeptiert werden?“ (Markus Maurer)

### 4.1.3 Rundumsicht mit Radarsensorik

*von Jan Timo Wendler*

Das Projekt „360 Grad Rundumsicht mit Radarsensoren“ wurde zusammen mit der Hella KGaA Hueck & Co. initialisiert und läuft bereits seit einem Jahr. Es gliedert sich teilweise in Projekte der VW-Forschung ein. Genutzt wird vorwiegend der Versuchsträger „Henry“, welcher mit vier 24GHz Radarsensoren ausgestattet wurde, um den Bereich ringsum das Fahrzeug zu erfassen. Dazu sind zum einen zwei Sensoren in der klassischen Verbauposition im hinteren Bereich des Fahrzeugs, versteckt unter der Heckschürze, zur Wahrnehmung des rückwärtigen und im Totwinkel befindlichen Verkehrs verbaut worden. Zum anderen sind zusätzlich zwei Sensoren im vorderen-seitlichen Bereich eingebaut worden, s. Abbildung 4.4.

Mit diesem Aufbau sollen Möglichkeiten und Grenzen neuer Assistenzsysteme basierend auf 24GHz-Radarsensorik untersucht werden. Insbesondere in städtischen Szenarien und im Kreuzungsbereich sind innovative Systeme denkbar. Dazu sollen alternative Trackingverfahren untersucht und die demonstrative Umsetzung eines Assistenzsystems durchgeführt werden.

Durch die Position der Sensoren im vorderen Bereich des Fahrzeugs können zum Beispiel in Kreuzungsszenarien Objekte erfassen werden, die für den Fahrer (noch) nicht erkennbar sind. Im Fall eines annähern-

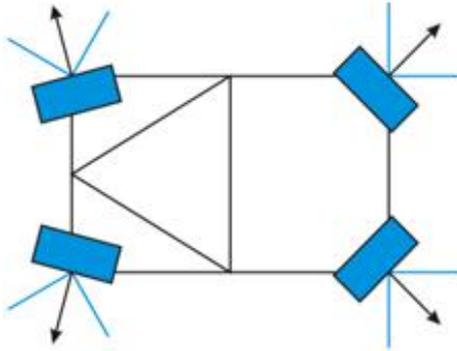


Abbildung 4.4: Sensorkonfiguration. In Blau sind die Radarsensoren mit ihrer Hauptabstrahlrichtung dargestellt

den Fahrzeugs könnte das System den Fahrer warnen. Des weiteren kommt es immer wieder zu schweren Unfällen mit Radfahrern beim Abbiegevorgang. Durch die Auslegung des Erfassungsbereichs der Radarsensorik ist auch in diesem Fall eine Unterstützung des Fahrzeugführers denkbar.

#### 4.1.4 Multi-Target Tracking using a 3D-Lidar Sensor for Autonomous Vehicles

von Jaebum Choi

In fact, partially automated systems such as ACC (Adaptive Cruise Control), PCS (Pre-Crash Safety System), LKS (Lane Keeping System) are already mass produced all over the world. This kind of systems can improve not only the convenience but also the safety of vehicle passengers and other road users. However, there are still a number of problems to realize highly automated driving. In the project *Stadtpilot*, we have continued the effort in autonomous driving in urban environments.

In this project, reliable perception of the environment is the first and one of the most important steps for autonomous driving. Recently, 3D-Lidar sensors have been widely used in this area and we are also using a Velodyne 3D HDL-64 Lidar sensor. The sensor provides rich and accurate data of spatial information around the vehicle. It produces approximately 130,000 points in a single scan which makes signal processing a challenging task. Therefore, an efficient signal pre-processing algorithm is prerequisite to handle such a dense data in real-time.

In this research, we propose a practical framework such as „hybrid ground classification“ and „feature based ROI identification“ for selecting and representing the useful information from the sensor raw data. Through this approach, the sensor raw data can be simplified considerably and our Multi-Target Tracking (MTT) algorithm is able to run in real-time. Moreover, we have introduced a model based tracking to get more reliable state estimation results considering not only dynamic but also geometric model.

For ground classification, a hybrid method using „adjacent beams comparison“ and „2.5D occupancy grid“ methods is applied in our application. Initially, the ground points are classified with the adjacent beams comparison method based on point cloud data. The points which have a bigger difference in the radius than a given threshold are treated as ground. Then, remaining points are mapped into the grid and some false positive points caused by noise and inaccuracy of the sensor are removed with 2.5D occupancy grid method. This is achieved by removing the points in the grid cells which have a height difference below the threshold. Figure 4.5 (a) shows an example of ground classification and removal generated from the proposed hybrid method.

The ROI identification, which is another signal pre-processing algorithm, is performed based on a classification of road features such as

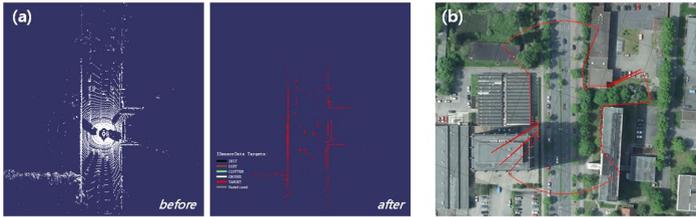


Abbildung 4.5: Ground classification (a) and ROI identification (b)

buildings, fences and so on. Big sized segments or the segments whose ratio between width, length and height belong to special categories are recognized as road features. While the segments inside of ROI are considered as tracking objects, the segments outside of ROI are simply removed. Therefore, the amount of computation can be reduced during the tracking stage. Figure 4.5 (b) shows one of ROI identification results on Braunschweig's city ring.

Another topic of this research is a model based tracking. In our application, the system states are position and velocity. These are defined normally based on the center of gravity. However, the problem is that the center of gravity is polluted by shape changes according to the observation position or occlusion as shown in Figure 4.6 (a). That means geometric characteristics can make unintended dynamics themselves and consequently the system states are not estimated correctly. The idea of our approach to overcome this problem is to do measurement updates of a Kalman filter considering geometric factors (Figure 4.6 (b)). First, the dynamics caused by shape changes or occlusion is calculated based on the geometric model and then predicted state estimates are compensated before the measurement update.

Figure 4.6 (c) shows a quantitative test result of the tracking for comparatively long time. There are a lot of objects, road features and noise

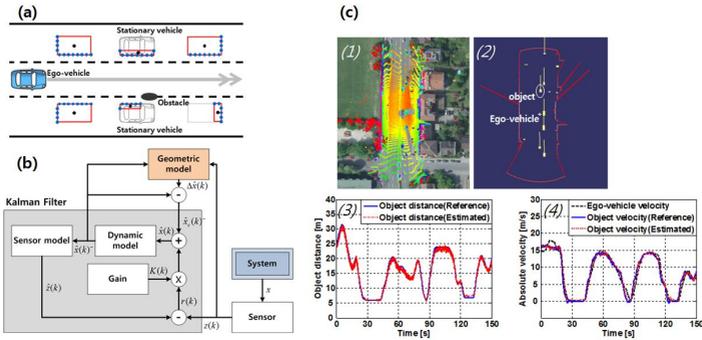


Abbildung 4.6: System state error caused by shape change and occlusion (a). Kalman filter framework considering geometric model (b). MTT test result (c)

around the vehicle as shown in Figure 4.6 (c-1). Initially, a considerable portion of points is removed with ground classification and the ROI identification. Then the remaining points are segmented and tracked as shown in Figure 4.6 (c-2). Figure 4.6 (c-3) and (c-4) are position and velocity comparison results of a target object. As you can see, the results are quite reliable.

