

# Forschungsbericht 2015

Research Report 2015



Technische Hochschule  
Ingolstadt

<i>EDITORIAL</i> _____	4	<i>EDITORIAL</i> _____	4
<i>GRUSSWORTE</i> _____	6	<i>WORDS OF WELCOME</i> _____	6
<i>ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG (ZAF)</i>		<i>RESEARCH CENTRE (ZAF)</i>	
Vorstellung _____	10	Introduction _____	10
Menschen _____	12	Staff _____	12
Übersicht _____	13	Overview _____	13
<i>CARISSMA</i> _____	15	<i>CARISSMA</i> _____	15
<i>INSTITUTE</i>		<i>INSTITUTES</i>	
Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme (AUREA) ____	26	Vehicle Safety Systems (AUREA) _____	26
Institut für Innovative Mobilität und ressourcen- schonende Antriebstechnologien (MOREA) _____	35	Innovative Mobility and Efficient Drive Technology (MOREA) _____	35
Institut für neue Energie-Systeme (InES) _____	45	Institute of New Energy Systems (InES) _____	45
<i>KOMPETENZFELDER</i>		<i>RESEARCH FIELDS</i>	
Production now _____	56	Production now _____	56
Luftfahrt _____	66	Aviation _____	66
Produktions- und Automatisierungstechnik _____	70	Production and Automation Engineering _____	70
Logistik und Marketing _____	73	Logistics and Marketing _____	73
Gründerförderung und Unternehmertum _____	78	Entrepreneurship and Business Innovation _____	78
Werkstoff- und Oberflächentechnik _____	81	Materials and Surface Technology _____	81
<i>WEITERE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN</i>		<i>FURTHER RESEARCH ACTIVITIES</i>	
Neue Ansätze im Geschäftsprozessmanagement ____	86	New Approaches in Business Process Management	86
Ressourceneffiziente Produktion _____	87	Resource-Efficient Production _____	87
<i>BILDUNGSFORSCHUNG</i>		<i>EDUCATIONAL RESEARCH</i>	
Offene Hochschule Oberbayern (OHO) _____	90	Open University of Bavaria (OHO) _____	90
Schaufenster Elektromobilität und NQuE _____	92	Electric Mobility Showcase and the Qualification Network (NQuE) _____	92
<i>PROMOTION</i>		<i>DOCTORAL DISSERTATIONS</i>	
Graduiertenzentrum _____	96	Graduate School _____	96
Abgeschlossene Promotionen (2103 und 2014) ____	98	Successfully Completed Doctoral Dissertations (2013 and 2014) _____	98
<i>MITGLIEDSCHAFTEN UND AUSZEICHNUNGEN</i> _____	103	<i>MEMBERSHIP AND AWARDS</i> _____	103
<i>INTERNATIONALE FORSCHUNGSKOOPERATIONEN</i>		<i>INTERNATIONAL RESEARCH COOPERATIONS</i>	
NEED _____	108	NEED _____	108
AWARE _____	113	AWARE _____	113
DARE _____	117	DARE _____	117
<i>PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE</i> _____	121	<i>PUBLICATIONS AND PRESENTATIONS</i> _____	121
<i>IMPRESSUM</i> _____	129	<i>IMPRINT</i> _____	129
<i>NOTIZEN</i> _____	130	<i>NOTES</i> _____	130

 Die englischen Übersetzungen finden Sie jeweils in den äußeren Spalten.

 English translations are displayed in the outer columns.



*Liebe Leserinnen und Leser,*

In der angewandten Forschung hat sich seit dem letzten Forschungsbericht viel getan. Wir wurden „Technische Hochschule“ und tragen den Forschungsauftrag damit auch sichtbarer im Namen. Damit verbunden ist aber nicht nur eine Namensänderung, sondern wir erhalten dadurch auch erstmalig eine Grundfinanzierung für die Forschung.

Wir sind mit insgesamt drei Forschungsschwerpunkten auf der Forschungslandkarte der Hochschulrektorenkonferenz vertreten. Auch das zeigt unsere Forschungsstärke im Bereich der Mobilität - zwei der Forschungsschwerpunkte sind dort angesiedelt. Das Themenfeld der erneuerbaren Energien ergänzt als dritter Forschungsschwerpunkt unser Portfolio. Dabei werden unsere Forschungsschwerpunkte unter dem Dach unseres Zentrums für Angewandte Forschung organisatorisch als eigenständige Institute geführt.

Der Forschungsbau für Fahrzeugsicherheit CARISSMA nimmt ebenfalls Gestalt an. Der Rohbau der ca. 120 m langen Halle ist inzwischen nahezu fertig gestellt und die Planungen für die Erstausrüstung und Inbetriebnahme laufen auf Hochtouren. Der Bezug des Forschungsbaus ist Ende 2015 geplant.

All dies trägt dazu bei, dass die Technische Hochschule Ingolstadt einen zunehmend größeren Beitrag bei der Generierung wissenschaftlicher Erkenntnisse und deren Umsetzung in konkrete Produkte und Dienstleistungen in Industrie und Handel leisten kann.

Wir sehen für die Zukunft aber auch große Herausforderungen. Öffentliche Forschungsmittel werden zunehmend über Programme der Europäischen Union ausgelobt. Um diese Fördermittel stehen wir verstärkt im Wettbewerb mit Hochschulen aus der gesamten EU. Unsere Forschungsaktivitäten von der Antragstellung bis zur Projektdurchführung werden hier zukünftig noch internationaler werden.

Eine weitere Herausforderung wird in den nächsten Jahren die Durchführung der Promotionen unserer Doktoranden sein. Dafür werden wir unser Graduiertenzentrum weiter ausbauen. An unserem Forschungsstandort Neuburg wollen wir mit unserem dort angesiedelten Graduiertenzentrum neue Wege der Durchführung von Promotionen modellhaft gehen. Wir sind bereit, durch geeignete Strukturen bei den Promotionsverfahren qualitätsgesichert mehr Verantwortung zu übernehmen.

Die Forschung an der THI ist eine Gemeinschaftsaufgabe von vielen. Wir bedanken uns bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus dem wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Bereich für die tatkräftige Mitarbeit an diesem, für unsere Hochschule, so bedeutenden Thema. Der Dank gilt gleichermaßen allen Unternehmen und Hochschulpartnern im In- und Ausland, die uns das Vertrauen entgegen bringen, mit uns gemeinsam Forschungsprojekte durchzuführen.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der nachfolgenden Lektüre.

Prof. Dr. Walter Schober  
Präsident

Prof. Dr. Thomas Suchandt  
Vizepräsident für Forschung

*Dear Readers,*

Much has happened in the field of applied research since our last Research Report. We are now, for example, the *Technische Hochschule* and the very name of our institution is a statement of our purpose. The renaming of our university was not simply a cosmetic change, of course. Our new status brings with it additional financial support specifically for research.

Within the research scope of the German Rectors' Conference (*Hochschulrektorenkonferenz*), the *Technische Hochschule* is represented in three separate categories. Two of these are in the field of transportation research while the third is focused on renewable energy systems. These areas of investigation have been brought together under the coordination of the Center for Applied Research (ZAF) which itself exists as an independent institute.

The research facility CARISSMA is also taking shape. The construction of the approximately 120 meter long testing hall is nearly completed, while plans for the technical instrumentation and initial operations are progressing rapidly. The facility is expected to be ready for research activities at the end of 2015.

All of these plans contribute to the impression that the *Technische Hochschule Ingolstadt* is taking an ever-greater role in the generation of scientific knowledge as well as the implementation of practical research for industry and trade. We also see immense challenges for the future. Public funding for research projects is frequently offered by the European Union, which means the acquisition of project financing frequently places the THI in competition with institutions from all over the EU. Our research efforts, therefore – from from funding to the completion of the projects – is increasingly an international venture.

One further challenge in coming years will be the introduction of our doctoral programme. This will require the expansion of our Graduate School (*Graduiertenzentrum*) in the nearby city of Neuburg where we will introduce innovative new scientific possibilities. We are quite excited about the new responsibilities and challenges associated with the production of scientific knowledge at the highest level.

Research at the THI is, of course, a community effort. We would therefore like to thank all of the employees and colleagues from both the academic as well as the non-academic departments of our university whose contributions are so essential. We extend the same gratitude to our commercial and exchange partners all over the world who entrust us with the responsibility of our many cooperative research projects. We hope you enjoy this Research Report.

Prof. Dr. Walter Schober  
President of the THI

Prof. Dr. Thomas Suchandt  
Vice President for Research

The automobile industry is in the process of redefining itself, and the demands that consumers now bring to this industry are greater and more varied than ever. From the external to the internal to the technology that is built into automobiles today, they expect nothing but the best. At the same time, lighter constructions and the introduction of hybrid drive-trains have led to a reduction in fuel consumption meaning that strict CO<sub>2</sub> limits can now be met in key markets worldwide. The stage is now set for realistic automotive technology with zero carbon emissions.

All of this combined with the trend towards the digital networking of automobile production offers great challenges to the auto industry. That is why we need to design tomorrow's factories today. Dialogue with research and science is indispensable, and for that reason we have undertaken a number of research projects with the *Technische Hochschule Ingolstadt* for many years now.

On the one hand, this relationship provides necessary technological innovation. On the other hand, the relationship with the THI gives us the opportunity to find young talent in the field. These great minds are likewise indispensable through, for example, their participation in the technical presentations sponsored by Audi in its "Automobile Production" lecture series or in more traditional teaching environments. In 2004, together with the Center for Applied Research (ZAF), we founded an institute dedicated to the promotion of doctoral and other research projects. Together with a network of German foundations, Audi also supports two professorships in research and teaching. Relationships such as these with the THI have offered a number of opportunities for the mutual exchange of knowledge and competence in important fields such as energy storage and robotics. To be sure, the acquisition of talented exchange students as well as the robust regional networks are necessary components in strengthening these local partnerships.

I would therefore like to thank all of the employees at the *Technische Hochschule Ingolstadt* for their remarkable cooperation. Let us build on that relationship looking to the future as we confront the challenges of automotive production together. Let us find the right ideas at the right time and implement these ideas with intelligence. Because it is only when we commit ourselves to unconventional thinking and foresight that we will find ourselves ahead of the competition – we in the automobile industry, you in the world of scientific research.

Dr. Hubert Waltl  
Director of Production, AUDI AG



Dr. Hubert Waltl  
Vorstand Produktion AUDI AG

Die Automobilindustrie erfindet sich gerade neu und die Ansprüche, die Kunden an ein Auto stellen, sind vielfältiger und höher denn je. Vom Exterieur über das Interieur bis hin zur Technik an Bord ist Premiumqualität gefragt. Zugleich gilt es, durch konsequenten Leichtbau und eine Teil-Elektrifizierung des Antriebsstrangs Verbrauch und Emissionen von Automobilen so zu senken, dass sie die strikten CO<sub>2</sub>-Gesetze in den Absatzmärkten weltweit erfüllen. Am Ende des Tages stehen alltagstaugliche Lösungen für

eine völlig emissionsfreie Mobilität auf der Agenda. All dies und der Trend hin zur zunehmenden digitalen Vernetzung stellt die Automobilproduktion aktuell vor große Herausforderungen. Deshalb müssen wir heute die Fabrik der Zukunft gestalten. Wertvolle Impulse dafür bekommen wir seit jeher aus dem Dialog mit Forschung und Wissenschaft. Unsere Kooperation mit der Technischen Hochschule Ingolstadt treiben wir seit vielen Jahren in gemeinsamen Projekten voran.

Dabei fördern wir zum einen technologische Innovationen, zum anderen kümmern wir uns im Rahmen des Hochschulmarketings auch um die klugen Köpfe, die man dafür braucht – sei dies in Fachvorträgen, in der von Audi eingerichteten Vorlesung „Automobilproduktion“ oder in unseren dualen Studiengängen. 2004 haben wir darüber hinaus mit dem Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF) gemeinsam ein Institut geschaffen, in dem wir vielfältige Forschungs- und Doktorandenprojekte durchführen. Und mit dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft unterstützt Audi auch mit zwei aktuell laufenden Stiftungsprofessuren Forschung und Lehre. Auf diese Weise tauschten wir mit der TH Ingolstadt in den vergangenen Jahren über kurze Wege Wissen aus und entwickelten wertvolle Kompetenzen in Kernbereichen wie Batterie-/Energiamanagement und Robotik weiter. Regelmäßig holen wir dafür auch motivierte und talentierte Austauschstudenten zu uns. Das zusammen sehen wir als wichtige Stärkung unserer Heimatregion.

Ich bedanke mich bei allen Verantwortlichen und Mitarbeitern der TH Ingolstadt für die hervorragende Zusammenarbeit. Lassen Sie uns in Zukunft darauf aufbauen und die Herausforderungen der Automobilproduktion auch weiterhin gemeinsam angehen. Lassen Sie uns die richtigen Ideen zur richtigen Zeit schnell und intelligent umsetzen. Denn nur wenn wir konsequent querdenken und vorausschauen, werden wir dem Wettbewerb voraussein – wir in der Automobilindustrie, Sie in der deutschen Wissenschaftsszene.

Foto: AUDI AG



In der deutschen Wissenschaftslandschaft wird die Diskussion über eine Theorie- oder Anwendungsorientierung häufig an Status und Zugehörigkeit einer Einrichtung geknüpft. So einfach und schlüssig die klassische Rollenzuweisung sein mag, der heutigen Facettenvielfalt wird sie kaum gerecht. In meiner Verantwortung für ein außeruniversitäres, ingenieurwissenschaftliches Forschungsinstitut, das seit 22 Jahren den Status eines An-Instituts der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg besitzt, darf ich konsta-

tieren: Erstens ist ein solides Theorie-Fundament nicht ausschließlich in der Universität Gegenstand von Lehre und Forschung. Die zahlreichen wissenschaftlich exzellenten und zugleich hochmotivierten Doktoranden, die von der TH Ingolstadt oder von industriellen Forschungspartnern dieser Hochschule kommend, kooperative Promotionen in Magdeburg durchführen, schreiben Erfolgsgeschichte.

Zweitens gelingt es offenbar mit großem Engagement, politischer Unterstützung und Beteiligung der Industrie an leistungsstarken Hochschulen wie der THI längerfristige Beschäftigungen im wissenschaftlichen Bereich, Post-Doktoranden-Stellen, Forschungsprofessuren, Graduiertenzentren und vieles mehr zu etablieren. Hinzu kommt eine adäquate hochmoderne Ausstattung, wie sie beispielsweise in Ingolstadt mit dem CARISSMA-Forschungsbau entsteht. Die Landschaft wird also auch diesbezüglich bunter.

Drittens möchte ich zwischen Grundlagen und Anwendungen die Technologie stellen. Als Vertreter der Automatisierungstechnik erlebe ich, wie Anwendungen – insbesondere auch Automotive und Mobilität, auf denen Schwerpunkte an der THI liegen – von der großen Technologie-Dynamik profitieren. Wissenschaftliche Expertise ist nicht nur bei grundlegender Theorie gefragt, sie muss das fundierte Technologiewissen einschließen. IT und Automation kommen hier Schlüsselpositionen zu.

Ich freue mich sehr über die fruchtbare Kooperation mit den Ingolstädter Fachkollegen und wünsche mir, dass wir die Facettenvielfalt künftig gemeinsam weiter ausbauen.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Jumar  
Vorstandsvorsitzender und Institutsleiter ifak  
Institut für Automation und Kommunikation e.V.  
an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Foto: Jumar

In the scientific landscape of Germany there are many discussions of research as a theoretical means or a practical end. Along with these discussions often comes the relationship between research and the status of the institutions that promote it. As simple as that relationship between institutions and research used to be, it is now, in a context of great variety, no longer the case.

In my position at a non-university institute for engineering research, that has, for 22 years now, the status of an affiliated institute with the Otto-von-Guericke University in Magdeburg (Germany), I feel qualified to say the following:

First, a solid theoretical foundation is not the exclusive domain of the traditional university in its teaching and research activities. The great number of highly motivated and well qualified doctoral students that come from the TH Ingolstadt or from its industrial partners and commit to cooperative graduate research in Magdeburg represent an impressive success story indeed.

Second, with great motivation and effort involving mutual support with politics and industry, it is certainly possible to achieve long-term partnerships in science, research, post-doc positions, research professorships, graduate schools and much more. What is needed is a high-tech environment such as is being built in Ingolstadt under the name CARISSMA. The landscape there is already looking much brighter.

Third, I would place *technology between fundamentals and applications*. As a representative of the field of automated production, I often experience how application – especially in the context of mobility and automotive production as fields important to the THI – can profit from dynamic technological innovation. Scientific expertise is not only required in fundamental theory, but is incomplete without in-depth knowledge of technology. IT and automation are leading examples of this.

I am pleased with the fruitful cooperation with my THI colleagues and I hope that we will continue to develop this remarkable relationship into the future.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Jumar  
Chairman and Department Head of ifak  
Institute for Automation and Communication e.V.  
at the Otto-von-Guericke University, Magdeburg



Zentrum für  
Angewandte Forschung  
(ZAF)  
Research Centre (ZAF)

# Das Prinzip der Universitas

Leitgedanke für eine exzellente angewandte Forschung

## The Principle of Universitas – The Guiding Idea Behind Excellence in Applied Research

The principle of *universitas* is one with a long tradition here in Ingolstadt, extending back to the foundation of the first Bavarian university here in 1472. Since that time, the concept of *universitas*, that is, the community of teachers and learners has been well established in our city and every day it is a lived experience at the *Technische Hochschule Ingolstadt*. Examples may be found in the seminar-oriented didactic style, the collective research groups, and the close integration of teaching and research.

Today, *universitas* also refers to the activities that extend beyond the educational institution and reach into the broader society. These include cooperative research projects with commercial entities of all sizes, extramural research institutions, memberships and cooperation with a range of academic and research bodies, and, in recent years, involvement in the development of intensive dedicated cooperative networks in southeastern Europe, South America and Africa.