Consequently, an MTT algorithm using a Velodyne 3D HDL-64 Lidar sensor was implemented and evaluated in real traffic situation. Experimental results have shown that our algorithm achieves the MTT successfully. In the future, we will focus on more utilization of the sensor such as localization improvement which leads to a better performance of MTT algorithm.

## 4.2 Fahrzeugsystemtechnik

### 4.2.1 CCC

*von Marcus Nolte und Torben Stolte*

Elektronische Fahrzeugsysteme sind heutzutage, über ihre Lebenszeit gesehen, wenig flexibel hinsichtlich sich ändernden Wünschen des Endkunden oder gar eventueller Veränderungen der Gesetzgebung. Im Gegensatz zu typischer Endanwendersoftware beschränken sich Softwareaktualisierungen im Wesentlichen auf die Behebung von Fehlern. Erweiterungen der Funktionalität erfolgen aufgrund des damit verbundenen hohen Testaufwands äußerst selten und auch nicht in potentiell sicherheitskritischen Bereichen wie der Fahrdynamik.

„Controlling Concurrent Change“<sup>2</sup> ist eine DFG-geförderte Forschergruppe, bestehend aus Wissenschaftlern des Instituts für Datentechnik und Kommunikationstechnik (IDA), des Instituts für Betriebssysteme und Rechnerverbund (IBR) sowie des Instituts für Regelungstechnik (IfR). Ziel des gemeinsamen Projekts ist die Entwicklung von flexiblen Architekturen und ressourcenschonenden Mechanismen, die es ermöglichen, bestehende Systeme unter Berücksichtigung von Aspekten wie Safety und Security zur Laufzeit erweiterbar zu gestalten. Das IfR entwickelt in diesem Zusammenhang dynamisch modifizierbare Fahrerassistenzapplikationen, die die in den anderen Projektbereichen erarbeiteten Ergebnisse zur Anwendung bringen. Als Plattform für diese Systeme dient der am Institut entwickelte vollelektrische flexible Versuchsträger MOBILE. Dieser ermöglicht, im Gegensatz zu einem modifizierten Serienfahrzeug, den uneingeschränkten Zugriff auf sämtliche systemrelevanten Hard- und Softwarekomponenten.

---

<sup>2</sup><http://www.ccc-project.org>



Abbildung 4.7: Das aktuelle CCC-Team

Das Ziel ist die Entwicklung eines in verschiedenen Stufen ausbaufähigen vorausschauenden Stabilitätsregelsystems. In der Grundfunktion entspricht dessen Funktionsausprägung heutigen Seriensystemen. Durch eine Erweiterung des Versuchsträgers mit Umfeldsensorik und Car2X-Schnittstellen wird das System in der höchsten Funktionsausprägung in die Lage versetzt, das Fahrzeug nicht nur durch einen Regeleinriff zu stabilisieren, sondern auch vollautomatisiert vorausberechneten und als sicher befundenen Trajektorien zu folgen.

## 4.2.2 Mobile

*von Torben Stolte*

Im Projekt MOBILE wird am Institut für Regelungstechnik in Kooperation mit dem Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig das in Abb. 4.8 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. Da-

bei bauen die Arbeiten auf den Erfahrungen mit dem Versuchsfahrzeug X1 auf. Gleichzeitig werden zusätzliche Freiheitsgrade, insbesondere im Antriebssystem und Innenraum des Fahrzeugs, ergänzt. Ein ganz besonderes Ereignis im Jahr 2013 war die Erstfahrt von MOBILE.



Abbildung 4.8: MOBILE mit seinem „Vater“ Peter Bergmiller

Das Fahrzeug verfügt an allen vier Rädern über elektrischen Einzelradantrieb, elektrische Einzelradlenkung sowie elektromechanische Bremsen. 2013 wurden die aus einem digitalen Rahmen abgeleiteten Rohre zum fertigen Gitterrohrrahmen zusammgebaut und verschweißt. Anschließend erfolgte die Integration aller wesentlichen Elektronikkomponenten in den Rahmen sowie deren Vernetzung. Der im Vorjahr durchgeführte Test der Elektronik auf dem Prüfstand erwies sich dabei als sehr gute Vorarbeit. So mussten während der Integration nur bei wenigen Komponenten des vernetzten Systems Anpassungen vorgenommen werden.

Pünktlich zum Abschluss seiner Zeit am Institut konnte der „Vater“ von MOBILE - **Peter Bergmiller** - im Juni erstmals hinter dem Lenkrad des fahrbereiten Fahrzeuges Platz nehmen und zur Jungfernfahrt aufbrechen. Entsprechend groß war die Freude aller am Projekt beteiligten Kollegen und Studierenden.

Im weiteren Verlauf des akademischen Jahres gab es noch einige Herausforderungen zu meistern. Zwei zentrale Aspekte sollen hier angeführt werden. Der erste wesentliche Punkt ist sicher der durch den Weggang von Peter Bergmiller hervorgerufene Abfluss an Wissen und Systemverständnis. Hier galt es anzusetzen, um langfristig Wissen innerhalb des Projekts wieder aufzubauen und zu erhalten, gerade mit Hintergrund der regelmäßigen personellen Erneuerung im akademischen Bereich. Dazu wurde ein Wiki aufgesetzt, in das in der zweiten Hälfte des akademischen Jahres schon einiges Wissen eingepflegt wurde und an dem kontinuierlich weiter gearbeitet wird. Das Ziel ist es dabei auch, mit dem Wiki neuen Team-Mitgliedern einen möglichst guten Zugang zu MOBILE zu verschaffen.

Die zweite Herausforderung war die Beherrschung des Batteriepakets. Wie bereits im Jahresbericht 2012 befürchtet, zeigte sich bald nach der Jungfernfahrt, dass das Balancing nur sehr träge Unterschiede im Ladezustand einzelner 12V-Batterien ausgleichen kann. Dies resultierte in einem disbalanzierten Batteriepaket und letztendlich in der Beschädigung einiger Batterien. Die beschädigten Batterien wurden ausgetauscht und das Batteriepaket mit entsprechender Vorsicht wieder in Betrieb genommen, so dass es sich mittlerweile in einem guten Zustand befindet. Parallel wird aktuell im Rahmen einer Master-Arbeit ein neues, stark verbessertes Balancing-System entwickelt, das zu Beginn des kommenden akademischen Jahres in das Fahrzeug integriert werden wird.

Neben diesen zentralen Aspekten wurden noch viele kleinere Arbeiten ausgeführt, z.B. die Integration von zusätzlicher Sensorik zur Fahrzustandsschätzung sowie Verbesserungen hinsichtlich Vernetzung, Steuergeräte-Software, immer mit dem Ziel, das Vertrauen in das System MOBILE zu verbessern und gleichzeitig Wissen im Team aufzubauen.

Im folgenden akademischen Jahr ist es das Ziel, MOBILE weiter zu entwickeln und dabei vor allem robuster zu machen. Für letzteres ist zum einen das bereits angeführte neue Balancing-System zu nennen. Zum anderen sollen aber auch die elektromechanischen Bremsen einem Update unterworfen werden. Hinzu kommen auch noch diverse kleinere Arbeiten. Darüber hinaus soll die Nutzung von MOBILE für die Forschung intensiviert werden.