Certainly, the research activities at the THI demonstrate that *universitas* is more relevant than ever. *Universitas* shows that the whole is indeed greater than the sum of its parts. The first research activities at the university tended to be individual efforts. The Research Centre was seen as little more than a transactional institution. But as the number and complexity of the research projects increased and the university gained the status of a *Technische Hochschule*, these individual efforts were integrated into broader research fields of competence and into the research institutes we have today. Through the intensive process of organizational evolution in recent years, the Research Centre has evolved from a static entity into a highly effective and strategically nimble interdisciplinary organization within the THI.

The success of the *universitas* principle here can be most easily seen in the research results and the sense of community involvement among all employees of the THI: from research professors to graduate students, employees in the university administration and of course among the students themselves.

On the following pages you will experience some of these research results and we hope you enjoy the read.



Prof. Dr. Christian Facchi



Georg Overbeck

In Ingolstadt lässt sich das Prinzip der Universitas bis auf die Gründung der ersten bayerischen Hochschule im Jahr 1472 zurückverfolgen. Seitdem ist die Universitas, die Gemeinschaft der Lehrenden und der

Lernenden, dort fest verankert, und wird uns Tag für Tag an der Technischen Hochschule Ingolstadt vorgelebt. Zu nennen sind etwa seminaristischer Unterricht, gemeinsame Forschergruppen und die Verzahnung von Forschung und Lehre.

Heute gehören zur Universitas genauso Aktivitäten, die über die Institution Hochschule hinaus gehen und in die Gesellschaft hinein wirken: Dazu zählen insbesondere die Verbundforschung mit Unternehmen unterschiedlicher Größe, mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen, unsere zahlreichen Mitgliedschaften in internationalen Fach- und Forschungsgremien sowie seit den letzten Jahren die Entwicklung weitumspannender Themennetzwerke mit Südosteuropa, Südamerika und Afrika.

Nicht zuletzt zeigen unsere Forschungsaktivitäten auf, dass das Prinzip der Universitas auch heute nichts von seiner Aktualität eingebüßt hat. Universitas bedeutet eben auch, dass das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile: Die ersten Forschungsprojekte an der Hochschule waren vornehmlich Einzelaktivitäten, das Zentrum für Angewandte Forschung wurde zuvorderst als reine Abwicklungsplattform gesehen. Mit zunehmender Anzahl, Komplexität und Größe der Projekte wurden diese Einzelaktivitäten zunächst zu Kompetenzfeldern und im Zusammenhang mit dem neuen Titel einer Technischen Hochschule zu forschungsstarken Instituten zusammengefasst. Im Zuge dieser weitgehenden organisatorischen Veränderungen wurde das Zentrum für Angewandte Forschung weg vom Plattformgedanken zu einer schlagkräftigen, strategisch handelnden Querschnittseinheit der Hochschule weiterentwickelt.

Die in der Forschung erzielten Ergebnisse spiegeln das erfolgreiche Prinzip der Universitas wider, das gemeinsame Engagement aller Hochschulangehörigen, forschender Professorinnen und Professoren, Promovendinnen und Promovenden, Verwaltungsmitarbeiterinnen und -mitarbeitern sowie nicht zuletzt der Studierenden. Auf den folgenden Seiten werden Sie ausgewählte Forschungsergebnisse und -projekte kennenlernen. Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.

Fotos: THI

Foto: THI

# Das Zentrum für Angewandte Forschung

## DER REGION VERBUNDEN



Bald 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie rund 40 am hochschulinternen Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF) forschende Professorinnen und Professoren tragen maßgeblich dazu bei, die Technische Hochschule Ingol-

stadt als Forschungsstätte mit überregionaler Strahlkraft zu etablieren. Aufgrund der aktiven und engen Zusammenarbeit mit KMU, Zulieferern und Herstellern versteht es sich als wichtiger Innovationsmotor für die Region.

## DER GESELLSCHAFT VERPFLICHTET

Getreu dem Humboldtschen Bildungsideal der Einheit von Forschung und Lehre bildet das ZAF mit seinem Graduiertenzentrum wissenschaftlich qualifizierten Nachwuchs heran, dem frühestmöglich die Gelegenheit zur eigenverantwortlichen Forschung gegeben wird. Masterabsolventen können im Rahmen einer kooperativen Promotion in Zusammenarbeit mit einer Partneruniversität promovieren.

## DIE ZUKUNFT GEMEINSAM GESTALTEN

Unternehmen bietet das ZAF eine breite Palette von Forschungs- und Entwicklungsleistungen. Die Aktivitäten reichen von mehrjährigen Forschungsprojekten, die von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unter Betreuung von Professoren bearbeitet werden, über kleinere Entwicklungsaufträge bis hin zu reinen Dienstleistungen in den Laboren.

## ... ALS IHR KOMPETENTER DIENSTLEISTER.

Das ZAF bündelt wissenschaftliche Aktivitäten sowie Projektmanagement und -abwicklung unter einem Dach und ist so Garant für eine erfolgreiche Realisierung Ihrer Forschungs- oder Entwicklungs-idee. Diese enge Verzahnung gewährleistet eine optimale strategische Ausrichtung von Forschungsinhalten und -strukturen, ein effizientes Controlling und damit einen nachhaltigen Ressourceneinsatz.

## The Research Centre (ZAF)

### Rooted in the Region

The nearly 100 employees and approximately 40 professor in the THI's own Research Centre all contribute to the university's reputation as a research institution whose influence stretches far beyond the local economy. Through intensive cooperation with nearby suppliers, manufacturers and a range of SME's, the university has become an important engine of innovation for the region.

### Responsibility to Society

True to Humboldt's educational ideal regarding the combination of research and instruction, the ZAF trains the next generation of researchers through its Graduate Student Center, providing them with an early exposure to responsible research practices. Masters students can even begin their doctoral work here through cooperation with partner universities.

### Shaping the Future Together

The ZAF furthermore offers commercial partners a wide range of research and development services. These might be multi-year research projects completed by student researchers under the guidance of THI professors or perhaps even smaller contract work or laboratory services.

### ... as Your Competent Service Provider.

The ZAF brings scientific activities as well as project management and execution together under one roof, guaranteeing the successful implementation of research and development concepts. This close cooperation ensures the optimal strategic arrangement of research content, research logistics, efficient financial controlling, and therefore the best return on resources invested.

# Menschen

## Staff

### Wissenschaftliche und Kaufmännische Leitung Management



**PROF. DR. THOMAS SUCHANDT**  
Vizepräsident für Forschung  
Vice President for Research



**PROF. DR. CHRISTIAN FACCHI**  
Wissenschaftlicher Leiter  
Academic Director



**PROF. DR. THOMAS BRANDMEIER**  
Stellv. Wissenschaftlicher Leiter  
Deputy Academic Director



**GEORG OVERBECK**  
DIPL.-KULTURWIRT (UNIV.),  
DIPL.-VERWALTUNGSWIRT (FH), MBA  
Kaufmännischer Leiter  
Administrative Director

### EU- und Forschungsreferat EU and Research Department



**ANJA ZUPFER M.A.**  
Leitung EU- und Forschungsreferat / Stellv. Kaufmännische Leitung  
Head of department / Deputy Administrative Director



**CHRISTIAN DUFT**  
DIPL.-ING. (FH)  
EU- und Forschungsreferat  
EU- and Research Department



**KRISZTINA LANTOS**  
B.A. ES  
Projekt DARE  
Project DARE



**ANNE-SOPHIE LOHMEIER**  
DIPL.-KULTURWIRTIN (UNIV.)  
Projekt AWARE  
Project AWARE



**SERVIOLA BEQIRAJ M.A.**  
Referentin CARISSMA  
Advisor CARISSMA



**DR. ULRIKE BONSS**  
Graduiertenzentrum  
Graduate School

### Projektreferat Project Administration Department



**NICOLE HAUPTMANN**  
Leitung Projektreferat  
Head of department



**TANJA CIGIC**  
Projektreferat



**STEFANIE SAUERBREY**  
Projektreferat



**KERSTIN WACHTER**  
Projektreferat



**NATALIE OPPENHEIMER**  
Projektreferat, Sekretariat



**UTE PETZ**  
Projektreferat, Sekretariat

Fotos: THI, Lantos, Wachter

# Übersicht

### Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF) Research Centre



#### Overview

Am Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF) arbeiten über 40 Professoren mit ihren über 90 wissenschaftlichen Mitarbeitern in drei Instituten und sechs Kompetenzfeldern. Leuchtturm der Forschungsaktivitäten ist der Forschungsbau CARISSMA, der 2016 fertiggestellt wird. Das Graduiertenzentrum, das ebenfalls dem ZAF angeschlossen ist, betreut rund 50 Doktoranden und sichert den wissenschaftlichen Nachwuchs. Die Grafik zeigt Ihnen, wie das ZAF aufgebaut ist.

Over 40 professors and over 90 scientific staff members work at the ZAF in an organization of three institutes and further research fields. The flagship is the research facility CARISSMA, the construction of which will be completed in 2016. Additionally there is the Graduate School which is likewise attached to the ZAF. The graphic below shows the structure of the ZAF.

CARISSMA

# CARISSMA: das Forschungszentrum für Fahrzeugsicherheit

*Der Mensch im Mittelpunkt – mit diesem Forschungsfokus will CARISSMA  
Vorreiter in der Verkehrssicherheitsforschung werden.*



Abb1: Blick auf den zukünftigen Forschungsbau CARISSMA.



Abb2: Aktueller Blick in die Indoor-Versuchsanlage für integrale Sicherheitssysteme.

Die Empfehlung des deutschen Wissenschaftsrats für den Forschungsbau CARISSMA – Center of Automotive Research on Integrated Safety Systems and Measurement Area – im Sommer 2010 bedeutet einen Meilenstein für die zukünftige Entwicklung der angewandten Forschung an der Technischen Hochschule Ingolstadt. Bundesweit handelt es sich um den ersten an einer Fachhochschule geförderten Forschungsbau.

## Daten und Fakten im Überblick

- Kosten: rund 28 Mio. €
- Förderung: 50% Bund / 50% Freistaat Bayern
- Baubeginn: 2014
- Inbetriebnahme Labore: 2016
- Inbetriebnahme Außenfläche: Mitte 2015
- Standort: Labore und Büros befinden sich auf dem Campusgelände der THI; das Fahrdynamik-Testgelände im Gewerbegebiet Ingolstadt Nord-Ost
- Interdisziplinarität: 13 THI-Professoren/innen in 4 Arbeitsgruppen

## Großgerätekonzept

- Indoor-Versuchsanlage für integrale Sicherheitssysteme
- Fallturm
- Simulationslabor für Insassen- und Partnerschutz
- HiL-Entwicklungsumgebung für integrale Fahrzeugsicherheitssysteme
- Batterieprüfstand
- Mobile Roboter für Umfeldsensortest
- Entwicklungs- und Testplattform für Car2X-Kommunikation
- Fahrsimulationsprüfstand
- Outdoor- Versuchsanlage für integrale Sicherheitssysteme

## CARISSMA – The Research Centre for Automotive Safety

"The human being is the focus of attention." With this research focus as a guiding principle, CARISSMA wants to become the leading player in automotive safety research.

The decision of the German Council of Science and Humanities (Wissenschaftsrat) to recommend the CARISSMA research building (CARISSMA: Center of Automotive Research on Integrated Safety Systems and Measurement Area) in summer 2010 meant a significant milestone for the future development of applied research at the Technische Hochschule Ingolstadt. It was the first University of Applied Sciences in Germany to receive funding for such a research centre.

### Facts and figures at a glance:

- Costs: approx. € 28 Million
- Funding: 50% federal government, 50% State of Bavaria
- Start of construction: 2014
- Commissioning laboratories: 2016
- Commissioning driving dynamic test ground: Mid 2015
- Locations: Offices and laboratories are located on the THI campus; the driving dynamics test ground is situated in the Ingolstadt Nord-Ost industrial estate, in immediate vicinity to the business incubator
- Multidisciplinary : 13 professors of THI cooperating in four working groups
- Scientific Advisory Board: with high-level representatives from industry, politics and science.

### An Overview of the Facts and StatisticsThe CARISSMA concept includes the following test facilities:

- Indoor test facility for integrated safety systems
- Drop tower
- Simulation cluster for passenger and partner protection
- HiL lab
- Safe energy storage lab
- Mobile robot fleet
- Car2X lab
- High dynamic powertrain testbed
- Outdoor test facility for integrated safety systems

*The Research Building*

The CARISSMA main building is located on the University campus, on the south-eastern side of the outskirts of the Old Town. Due to the functional requirements of the Indoor test facility for integrated safety systems, the building has a length of 123 meters, a width of 32 meters and a height of 8.5 meters. Connected to the testing area are laboratories and workshops. Conference rooms, sanitary facilities and open office spaces are located on two floors in the southern part of the building.

The building itself, embedded into the chain of parks and forests that surround the city, reflects the history of Ingolstadt in its colour as well as its architecture. With its high-quality materials and colours, the clearly structured copper façade - which within one to two years will reach the typical patina - increasingly relates to the existing buildings and surrounding nature.

CARISSMA will also have a testing area in the business park Ingolstadt Northeast, located 6 km away from the campus. This facility will offer an open driving dynamics test ground and an outbuilding with additional workshops, which will go into operation in the second half of 2015.

*Social and Political Responsibility*

Globally, traffic accidents are the cause for the death of around 1.2 million people and 50 million of injuries each year. According to the World Health Organization, the damage caused by traffic accidents in terms of human life is enormous as are the related economic costs.

In 2013, in Germany alone 3,340 people died as the result of traffic accidents, which means that there are 10 traffic fatalities every day. In the German statistics and as a stable trend, Bavaria occupies the sad first place (Source: German Federal Bureau of Statistics).

The unprotected road users, such as pedestrians, cyclists and motorcyclists are, of course, the most vulnerable in any traffic conditions. This is especially true for children and young people who in Germany are three times more likely to be involved in accidents than any other group on the road. These statistics unfortunately also apply worldwide as traffic accidents are shown to be the number one cause of death among young people from age 15 to 29.

Due to slow reaction times and other physical conditions, older drivers are likewise more often involved in traffic accidents than are younger drivers. This will become even more significant when considering demographic change and an ageing population.

On a global level, 90 percent of traffic accidents, however, take place in nations with developing and emerging economies. The WHO refers to traffic accidents as a "global burden". The United Nations have recognized the impact of this issue, too. UN Secretary General Ban Ki-Moon therefore stated when launching the Decade of Action for Road Safety on May 11, 2011: "Now we need to move this campaign into high gear and steer our world to safer roads ahead. Together, we can save millions of lives."

*Der Forschungsbau*

Das CARISSMA-Hauptgebäude liegt in Nord-Süd-Richtung im südöstlichen Baufeld des städtebaulichen Rahmenplanes. Durch die funktionalen Anforderungen der Versuchsbahn ergeben sich eine Gebäudelänge von 123 Metern, eine Breite von 32 Metern und eine Höhe von ca. 8,50 Metern. Unmittelbar neben der Versuchshalle sind die Labore und Werkstätten angeordnet. Im südlichen Gebäudeteil schließen sich auf zwei Geschosse verteilt Büroflächen an. Das Gebäude ist architektonisch und farblich in das historische Stadtbild Ingolstadts, am Glacis, eingebettet. Die kupferne Außenfassade, die innerhalb von ein bis zwei Jahren die typische Patina erhalten wird, passt nicht nur zu den umgebenden historischen Gebäuden, sie symbolisiert auch Naturnähe und Erdverbundenheit.

Zu CARISSMA gehört auch eine Freiversuchsanlage, die im ca. sechs Kilometer entfernten Gewerbegebiet Ingolstadt Nord-Ost. Dort entsteht neben einer Außenversuchsfläche auch eine Werkstatt. Der Betrieb soll in der zweiten Jahreshälfte 2015 aufgenommen werden.

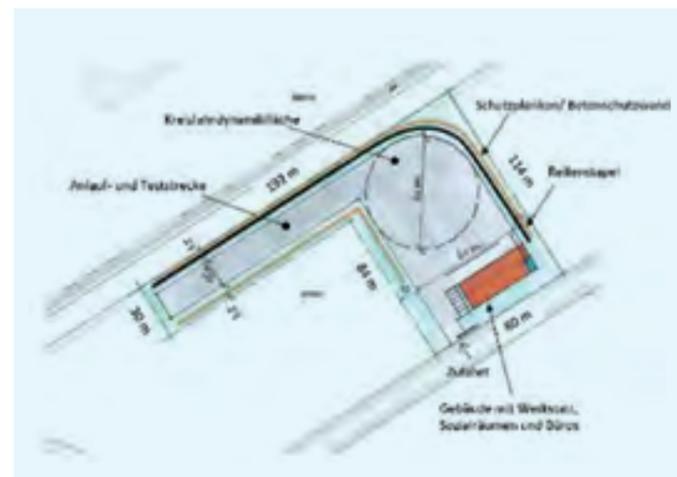


Abb3: Die Außenfläche von CARISSMA im Gewerbegebiet Ingolstadt Nord-Ost

*Gesellschaftspolitische Verantwortung*

Weltweit sterben rund 1,2 Millionen Menschen jährlich bei Verkehrsunfällen, rund 50 Millionen Menschen werden verletzt. Diese verursachen sowohl in menschlicher als auch in volkswirtschaftlicher Hinsicht einen enormen Schaden. (Quelle: WHO)

Auf Deutschlands Straßen starben 3.340 Menschen an Verkehrsunfällen im Jahr 2013. Das bedeutet, dass jeden Tag ca. zehn Menschen im Straßenverkehr tödlich verunglücken. Bayern ist in dieser Statistik trauriger Spitzenreiter – mit bleibender Tendenz. (Quelle: Statistisches Bundesamt) Besonders gefährdet im Straßenverkehr sind ungeschützte Verkehrsteilnehmer: Radfahrer, Fußgänger und Motorradfahrer, darunter vor allem Kinder und Jugendliche. Letztere verunglücken in Deutschland dreimal häufiger als andere Verkehrsteilnehmer. Auch weltweit trägt diese Gruppe das höchste Risiko – so bleiben Verkehrsunfälle die Todesursache Nummer eins bei Jugendlichen und jungen Leuten zwischen 15 und 29 Jahren.

Aufgrund ihres langsameren Reaktionsvermögens und ihrer körperlichen Konstitution werden ältere Menschen ebenfalls vermehrt Opfer von Verkehrsunfällen, auch weil aus demographischen Gesichtspunkten unsere Gesellschaft älter wird.