### 4.2.3 Referenzsensorik

*von M. Brahmi*

Für die Entwicklung der FAS-Umfelderfassungssysteme werden Referenzsysteme mit dem Ziel eingesetzt, die Qualität der Umfeldsensorik und Algorithmen zu beurteilen und anschließend in einer formativen Evaluation zu optimieren. Darüberhinaus werden Referenzsysteme für die summative Evaluation benutzt, um die Qualität eines Umfelderfassungssystems am Ende der Entwicklungsphase zu beurteilen oder verschiedene Systeme miteinander zu vergleichen.

Um als eine zuverlässige Quelle für „Ground-Truth“ Daten angenommen werden zu können, müssen diese Referenzsysteme bestimmte (qualitative und quantitative) Anforderungen erfüllen. Die Erfüllung der qualitativen Anforderungen (Mobilität, Selbsteinschätzung) kann mit Ja/Nein beantwortet werden, während die quantitativen Anforderungen (Timing, Field of View, Genauigkeit...) in Zahlen ausgedrückt

werden müssen. Diese Anforderungen wurden basierend auf sowohl praktischer Erfahrung mit verschiedenen Referenzsystemen als auch theoretischen Überlegungen definiert und hergeleitet.

Aufgrund der Wichtigkeit der Ergebnisse, die sich aus dem Vergleich des Umfelderkennungssystems mit dem Referenzsystem ergeben, muss das Referenzsystem sorgfältig überprüft werden, um die Richtigkeit dieser Aussagen zu gewährleisten. Demzufolge muss ein Referenzsystem hinsichtlich der Erfüllung dieser Anforderungen überprüft werden und auch mit Hilfe von speziell entwickelten Methoden und Systemen validiert werden.

Für die Bewertung des Umfelderkennungssystems mit Hilfe von Referenzsystemen wurden Metriken entwickelt, um eine „objektivierte“ Beurteilung der Messgenauigkeit und Objektbildungs- und Verfolgungsfähigkeit zu ermöglichen. Diese Bewertung setzt sich aus einem online und einem offline Teil zusammen. Im online Schritt werden

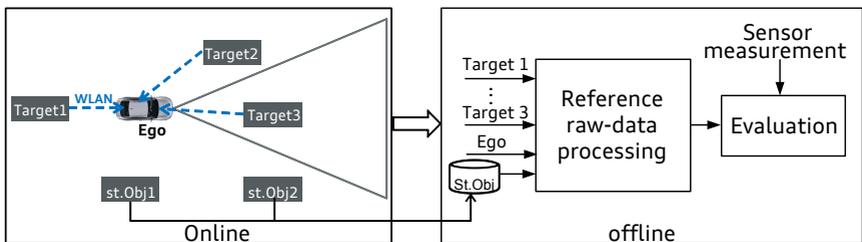


Abbildung 4.9: Referenzierungsprozess

die Roh-Messdaten des zu bewertenden Systems und des Referenzsystems gleichzeitig aufgenommen. Anschliessend werden in einem Pre-Processing Schritt aus diesen Roh-Daten die entsprechenden Referenz- und Sensorobjektlisten erzeugt. Diese Objektlisten werden in einem offline „Post-Processing“ Schritt ausgewertet. Nach einer örtlichen und

zeitlichen Synchronisierung wird eine Abstands-basierte Assoziation durchgeführt, um die Sensorobjekte den Referenzobjekten zuzuordnen. Das Ergebnis dieser Assoziation stellt die Grundlage der weiteren Bewertung dar. Dabei können folgende Fälle auftreten:

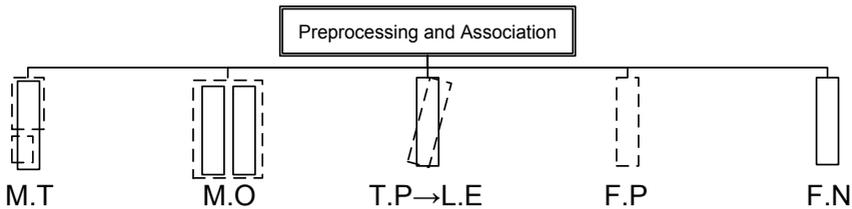


Abbildung 4.10: Ergebnisse der Assoziation; — reference , - - - sensor

- **Multiple Track MT:** Aus einem Referenzobjekt bildet das Umfeld-erfassungssystem zwei (oder mehr) Sensorobjekte.
- **Multiple Object MO:** Zwei (oder mehr) Referenzobjekte werden als einziges Sensorobjekt zusammengefasst.
- **True Positive TP:** Wird ein Referenzobjekt als ein Sensorobjekt erfasst, so kann die Genauigkeit dieser Erfassung ermittelt werden. Dafür werden Referenzgrößen mit Sensor-Messgrößen verglichen.
- **False Positive FP:** In diesem Fall wird ein Geister-Objekt ausgegeben, obwohl an dieser Stelle kein Referenzobjekt ist.
- **False Negative FN:** Im Gegensatz zu FP tritt dieser Fall auf, wenn ein Referenzobjekt vom Umfeld-erfassungssystem nicht erfasst wird, obwohl es sich in seinem Sichtbereich befindet.

Diese Fälle werden in jedem Zeitschritt analysiert und über die gesamte Messzeit akkumuliert, um weitere Metriken zu berechnen wie z.B. die Abdeckung und die „Object-Purity“, die als Maß für die Objektver-

folgungsfähigkeit des Umfeld erfassungssystems interpretiert werden können.

#### **4.2.4 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. Die Fahrstabilisierung über einseitige ESC-Bremseingriffe wird für den Gelenkbus nicht gefordert.

Ein Ziel dieses Promotionsvorhabens besteht darin zu analysieren, ob die Funktion der Gelenkdämpfung das Stabilisierungspotential einer über Bremseingriffe realisierten ESC-Funktion besitzt. Dazu wird eine Stabilitätsdefinition für einen Gelenkbus erarbeitet, mit der Stabilisierungskonzepte beurteilt werden können. Dabei wird das Stabilisierungspotential einer ESC-Umsetzung über den Aktorikpfad Radbremse dem der Gelenkdämpfung gegenübergestellt. In einem weiteren Schritt wird die Stabilisierung der Fahrdynamik durch vollständige Regelung der fahrdynamisch relevanten Freiheitsgrade über einen dezentralen Regelansatz untersucht. Das Potential der unterschiedlichen Stabilitätsregelansätze wird an Hand des Fahrverhaltens eines Gelenkbusses in ESC-relevanten Manövern mit der Stabilitätsdefinition beurteilt.

Ausgehend von Stabilitätsuntersuchungen an einem vereinfachten Ersatzmodell konnte die Notwendigkeit der Stabilisierung des Knickfreiheitsgrades nachgewiesen und der Einfluss der konstruktiven Besonderheiten auf das Dämpfmaß der Knickwinkelschwingung aufgezeigt werden. Des Weiteren konnte die Eignung der Gelenkkinematik zum Erreichen eines Mindestdämpfmaßes der Knickwinkelschwingung festgestellt werden. Für Potentialabschätzungen von Einzelradbremseingriffen und Interaktionen zwischen dem Vorder- und Hinterwagen wurde ein vereinfachtes Fahrdynamikmodell des Gelenkbusses aufgesetzt. Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in einem Konferenzbeitrag auf der AUTOREG 2013 veröffentlicht.