*Research Programme*

The research at CARISSMA will aim to develop scientific and interdisciplinary solutions in order to get closer to what has come to be known as "Vision Zero", the grand goal of zero fatalities caused by traffic accidents. Consequently, the scientists at CARISSMA are indeed putting "the human being in the focus of attention" of their research, whether he or she is concerned/affected as an automotive passenger, cyclist and motorcyclist or pedestrian. Special emphasis in the CARISSMA research is dedicated to these unprotected road users.

*How will the researchers at CARISSMA approach the challenges of automotive safety?*

Current safety measures have been developed as individual systems. They provide either passive or active protection, that means they are either designed to avoid/prevent accidents in the so-called "pre-crash phase" or mitigating the consequences once the accident has occurred. The latter is referred to "post-crash phase". The overall goal in CARISSMA is to merge these active and passive measures and to transfer them into a "global safety system", using an increased interlinking of integral safety measures with extended functionality as intermediate step. This ambitious task will be accomplished in specific work groups dedicated to discrete technologies: sensors, actuators, safety mechanics, and safety functions.

*The division of the work groups derives from the bionic principle:*

- (Human) senses: Sight (e.g. radar, camera), Hearing (e.g. Crash Impact Sound Sensing), Feeling (e.g. acceleration, rotational sensors, pressure gauges), Communication with the environment (e.g. WIFI, cellular communication, LTE)
- Brain: Algorithms used to assess danger based on contextual data and to coordinate the safety measures
- Reaction:
  - Actuators for accident prevention (e.g. warning signals, brakes) and accident mitigation (e.g. airbags, seat belt locking)
  - Protection through structure-design and materials (e.g. chassis construction).

The "Sensor" work group focuses on the latest sensory technology and novel ways to combine these systems. The sensors must generate an accurate representation of the vehicle's surroundings while allowing communication with other cars and with infrastructure.

The "Actuator" work group is exploring the implementation of necessary measures to avoid or minimize dangerous traffic situations. Research in this field investigates not only the improvement of existing protective systems such as sophisticated seat belt or braking systems, but at the same time seeks new practical actuation systems.

The "Safety Mechanics" work group focuses on the application of new materials while investigating their effects on passive safety systems. Of prime importance is hereby

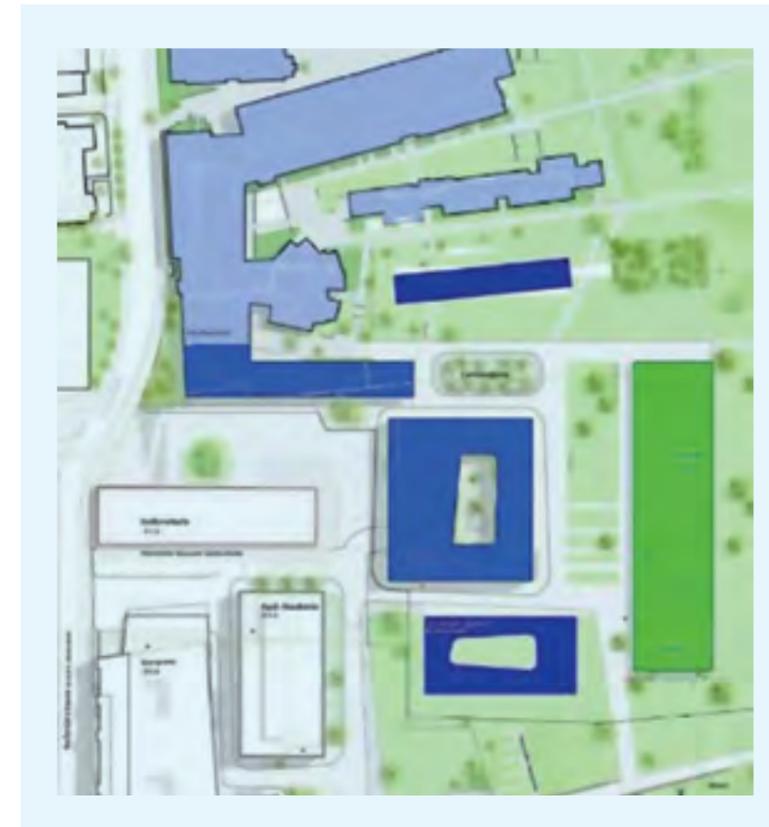


Abb4: Der Standort des Hauptgebäudes von CARISSMA (grüner Umriss) auf dem THI-Campus

90 Prozent der weltweiten Unfälle ereignen sich jedoch weiterhin in Entwicklungs- und Schwellenländern. Die Weltgesundheitsorganisation spricht daher von Verkehrsunfällen als „globale Bürde“. Auch die UN hat die Brisanz dieses Themas erkannt und so appelliert der UN-Generalsekretär Ban Ki-moon, als er die Dekade der Aktion der Verkehrssicherheit am 11. Mai 2011 ausruft: „Jetzt ist es an der Zeit, diese Kampagne aktiv anzutreiben und unsere Welt auf sicherere Straßen zu führen. Gemeinsam können wir Millionen von Leben retten.“

*“Now we need to move this campaign into high gear and steer our world to safer roads ahead.*

*Together, we can save millions of lives.”*

*UN Secretary-General Ban Ki-moon  
Message on the launch of the Decade of Action  
for Road Safety, 11 May 2011.*

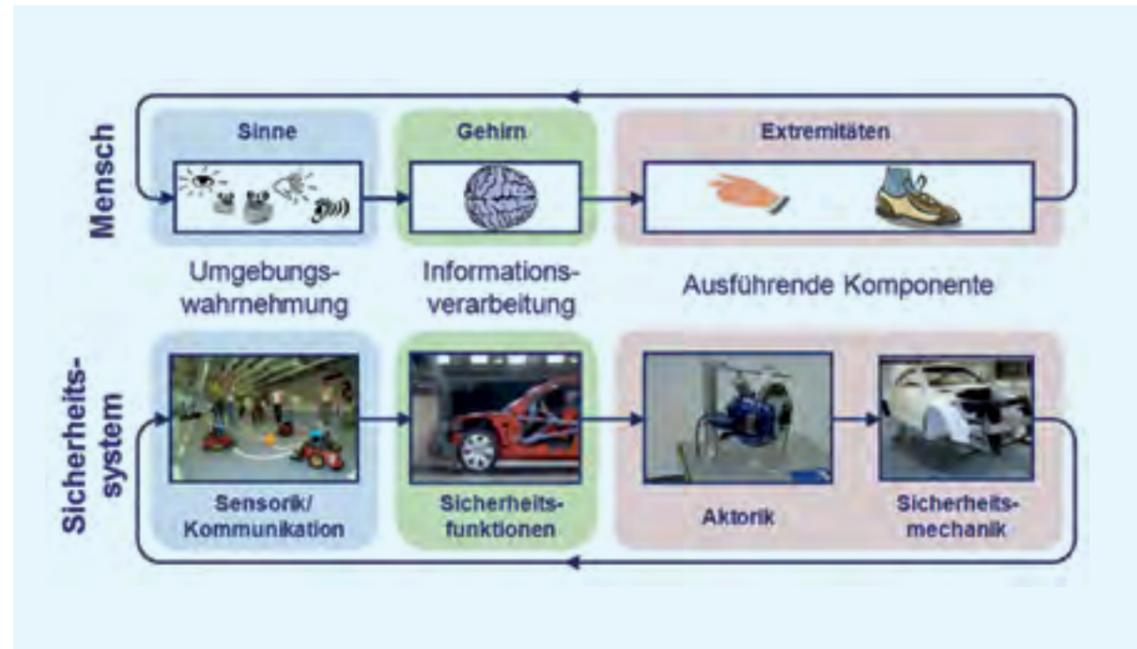


Abb5: Aufteilung der Arbeitsgruppen entlang des bionischen Prinzips

the analysis of signals that emerge during a crash.

The "Safety Functions" work group develops and tests algorithms that evaluate dangers and introduces appropriate countermeasures in emergency situations. This work group serves as a bridge between the other groups and is responsible for system integration and research.

CARISSMA's Integral Large Scale Testing Equipment  
The innovative testing facilities at CARISSMA allow researchers to pursue the ambitious goal of the "global safety system."

In the simulation cluster for passenger and partner protection and the drop tower (in conjunction with the high-speed tensile testing machine (from the THI), key safety components for future vehicles can be investigated.

Initially new materials and crash components can be simulated and subsequent small material samples subjected to experimental tensile loads. Entire subsystems such as crash management schemes or side collision protection measures in doors can also be evaluated.

The Mobile Robot Fleet and the Car2X lab enable the exploration of systems for communication and predictive safety concepts. New sensor technologies, sensor data fusion and the interlinking to other systems enable the development of cross-vehicle safety functions.

An initial integral test of new, active safety systems will take place at the High dynamic powertrain testbed. The latter will be connected to the Hardware-in-the-Loop (HiL) lab as well as the Safe energy storage lab and the driving simulator (hexapod belonging to the THI) and thus operated/run via comparable network technology/ as a networked system. The researchers jointly work on the creation of the necessary protection measures to ensure safety in potentially dangerous situations. This may require the invention or

### Forschungsprogrammatur

Die CARISSMA-Forschung erarbeitet wissenschaftlich und fächerübergreifend Lösungen, um der „Vision Zero“, dem Ziel von Null Verkehrstoten mit schnellen Schritten näher zu kommen. Dabei stellen die CARISSMA-Forscher den Menschen in den Mittelpunkt – sei er Fahrzeuginsasse, Fahrrad-, Mopedfahrer oder Fußgänger. Ein besonderer Schwerpunkt von CARISSMA liegt dabei auf den ungeschützten Verkehrsteilnehmer.

Wie möchten die CARISSMA-Forscher die Herausforderungen der Fahrzeugsicherheit angehen?

Heutige Sicherheitsfunktionen sind als Einzelsysteme realisiert. Sie haben entweder die aktive oder passive Sicherheit im Blick, es geht also entweder um die pure Unfallvermeidung in der sogenannten Pre-Crash-Phase oder um die Unfallfolgenminderung, wenn ein Unfall bereits geschehen ist. In CARISSMA sollen aktive und passive Sicherheitssysteme miteinander verschmelzen – Ziel ist die Realisierung eines „globalen Sicherheitssystems“. Auf dem Weg zu diesem „globalen Sicherheitssystem“ sollen unter zunehmender Vernetzung integrale Sicherheitssysteme mit erweitertem Funktionsumfang geschaffen werden. Die Umsetzung erfolgt in den Arbeitsgruppen Sensorik, Aktorik, Sicherheitsmechanik und Sicherheitsfunktionen.

Die Aufteilung der Arbeitsgruppen orientiert sich an dem bionischen Prinzip:

- Sinne: Sehen (z. B. Radar, Kamera), Hören (z. B. Crash Impact Sound Sensing), Fühlen (z. B. Beschleunigungs-, Drehratensensoren, Druckmesssystem PTS), Kommunikation mit der Umwelt (z. B. WLAN, Mobilfunk, LTE)
- Gehirn: Algorithmen zur Bewertung der Gefahr unter Berücksichtigung von Kontextwissen und Koordination der Sicherheitsmaßnahmen
- Reaktion
  - Aktoren zur Unfallvermeidung (z. B. Warnelemente, Bremse) und Unfallfolgemindeung (z. B. Airbag, Gurtstraffer)
  - Schutzwirkung durch Beschaffenheit (Fahrzeugkarosserie).



Abb6: Dem Grundgedanken der Vernetzung folgt auch das gesamte CARISSMA Großgerätekonzept.

In der Arbeitsgruppe Sensorik stehen neue Sensortechnologien und deren Fusion im Fokus, mit dem Ziel, eine für Sicherheitsfunktionen geeignete Repräsentation des Fahrzeugumfeldes sowie die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander und zur Infrastruktur zu realisieren.

Die Arbeitsgruppe Aktorik beschäftigt sich mit der Umsetzung der erforderlichen Eingriffe in das Fahrzeug, um gefährliche Situationen zu entschärfen bzw. um die Unfallfolgen zu mindern. Dabei steht die Erforschung neuer sowie die Verbesserung bestehender Schutzeinrichtungen, wie beispielsweise Gurtstraffer oder Bremssystem, im Vordergrund.

Die Arbeitsgruppe Sicherheitsmechanik arbeitet an der Verwendung neuer Werkstoffe und Materialien und deren Auswirkungen auf die passive Fahrzeugsicherheit. Von Bedeutung ist die Entstehung der Crash-Signale, die durch Simulation und Modellbildung sowie Crash- und Crashersatzversuche erforscht werden.

In der Arbeitsgruppe Sicherheitsfunktionen werden Algorithmen zur Bewertung der Gefahr, sowie zur Ansteuerung geeigneter Gegenmaßnahmen entworfen und validiert. Die Arbeitsgruppe schafft den Brückenschlag zwischen Sensorik, Aktorik und Sicherheitsmechanik und nimmt so die Rolle der Systemforschung und -integration ein.

### Integrales Großgerätekonzept von CARISSMA

Das innovative Großgerätekonzept von CARISSMA ermöglicht die Realisierung der Forschungsprogrammatur und des „globalen Sicherheitssystems“. In der Simulationsanlage für Insassen- und Partnerschutz und dem Fallturm (in Verbindung mit einer Schnellzerreißmaschine der THI) werden wesentliche passive Sicherheitskomponenten zukünftiger Fahrzeuge erforscht. Dabei werden neue Werkstoffe und Crashkomponenten zunächst simuliert sowie kleinere Proben in der Schnellzerreißmaschine untersucht. Ganze Teilsysteme wie Crashmanagementsysteme oder Seitenaufprallschutz mit Türen können im Fallturm erprobt werden.

modification of safety systems such as dynamic seat belts or braking assemblies. Using HiL- simulators allows the testing of complex vehicle operations in the laboratories with no great risk.

In the Indoor and Outdoor test facility for integrated safety systems, the final integration evaluations can be made for the vehicle as a whole. The Indoor test facility enables the test of all systems from vehicle communication to pre-crash, in-crash, and post-crash protection measures under one roof.

This universal approach also allows the testing of active and passive safety functions in conjunction, that means from collision avoidance measures up to the point of vehicle crash. Furthermore, a variety of traffic scenarios can be tested under reproducible conditions and independent of environmental effects. Integral vehicle safety tests can only be undertaken indoors at moderate speeds. More extensive testing involving critical dynamic driving situations and autonomous intervention in the driving status can be done at the outdoor testing facility. Here the experiments can take place under realistic environmental and weather conditions, i.e. sun, rain, cloudy weather etc.

#### International Networking

Through the Applied Network on Automotive Research and Education (AWARE), CARISSMA has been able to strengthen its international orientation with the Brazilian partnership. Targeted exchange programmes, involving students, researchers and lecturers, contribute to strengthen and expand this strategically important partnership. This mutual exchange has brought Brazilian scientists to Ingolstadt and allowed the CARISSMA Ph.D. students, Kathrin Sattler and Dennis Böhmländer, to spend some

weeks in Curitiba for conducting research. Besides their research activities, they visited several schools and educational institutions to spread the awareness of road safety.

With 22.5 traffic deaths for every 100,000 citizens, Brazil is in the top of the list of nations with the highest number of traffic fatalities. The country ranges in statistics comparably to African nations such as Tanzania or Sierra Leone. Due to the rapid economic development and the enormous potential for production and consumption in the Brazilian market, public interest in road safety is increasingly a topic of great social and political importance. The head of CARISSMA, Professor Thomas Brandmeier, discussed these country-specific critical issues in road safety research with high-level representatives from the ministry of transport of Paraná and São Paulo. The concept of "Vision Zero" is a goal also aspired by the Brazilian counterparts and will serve as a foundation stone upon which the German-Brazilian research cooperation at THI can be laid on.

Mit den *Mobilen Robotern für Umfeldsensortests* und der *Entwicklungs- und Testplattform für Car2X-Kommunikation* werden Systeme und Testeinrichtungen für Kommunikations- und vorausschauende Sicherheitskonzepte erforscht. Hier werden durch neue Sensortechnologien, die Fusion von Sensordaten sowie über die Vernetzung mit anderen Systemen neue, fahrzeugübergreifende Fahrzeugsicherheitsfunktionen entwickelt.

Ein erster Integrationstest neuer, aktiver Sicherheitssysteme erfolgt auf dem Fahrsimulationsprüfstand. Dieser wird dabei mit der *Hardware-in-the-Loop (HiL)-Entwicklungsumgebung für integrale Fahrzeugsicherheitssysteme*, dem Batterieprüfstand und einem Fahrsimulator (Hexapode; Bestandgerät der THI) verbunden und somit vernetzt betrieben. Im Verbund beschäftigen sich die Forscher hier mit den erforderlichen Systemeingriffen in den Fahrzustand, um gefährliche Situationen zu entschärfen bzw. um neue Schutzeinrichtungen zu realisieren oder bestehende Schutzeinrichtungen, wie beispielsweise Gurtstraffer oder Bremssystem, in ihrer Funktion zu verbessern. Der Einsatz von HiL-Simulatoren ermöglicht eine fahrzeugnahe Erprobung neuer Teilsysteme im Labor ohne großes Sicherheitsrisiko.

In der *Indoor- und Outdoor-Versuchsanlage* erfolgen die abschließenden Integrationstests im Gesamtfahrzeug. Auf der Indoor-Versuchsfläche können erstmals alle Systeme von der Fahrzeugkommunikation über Pre-Crash-, In-Crash- und Post-Crash in einer Halle gemeinsam erprobt werden. Dieser universelle Ansatz erlaubt dabei sowohl den Test vorausschauender als auch passiver Sicherheitsfunktionen im Verbund, d. h. von Kollisionsvermeidungsmaßnahmen bis hin zu Fahrzeugcrashes. Zusätzlich können unterschiedliche Verkehrsszenarien unter reproduzierbaren Bedingungen und Umgebungseinflüssen getestet werden. Integrale Fahrzeugsicherheitstests können in der Indoor-Versuchshalle jedoch nur bis zu mittleren Geschwindigkeiten gefahren werden. Für umfangreiche Versuche in Verbindung mit kritischen Fahrdynamiksituationen und autonomen Eingriffen in die Fahrzeugführung wird deshalb eine Freiversuchsfläche verwendet. Hier können die Tests zudem unter realen Umweltbedingungen wie Sonne, Regen, Wolken, etc. durchgeführt werden.