Ein wirtschaftlich umsetzbares Stabilitätsregelsystem für den Gelenkbus stellt eine dezentrale Stabilitätsregelung dar. In einem solchen Koexistenzmodellansatz stabilisiert die ESC-Regelung über Einzelradbremseingriffe die Querdynamik des Vorderwagens und eine Knickwinkelregelung den Knickfreiheitsgrad. Für die Untersuchung des Potentials dieses Ansatzes wurde ein funktionales ESC zur Gierraten- und Schwimmwinkelregelung mit unterlagerter radindividueller Schlupfregelung implementiert und in Betrieb genommen.

### **4.2.5 Effizientes Testen im Teilprojekt Kognitive Assistenz im Rahmen von UR:BAN**

*von Fabian Schuldt*

Im Rahmen der NFF-Kooperation zwischen der TU Braunschweig und der Volkswagen AG unterstützen wir seit 2012 im Projekt „UR:BAN“ (Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement), welches vom BMWi gefördert wird. Das Projekt UR:BAN setzt sich aus den drei Projektsäulen „Kognitive Assistenz“, „Vernetztes Verkehrssystem“ und „Mensch im Verkehr“ zusammen, wobei der For-

schungsschwerpunkt der Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG im Bereich der Teilprojektsäule „Kognitive Assistenz“ liegt. Ziel dieses Teilprojekts ist die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, die speziell für Szenarien im urbanen Raum ausgelegt sind. Die Szenarien zeichnen sich durch dichten Verkehr, unstrukturierte Randbebauungen sowie komplexe Verkehrssituationen insbesondere in Kreuzungsbereichen aus.

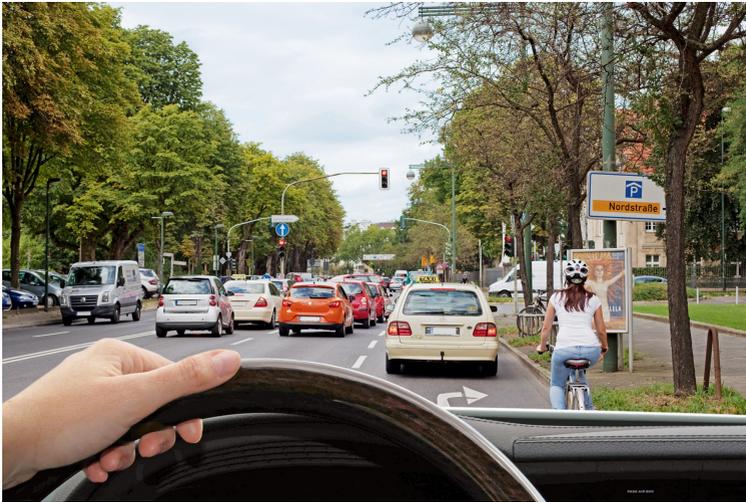


Abbildung 4.11: Beispielszenario für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen für den urbanen Raum

Ein sicherer Einsatz von Fahrerassistenzsystemen im öffentlichen Straßenverkehr kann nur gewährleistet werden, wenn vor einer Serieneinführung ein technisch erforderlicher Reifegrad und eine ausreichende Testtiefe nachgewiesen wurde. Die Testtiefe ist hierbei üblicherweise direkt mit einer entsprechenden hohen Anzahl von Einzeltests verbunden. Die Anzahl der nötigen Einzeltests steigt wiederum mit der Komplexität der Anwendungsszenarien. Durch den urbanen Raum steigt die

Anzahl der Einflussparameter und deren einstellbaren Stufen, die auf das Fahrerassistenzsystem wirken, immens an. Dadurch müssen auch mehr Tests durchgeführt werden, um das System abzusichern. Es wird somit immer aufwendiger, die Systeme, die in solchen Umgebungen agieren, abzusichern.

Ziel unserer Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines Konzepts, welches die Anzahl der nötigen Tests für die Absicherung von Systemen bei einer gleichbleibenden Testabdeckung reduziert. Dabei werden eine Vielzahl von Tests in der Simulation durchgeführt, um die Anzahl der nötigen Realtests zu reduzieren. Das Konzept wird an dem „Engstellenassistenten“ validiert, der im Rahmen von UR:BAN entwickelt wird. Das Assistenzsystem hat die Aufgabe, den Fahrer in Engstellen, die beispielsweise durch parkende Fahrzeuge oder durch Baustellen hervorgerufen werden, zu unterstützen.

### **4.2.6 Human-Like Test Systems: A Cognitive-Oriented Approach Applied to Infotainment Devices**

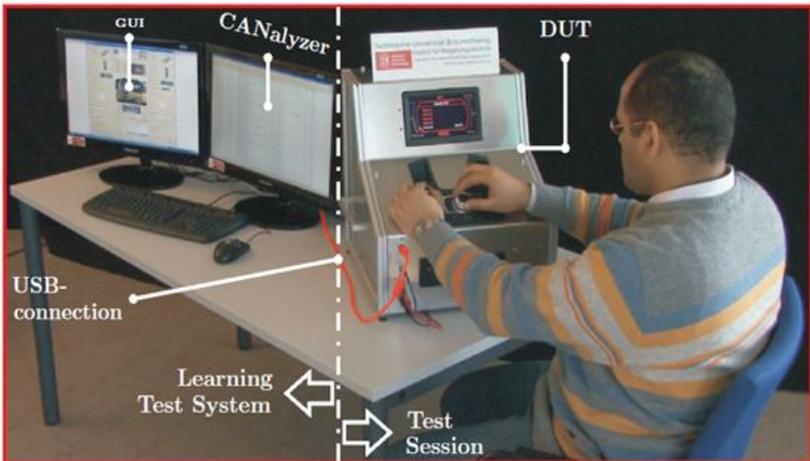
*von Asem Eltaher*

Die Automobilindustrie hat sich dank hochmoderner Elektronikprodukte stark entwickelt. Einerseits werden dadurch Sicherheit und Komfort stark verbessert, andererseits erhöht sich die Komplexität der damit verbundenen Testverfahren enorm. In der Automobilindustrie besteht deshalb Interesse an der Entwicklung kosteneffektiver Testsysteme, ohne Kompromisse bei der Qualität zuzulassen. Letztendlich ist der Antrieb dabei wirtschaftlicher Art, da fehlerhafte Produkte zu erheblichen Kosten und einem Verlust des guten Rufs führen.

Die Aufgabenstellung wurde seitens der Automobil-Industrie an die universitären Forschungseinrichtungen in Braunschweig und Kassel

herangetragen, mit dem Ziel effiziente Testsysteme für die immer komplexer werdenden Infotainmentsysteme im Fahrzeug zu entwickeln. Sie wurde aus dem Anwendungsumfeld extrahiert und in einen allgemeinen Rahmen gestellt, um einen Lösungsansatz ausarbeiten zu können, der für viele ähnliche Fälle seine Anwendung finden kann.