### Internationale Vernetzung

CARISSMA konnte erfolgreich durch das Deutsch-Brasilianische Wissenschaftsprojekt Applied Network on Automotive Research and Education (AWARE) die Kooperation mit Brasilien weiter verstärken. Durch gezielte Austauschprogramme von Studierenden, Forschern und Dozenten konnte diese wichtige strategische Partnerschaft weiter ausgebaut werden. Der wechselseitige Austausch brachte brasilianische Forscher und Forscherinnen nach Ingolstadt und ermöglichte unter anderem den CARISSMA-Doktoranden, Kathrin Sattler und Dennis Böhmländer, einen Forschungsaufenthalt in Curitiba. Neben ihrer Forschertätigkeit hielten sie Vorträge in verschiedenen Schulen sowie anderen Bildungseinrichtungen und machten auf das Thema Sicherheit im Straßenverkehr aufmerksam.

Mit 22,5 Verkehrstoten auf 100.000 Einwohner rangiert Brasilien am oberen Ende der Skala der Länder mit den meisten Verkehrstoten, gleichauf mit afrikanischen Ländern wie Tansania und Sierra Leone. Gerade durch die rasante wirtschaftliche Entwicklung und das enorme Potential als Produktions- und Abnehmermarkt der Automobilindustrie rückt das Thema Verkehrssicherheit als gesellschaftliches und politisches Thema in Brasilien immer mehr in den Fokus des öffentlichen Interesses. Wissenschaftliche Anknüpfungspunkte rund um das Thema Verkehrssicherheit erörterte der wissenschaftliche Leiter CARISSMA, Professor Thomas Brandmeier, mit hochrangigen Vertretern des Verkehrsministeriums im Bundesstaat Paraná und São Paulo. Die „Vision Zero“ spielt auch in Brasilien eine wichtige Rolle und daher ist vorgesehen, die wissenschaftlichen Kooperationen mit brasilianischen Forschungseinrichtungen weiter auszubauen.



## Mit allen Sinnen im Einsatz für die Sicherheit

Integrale Sicherheit durch Vernetzung von Sensoren und passiver Sicherheit

Die stetig steigende Vernetzung der Systeme lässt die Grenzen zwischen der aktiven und der passiven Sicherheit verschwimmen. Um den Systemen der passiven Sicherheit die Fähigkeit der situativen Intelligenz zu geben, vernetzen wir sie mit allen verfügbaren Sensorinformationen. Wenn keine Möglichkeit mehr besteht, einen Unfall durch aktives Eingreifen zu vermeiden, können die Rückhaltesysteme dadurch schneller und flexibler an die Situation angepasst reagieren.

Wir kombinieren die Kompetenz der passiven Sicherheit und die der Sensorik zu einem System der Integralen Sicherheit. Unser Produktportfolio umfasst innovative Schutzsysteme für Insassen, Fußgänger und Radfahrer. Um die Integrale Sicherheit weiter zu erhöhen, entwickeln wir neuartige C2X-Systeme. Mit Continental Safety Engineering sind wir einer der führenden Systementwicklungs- und Versuchsdienstleister für aktive und passive Fahrzeugsicherheit mit eigener Testinfrastruktur.



Institute  
Institutes

# AUREA – das Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme

Das Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme AUREA hat es sich vorrangig zur Aufgabe gemacht, mit innovativen Entwicklungen und neuen Ansätzen seinen Beitrag zum Ziel „Vision Zero“, d. h. keine Toten und Schwerverletzten im Straßenverkehr, zu leisten.

## AUREA – The Institute of Vehicle Safety Systems

The development of cutting edge approaches that contribute to "Vision Zero", the elimination of traffic fatalities, is the primary goal of AUREA, the Institute of Vehicle Safety Systems.

Currently 21 research assistants are working in the Institute of Vehicle Safety Systems. They are exploring research tasks related to passive, active and integrated vehicle safety systems as well as vehicle communication and driver support. The administration of the AUREA research projects is the responsibility of Professor Christian Facchi, Professor Thomas Brandmeier and Professor Michael Botsch. Also involved in the research institute are Professor Ulrich Margull and Professor Steffen Lehner. The academic and technical organization is taken care by Dr. Christian Lauerer and Robert Lugner.

The research assistants in the institute investigate central questions of vehicle technology and integrated safety. Classic passive safety measures are improved by the introduction of intelligent sensor concepts. The integration of fiber composite constructions opens up new opportunities for collision-sensing and crash-management. The precise perception and representation of the vehicle environment using exteroceptive sensors and the communication with an intelligent infrastructure introduce new possibilities for the development of integrated safety systems. A serious challenge that has to be taken up in this context is the adequate testing of complex safety systems. In the development and testing of such safety systems, extensive simulations as well as implementations on hardware are used. The innovation potential in the Institute of Vehicle Safety Systems AUREA was certainly one of the contributing factors for the recommendation given by the German Council of Science and Humanities on the 2<sup>nd</sup> of July 2010 for the construction of the state-of-the-art research facility CARISSMA (Center of Automotive Research on Integrated Safety Systems and Measurement Area) in Ingolstadt. This new research center will allow the integration and comprehensive testing of methods and systems that are developed in AUREA. CARISSMA, once completed, will serve to address the central research objectives of the Institute of Vehicle Safety Systems AUREA.

Dem Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme gehören 21 wissenschaftliche Mitarbeiter an, die sich überwiegend mit problemlösungsorientierten Fragestellungen zu aktiver, passiver und integraler Fahrzeugsicherheit, Fahrzeugkommunikation und Fahrerassistenzsystemen befassen. Der AUREA-Leitungskreis besteht derzeit aus Prof. Dr. rer. nat. Christian Facchi, Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier und Prof. Dr.-Ing. Michael Botsch. Am Institut beteiligt sind auch Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Margull und Prof. Dr.-Ing. Steffen Lehner. Die wissenschaftlich-technische Leitung in AUREA wird von Dr.-Ing. Christian Lauerer und Herrn Robert Lugner übernommen.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts forschen an zentralen Aufgabenstellungen der integralen Fahrzeugsicherheit. In der klassischen, passiven Sicherheit wird an neuen intelligenten Sensorkonzepten und der Integration moderner Faserverbundwerkstoffe im Bereich der Crashesensierung und des Crashmanagements gearbeitet. Die genaue Erfassung und Beschreibung der Umwelt mittels vorausschauender Sensoren und die Kommunikation mit der Infrastruktur eröffnen neue Möglichkeiten für den Entwurf von Systemen, die Unfälle vermeiden beziehungsweise, falls dies nicht mehr möglich ist, die Unfallfolgen mindern. Eine besondere Herausforderung stellt der Test solcher komplexer Sicherheitssysteme dar. Sowohl beim Entwurf als auch beim Test kommen Simulationstools und Realisierungen auf entsprechender Hardware zum Einsatz. Diese Innovationskraft am Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme war nicht zuletzt ausschlaggebend dafür, dass der Wissenschaftsrat am 2. Juli 2010 den Bau des Forschungs- und Testzentrums CARISSMA (Center of Automotive Research on Integrated Safety Systems and Measurement Area) zur Förderung vorgeschlagen hat. Durch den Forschungsbau wird es möglich sein, die in AUREA erforschten Methoden auch durch Umsetzungen und Validierungen im „Gesamtsystem Fahrzeug“ systematisch voranzutreiben. Im Institut werden wesentliche Forschungsinhalte der Forschungsprogrammatische von CARISSMA bearbeitet.

## KOOPERATIONSPARTNER

Partners



PROJEKTNAME (PROJEKTVERANTWORTLICHER) PROJECT NAME (PROJECT LEADER)	FÖRDERGEBER/PARTNER FUNDING / PARTNERS	STATUS
PARALLELSIERTE SIMULATION DER FAHRZEUGKOMMUNIKATION FÜR RECHENCLUSTER Prof. Dr. rer. nat. Christian Facchi <i>Parallelized Simulation of Vehicle Communication for Computing Clusters</i>	Forschungsmaster (aus THI-Mitteln) <i>Research Master (THI grant)</i>	Seit Oktober 2014
PERFORMANCE TESTING METHODOLOGY FOR CAR2X SYSTEMS BASED ON IEEE 802.11P Prof. Dr. rer. nat. Christian Facchi <i>Performance Testing Methodology for Car2X Systems based on IEEE 802.11p</i>	AUDI AG	2013 – 2016
VERNETZUNG UND INTEGRATION VON SICHERHEITSSYSTEMEN DER AKTIVEN UND PASSIVEN SICHERHEIT (VISAPS) Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>Networking and Integration of Active and Passive Safety Systems</i>	ZIM - Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (Förder- kennzeichen: KF2122306PR1) <i>Central Mid-level Innovation Program</i> IPG Automotive GmbH Continental Automotive GmbH	2012 – 2014
TARGET-ENTWICKLUNG FÜR DEN TEST INTEGRALER SICHERHEITSSYSTEME (TARGETS) Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>Target Development for Testing of Integrated Safety Systems (TargETS)</i>	ZIM - Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (Förderkennzeichen: KF- 2122309DB3) / <i>Central Mid-level Innovation Program</i> MESSRING Systembau MSG GmbH, Continental Safety Engineering International GmbH	2013 – 2015
HIGH PERFORMANCE FUNKTIONEN UND EFFIZIENTE TESTMETHODEN ZUR STEIGERUNG DER INTEGRALEN SICHERHEIT (HIPE-FIS) Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>High Performance Functions and Efficient Testing Methods for the Improvement of Integrated Safety</i>	Bundesministerium für Bildung und For- schung (Förderkennzeichen: 16N11564K) <i>German Ministry for Education and Re- search (BMBF)</i> IPG Automotive GmbH, Continental Auto- motive GmbH, Ibeo Automotive Systems GmbH	2013 – 2016
HYBRIDE STATISTISCHE LERNMETHODEN FÜR DIE EMBEDDED-UMSETZUNG VON SICHERHEITSFUNKTIONEN IM FAHRZEUG (HYSLEUS) Prof. Dr.-Ing. Michael Botsch <i>Hybrid Statistical Learning Methods for the Embedded Implementation of Safety Functions in Vehicles</i>	Bundesministerium für Bildung und For- schung (FHprofUnt), (Förderkennzeichen: 03FH034PX4) <i>German Ministry for Education and Re- search (BMBF)</i> Automotive Safety Technologies GmbH	2014 – 2017
HOCHPRÄZISE UND SCHNELLE ORTUNG DYNAMISCHER VERKEHRSOBJEKTE Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>Highly Precise and Rapid Location of Dynamic Traffic Objects</i>	AUDI AG	2012 – 2015
INNOVATIVE CRASHSENSIERUNGSARCHITEKTUREN (INCAR) Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>Innovative Crash-Sensing Architectures</i>	AUDI AG	2011 – 2015
SICHERE UNFALLPROGNOSE Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier; Prof. Dr.-Ing. Michael Botsch <i>Safe Accident Prediction</i>	AUDI AG	2014
WIRKELDBESCHREIBUNG FÜR VORAUSSCHAUENDE AUSLÖSUNG Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>Description of Effective Range in Forward-Looking Sensor Effects</i>	AUDI AG	2014
TESTKONZEPT IM SYSTEMTEST DER SAFETY CONTROL UNIT Prof. Dr.-Ing. Thomas Brandmeier <i>Testing Concepts in Systematic Tests of Safety Control Unit</i>	Continental Automotive GmbH	Laufend In pro- gress
MODELLVALIDIERUNG FÜR SICHERHEITSFUNKTIONEN Prof. Dr.-Ing. Michael Botsch <i>Validation of Models for Vehicle Safety Functions</i>	AUDI AG	2014

# InCAR:

## Innovative Crashsensierungs-Architekturen

Wie können Sensoren und Systeme zur Crasherkenntung so eingesetzt werden, dass sie noch vor der Kollision wertvolle Daten liefern und damit zur Sicherheit beitragen können? Am Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme AUREA der Technischen Hochschule Ingolstadt untersucht man genau das.

### InCAR: Innovative Crash Sensing Architectures

Project Name: InCAR – Innovative Crash Sensing Architectures / Partner: Audi

### PROJEKTNAME

InCAR – Innovative Crash Sensing Architectures

### KOOPERATIONSPARTNER

Audi AG

Wesentlicher Entwicklungsaspekt im Insassenschutz ist heute die wachsende Vernetzung mit Systemen der Aktiven Fahrzeugsicherheit und der Fahrerassistenz. So stehen zukünftig neue Sensoren im Fahrzeug zur Verfügung, deren Nutzung in der Crasherkenntung hinsichtlich der Leistungssteigerung sinnvoll erscheint. Dabei liegt der Fokus auf vorausschauenden Sensoren und Systemen, die für die Auslösung von irreversiblen Fahrzeugsicherheitssystemen noch vor der Kollision eingesetzt werden können.

### Motivation und Problemstellung

Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sterben jährlich weltweit knapp 1,24 Millionen Menschen bei Verkehrsunfällen. Dieser Trend spitzt sich zukünftig weiter zu und so prognostiziert die WHO, dass bis zum Jahr 2030 der Verkehrsunfall die fünfthäufigste Todesursache auf der Welt sein wird. Dabei beruhen die meisten Autounfälle auf menschliche Fehlhandlungen. Grund dafür sind meist Fehleinschätzungen (z. B. der Distanz) oder eine mangelnde Aufmerksamkeit des Fahrers.

Die Hauptziele der heutigen Fahrzeugsicherheitsforschung sind, Verkehrsunfälle gänzlich zu vermeiden oder, wenn eine Kollision bereits eingetreten ist, einen optimalen Schutz der Insassen und der äußeren Verkehrsteilnehmer zu erreichen. Mit Blick auf den Insassenschutz erscheint gerade die Auslösung von Fahrzeuginsassenschutzsystemen vor der Kollision sinnvoll, um die Schutzwirkung von Rückhaltesystemen zu steigern und die Belastung der Insassen durch adaptive Rückhaltemittel auf ein notwendiges Maß zu reduzieren. Dabei spielt die vorausschauende Sensorik, das „Sehen“ des Fahrzeugs, eine zunehmend wichtige Rolle, da diese in der Lage sein muss, die Fahrzeugumgebung und die Gefahrensituation korrekt zu erfassen. Hierbei liegt der Fokus auf der Auslösung von Rückhaltemitteln oder crashaktiven Strukturen noch vor der Kollision. Das Zünden vor der Kollision ist aber nicht nur sinnvoll, um den Insassenschutz zu verbessern, sondern auch eine wesentliche Voraussetzung für die Aktivierung weitergehender Aktorik, wie beispielsweise Außenairbags für den Fußgängerschutz.

Die Verwendbarkeit von aktuellen Architekturen für ein solches frühauflösendes System sowie neue Konzepte für Sensor- und Systemarchitekturen für den Insassenschutz und hierfür notwendige Kriterien und Algorithmen sollen im Rahmen dieses Vorhabens erforscht werden. Darüber hinaus soll untersucht werden, wie Umfeldsensoren dabei helfen können, eine Crash-Situation frühzeitig zu erkennen. Durch die zusätzlichen Informationen, wie etwa die relative



Abb1: Evolution irreversible Auslösung

Kollisionsgeschwindigkeit, wird es beispielsweise möglich sein, Energieansätze zur Crash-Klassifizierung aufzubauen, so dass sich eine detailliertere Bestimmung der Crash-Schwere ableiten lässt. Ziel ist die Erarbeitung neuer Modelle, die zukünftig zur Früherkennung einer Kollision beitragen.

### Forschungsmethodik und Ergebnisse

Im Forschungsprojekt InCAR werden in enger Kooperation mit der Audi AG Fahrzeugumfeldsensoren (z. B. LiDAR, Kamerasensoren, etc.) untersucht, um im Zusammenspiel mit der Fahrzeugeigensensorik eine Sensorarchitektur zu entwerfen, die bereits vor der Kollision eine Auslösung von Fahrzeuginsassenschutzsystemen ermöglicht. Verschiedene Absicherungskonzepte mit Näherungssensoren werden untersucht, um Falschauslösungen aufgrund von „Geisterobjekten“, also Objekten, die von den Sensoren erkannt werden aber real nicht existent sind, zu minimieren. Näherungssensoren sind z. B. kapazitive Sensoren und Ultraschallsensoren. Kapazitive Sensoren sind noch nicht in heutigen Fahrzeugen verbaut, Ultraschallsensoren hingegen dienen als Einparkhilfe.

Wichtige Größen für die richtige Auslösung von Fahrzeuginsassenschutzsystemen sind z. B. die Masse, Steifigkeit und der Typ des Kollisionsgegners. Daher ist es wichtig, mögliche Kollisionsobjekte zu klassifizieren und Verkehrssituationen entsprechend zu interpretieren. Hiermit können Geschwindigkeiten und Fahrzeugpositionen zum Zeitpunkt der Kollision sowie Eigenschaften des Kollisionsgegners geschätzt werden.

Basierend auf den Ergebnissen aus den theoretischen und datenbasierten Untersuchungen wird eine erste Architektur, bestehend aus einem LiDAR und Kamerasensor, auf einem Modellfahrzeug erprobt. Damit können demonstratorisch Aussagen über eine bevorstehende Kollision getroffen werden, die ausschlaggebend für die Auslösung irreversibler Sicherheitssysteme sind. Ferner ist es möglich, die neuentwickelte Methodik, z. B. die Objektmassen- und Crashschwereschätzung, in verschiedenen Szenarien zu validieren. In einem finalen Schritt werden diese Ergebnisse auf einen ersten Fahrzeugprototyp übertragen.

### Referenzen / References:

- 1) Böhmländer, D.; Doric I.; Appel E.; Brandmeier T. (2013): Video Camera and Capacitive Sensor Data Fusion for Pedestrian Protection Systems. In: 2013 Proceedings of the 11th Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES), 1–7. Auszeichnung mit best paper award.
- 2) Böhmländer, D.; Yano, V.; Brandmeier, T.; Zimmer, A.; Ling, L.; Wong, C.; Dirndorfer, T. (2014): A Novel Approach for Intelligent Pre-Crash Threat Assessment Systems. In: 2014 Proceedings of 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC).



tial dangers. Hereby a special focus is on the investigation of methods to activate pre-crash triggered safety applications in order to decrease the crash load levels. The introduction of pre-crash measures not only makes sense, but is already an important element in contemporary actuator technology, such as found in external airbags for the protection of pedestrians.

The use of these current forms of safety architectures within vehicles necessitates intensive research into new criteria and control algorithms to govern the planned pre-crash control as well as new concepts for sensor and system arrangement. Beyond that, further examination of how environmental sensors can be implemented to recognize a potential crash situation is also necessary. Through the gathering and processing of data such as the collision speed, it may then be possible to develop a categorization of collisions, allowing a more detailed determination of potential damage. The goal should be the development of future models that will then effectively predict collisions.

### Research Methodology and Results

The research project InCAR is, in cooperation with Audi, investigating automotive sensor technologies (e.g. LiDAR, camera sensors etc.) in order to develop a new sensor architecture that combines vehicle sensors with early triggering mechanisms with the aim to introduce safety measures before a collision. Various safety concepts using proximity sensors are being analyzed in order to reduce the number of false triggering incidents due to “ghost objects”, i.e. objects that are recognized by the systems in error. Proximity sensors include, for example, capacitive sensors and ultrasound sensors. Capacitive sensors are not yet components in production vehicles, but ultrasound units are already on the market serving as parking assistant technologies.

Important parameters for the correct triggering behavior of automotive safety systems include the mass, stiffness and type of collision object. In this respect, it is very important that potential collisions are being classified according to the objects detected and are then interpreted according to the current traffic conditions. Speed and vehicle position at the time of the collision, as well as estimates regarding the collision object, must all be considered.

Based on the results from the theoretical and data-based investigations, an initial architecture consisting of LiDAR and camera sensors will be tested on a model vehicle. During these tests, certain conclusions may be drawn about the impending collision that will then be vital in the decision to introduce irreversible safety measures. Furthermore, it will also be possible through the newly developed methods to test, for example, object mass and crash severity estimations made by the system in different crash scenarios. The final step will be the construction of a safety system as described above in a prototype test automobile.

# Steigerung der integralen Fahrzeugsicherheit

Wie kann die bestehende Lücke zwischen den standardisierten Crash- und Fahrsicherheitstests und den Unwägbarkeiten des realen Unfallgeschehens identifiziert und reduziert werden? Dieser Frage geht das Institut für Fahrzeugsicherheitssysteme AUREA nach.

## Increasing Integrated Vehicle Safety

How can research bridge the uncertainty gap between standardized vehicle crash safety tests and traffic accidents in the real world? The AUREA research project investigates how the differences can be identified and reduced.

Project Name: HiPeFiS - High-Performance Functions and Efficient Test Methods to Increase Integrated Safety

Partners: Continental Automotive, Regensburg, Continental Automotive Distance Control Systems, Lindau, IBEO Automotive Systems, and IPG Automotive

Funding: German Federal Ministry for Education and Research (BMBF)

## PROJEKTNAME

HiPeFiS - High-Performance Funktionen und effiziente Testmethoden zur Steigerung der integralen Sicherheit

## KOOPERATIONSPARTNER

Continental Automotive GmbH Regensburg  
Continental Automotive GmbH Lindau  
IBEO Automotive Systems GmbH  
IPG Automotive GmbH

## FÖRDERUNG

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



Abb1: HiPeFiS ist in drei eng verknüpfte Teilprojekte gegliedert.

## Einführung

HiPeFiS ist ein Förderprojekt im Rahmen der Förderlinie KMU-innovativ und wird vom BMBF gefördert. Das Projekt verfolgt das Ziel, die bestehende Lücke zwischen den standardisierten Crash- und Fahrsicherheitstests und den Unwägbarkeiten des realen Unfallgeschehens zu identifizieren und zu reduzieren. Aufgrund der Expertise innerhalb des Kooperationsnetzwerkes kann zudem die Steigerung der System- und Funktionszuverlässigkeit sowie die Beherrschbarkeit der Systemkomplexität, die aus der wachsenden Anzahl an Elektronikkomponenten im Automobil resultiert, sichergestellt werden.

HiPe-FiS ist in drei eng miteinander verwobene Teilprojekte gegliedert. Das Teilprojekt 1 „Real World Safety“ ergänzt standardisierte Crash-Tests durch Berücksichtigung der Gegebenheiten realer Unfälle, welche analysiert und rekonstruiert werden. Neue Funktionen werden erforscht, um kritische Situationen vor dem Unfall zu erkennen, den Unfall zu vermeiden bzw. dessen Schwere zu reduzieren. Im Teilprojekt 2 „Testing für ADAS“ werden Simulations- und Testumgebungen erforscht. Diese bilden die Basis für die Ausarbeitung einer effizienten Teststrategie. Das Teilprojekt 3 „Referenzsensorik“ befasst sich mit der Vermessung seriennaher Umfeldsensoren. Dafür werden ein Laser-scanner optimiert und entsprechende Auswertemethoden sowie Algorithmen zur automatisierten Erzeugung von Datenlabels erarbeitet.

## Partner

Die TH Ingolstadt übernimmt dabei die Gesamtkoordination. IPG liefert wichtiges Know-How für die Umsetzung sowie entsprechende Daten und Tools aus dem Bereich Simulation. Ibeo stellt Expertenwissen zur Referenzsensorik, und hier insbesondere aus dem Bereich der Lasermesstechnik, bereit. Zudem ist die Anwendungsnähe des Partners Continental Automotive GmbH für das Projekt HiPe-FiS von Vorteil. Dieser verfügt über wichtige Informationen zu Spezifikationen und Anforderungen der Automobilhersteller und gewährleistet den Zugriff auf Messdaten von Vorserienprodukten sowie auf Unfalldaten.

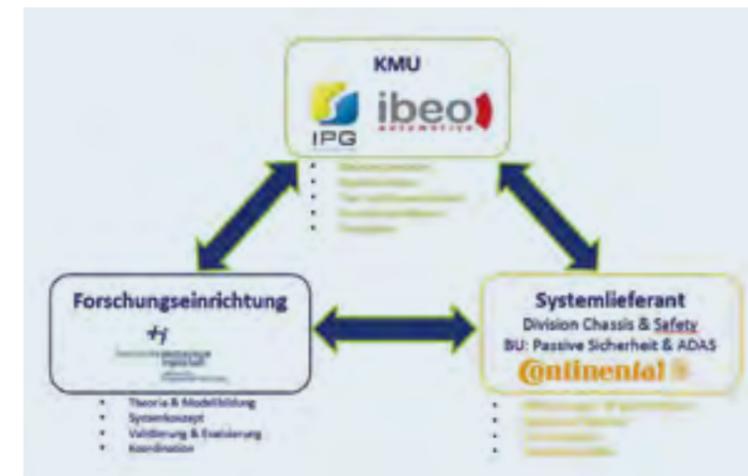


Abb2: Die Projektpartner und deren Beiträge zum Projekt

## Introduction

HiPeFiS is a research project funded by the "KMU-innovativ" project under the leadership of the BMBF. The project seeks to bridge the gap between standardized crash and other automotive safety tests and the much more unpredictable experience of real life traffic accidents. These differences should be identified and reduced as much as possible. The remarkable expertise of the cooperation partners leads to an unparalleled level of reliability and complexity management due to the advanced technological resources available. HiPe-FiS itself is divided into three closely-associated sub-projects.

The first is called "Real World Safety" and seeks to expand standardized crash tests by considering, analyzing and reconstructing actual conditions from real accidents. New procedures are being examined to help recognize critical situations before accidents happen or to reduce damage after they occurred.

The second sub-project is called "Testing for ADAS" and examines the simulation and test environments themselves. This forms a basis for the development of more efficient testing strategies.

The third sub-project is called "Reference Sensor Systems" and seeks to evaluate area sensors that will soon be installed in production automobiles. The project is further combining laser scanning technology with a stereo camera system to improve the automated labelling of traffic objects.

## Partners

Overall coordination of the project is the responsibility of the TH. IPG delivers necessary knowhow for the processing of certain data and tools used in simulations. Ibeo provides expertise in sensor technology, especially in the field of laser measuring. Of course, the practical experience of the commercial partner Continental is an additional advantage. This relationship provides important information about specifications and demands from the automobile producers and guarantees access to specs on future production automobiles and even accident data.

*Results*

## Sub-project 1

A number of traffic accident databases were examined to see which dangerous conditions were most common and not considered by standard crash tests. Accidents on embankments and along guardrails were identified as good candidates for simulation in CarMaker. The scenarios were modeled in the CarMaker simulation environment and served as a foundation for the interpretation of dynamic performance evaluation in the recognition of dangerous scenarios. Within this investigation, countermeasures must be identified and developed to protect passengers in these specific accident situations.

## Sub-project 2

The current testing process involving camera-based driver assistance systems as well as their construction and development have been analyzed at Continental. The process reveals stumbling blocks and weaknesses in the system testing and allows a number of recommendations for improvement. New testing methods can then be devised based on this foundation of experience. The first step was the creation of an interface between IPG's simulation tool and the testing system at Continental. This interface permits an increase in the simulation based testing.

## Sub-project 3

The first step was taking in conjunction with the research partners to create a catalog of elements necessary in the safety tests (e.g. models of pedestrians, cyclists). These objects should then be recognized by the sensor arrays consisting of a stereoscopic camera and laser scanning. Each of the project partners then receives a car equipped with the sensors and in the THI labs the data gathered from the tests are then evaluated. In addition to the time synchronization, the various object classes (e.g. pedestrian, cyclist) and the characteristics of each such as speed or dimensions must be analyzed and compared. The overall goal, then, is the creation of a referential system that is generates the object data automatically to a large degree. In the past, the difficult process in terms of time and resources involving the loading of these data during the test phase should now be accomplished through labelling based on the reference system and the recognition of objects in traffic dynamically while driving.

*Ergebnisse**TEILPROJEKT 1*

Verschiedene Unfalldatenbanken wurden dahingehend untersucht, welche gefährlichen Unfallszenarien häufig auftreten und bisher nicht durch standardisierte Crashtests abgedeckt werden. Dabei konnten Böschung- und Leitplankenunfälle als relevante Unfallszenarien identifiziert werden, die für eine Simulation im Simulationsprogramm CarMaker nachmodelliert wurden. Die erstellten generischen Szenarien in CarMaker bilden die Grundlage für eine Simulation und Interpretation der fahrdynamischen Werte hinsichtlich der Situationserkennung. Im Rahmen des Projekts sollen gezielt Gegenmaßnahmen erforscht und untersucht werden, die speziell in diesen Situationen den Insassen besser schützen können.

*TEILPROJEKT 2*

Der aktuelle Testprozess von kamerabasierten Fahrerassistenzsystemen wurde vor Ort bei Continental analysiert und auch der organisatorische Aufbau und der Anteil im Entwicklungsprozess aufgezeigt. Dabei konnten Schwachstellen bzw. Problemherde im Systemtest identifiziert und Verbesserungsvorschläge eingebracht werden. Darauf aufbauend werden neue Testmethoden entwickelt und realisiert. Ein erster Schritt war dabei die Schaffung einer Schnittstelle zwischen dem Simulationstool der Firma IPG und dem Testsystem der Continental AG, um den Anteil des simulationsbasierten Testens zu erhöhen.

*TEILPROJEKT 3*

In einem ersten Schritt wurde gemeinsam mit den Partnern ein Anforderungskatalog an die zu erkennenden Objekte wie Fußgänger, Fahrzeuge, Fahrradfahrer etc. erstellt. Diese Objekte sollen mit Hilfe der Referenzsensorik detektiert werden, die aus einem Stereokamera- und einem Laserscannersystem besteht. Bei jedem der Partner wird dazu ein Fahrzeug mit dieser Referenzsensorik ausgestattet. An der THI werden die Daten der beiden Systeme fusioniert. Neben der Zeitsynchronisation müssen dabei auch die Objektklassen (Fußgänger, Fahrzeug, etc.) und deren Eigenschaften, wie Geschwindigkeit oder Dimensionen, abgeglichen werden. Ziel ist es, ein hochleistungsfähiges Referenzsystem zu schaffen, das Testdaten weitgehend automatisch generiert. Während bisher mit hohem Kosten- und Zeitaufwand die Daten aus Testfahrten im Nachhinein aufbereitet werden müssen, soll mit dem Referenzsystem das Labeling, also das Erkennen und Einordnen von Objekten im Straßenverkehr, bereits während der Fahrt möglich sein.

# Car2X-Kommunikation

*Eine sichere, schnelle und wirkungsvolle Car2X-Kommunikation ist das Ziel eines Forschungsprojekts des Instituts für Fahrzeugsicherheitssysteme AUREA.*

*PROJEKTNAME*

Performance Testing Methodology for Car2X Systems based on IEEE 802.11p

*KOOPERATIONSPARTNER*

AUDI AG

*Car2X Communication*

Project Name: Performance Testing Methodology for Car2X Systems based on IEEE 802.11p  
Partner: AUDI AG

*Car2X Communication*

The term Car2X communication refers to communication between vehicles (car2car) or a variety of other devices including traffic infrastructure. The introduction of this type of technology will enable cooperation between vehicles and represents therefore a dramatic improvement in automobile technology which is currently limited to a vehicle's local sensor set.

Depending on its specific uses and the market conditions the technology itself will be based on existing mobile communication technology such as LTE as well as the automotive WiFi standard IEEE 802.11p.

A remarkably short latency in data transfer is essential when one considers the demands of automotive security since dangerous traffic situations are obviously decided in a matter of milliseconds. Such a low level of latency is only possible in automotive WiFi technology when the vehicles themselves exchange data through a so called ad hoc network that adapts and reacts dynamically to the changing traffic conditions.

*Challenges*

It is currently unclear, however, how robust these networks are and therefore how effectively they can contribute to vehicle safety. While there should be no serious stability issues when car2X networks are introduced into the market, an expected increase in this technology's distribution and car2X services in general may lead to competition for the limited channel capacity.

*Solution*

The challenges outlined above became the subject of a research project begun in March of 2013 involving collaboration with Audi and De Montfort University in Leicester, UK. The proposed solution is based on a complex simulation environment that includes moving vehicles (via the

*Car2X-Kommunikation*

Unter dem Begriff Car2X-Kommunikation wird die Kommunikation zwischen Fahrzeugen (Car2Car) sowie zwischen Fahrzeugen und anderen Einrichtungen, wie etwa Verkehrsinfrastruktur, verstanden. Von der Einführung dieser Technologie verspricht man sich einen signifikanten Fortschritt, da die bisher auf ein Fahrzeug beschränkte Umfeldsensorik fahrzeugübergreifend erweitert werden kann. Als zugrundeliegende Technologien für diese Kommunikation kommen in Abhängigkeit vom konkreten Einsatzzweck und dem Markteinführungsszenario sowohl die Automotive WLAN-Variante IEEE 802.11p als auch Mobilfunk in Frage. Gerade für den Bereich der Fahrzeugsicherheit sind allerdings sehr kurze Latenzzeiten bei der Datenübertragung essentiell, da zum Abwenden einer gefährlichen Situation üblicherweise nur Zeitfenster von wenigen Millisekunden zur Verfügung stehen. Solche kurzen Latenzzeiten können gegenwärtig nur mit Automotive WLAN realisiert werden, bei der Fahrzeuge direkt miteinander Daten austauschen und ein sogenanntes Ad-Hoc-Netz aufspannen, das sich dynamisch mit dem Verkehrsfluss ändert.

*Problemstellung*

Es ist allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt unklar, bis zu welchem Grad diese Netze belastet und dabei dennoch Sicherheitsfunktionen zuverlässig erbracht werden können. Während unmittelbar nach Markteinführung dieser Technologie noch keine Engpässe zu erwarten sind, kann bei steigender Marktdurchdringung und wachsender Anzahl von Car2X-Diensten mit einer zunehmenden Verknappung der zur Verfügung stehenden Kanalkapazität gerechnet werden.

*Lösungsansatz*

Mit dieser Problemstellung befasst sich seit März 2013 ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der AUDI AG und der De Montfort University in Leicester, UK. Der verfolgte Lösungsansatz basiert auf einer kombinierten Simulationsumgebung, in der sowohl die Bewegung einzelner Fahrzeuge mittels des Verkehrssimulators SUMO, als auch die Netzwerkkommunikation mittels des ereignisdiskreten Simulationswerkzeugs Veins/OMNeT++ Berücksichtigung finden. Mit der entwickelten Werkzeugkette ist neben der rein virtuellen Simulati-

traffic simulator SUMO) as well as networked communication employing the discrete event simulation tool Veins/OMNeT++. The suite of tools allows not only a purely virtual simulation, but also allows the integration of real hardware where the simulation is used as a load generator for the radio channel.

#### Results

In Europe, special protocols have been developed and standardized for use in car2X communication.

These have already been published by the European Telecommunications Standards Institute (ETSI) and are referred to collectively as ITS-G5. An implementation of the relevant components of this new specification was created in the current research project that can be used in simulations as well as in prototype hardware.

Additionally, the research work includes cooperation in established ventures such as the Working Group 3 from ETSI ITS or the Car2Car Communication Consortium composed of auto manufacturers, suppliers and academic institutions. For example, shortcomings in the GeoNetworking protocol were identified during protocol implementation and a proposal for their rectification has been made in ETSI ITS's responsible Working Group 3. Further research has also been undertaken with Volkswagen to develop more realistic and user-friendly application models for use in simulation environments. These application models will be responsible for the generation of car2x messages in simulated automobiles as well as appropriate reactions to the chain of communication resulting in, for example an order to brake when approaching the site of a traffic accident. Since October of 2014, a Master's thesis in the Applied Research course has sought to expand upon these initial findings and investigate the acceleration of the communication process through parallelization. The promising initial results will then be evaluated and implemented in the Car2X laboratory in the new CARISSMA research center in late 2015.