In dieser Dissertation werden zur Senkung der Belastung der Testingenieure Möglichkeiten zur Erweiterung traditioneller Testsysteme mit kognitiven Fähigkeiten, z.B. Lernen, Planen, Verallgemeinern usw., untersucht. Kernannahme ist, dass erfahrene Tester Testsitzungen, die einen sinnvollen Kompromiss zwischen Kosten und Effizienz darstellen, konzipieren können. Es sollen mehrere kognitive Fähigkeiten dieser Testmitarbeiter bei Testsystemen verwertet werden. Dazu wird eine Lernumgebung geschaffen, um erfahrene Mitarbeiter bei Testsitzungen zu beobachten (s. Abb. 4.12).



- DUT: Device-under-Test
- CANalyzer: Universal analysis and development tool for electronic bus systems
- GUI: Graphical-User-Interface
- USB-connection: Universal serial bus to connect the device VN2610 to the test system

Abbildung 4.12: Struktur der Lernumgebung

Daraufhin werden die beobachteten Testsequenzen interpretiert, modelliert und in der Wissensbasis gespeichert. Zur Minimierung kognitiver Verzerrungen und Zusammenfassung diverser Teststrategien wird eine Theorie des kooperativen Lernens entwickelt.

Das Lernen von einer einzelnen Testperson wird hierbei verworfen. Stattdessen werden zahlreiche Testpersonen mit unterschiedlicher Erfahrung herangezogen, was zu aggregierten Wissensdatenbanken führt. Daraufhin wird ein iterativer Planungsalgorithmus angewendet, der die Wissensdatenbanken nach neuen Testszenarien durchsucht. Hierbei ergibt sich jedoch ein Testbereich, der zum Abarbeiten zu groß ist. Deshalb wird auf Grundlage der Risikominimierung ein Optimierungsmodul integriert, um den Ergebnisbereich zu reduzieren. Schließlich wird das sich ergebende Testszenario ausgeführt. Dieses Testszenario ist bezüglich Durchführungsaufwand und Testfallabdeckung besser als die gelernten.

Durch Einsatz eines Generalisierungsalgorithmus kann die erzeugte Strategie auch zum Test gleichartiger, in der Lernphase nicht verwendeter Geräte eingesetzt werden. Basierend auf den Ergebnissen der vorhergehenden Schritte kann das Prüfsystem automatische Tests durchführen.

Um ein objektives Urteil zu ermöglichen, wird eine numerische Kostenfunktion definiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verwertung menschlicher kognitiver Fähigkeiten einen entscheidenden Faktor bei der Verbesserung von Testverfahren darstellt. Die Theorie wird durch ihre primäre Abhängigkeit von menschlichen Faktoren eingeschränkt und ist vor allem für elektronische Systeme mit umfangreichen Benutzerschnittstellen, z.B. Infotainment-Systeme, geeignet.

Die entwickelte Theorie erhöht jedoch nachweislich sowohl die Effizienz als auch die Effektivität von Testsystemen deutlich. Insbesondere werden die Testmitarbeiter stark entlastet, wodurch Entwicklungszeit und -kosten deutlich, jedoch nicht zu Lasten der Testqualität, gesenkt werden.



# 5 Ereignisse

## 5.1 Uni-DAS Doktorandenworkshop

*von Simon Ulbrich*

Im Rahmen des Forschungsverbundes Uni-DAS e.V. fand vom 21.-22. März 2013 der erste Uni-DAS Doktoranden-Workshop statt. Das Institut für Regelungstechnik bzw. das Niedersächsische Forschungszentrum für Fahrzeugtechnik (NFF) hat hierzu nach Braunschweig und Wolfsburg eingeladen. Von den Uni-DAS-Instituten kamen insgesamt 22 Teilnehmer der 6 Uni-DAS Institute zusammen, um sich gegenseitig kennenzulernen und über das automatisierte Fahren auszutauschen. Nach gegenseitiger Vorstellung der Forschungsschwerpunkte und Institute diskutierten die Doktoranden in mehreren Workshop-Runden die aktuellen Herausforderungen und Probleme auf dem Weg zum automatisierten Fahren. Am zweiten Tag der Veranstaltung stand eine Fahrt auf dem Braunschweiger Stadtring mit Leonie, dem automatisierten Fahrzeug der TU Braunschweig, auf dem Programm. Neben dem fachlichen Austausch dient der Doktoranden-Workshop auch der Vernetzung innerhalb der FAS Community. Der Workshop war aus Sicht der Teilnehmer ein großer Erfolg und eine Fortsetzung ist für das Frühjahr 2014 geplant.



Abbildung 5.1: Teilnehmer des ersten Uni-DAS Doktorandenworkshops in Braunschweig bzw. Wolfsburg

## 5.2 Carolo Cup 2013

*von Fabian Schuldt und Jens Rieken*

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 bietet den Studierenden eine Plattform, 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 mög-

lichst 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 2013.

Das Team Phoenix Robotics der Technischen Universität München hat mit seinem sportlichen schwarzen autonomen Modellfahrzeug den diesjährigen Carolo-Cup der Technischen Universität Braunschweig gewonnen. Nachdem das Braunschweiger Team als Titelverteidiger nach der Präsentation ihres Gesamtkonzeptes noch hauchdünn mit zwei Punkten geführt hat, konnten sich die Münchner im fahrpraktischen Teil auf dem Parcours an die Spitze setzen.

Auf dem Parcours ohne Hindernissen konnte das Team Phoenix Robotics seine Stärke beweisen. Mit der in diesem Jahr erstmalig zugelas-

senen Hinterachslenkung fuhr das kleine Auto schnell und sicher. Es legte in drei Minuten mit 346 Metern die längste Strecke mit den wenigsten Fahrfehlern zurück. Nur das Team Spatzenhirn aus Ulm konnte auf dem zweiten Platz und mit 330 Fahrmetern mithalten, während das Braunschweiger Carolinchen mit einigen Fahrfehlern deutliche Abzüge bekam. Bei der nächsten Disziplin, dem Einparken, fielen die Phoenix Robotics allerdings zurück. Keiner der drei Einparkversuche war gültig. Hier punktete Carolinchen aus Braunschweig mit einem zweiten Platz.

An der abschließenden Königsdisziplin, dem Rundkurs mit Hindernissen, nahmen auch in diesem Jahr nur wenige Teams teil. Auf der neu entworfenen Strecke, die mit scharfen S-Kurven und einem mobilen Hindernis deutlich herausfordernder war als in den vergangenen Jahren, machten die Teams TUM Phoenix Robotics, Spatzenhirn und CDLC aus Braunschweig die Plätze unter sich aus. Kein Team konnte diese Disziplin fehlerfrei absolvieren, am schnellsten und am sichersten bewältigten die Münchner Phoenix Robotics die anspruchsvolle Strecke.

Damit sicherten sich die Münchner mit insgesamt 750 von 1000 möglichen Punkten den Sieg vor dem Titelverteidiger aus Braunschweig, der mit 666 Punkte auf dem zweiten Platz landete. Den dritten Platz erreichte das Team Spatzenhirn der Universität Ulm mit 579 Zählern.

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

Neu beim Carolo-Cup 2013 war der erstmalig stattfindende Junior-Cup. Dieser Wettbewerbsteil richtet sich gezielt an Einsteiger-Teams, für die so die Hürde einer erfolgreichen Teilnahme an dem Wettbewerb gesenkt werden soll. Im Regelwerk des Junior-Cups wurden dazu die



Abbildung 5.3: Das Siegerteam *TUM Phoenix Robotics* der TU München

Anforderungen reduziert, um die Entwicklung eines eigenen Fahrzeugs 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.