With Audi as a partner it is now possible to apply the theoretical findings in real automobile safety case studies. This process will ensure the practical application and continued relevance of the research results. De Montfort University further supports the research project along with continued academic cooperation through its doctoral fellowship.

on auch die Einbindung realer Funkhardware möglich, sodass die Simulation als Lastgenerator für den Funkkanal fungiert.

### Ergebnisse

In Europa wurden spezielle Protokolle für die Car2X-Kommunikation entworfen und standardisiert, die vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) unter dem Sammelbegriff ITS-G5 veröffentlicht wurden. Im Rahmen des gegenwärtigen Forschungsprojektes ist eine Implementierung der relevanten Teile dieser Spezifikation entstanden, die sowohl in der Simulationsumgebung als auch für Prototypen-Hardware eingesetzt werden kann.

Die Forschungsarbeit manifestiert sich außerdem im Mitwirken in Gremien, wie dem Car2Car Communication Consortium, einem Zusammenschluss von Automobilherstellern, Zulieferern und akademischen Institutionen, oder der Working Group 3 von ETSI ITS. In letztgenannter Arbeitsgruppe konnten bereits Verbesserungsvorschläge zum Netzwerkprotokoll GeoNetworking gemacht werden, die bei der Protokollimplementierung festgestellte Defizite des Standards beheben. Des Weiteren besteht eine Zusammenarbeit mit der Konzernforschung der Volkswagen AG im Bereich der Erstellung realitätsnaher und leicht handhabbarer Applikationsmodelle für die Simulationsumgebung. Durch diese Applikationsmodelle werden zum einen Car2X-Nachrichten von den simulierten Fahrzeugen erzeugt und zum anderen entsprechende Reaktionen als Folge der Kommunikation angestoßen, etwa ein frühzeitiges Abbremsen sich nähernder Fahrzeuge an einer Unfallstelle. Auf diesen Ergebnissen aufbauend, wird seit Oktober 2014 im Rahmen einer Masterarbeit im Studiengang Applied Research an der Beschleunigung der Simulation durch Parallelisierung gearbeitet. Diese Ergebnisse können im Car2X-Labor von CARISSMA, das Ende 2015 zur Verfügung stehen wird, evaluiert und eingesetzt werden.

Mit der AUDI AG als Projektpartner ist es möglich, die gewonnenen Erkenntnisse an Fallbeispielen aus der Fahrzeugsicherheit anzuwenden. Dieses Vorgehen dient der Sicherung der praktischen Anwendbarkeit und Relevanz der Ergebnisse. Die De Montfort University unterstützt das Forschungsprojekt neben der wissenschaftlichen Zusammenarbeit auch durch ein Promotionsstipendium.



Abb1: Einer von vielen Einsatzzwecken: Baustellenwarnung mittels Car2X-Kommunikation

#### Publikationen / Publications

1) R. Riebl, Masterarbeit „Konzeption und prototypische Umsetzung von Lasttests für Car2X-Kommunikationseinheiten“, Oktober 2013

2) R. Riebl, C. Facchi, „Implementation of Day One ITS-G5 Systems for Testing Purposes“. In: R. Frank, M. Forster, C. Sommer, F. Kargl, T. Engel (Hg.), Proceedings of the 2nd GI/ITG KuVS Fachgespräch Inter-Vehicle Communication (FG-IVC 2014), Februar 2014, Luxembourg, S. 32-35



# Kurzdarstellung der Strukturen

Wie kann bei der Entwicklung von Fahrzeugen der Kraftstoffverbrauch reduziert werden? Wie lässt sich die Energieeffizienz steigern? Diesen und weiteren Fragen geht das Institut für Innovative Mobilität und ressourcenschonende Antriebstechnologien (MOREA) nach.

#### BETEILIGTE PROFESSOREN

PROF. DR. RER. NAT. ARMIN ARNOLD Entwicklungsmethodik mechatronischer Systeme, Fahrdynamik und Energieeffizienz Gesamtfahrzeug PROF. DR. RER. NAT. GORDON ELGER Thermisches Management und Zuverlässigkeit PROF. DR.-ING. CHRISTIAN ENDISCH Lernfähige Systeme, Elektromobilität (Betriebsstrategien, Technologien und Prüftechnik elektrifizierter Aggregate) PROF. DR.-ING. KARL HUBER Thermodynamik und Verbrennungsmotoren PROF. DR. JOHANNES PFORR Leistungselektronik, Energienetze und elektrische Maschinen DR.-ING. THOMAS SCHIELE Antriebsstrangsimulation, Modellbasierte Entwicklungsmethoden PROF. DR. RER. NAT. HANS-GEORG SCHWEIGER Energiespeicher und Energiemanagement und deren Sicherheit PROF. DR.-ING. THOMAS SUCHANDT Getriebe INSTITUTSLEITUNG: PROF. DR.-ING. KARL HUBER, PROF. DR. JOHANNES PFORR PARTICIPATING PROFESSORS: ARMIN ARNOLD Development Methods in Mechatronic Systems, Vehicle Dynamics and Whole Vehicle Energy Efficiency GORDON ELGER Thermal Management and Reliability CHRISTIAN ENDISCH Learning Systems, Electric Mobility (Control Strategies, Technologies and Testing of Electrified Aggregates) KARL HUBER Thermodynamics and Internal Combustion Engines JOHANNES PFORR Power Electronics, Automotive Electrical Energy Nets and Electric Motors THOMAS SCHIELE Drivetrain Simulation, Model Based Development Methods HANS-GEORG SCHWEIGER Energy Storage Systems, Energy Management and Battery Safety THOMAS SUCHANDT Transmission Technology INSTITUTE HEADS: KARL HUBER, JOHANNES PFORR

Bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugen ist neben der Erhöhung des Fahrkomforts und der Fahrsicherheit die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs eine wesentliche treibende Kraft. Innovative Antriebstechnologien und Optimierung der Energieverbraucher in Kraftfahrzeugen in Bezug auf Energieeffizienz und Kundennutzen bieten Potential, um bei geringeren Kosten den Kraftstoffverbrauch weiter zu reduzieren und den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit zu steigern.

Im Institut für Innovative Mobilität und ressourcenschonende Antriebstechnologie werden Aufgabenstellungen im Bereich der automobilen Energietechnik bearbeitet. Professoren der Technischen Hochschule Ingolstadt aus unterschiedlichen Gebieten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik haben sich zusammengeschlossen, um die Kompetenzen von der Systemebene bis tief in die Komponentenebene hinein zu bündeln. Auf diese Weise werden die wesentlichen Arbeitsgebiete vom Gesamtfahrzeug mit Fahrdynamik, Fahrzeugphysik und thermisches Management über die Teilsysteme Antriebsstrang und elektrische Energienetze für Hoch- und Niederspannung bis zu den einzelnen Komponenten Verbrennungskraftmaschine, Getriebe, elektrische Maschinen, Leistungselektronik, Energiespeicher und den zahlreichen elektrischen Verbrauchern abgedeckt.

Das Institut bearbeitet Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Gutachten im Bereich der klassischen Kraftfahrzeuge und der Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Die bisherigen Aktivitäten der Professoren zur Optimierung und Analyse von Komponenten, von Teilsystemen und von Gesamtfahrzeugen zeigen die Möglichkeiten der Technischen Hochschule Ingolstadt im Bereich der automobilen Energietechnik auf. Ein Auszug ausgewählter Projekte ist im Anschluss dieser Einführung dargestellt und zeigt das hohe Niveau der Aktivitäten.

#### Overview of the Structures

Alongside increasing driving comfort and safety, reduction of fuel consumption has become a central motivation in automobile development in recent years. Innovative drive train technologies and the optimization of vehicle energy consumption offer the potential to further reduce fuel consumption at a low cost while increasing driving comfort and safety as well.

The Institute of Innovative Mobility and Efficient Drive Technology is responsible for automotive power engineering and energy management subjects. Here, THI professors from various fields within mechanical and electrical engineering have come together to combine their expertise in the improvement of automotive systems from system level to component level. This unique form of cooperation leads to the careful examination and improvement of various areas from vehicle optimization and driving dynamics, temperature management, power train and electrical nets for HV and LV to individual components including combustion engine, gearbox, electrical machines, power electronics, energy storage and automotive electrical loads.

The Institute is currently involved in a number of research and development projects as well as the evaluation of classic, hybrid and fully electric cars. The professors' previous work in the optimization and analysis of components, automotive subsystems and complete cars clearly shows the potential of the Technische Hochschule Ingolstadt in the automotive energy sector.

An overview of some of the remarkable research projects can be found on the following pages.

THEMA Research Topic	PROJEKTVERANTWORTLICHER PROFESSOR Consulting Professor	STATUS
<b>SMARTLED: ENTWICKLUNG VON AUFBAU- UND VERBINDUNGSTECHNIK UND TESTVERFAHREN FÜR LED MODULE</b> <i>SmartLED: Development of Packaging Technology and Reliability Test Methods for LED Modules</i>	Prof. Dr. rer. nat. Gordon Elger	2014 – 2018
<b>ZUKO: VERBINDUNGSTECHNIK IN BATTERIESYSTEMEN UND ELEKTRONISCHEN KOMPONENTEN DER ELEKTROMOBILITÄT</b> <i>ZuKo: Interconnect Technology in Battery Systems and Electronic Components for Electromobility</i>	Prof. Dr. rer. nat. Gordon Elger	2014 – 2017
<b>BLUOCEAN: ENERGIEFLUSSANALYSE UND DURCHGÄNGIGES TESTEN</b> <i>BluOcean: Energy Flow Analysis and Continuous Testing</i>	Prof. Dr. rer. nat. Armin Arnold	2012 – 2015
<b>ROBUSTHEIT, ALTERUNG UND QUALIFIZIERUNG VON BATTERIESYSTEMEN UND DEREN SICHERHEITSRELEVANTE KOMPONENTEN</b> <i>Robustness, ageing und qualification of battery systems and their safety-related components</i>	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Georg Schweiger	2012 – 2017
<b>BILDUNGSINITIATIVE „SCHAUFENSTER ELEKTROMOBILITÄT“ BAYERN-SACHSEN</b> <i>Educational Initiative "Schaufenster Elektromobilität" Bavaria-Saxony</i>	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Georg Schweiger	2013 – 2015
<b>LIKO 12 V LITHIUM-IONEN STARTER BATTERIEN MIT LITHIUM- KONDENSATOREN</b> <i>LiKo 12 V Lithiumion starter batteries with lithium-capacitors</i>	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Georg Schweiger	2012 – 2015
<b>AWARE: APPLIED NETWORK ON AUTOMOTIVE RESEARCH AND EDUCATION</b> <i>Aware: Applied Network on Automotive Research and Education</i>	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Georg Schweiger	2013 – 2016
<b>BHKWINNOVATIV: BLOCKHEIZKRAFTWERK IM LEISTUNGSBEREICH BIS 3KW</b> <i>BHKW-innovativ: Combined Heat and Power Unit (CHP) in the Performance Range up to 3kW<sub>el</sub> with an innovative Free Piston Engine</i>	Prof. Dr.-Ing. Karl Huber	2013 – 2015
<b>WETTBEWERBSANALYSE: ANALYSE VON HYBRIDFAHRZEUGEN, VERBRENNUNGSMOTOREN UND GETRIEBEN</b> <i>Benchmarking: Analysis of Hybrid Vehicles, Internal Combustion Engines and Powertrains</i>	Prof. Dr.-Ing. Karl Huber	2004 – fortlaufend
<b>KRAFTSTOFFKENNZAHLEN: ERARBEITUNG NEUER MOTORISCHER PRÜFVERFAHREN FÜR OTTO- UND DIESELKRAFTSTOFFE</b> <i>Fuel Quality Numbers: Development of new engine-based Test Methods for Gasoline and Diesel Fuels</i>	Prof. Dr.-Ing. Karl Huber	2011 – offen

THEMA Research Topic	PROJEKTVERANTWORTLICHER PROFESSOR Consulting Professor	STATUS
<b>SYSTEMIDENTIFIKATION VON FESTIGKEITSPRÜFSTÄNDEN IM AUTOMOBILBAU</b> <i>System Identification of Strength Testing Rigs in the Construction of Automobiles</i>	Prof. Dr.-Ing. Christian Endisch	2013 – 2016
<b>GROSSSERIENTAUGLICHE PRÜFTECHNIK IM E-MASCHINEN-GETRIEBE-VERBUND</b> <i>Testing Techniques for Electrified Aggregates for Use in Mass Auto Production</i>	Prof. Dr.-Ing. Christian Endisch	2013 – 2016
<b>EINSATZ LERNFÄHIGER SYSTEME BEI DER EOL PRÜFUNG VON VERBRENNUNGSMOTOREN</b> <i>Implementation of Learning Systems in EOL Testing of Internal Combustion Engines</i>	Prof. Dr.-Ing. Christian Endisch	2014 – 2017
<b>FAHRZEUGMASSE- UND FAHRWIDERSTANDSKOEFFIZIENTEN-SCHÄTZER</b> <i>Estimation System for Automotive Mass and Driving Resistance Coefficients</i>	Prof. Dr.-Ing. Christian Endisch	2014 – 2017
<b>OPTIMIERUNGSVERFAHREN FÜR BETRIEBSSTRATEGIEN ELEKTRIFIZIERTER FAHRZEUGE</b> <i>Optimization Process for Control Strategies in Electric Vehicles</i>	Prof. Dr.-Ing. Christian Endisch	2014 – 2017
<b>FAHRERVERHALTENS-SCHÄTZER FÜR LÄNGS- UND QUERDYNAMIK</b> <i>Driving Behavior Estimator for Longitudinal and Lateral Dynamics</i>	Prof. Dr.-Ing. Christian Endisch	2014 – 2017
<b>OPTIMIERUNG LEISTUNGSELEKTRONISCHER WANDLER FÜR AUTOMOBILE ANWENDUNGEN</b> <i>Optimization of Power Electronic Converters for Automotive Applications</i>	Prof. Dr. Johannes Pffor	2004 – fortlaufend
<b>HOCHTEMPERATUR LEISTUNGSELEKTRONIK FÜR AUTOMOBILE WECHSELRICHTER</b> <i>High Temperature Power Electronics for Automotive Inverters</i>	Prof. Dr. Johannes Pffor	2013 – 2015
<b>AUSLEGUNG VON VIERPUNKT GROSSWÄLZLAGERN</b> <i>Design of Four-Point Large Diameter Bearings</i>	Prof. Dr.-Ing. Thomas Suchandt	2013 – 2016
<b>ENTWICKLUNG EINES NEUARTIGEN HOCHLEISTUNGSDREHANTRIEBES IN KOMPAKTBAUWEISE</b> <i>Development of a New High Performance Actuators in a Compact Form</i>	Prof. Dr.-Ing. Thomas Suchandt	2013 – 2015

# Optimierung leistungselektronischer Wandler

Im Forschungsprojekt „Leistungselektronische Wandler für automobiler Anwendungen“ der Technischen Hochschule Ingolstadt werden unter der Leitung von Prof. Dr. Johannes Pforr Wandler für automobiler elektrische Energienetze untersucht und optimiert.

## Optimization of Power Electronic Converters for Automotive Applications

Power electronics is already an integral part of modern automotive technology and this trend will increase in coming years. This is true not only of EV and hybrid vehicles with their electrical traction systems, but is also true of classic internal combustion driven automobiles. The combustion driven vehicles are increasingly fitted with decentralized auxiliary components that are themselves powered by electrical machines in order to increase the efficiency of the system and save fuel.

Power electronic components found in most contemporary automobiles include, for example, regulators that control the performance of electrical motors. These components are frequently composed of inverters and converters for both AC and DC machines and are used for applications of pumps, fans, and for positioning tasks. Beyond that, contemporary automobiles are frequently equipped with DC-DC converters in order to supply loads with different voltage levels from the 14V electrical energy net.

Through the increasing number of electrical loads in today's cars, their electrical energy nets must be able to handle greater power levels than ever before. The frequent turn-on and turn-off of high power loads create additional demands on the entire electrical energy net and can lead to severe voltage variation. Generators cannot compensate for these voltage variations. Their output power cannot be changed quickly on demand in order to limit the combustion engine's torque pulse and to not affect the performance of the vehicle. Contemporary electrical energy nets therefore require that the battery system itself must be able to handle the peak current pulses caused by the high power loads.

In order to cope with these unpredictable demands new automobiles require novel electrical energy net architectures. Increasingly, vehicles are being equipped with systems to stabilize the energy net voltage and to reduce the pulsating energy demands of high power loads.

Die Leistungselektronik ist bereits heute fester Bestandteil in modernen Kraftfahrzeugen und ihr Anteil wird in den nächsten Jahren weiter zunehmen. Dies betrifft nicht nur den Bereich der Elektro- und Hybridfahrzeuge mit ihren elektrischen Antriebsmaschinen, sondern auch die klassischen Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen, bei denen zunehmend Hilfsaggregate dezentral durch elektrische Maschinen angetrieben werden, um die Effizienz der Systeme zu steigern und dadurch Kraftstoff einzusparen.

Wesentliche leistungselektronische Komponenten in derzeitigen Kraftfahrzeugen sind Steuergeräte zur Ansteuerung und Regelung elektrischer Maschinen. Dies beinhaltet Wechsel- und Gleichrichter für Drehfeld- und Gleichstrommaschinen, wie sie in vielfältigen Anwendungen im Kraftfahrzeug eingesetzt werden. Beispiele sind Antriebe für Pumpen, Ventilatoren und Positionieraufgaben. Darüber hinaus werden heute in Kraftfahrzeugen zunehmend Gleichspannungswandler integriert, um Verbraucher mit unterschiedlichem Spannungsniveau im elektrischen Energienetz betreiben zu können.

Durch die steigende Anzahl elektrischer Verbraucher im Kraftfahrzeug muss das elektrische automobiler Energienetz für immer größere Leistungen ausgelegt werden. Durch das Ein- und Ausschalten von Verbrauchern mit hoher Leistung entstehen große Stromimpulse, die zu Spannungsschwankungen im elektrischen Energienetz führen können. Der Generator kann diese Spannungsschwankungen nicht ausgleichen. Seine Leistungsabgabe darf nicht beliebig schnell geändert werden, um Auswirkungen auf das Antriebsmoment der Verbrennungskraftmaschine und damit das Fahrverhalten des Kraftfahrzeugs zu begrenzen. Bei derzeitigen elektrischen Energienetzen muss daher die Batterie die großen pulsartigen Stromspitzen übernehmen.

Um die steigenden Anforderungen bewältigen zu können, sind neue Architekturen für elektrische Energienetze in Kraftfahrzeugen notwendig. Dabei werden Systeme sowohl zur Stabilisierung der Netzspannung als auch zur Reduzierung der pulsartigen Stromaufnahme von Verbrauchern hoher Leistung diskutiert und zunehmend eingesetzt. Gleichzeitig müssen Redundanzen im Energienetz vorgehalten werden, um sicherheitsrelevante Verbraucher bei einem Stromausfall zuverlässig betreiben zu können. Die Leistungselektronik ist daher eine Schlüsseltechnologie für die Realisierung der neuen Energienetzstrukturen im Kraftfahrzeug. Dabei spielen Kosten, Zuverlässigkeit und die rauen Umgebungsbedingungen im Fahrzeug eine große Rolle bei der Entwicklung optimaler Systeme und Komponenten.

Im Forschungsprojekt „Leistungselektronische Wandler für automobiler Anwendungen“ werden im Labor für elektrische Maschinen und Leistungselek-

tronik der Technischen Hochschule Ingolstadt, unter der Leitung von Prof. Dr. Johannes Pforr, Wandler und Wandler für automobiler elektrische Energienetze untersucht und optimiert. Diese Forschungsaktivitäten beinhalten die Untersuchung und Optimierung der Schaltungstopologien und der Aufbautechnologien von leistungselektronischen Wandlern für das 14V/48V bzw. 14V/42V Energienetz, sowie 400V/14V Wandler, Hochleistungswandler und Ladegeräte für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Seit einiger Zeit werden zunehmend auch Multiportwandler betrachtet, um die Gesamtkosten der integrierten Leistungselektronik in den automobilen Energienetzen zu reduzieren, d.h. Wandler mit mehr als zwei Ein- bzw. Ausgängen. Darüber hinaus werden Energiefluss- und Stabilitätsuntersuchungen an automobilen Energienetzen durchgeführt sowie der Einfluss von Hochfrequenzstörungen auf die Energienetze und deren Komponenten untersucht. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auch die Stabilität von Multiwandlersystemen von großem Interesse, d.h. die Stabilität des automobilen Energienetzes bei Integration von mehreren leistungselektronischen Wandlern und Systemen, wie dies bereits heute der Fall ist.

Die Aktivitäten im Forschungsprojekt „Leistungselektronische Wandler für automobiler Anwendungen“ wurden 2004 in Kooperation mit der AUDI AG begonnen. Das akkumulierte Finanzvolumen des Projekts seit 2004 liegt bei 1.500.000,00 €. Derzeit arbeiten drei Mitarbeiter an diesem Projekt.



Abb1: Musteraufbau eines neuartigen Hochstromgleichspannungswandlers mit einer Stromtragfähigkeit von 200A zur dynamischen Stabilisierung des 14V Energienetzes in einem Kraftfahrzeug [3].

At the same time the energy nets must be sufficiently redundant in order to be able to ensure operation of the most critical safety relevant electrical loads even in cases of power loss. Power electronics has therefore become a key technology for the realisation of new automobile electrical energy nets. Costs, reliability and difficult environmental conditions all play a major role in the development of optimal systems and components.

In the research project "Optimization of Power Electronic Converters for Automotive Applications" under the guidance of Professor Johannes Pforr, converters and converter systems are being analysed and optimized in the Laboratory for Electrical Machines and Power Electronics here at the THI. The research activities are focused on the optimisation of circuit topologies and assembly technologies of power electronic converters used in 14V/48V, 14V/42V and 400V/14V electrical energy nets as well as high power converters and automotive battery chargers used in hybrid vehicles and EV's. During the last years automotive energy nets with multi-port converters have also been increasingly investigated to reduce the total cost of the integrated power electronics. These converters have more than two inputs and can be used to link several voltage levels with one converter topology. In the project also energy flow and stability simulations and investigations into the influence of high frequency disturbances on the electrical energy net are performed. Furthermore, the general stability of automotive multi-converter systems, and hence the stability of a car's electrical energy net with multiple power converters, also remains a topic of great interest. Especially, as this type of electrical arrangement becomes ever more common.

The various activities associated with the research project "Optimization of Power Electronic Converters for Automotive Applications" began in 2004 in cooperation with the Audi AG. Since that year, the project has brought in 1.5 million euros in external financing. Currently there are three employees involved in the project.

## Referenzen / References

- 1) Stadler M., Pforr J., "Zero-Voltage Switched Multi-Phase Converter utilizing Non-Linear and coupled Inductors", Proc. of 22th IEEE Applied Power Electronics Conference (APEC), pp.1038-1042, Anaheim, USA, 25 February - 1 March, 2007.
- 2) Stadler M., Utz, S., Pforr J., "Filter Optimization for multi-phase DC-DC converter in automotive energy backup system", 24th IEEE Applied Power Electronics Conference (APEC), USA, 2009
- 3) Hackner T., Pforr J., "A novel approach to stabilize the automotive energy net using a floating converter", Proc. of Power Conversion and Intelligent Motion (PCIM), Nürnberg, Germany, 2010
- 4) Thomas W., Pforr J., "Design of Power Converters on 3D-MIDs for driving three-dimensional LED-Lamps", Proc. of IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), USA, 2011
- 5) Utz S., Pforr J., "Operation of Multi-Phase Converters with Coupled Inductors at reduced Number of Phases", Proc. of European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), 2011
- 6) Utz S., Pforr J., "Impact of Input and Output Voltage Perturbations on the Behavior of Automotive Multi-Phase Converters with Coupled Inductors", Proc. of IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), USA, 2011
- 7) Utz S., Pforr J., "Turn-on behavior of automotive multi-phase converter with coupled inductors", Proc. of European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), 2012
- 8) M. Mürken, J. Pforr, "Comparison of the power dissipation with modern semiconductor devices in zero-voltage switching", 4th Applied Research Conference, 05. July 2014, Shaker Verlag.
- 9) M. Mürken, M. Simon, C. Augustin, J. Pforr, "Comparison of multi-port converter topologies with bidirectional energy flow for automotive energy net applications", Proc. of IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), USA, 2014

# »Vierpunkt-Großwälzlager«

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Vierpunkt-Großwälzlager“ untersucht die THL unter anderem, welche Größen einen Einfluss auf die Tragfähigkeit von Vierpunkt-Großwälzlager haben.

## “Four-Point Large Diameter Bearings”

Through the research project “Four-Point Large Diameter Bearings” engineers will the relationship between scale and sustainable loading in these important assemblies.

The calculation of bearing assemblies is normally done according to the German industry standard DIN ISO 281. While this standard was created for smaller bearing units, much larger four-point large diameter bearing systems are now required for use in energy-generating windmills. Large scale assemblies may have a diameter of up to five meters and may be used, for example in the pitch adjustment of individual rotor blades or as bearing systems to allow azimuth adjustment of the nacelle. Construction and installation of such large-scale bearings, as shown in the illustration above, present very different challenges than those faced by standard bearing assemblies. Some differences include, for example, the type and distribution of loads, the stiffness of the bearing construction, or challenges in finding the optimal tracking geometry.

It would be impossible to determine the correct bearing parameters for large-scale bearings using the DIN ISO 281 standard as they typically consider only radial and axial loads.

Tilting moment is typically an irrelevant variable for smaller assemblies, although in largescale systems it represents one of the greatest engineering challenges. A closer analysis of the loads that an individual bearing sustains in the larger system shows that the tilting moment stresses are critical since they lead to greater stresses on individual bearing units. Figure 2 shows the axial, radial and tilting loads on a roller bearing. This research project seeks to observe the degree to which the following characteristics affect the load limits in large-scale roller bearings:

**Preload:** The individual bearings in large-scale roller bearings themselves represent a significant preload due to their scale.

**Variation in beveling:** Unlike in smaller assemblies narrow beveling is often necessary in large-scale units due to their lower rotational speed. This reduces Hertzian pressure at the point of contact.

**Stiffness of the large-scale bearings and the surrounding structure:** Stiffness in pre-stressed four-point large

Die Berechnung von Wälzlager erfolgt üblicherweise nach der DIN ISO 281. Während diese aber für Standardwälzlager kleinerer Bauart erstellt wurde, kommen in Windkraftanlagen Vierpunkt-Großwälzlager mit Durchmessern von bis zu 5 m zum Einsatz. Hier werden sie beispielsweise als Blattlager zum Verstellen der Rotorblätter (Pitchlager) sowie als Turmlager zum Drehen der Gondel (Azimutlager) eingesetzt.



Abb1: Aufbau eines Vierpunkt-Großwälzlagers

Aufbau und Einsatzbedingungen solcher Großwälzlager, wie in Bild 1 dargestellt, unterscheiden sich beträchtlich von denen der üblichen kleineren Standardwälzlager. Unterschiede sind unter anderem im Bereich der Belastungsart, der Steifigkeit, des Materials, der Vorspannung der Wälzkörper sowie der Laufbahngeometrie zu finden. Durch die Anwendung der DIN ISO 281 können wesentliche Lagerparameter eines Großwälzlagers nicht korrekt abgebildet werden. So werden in der Norm üblicherweise lediglich Radial- und Axiallasten berücksichtigt. Kippmomente finden hier keine Berücksichtigung, obwohl gerade sie bei den betrachteten Großwälzlager häufig die größten Beanspruchungen

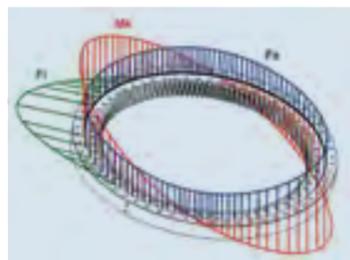


Abb2: Lastverteilung auf die einzelnen Wälzkörper

verursachen. Eine nähere Analyse der Beanspruchungen, welche auf die einzelnen Wälzkörper eines Großwälzlagers wirken, zeigt, dass gerade die Beanspruchungen aus den Kippmomenten kritisch sind, da bei dieser Belastung nur wenige Wälzkörper den Großteil der Kräfte aufnehmen. Bild 2 zeigt die Belastungen der Wälzkörper aus der Axial- und Radialkraft sowie aus dem Kippmoment.

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden unter anderem folgende Größen, die auf die Tragfähigkeit der Vierpunkt-Großwälzlager Einfluss haben, näher betrachtet:

## Vorspannung

Die Kugeln in den Vierpunkt-Großwälzlager weisen bereits ohne äußere Lasten durch die Vorspannung eine beträchtliche Belastung auf.

## Unterschiedliche Lagerschmiegungen

Bei Großwälzlager wird im Gegensatz zu Standardwälzlager aufgrund der geringeren Drehzahl meist ein engeres Schmiegungsverhältnis verwendet. Dadurch reduziert sich die Hertz'sche Pressung am Wälzkontakt.

## Steifigkeit des Großwälzlagers und der umliegenden Struktur

Die Steifigkeit bei vorgespannten Vierpunkt-Großwälzlager ist gegenüber kleineren Lager gering. So ergibt sich im Betrieb häufig eine elastische Verformung der Lagerringe im Bereich von 1 bis 2 mm. Durch diese Verformungen werden die Belastungen auf die einzelnen Wälzkörper unterschiedlich stark beeinflusst.

Im Folgenden wird der Einfluss der Lagervorspannung auf die Lastverteilung der einzelnen Wälzkörper unter einem Kippmoment näher betrachtet. Bild 3 zeigt, dass sich bei geringerem Lagerspiel bzw. unter Vorspannung eine gleichmäßigere Lastverteilung ergibt. Dadurch reduziert sich die Belastung auf den einzelnen Wälzkörper. Gegenläufig ist die zunehmende Belastung aus der Vorspannung. Hier gilt es, für jeden Anwendungsfall die optimale Auslegung zu finden.

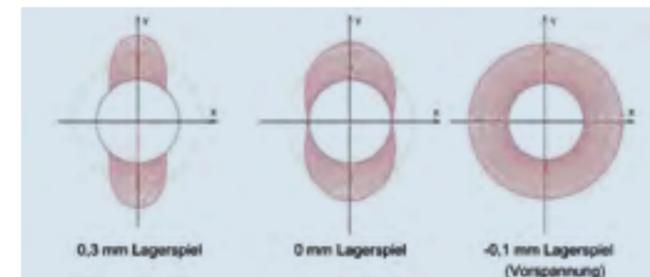


Abb3: Lastverteilung auf die einzelnen Wälzkörper bei unterschiedlichem Spiel / Vorspannung

diameter bearings is much lower than is possible in smaller units. Therefore, elastic deformation of one or two millimeters is often a result. This deformation can affect the load capabilities of the bearing system in various ways.

Now we will take a closer look at the influence of bearing preload in individual bearing elements during tilting moment.

Figure 3 shows that under conditions of low bearing gap or preload, the load is more evenly distributed through the bearing system. This reduces the stress on individual rollers. The preload itself, however contributes some stress and demands that researchers find an optimal solution to load distribution.

As we have already shown, the stiffness of a bearing assembly has a significant influence on the structural demands of individual rollers. Figure 4 represents axial play in the mechanical stress of four-point bearing under axial stress. The graph shows bearing contact (blue line) as well as the total flexibility in terms of the ring deformation. It is clear from the representation that careful observation of the deformation requires the consideration of all elements as a whole: bearing ring stiffness as well as the stiffness of the surrounding structure.

A more realistic evaluation of the four-point large diameter bearings is only possible when one considers the ring stiffness as well. This in turn requires a thorough examination of the entire system (the bearings and the structure surrounding them), all of which is possible in a simulation. A model for multi-element simulation of four-point large diameter bearings is now being developed for this purpose.

diameter bearings is much lower than is possible in smaller units. Therefore, elastic deformation of one or two millimeters is often a result. This deformation can affect the load capabilities of the bearing system in various ways.

Now we will take a closer look at the influence of bearing preload in individual bearing elements during tilting moment.

Figure 3 shows that under conditions of low bearing gap or preload, the load is more evenly distributed through the bearing system. This reduces the stress on individual rollers. The preload itself, however contributes some stress and demands that researchers find an optimal solution to load distribution.

As we have already shown, the stiffness of a bearing assembly has a significant influence on the structural demands of individual rollers. Figure 4 represents axial play in the mechanical stress of four-point bearing under axial stress. The graph shows bearing contact (blue line) as well as the total flexibility in terms of the ring deformation. It is clear from the representation that careful observation of the deformation requires the consideration of all elements as a whole: bearing ring stiffness as well as the stiffness of the surrounding structure.

A more realistic evaluation of the four-point large diameter bearings is only possible when one considers the ring stiffness as well. This in turn requires a thorough examination of the entire system (the bearings and the structure surrounding them), all of which is possible in a simulation. A model for multi-element simulation of four-point large diameter bearings is now being developed for this purpose.

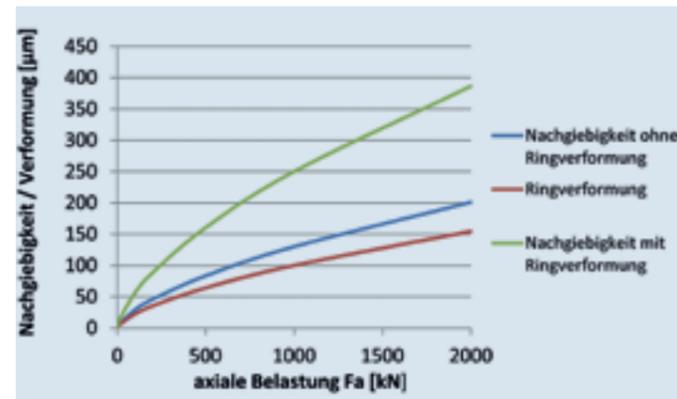


Abb4: Axiale Nachgiebigkeit und Ringverformung

Wie bereits dargelegt, hat die Steifigkeit des Lagers beträchtlichen Einfluss auf die Beanspruchung der einzelnen Wälzkörper. Bild 4 zeigt die axiale Nachgiebigkeit eines Vierpunkt-Großwälzlagers unter axialer Belastung. Dargestellt sind die Nachgiebigkeit aus dem Wälzkontakt (blauer Kurvenverlauf) sowie die gesamte Nachgiebigkeit unter Berücksichtigung der Ringverformung. Ersichtlich ist, dass für die Betrachtung der Gesamtverformung die Steifigkeit der Lagerringe im Zusammenspiel mit der Steifigkeit der umliegenden Struktur nicht vernachlässigt werden kann.

Eine realitätsnähere Beurteilung der Vierpunkt-Großwälzlager kann deshalb nur durch Einbeziehung der Ringsteifigkeiten, die wiederum von der Betrachtung des Komplettsystems (Lager und umliegende Struktur) abhängig sind, mit einem Simulationsmodell erfolgen. Derzeit wird dazu mit Hilfe der Mehrkörpersimulation ein Simulationsmodell für ein Vierpunkt-Großwälzlager aufgebaut.

#### Referenzen / References

- 1) Ritzer S; Suchandt T; KEM, Ausgabe: 12-2013, Großwälzlager im Test
- 2) Ritzer S; Suchandt T; Dütsch C; (2014) Modellierung eines Vierpunkt-Wälzlagers mittels Mehrkörpersimulation; 16 Bayreuther 3D-Konstrukteurstag [Bayreuth]; 17.09.2014,
- 3) Ritzer S.; Suchandt T.; Kröger M. (2014) Das Vierpunktlager im Einsatz als Großwälzlager, Einflüsse unterschiedlicher konstruktiver Parameter auf die statische Grenzlast der Laufbahnen; SMK Tagungsband zum Schweizer Maschinenelemente Kolloquium, 25.- 26.11.2014, [Rapperswil, Schweiz]

# SmartLED: Forschung für zuverlässige LED-Module

Die Technische Hochschule Ingolstadt entwickelt zusammen mit Industriepartnern Aufbau und Verbindungstechnik für zuverlässige LED-Module im automotiven Bereich und neue Testverfahren für deren Qualifizierung.