In diesem Jahr haben zwei Teams am Junior-Cup teilgenommen. Zum einen war dies das Team *eCar-us* von der Hochschule Hamm-Lippstadt und zum anderen das Team *DR MEILI* von der Universität Göteborg, das zugleich das erste internationale Team beim Carolo-Cup war. Das Team *DR MEILI* konnte in einem spannenden Junior-Cup den ersten Platz belegen.

Neben der Einführung des Junior-Cups wurde die Disziplin des automatischen Einparkens überarbeitet. Bisher hatten die Teams lediglich einen Versuch, der in die Wertung eingegangen ist. Im diesjährigen Cup mussten die Teams in insgesamt drei 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 2014 wird am 10. und 11. Februar 2014 im Haus der Wissenschaft der TU Braunschweig ausgetragen. Nähere Information zu Regeln und Anmeldevoraussetzungen bzw. -verfahren sind unter [www.carolo-cup.de](http://www.carolo-cup.de) verfügbar.

## 5.3 „Wissen leuchtet“ NFF-Gemeinschaftsstand auf der TU-Night 2013 mit Leonie

*von Michaela Pape (NFF)*

Mit einem großen Gemeinschaftsstand präsentierte sich das Niedersächsische Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) am 23. Juni auf der zweiten TU-Night vor dem Haus der Wissenschaften. Auf über 500 Quadratmetern stellte das NFF gemeinsam mit seinen Mitgliedsinstituten, Forschungsthemen und Mitmachaktionen rund um die Themen Fahrzeugtechnik und Mobilität vor (s. Abbildung 5.4).

Mit dabei war auch das Forschungsfahrzeug „Leonie“ vom IfR, für die es beim Aufbau erst einmal „Ab durch die Heckel!“ hieß (s. Abbildung 5.5). Zu erreichen war der NFF-Stand vor dem Haus der Wissenschaft nämlich nur durch eine 2,10m breite Öffnung einer Buchenhecke. Leonie fuhr jedoch - unter den kritischen Blicken des Aufbauteams - souverän durch den weich gepolsterten Eingang. Ein weiterer Beweis dafür, dass Frauen einfach besser einparken können.



Abbildung 5.4: „Leonie“ auf dem NFF-Gemeinschaftsstand (Quelle: NFF-  
Pressestelle)



Abbildung 5.5: „Ab durch die Hecke!“ (Quelle: NFF-  
Pressestelle)

## 5.4 Leonie im Schweizer Fernsehen

*von Bernd Lichte*

Nachdem wir in den letzten Jahren mit unserem Forschungsfahrzeug „Leonie“ schon mehrere Kindersendungen wie die „Sendung mit der Maus“ oder den „Tigerenten Club“ drehen durften, kam Anfang Juli der Produzent der Wissenssendung „Einstein“ des Schweizer Fernsehens Thomas Gerber mit der Anfrage auf uns zu, ob wir auch für diese Erwachsenenendung einen Drehtermin zur Verfügung stellen könnten. Natürlich kamen wir dieser Anfrage sehr gerne nach.

„Einstein“ ist eine Eigenproduktion des Schweizer Fernsehens und berichtet in maximal zehnminütigen Einzelbeiträgen über Phänomene und Geheimnisse des Alltags und des Lebens. Das Konzept sieht vor, dass ausgehend von der Erfahrungswelt der Zuschauer diese die Sendeinhalte zusammen mit dem Moderationsteam miterleben können. Wissenschaftler vermitteln die Zusammenhänge der gezeigten Inhalte und sollen so den Bogen vom Alltag zur Wissenschaft schlagen, Wissenschaft erlebbar machen.

Am 15. August 2013 war es dann soweit und Herr Gerber kam zu Besuch. Wir bedanken uns ganz herzlich bei Herrn Gerber für die Erfahrung. Die Fotos in Abbildung 5.6 spiegeln die Eindrücke vom Drehtermin wider.

## 5.5 Erster NFF-Doktorandentag im MobileLifeCampus Wolfsburg

*von Michaela Pape (NFF)*

Erstmals richtete das Niedersächsische Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) an seinem Standort im MobileLifeCampus in Wolfsburg



Abbildung 5.6: Eindrücke vom Drehtermin mit dem Schweizer Fernsehen  
(Quelle: IfR)

am 23. September 2013 einen Doktorandentag aus. Dabei stellten insgesamt 56 Doktoranden ihre Promotionsthemen im Kontext des NFF vor.

Ziel der Veranstaltung war es, die unterschiedlichen Promotionsvorhaben in den 38 NFF-Mitgliedsinstituten in einem größeren interdisziplinären Kontext einem Fachpublikum aus Wissenschaft und Wirtschaft zu präsentieren und den Austausch der NachwuchswissenschaftlerInnen untereinander zu fördern. 56 Promovierende der TU Braunschweig, der TU Clausthal, der LU Hannover und der Ostfalia stellten ihre Arbeiten anhand von Posterpräsentationen und Exponaten vor.

Das Institut für Regelungstechnik war durch fünf Doktoranden vertreten und präsentierte mit „Mobile“ und „Leonie“ zwei Forschungsfahrzeuge, die auch bei den Teilnehmern des VIP-Rundgangs auf besonders großes Interesse stießen (s. Abbildung 5.7). Die NFF-Dissertationen zeigten ein breites Spektrum fakultätsübergreifender und entlang der vier NFF-Forschungsfelder ausgerichteter Themen, die auf der Forschungsvision des NFF, dem „Metropolitan Car“ basieren.

Die Themen kamen aus den Bereichen Maschinenbau, Informatik, Elektrotechnik ebenso wie aus der Chemie, der Psychologie und den Wirtschaftswissenschaften. Die Bandbreite reicht dabei von Forschungsprojekten wie „Testen von Software im Automobilbereich“ über „Unfallentstehung im urbanen Raum“ bis hin zur „Adoption von Elektromobilität in Unternehmensflotten“ und der „Nutzung der Abgaswärme an einem Verbrennungsmotor“.

Der Doktorandentag soll in zwei Jahren wiederholt werden: Mit noch mehr Doktorandinnen und Doktoranden und dann im NFF-Neubau am Forschungsflughafen.

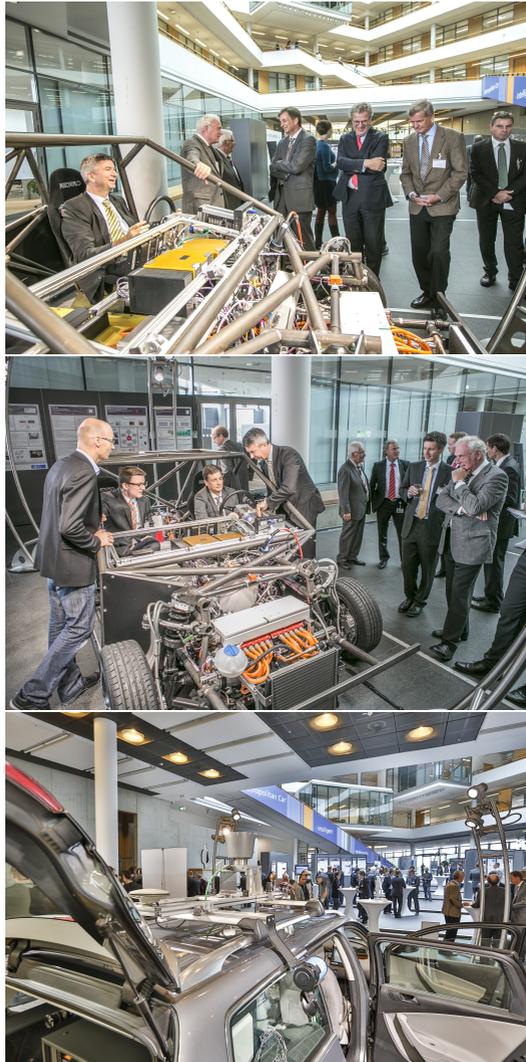


Abbildung 5.7: Impressionen von ersten NFF-Doktorandentag im MobileLife-Campus in Wolfsburg (Quelle: NFF-Pressestelle)

## 5.6 Kindermuseum Fulda

*von Bernd Lichte*

Im Mai 2013 kam Frau Dr. Gabriele König, die Geschäftsführerin der Kinder-Akademie Fulda gGmbH, mit der Bitte auf uns zu, für die Sonderausstellung „Immer unterwegs - zur Geschichte der Mobilität“ einen Filmbeitrag über unser Forschungsfahrzeug „Leonie“ zur Verfügung zu stellen. Die Kinder-Akademie Fulda ist das älteste eigenständige Kindermuseum in Deutschland und gliedert sich in in die Bereiche Museum und Akademie. Das Museum bietet eine Dauerausstellung und wechselnde Sonderausstellungen. Im Akademiebereich finden Workshops als fortlaufende Kurse während der Schulzeit und als Ferienprogramme unter Anleitung von Fachleuten statt.

Die Sonderausstellung „Immer unterwegs - zur Geschichte der Mobilität“ thematisiert das Thema Mobilität in drei Erzählsträngen:

1. Wie sieht die Geschichte der Mobilität ab dem Wechsel vom Fuhrwerk zum ersten Automobil bis hin zur Mobilität der Zukunft aus?
2. Was verbindet die Region Fulda und die Geschichte der Mobilität in besonderer Weise?
3. Was lehrt uns die Natur für die Mobilität?

Frau Dr. König informierte sich direkt vor Ort. Natürlich stellten wir Ihr sehr gerne für diesen Zweck umfangreiches Material über unsere Forschungstätigkeit und unser Forschungsfahrzeug „Leonie“ zur Verfügung.

## 5.7 „Leonie“ im KiKA in „Erde an Zukunft“

*von Bernd Lichte*

Auch in diesem Berichtszeitraum gab es wieder einen Drehtermin für das Kinderfernsehen. Bereits im September 2012 wendete sich die Redaktion der Sendung „Erde an Zukunft“ vom Kinderkanal (KiKA) mit dem Wunsch an das Institut, einen Drehtermin mit dem autonom fahrenden Forschungsfahrzeug „Leonie“ zu ermöglichen. Die Sendung „Erde an Zukunft“ erhielt 2013 den internationalen Preis „Rockie Award Bestes nonfiktionales Kinderprogramm“. Gerne kamen wir diesem Wunsch nach einem Drehtermin nach.

Die geplante Sendung sollte dabei unter dem Motto „Autofahren bald kinderleicht? - Der Autopilot macht's möglich!“ stehen. Dazu durfte der Moderator Felix Seibert-Daiker unser Forschungsfahrzeug „Leonie“ auf unserem Testgelände sogar selbst autonom Probe fahren.

## 5.8 Feste am Institut

*von Veronika Krapf*

Übers Jahr verteilt laden, wie vielerorts üblich, die Kollegen und Kolleginnen anlässlich ihres Geburtstags, ihres Ein- oder gar Ausstands zu einem geselligen zweiten Frühstück oder nachmittäglichen Kaffeetrinken ein.

Zum gemeinsamen Jahresausklang in der Adventszeit trafen wir uns wie gehabt an der Pyramide des Braunschweiger Weihnachtsmarkts: dieses Mal konnten wir, ohne vom Regen durchweicht zu werden, die allseits angebotenen Köstlichkeiten vergleichen, uns mit einem Glas Glühwein aufwärmen und auf den gemütlichen Abend im Schadt's ganz in der Nähe einstimmen.

Fast schon zur Tradition geworden ist der Semesterabschluss, den wir dieses Jahr mit unseren Mitarbeitern, fast allen studentischen Hilfskräften sowie Projekt- und Geschäftspartnern im September begangen haben. Im Mittelpunkt des fachlichen Interesses stand MOBILE, das von Torben Stolte vorgestellt und erläutert wurde. Eine Demonstrationsfahrt musste leider wegen des regnerischen Wetters entfallen. Umso dankbarer waren alle Gäste für das große Festzelt, das für den anschließenden Imbiss neben dem Grillplatz aufgestellt war. Allen, die mitgeholfen haben, herzlichen Dank! Vor allem aber danken wir Stefanie Scheffer für die tolle, reibungslose, teambildend-unterhaltsame Organisation dieses Festes!

# 6 Veröffentlichungen

Im Berichtszeitraum wurden die folgenden Beiträge unserer Arbeitsgruppen veröffentlicht:

- Bergmiller, B.: Design and Safety Analysis of a Drive-by-Wire-Vehicle. In: *Maurer, M.; Winner, H.: Automotive Systems Engineering*, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2013, pp. 147-202.
- Bieber, B.; Maurer, M.; Rauh, J.; Häcker, J.: Stabilisierung eines Gelenkbusses durch Gelenkaktorik und Bremsengriff. In: *Steuerung und Regelung von Fahrzeugen und Motoren - AUTOREG 2013*, Baden-Baden, 2013.
- Brahmi, M.: Reference Systems for Environmental Perception. In: *Maurer, M.; Winner, H.: Automotive Systems Engineering*, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2013, pp. 205-221.
- Brahmi, M.; Schüler, K.; Bouzouraa, E.; Maurer, M.; Siedersberger, K.-H.; Hofmann, U.: Timestamping and Latency Analysis for Multi-Sensor Perception Systems. In: *IEEE SENSORS 2013*, Baltimore, 2013.
- Heck, P.; Gonter, M.; Bellin, J.; Maurer, M.: Beitrag zur integralen Sicherheit durch ein situativ adaptiertes Entscheidungsverfahren. In: *28. VDI-VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenz und Integrierte Sicherheit*, Wolfsburg, 2012.
- Heck, P.; Bellin, J.; Matousek, M.; Wonneberger, S.; Sychrovsky, O.; Sara, R.; Maurer, M.: Collision Mitigation for Crossing Traffic in

Urban Scenarios. In: *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2013 IEEE, Gold Coast, Australien, 2013.

- Eltaher, M.: Testing of Reconfigurable Systems: A Cognitive-Oriented Approach. In: *Maurer, M.; Winner, H.: Automotive Systems Engineering*, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2013, pp. 249-268.
- Matthaei, R.; Lichte, B.; Maurer, M.: Robust Grid-Based Road Detection for ADAS and Autonomous Vehicles in Urban Environments. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Information Fusion (FUSION)*, Istanbul, Turkey, 2013, pp. 1-7.
- Maurer, M.; Winner, H.: *Automotive Systems Engineering*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2013.
- Maurer, M.: *Automotive Systems Engineering: A Personal Perspective*. In: *Maurer, M.; Winner, H.: Automotive Systems Engineering*, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2013, pp. 17-35.
- Ohl, S.: Static Software Architecture of the Sensor Data Fusion Module of the Stadtpilot Project. In: *Maurer, M.; Winner, H.: Automotive Systems Engineering*, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2013, pp. 81-109.
- Schuldt, F.; Saust, F.; Lichte, B.; Maurer, M.; Scholz, S.: Effiziente systematische Testgenerierung für Fahrerassistenzsysteme in virtuellen Umgebungen. In: *AAET 2013 - Automatisierungssysteme, Assistenzsysteme und eingebettete Systeme für Transportmittel*, Braunschweig, 2013.

# 7 Die Arbeitsgruppe in den Medien

Unser Institut konnte auch im akademischen Jahr 2012/2013 wiederum ein großes Medienecho erzielen. Im Folgenden findet sich eine Auswahl von Beiträgen und Artikeln.

## 7.1 Rundfunk und Fernsehen

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Beitrag</b>
SRF (Schweizer Radio und Fernsehen)	29.08.2013	„Einstein“
KiKA motzgurke.tv	24.11.2012	Die Tigerentenreporter zeigen's euch!
KiKA	11.08.2013	Erde an Zukunft
3sat	12.09.2013	nano

## 7.2 Zeitungen

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
Süddeutsche Zeitung	01.10.2012	Kalifornien erlaubt selbstfahrende Autos
VDInachrichten	16.11.2012	Bitte umschalten auf Autopilot!

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
Braunschweiger Zeitung	05.01.2013	Internet-Revolution fürs Auto
dpa	07.01.2013	Bosch: Selbstfahrende Autos brauchen noch mindestens zehn Jahre
Magdeburger Volksstimme	09.01.2013	Noch zehn Jahre bis zum selbstfahrenden Auto
Sonntag Magazin	13.01.2013	Sonntag Interview mit ... mit MARKUS MAURER
Halterner Zeitung	30.01.2013	Fahrerlose Parkplatzsuche
Neue Presse	30.01.2013	Hände hoch! Auto parkt allein
Hamburger Morgenpost	31.01.2013	Automatisches Parken Dieses Auto sucht sich den Parkplatz selbst
Braunschweiger Zeitung	06.02.2013	Carolo-Cup - Autorennen ohne Fahrer
Zeit Wissen	09.04.2013	Computer am Steuer
dpa	16.07.2013	600 PS: Dieses Elektro-Auto hängt Sportwagen ab
Braunschweiger Zeitung	17.07.2013	Ein Auto, das nie fertig wird
Recklinghäuser Zeitung	20.07.2013	Auf 100 in 4 Sekunden
Auto Bild	26.07.2013	E-Mobil lernt dazu +++ Führerloses Auto in Ulm
Neue Presse	08.08.2013	In 4 Sekunden auf Tempo 100
Hannoversche Allgemeine Zeitung	23.08.2013	Ganz schön forsch

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
Produktion	19.09.2013	Forscher entwickeln ein selbst-bewusstes Auto
Die Welt	20.09.2013	Daimler verspricht autonomes Fahren für 3000 Euro
Mannheimer Morgen	20.09.2013	Auto sucht den Parkplatz selbst

### 7.3 Veröffentlichungen auf Internetseiten

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
elektronikpraxis.de	15.10.2012	Die Mobilität der Zukunft - der Autofahrer wird zum Störfaktor
Automobil-Produktion.de	09.01.2013	Selbstfahrende Autos brauchen noch mindestens zehn Jahre
Focus Online	29.01.2013	Automatisiertes Einparken So parken Sie Ihr Auto per Handy ein
AUTO SERVICE PRAXIS Online	30.01.2013	Wissenschaftler: Autofahren ändert sich massiv
Braunschweiger Zeitung Online	16.07.2013	Forschungsauto „Mobile“ - Von 0 auf 100 in 4 Sekunden
Hessische/Niedersächsische Allgemeine online	16.07.2013	600 PS: Dieses Elektro-Auto hängt Sportwagen ab
computerbild.de	16.07.2013	Forschungsauto „Mobile“: Von 0 auf 100 in 4 Sekunden

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
Hersfelder-Zeitung.de	16.07.2013	600 PS: Dieses Elektro-Auto hängt Sportwagen ab
Merkur-online.de	16.07.2013	600 PS: Dieses Elektro-Auto hängt Sportwagen ab
tz-online.de	16.07.2013	600 PS: Dieses Elektro-Auto hängt Sportwagen ab
aachener-zeitung.de	16.07.2013	Forschungsauto „Mobile“: Von 0 auf 100 Stundenkilometer in 4 Sekunden
autobild.de	18.07.2013	Lenken per Touchpad und Maus
ITespresso.de	23.07.2013	Autonomes Auto beginnt mit Testfahrten in Ulm
Deutsche-Mittelstands-Nachrichten.de	16.08.2013	Forscher der TU Braunschweig entwickeln „selbstbewusstes“ Auto
Focus Online	19.09.2013	Die Hürden nach der Sonderfahrt
welt.de	19.09.2013	Daimler verspricht autonomes Fahren für 3000 Euro
fnweb.de	19.09.2013	Autonomes Fahren - Die Hürden nach der Sonderfahrt
auto-presse.de	20.09.2013	Gesellschaftlicher Dialog vor Start des Autonomen Fahrens
bizzenergytoday.com	20.09.2013	Forschung für autonome Autos
kues.de	20.09.2013	Daimler: Autonomes Fahren ist kein „Fremdwort“

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
morgenweb.de	20.09.2013	Auto sucht den Parkplatz selbst
motor-exclusive.de	20.09.2013	Gesellschaftlicher Dialog vor Start des Autonomen Fahrens
motor- informationsdienst.de	20.09.2013	Gesellschaftlicher Dialog vor Start des Autonomen Fahrens
motorzeitung.de	20.09.2013	Gesellschaftlicher Dialog vor Start des Autonomen Fahrens
allrad-news.de	22.09.2013	Autonomes Fahren: „Harry, hol’ schon mal den Wagen!“
auto- medienportal.net	22.09.2013	Autonomes Fahren: „Harry, hol’ schon mal den Wagen!“
auto-reporter.net	22.09.2013	Autonomes Fahren - Noch lange Vision oder bald Realität?
motor-exclusive.de	22.09.2013	Autonomes Fahren: „Harry, hol’ schon mal den Wagen!“
motor-traffic.de	22.09.2013	Autonomes Fahren - Noch lange Vision oder bald Realität?
motorzeitung.de	22.09.2013	Autonomes Fahren - Noch lange Vision oder bald Realität?
Deutschlandradio- Kultur.de	22.10.2013	Fahren ohne Fahrer
auto-xxl.de	23.09.2013	Autonomes Fahren: „Harry, hol’ schon mal den Wagen!“
MotorsportTotal.com	23.09.2013	Autonomes Fahren

<b>Medium</b>	<b>Datum</b>	<b>Artikel</b>
wunschauto24.com	23.09.2013	Autonomes Fahren: „Harry, hol’ schon mal den Wagen!“
umweltdienstleister.de	24.09.2013	Aus der Forschung: Autonomes Fahren wird kommen





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

ISBN: 978-3-9814969-2-5