Am 1.11.2014 wurde das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt SmartLED als Kooperationsprojekt zwischen der Technischen Hochschule Ingolstadt, der Philips GmbH und der Heraeus GmbH gestartet. In dem Projekt entwickeln die wissenschaftlichen Mitarbeiter Maximilian Schmidt und Alexander Hanß unter der Leitung von Prof. Dr. Gordon Elger gemeinsam mit den Industriepartnern Aufbau und Verbindungstechnik für zuverlässige LED-Module für den Automotive-Bereich und neue Testverfahren für deren Qualifizierung.

Die LED-Technologie bietet für die Beleuchtung im Bereich der Mobilität entscheidende Vorteile: LEDs sind energieeffizient, extrem klein und robust. Außerdem sind LEDs mikroelektronische Bauteile und wesentlich kompatibler mit moderner Fahrzeugelektronik (Treiber, Steuerung), als die klassischen Leuchtmittel (insbesondere hinsichtlich der Spannungsversorgung der Elektromobilität). Intelligente Lichtfunktionen können mit LEDs in kompakten Systemen ohne bewegliche Teile realisiert werden. Hierbei ist vor allem das intelligente LED-Matrix-Licht hervorzuheben, das kombiniert mit einem Kamerasystem und den Navigationsdaten die Ausleuchtung der Fahrbahn der Verkehrssituation anpasst.

Allerdings sind LED-Module immer noch vergleichsweise teuer gegenüber den klassischen Leuchtmitteln. Kostenreduzierung ist daher Voraussetzung für die weitere Verbreitung der LED-Technologie, um vom Design getriebenen Premium-Car-Segment in die Mittelklasse zu diffundieren. Ein hoher Anteil der Kosten steckt bei einem High-Power LED-Modul im Bereich der Aufbau- und Verbindungstechnologie des Moduls. Hier setzt das Forschungsprojekt an. Die Zuverlässigkeit von LED-Modulen ist eine fundamentale Anforderung an die sicherheitsrelevante automobilen Beleuchtung. Die für automobilen Anwendungen geforderten Fehlerraten im ppm-Bereich an die einzelnen elektronischen Baugruppen machen die Zuverlässigkeit eines LED-Systems, das aus mehr als 60 einzelnen Emitter-Dies bestehen kann, extrem herausfordernd. Die Zuverlässigkeit der LED-Module ist neben dem Kostendruck entscheidend für den Erfolg im Automotive-Bereich. Wichtig ist daher ein Testverfahren, das es ermöglicht, die Zuverlässigkeit der LED-Module vor dem Einbau in den Scheinwerfer sicherzustellen.

Um intelligente LED-Fahrlichter im Mittelklassesegment zu etablieren, müssen die entscheidenden Herausforderungen „Kosten und Zuverlässigkeit“ gelöst werden. Dies ist die Aufgabenstellung des Projektes. Konkretes Ziel ist dabei die Realisierung und Qualifizierung eines neuartigen LED-Matrix-Moduls für ein kompaktes und kostengünstiges adaptives (intelligentes) LED-Fahrlicht, das im Mittelklassesegment zum Einsatz kommen soll. Es wird hierfür ein neues Aufbau

#### SmartLED: Research for Reliable LED Modules

The Technische Hochschule Ingolstadt is, in cooperation with partners from the private sector, developing an interconnect technology as well as new testing methods for reliable automotive LED modules.

On the 1st of November, 2014, the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) initiated the SmartLED project between the Technische Hochschule Ingolstadt, Philips, and Heraeus.

The research assistants Maximilian Schmidt and Alexander Hanss, under the direction of Professor Gordon Elger and in cooperation with the industrial partners were determined to use the project to develop novel LED modules and means to test their quality. LED technology has a number of advantages for use in automotive applications: they are, for example, energy efficient, small and robust. Furthermore, LEDs are microelectronic components and are far more compatible with the electronic systems (drivers, control systems) of modern automobiles than are standard headlamps – especially when one considers the electrical demands in EV contexts. Intelligent lighting solutions are simplified by using LEDs in compact assemblies with no moving parts. One example of this type of lighting solution can be found in the intelligent LED matrix that can adjust to a variety of traffic conditions autonomously when connected to a camera system and navigation technology.

The LED module is, however, relatively expensive when compared to traditional headlamps. Cost reduction is therefore a priority if one wishes to expand the use of LED technology from luxury, performance and design driven upper class automobiles to the mid-size models. Much of the expense of a high-power LED module comes from the packaging and assembly costs. This is where MOREA's research comes in.

Lighting safety systems depend heavily on the reliable performance of the LED modules. High automotive reliability standards make this especially challenging: error rates

in low ppm range are expected in systems composed of elements from 60 individual emitters, for example. These high reliability standards contribute to the high costs associated with the modules, but they are an important aspect of automotive innovation. Therefore, rigorous testing standards must be developed and introduced to guarantee the required level of reliability and long lifetime in LED modules before the headlamp installation.

To establish intelligent lighting in the mid-size automobile sector, these important questions of cost and reliability need to be addressed. This is the focus of the research project described here. Its concrete goal is the development and comprehensive testing of a novel LED matrix module for use in compact and inexpensive adaptive (intelligent) lighting applications. These should be affordable and practical solutions for mid-size consumer automobiles. To that end, new packaging concepts and processes will need to be invented, i.e. a flux-free, high standard soldering process of LED elements. A demonstration model is used in the project based on the locally-developed technologies.

Maximilian Schmid is responsible for developing an appropriate LED driver topology according to the demands and definition of the LED matrix.

To determine the quality and reliability of the LED module, the project researchers are developing a testing system based on transient thermal analysis that can be used to evaluate the module prior to installation. Based on the temperature dependency and the forward voltage ( $V_f$ ), the thermal resistance of construction elements in the high performance electronics can be determined via time resolved measurement of the forward voltage after switching the thermal load. The method can be used to provide structural information about the construction components including the recognition of cracks or delamination in the thermal path. The test can be undertaken in situ during accelerated reliability testing or even immediately after the manufacturing of the module.

The testing procedure requires some complex computer-supported technology, since the forward voltage levels ( $V_f$ ) must be filtered, recalculated and adjusted several times in order to provide a plausible representation of the system. These algorithms need to be developed based on fundamental theories of numerical mathematics, signal processing, and signal and system analysis. These together form the task undertaken by project member Alexander Hans.

Simulations of the high-power LEDs employing finite element (FE) methods serve as a supporting diagnostic. These permit the examination of thermal and mechanical processes and effects and allow them to be represented to determine correlations in the testing procedure itself. Likewise small physical changes in the LEDs themselves can be perceived and investigated which has, in practice, been difficult or even impossible until now.

konzept realisiert und ein Prozess entwickelt, um unverpackte High Power-LEDs mit rückstandsfreier (flussmittelfreier) Lotpaste porenfrei zu kontaktieren. In dem Projekt wird basierend auf den neuen Technologien ein Demonstrator aufgebaut. Hierfür wird Maximilian Schmid nach Definition und Spezifizierung der LED-Matrix und Optik eine geeignete LED und Treiber Topologie erarbeiten und aufbauen.

Für die Qualitäts- und Zuverlässigkeitsbewertung des LED-Moduls wird basierend auf der transienten thermischen Analyse ein Testverfahren entwickelt, mit dem die Module vor dem Einbau in den Scheinwerfer auf Zuverlässigkeit getestet werden können. Aufgrund der Temperaturabhängigkeit der Vorwärtsspannung ( $V_f$ ) kann der thermische Widerstand von Bauteilen der Leistungselektronik über zeitaufgelöstes Messen der Vorwärtsspannung nach einem Schaltvorgang bestimmt werden. Die Methode kann auch zur Ermittlung struktureller Information über das Bauteil verwendet werden, d.h. Risse und Delamination im thermischen Pfad können erkannt werden. Dieser Test kann In-Situ während beschleunigter Zuverlässigkeitstests oder direkt nach der Fertigung eines Moduls zur Qualitätskontrolle durchgeführt werden.

Die Messmethode benötigt aufwendige computergestützte Berechnungen, da die gemessene Vorwärtsspannung ( $V_f$ ) hierbei mehrmals gefiltert, umgerechnet und angepasst werden muss, um anschließend eine aussagekräftige Darstellung zu erhalten. Diese Algorithmen müssen auf Grundlage der Theorien der numerischen Mathematik, digitalen Signalverarbeitung und Signal- und Systemanalyse erarbeitet und umgesetzt werden. Dies ist die Aufgabe von Projektmitarbeiter Alexander Hanß.

Als unterstützendes Werkzeug werden Simulationen der High-Power-LEDs mit Hilfe der FE (Finite Elemente) Methode erstellt. Dadurch können thermische und mechanische Verläufe bzw. Effekte anschaulich dargestellt und die Korrelation zum erstellten Messverfahren überprüft werden. Ebenso können hiermit leicht physikalische Veränderungen der LED untersucht werden, welche in der Praxis nicht oder nur schwer umzusetzen wären.

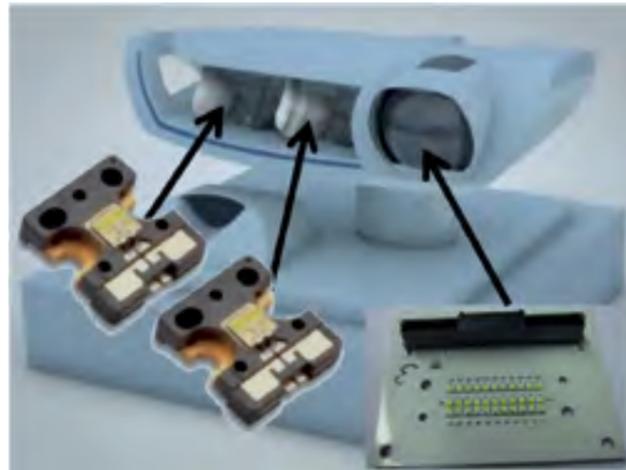


Abb1: Adaptives Fernlichtkonzept der Philips GmbH basierend auf einer LED Matrix. In dem Projekt SmartLed werden auf Basis modernster, noch kleinerer High Power LED Bausteine neue Konzepte realisiert und getestet. Foto: Philips GmbH

FÖRDERGEBER

Funding



Förderkennzeichen 03FH008IX4

KOOPERATIONSPARTNER

Partners

PHILIPS

Heraeus

# Erneuerbare Energien an der THI

Am Institut für neue Energie-Systeme (InES) betreiben gegenwärtig vier Professoren sowie fünfzehn wissenschaftliche Mitarbeiter und Doktoranden angewandte Forschung im Bereich Technik Erneuerbarer Energien.

## Renewable Energy at the THI

The Institute of new Energy Systems (InES) is a platform for applied research in the field of renewable energy technology where currently four professors and fifteen researchers are involved in various research projects.

The research activities of InES are focusing on the following fields of technology: Bioenergy Technology, Energy System Technology and Solar Energy Technology. Typically research projects are implemented in close co-operation with both renewable energy technology companies as well as research institutions and international partner universities. Individual project funding is typically provided by regional, federal and European institutions or alternatively through industrial contract research. Next to technologically-oriented research projects InES activities aim at both regional and international networking and collaboration. For instance, the regional innovation network RegIN+ is implemented together with various regional industrial partners from the renewable energy business. And besides, since 2014 InES jointly develops a Network of Energy Excellence for Development together with five research partners in sub-Saharan Africa. Learn more about this large-scale EU-funded collaboration project at [www.need-project.org](http://www.need-project.org).

Die Forschungsarbeiten des InES sind innerhalb der Technologiefelder Bioenergie-technik, Energiesystemtechnik und Solarenergie-technik angesiedelt. Die anwendungsorientierten Forschungsvorhaben werden überwiegend in Zusammenarbeit mit mittelständischen Industriepartnern sowie mit Forschungseinrichtungen und Partnerhochschulen durchgeführt. Forschungsprojekte des Technologiefelds Bioenergie-technik widmen sich der nachhaltigen Bereitstellung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Anlagentechnik von Holzheizkraftwerken und Biogasanlagen bilden dabei den Schwerpunkt. Im Technologiefeld Solarenergie-technik fokussieren sich InES-Wissenschaftler auf Forschungsfragen zur solaren Wärme- und Kälteversorgung sowie die Optimierung der Komponente Solarkollektor. Die Forschungsprojekte im Technologiefeld Energiesystemtechnik konzentrieren sich auf systemische Fragestellungen der Energiebereitstellung. Beispiele hierfür sind Nahwärmesysteme oder die effiziente industrielle Energienutzung.

Noch stärker in die Praxis geht InES mit dem regionalen Innovationsnetzwerk RegIN+, bei dem Wissenstransfer und Vernetzung im Vordergrund stehen. Die Internationalisierung wird unter anderem mit dem EU-Projekt „Network of Energy Excellence for Development“ vorangetrieben. Eine Auswahl der bisherigen Forschungsprojekte ist in Tabelle 1 aufgelistet. Projektsteckbriefe zu den einzelnen Projekten sind online abrufbar unter [www.RegIN-plus.de/wissenslandkarte](http://www.RegIN-plus.de/wissenslandkarte).

## INSTITUTSLEITUNG

Institute Management

PROF. DR.-ING. WILFRIED ZÖRNER  
Tel: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 22 70  
[wilfried.zoerner@thi.de](mailto:wilfried.zoerner@thi.de)

DR. CHRISTOPH TRINKL  
Tel: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 3 72  
[christoph.trinkl@thi.de](mailto:christoph.trinkl@thi.de)

  
Technische Hochschule  
Ingolstadt  
Institut für  
neue Energie-Systeme

PROJEKTNAME Project name	PROJEKTLEITER Project leader	PROJEKTSTART Project start	DAUER (JAHRE) Duration
INTEGRATION VON BIOGASANLAGEN IN NETZE MIT HOHEM ANTEIL FLUKTUIERENDER STROMERZEUGER (FLEXFUTURE) <i>Integration of biogas plants in a network of volatile energy producers (FlexFuture)</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2014	2
VERBESSERUNG DER DURCHMISCHUNG IN BIOGASFERMENTERN DURCH METHODISCHE RÜHRWERKSOPTIMIERUNG (BIOOPT-MIX) <i>Energy efficiency improvement of biogas digesters through methodological agitator optimization</i>	Prof. Dr.-Ing. Markus Goldbrunner	2014	3
BIOMASSE-INDUSTRIEKRAFTWERKE ZUR VOLLDAMPFVERSORUNG MIT PROZESSDAMPF (BIPD) <i>Industrial biomass combustion plants for process steam generation (BIPD)</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2014	2,5
NETWORK OF EXCELLENCE IN RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES FOR DEVELOPMENT (NEED) <i>Network of Excellence in Renewable Energy Technologies for Development (NEED)</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2014	3
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG DES STRÖMUNGSVERHALTENS VON RÜHRWERKEN IN BIOGASFERMENTERN <i>Experimental analysis of flow characteristics in biogas digesters</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2013	K.A.
SOLARES SMART GRID IM WÄRMEBEREICH (SMARTSOLGRID) <i>Solar smart grid in the heating sector (smartSOLgrid)</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2013	3
UNTERSUCHUNGEN ZUR FERTIGUNGSTECHNIK UND KOLLEKTORKONSTRUKTION VON VOLLKUNSTSTOFF-KOLLEKTOREN <i>Investigations into manufacturing technologies and design of polymeric solar thermal collectors</i>	Dr. Christoph Trinkl	2012	3
STUERBARE STROMERZEUGUNG DURCH BIOGASANLAGEN (BIOSTROM) <i>Controllable electricity production through biogas plants (BioStrom)</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2011	3
ENTWICKLUNG EINES ANGEPASTEN KOLLEKTORS IN VERBINDUNG MIT EINER KOLLEKTORPRODUKTIONSLINIE (TPS-KOLLEKTORFERTIGUNG) <i>Design of an adapted solar thermal collector for a novel collector production line</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2011	3
REGENERATIVES ENERGIENETZWERK REGION INGOLSTADT (REGIN+) <i>Network of experts in renewable energies for the region of Ingolstadt (RegIN+)</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2011	4
SOLARE WÄRME IN DER BAYERISCHEN LEBENSMITTELINDUSTRIE: EXEMPLARISCHER EINSATZ VON SOLARTHERMISCHEN SYSTEMEN IN EINER BRAUEREI UND MOLKEREI <i>Solar energy for the Bavarian food industry: Exemplary application of solar thermal systems in a brewery and a dairy</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2009	3
INNOVATIVE ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPTE IM WOHNUNGSBAU <i>Innovative energy supply concepts for public housing</i>	Dr. Christoph Trinkl	2008	K.A.

PROJEKTNAME Project name	PROJEKTLEITER Project leader	PROJEKTSTART Project start	DAUER (JAHRE) Duration
ÖKOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE OPTIMIERUNG VON BESTEHENDEN UND ZUKÜNFTIGEN BIOGASANLAGEN <i>Ecological and economic optimization of existing and future biogas plants</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2008	2
SOLARTHERMISCHE KÜHLUNG MIT DEC-SYSTEMEN OPTIMIERUNG UND ABLEITUNG VON PLANUNGSGRUNDLAGEN SOWIE BETRIEBS- UND REGULINGSSTRATEGIEN <i>Solar thermal air-conditioning using desiccant and evaporative cooling systems – System optimization and development of planning guidelines as well as control and operational strategies</i>	Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner	2008	3

## Institut für neue Energie-Systeme



# BioStrom: steuerbare Stromerzeugung durch Biogasanlagen

Wie lässt sich die Stromerzeugung von Biogasanlagen steuern?

Das Institut für neue Energie-Systeme (InES) der Technischen Hochschule Ingolstadt hat hierfür konkrete Lösungen erarbeitet.

## BioStrom: Controllable Energy Production via Biogas Plants

How can electricity produced by biogas plants be properly controlled? The Institute of new Energy Systems (InES) at the Technische Hochschule Ingolstadt is developing some concrete solutions.

The aim of the project was the creation of a new area of application for biogas by enabling existing biogas plants to act as controllable electricity producers based on numerical simulation and the experiences from a demonstration plant. Thereby, tangible technical solutions were developed as well as solutions for the legal framework.

First, it must be assumed that in future the electricity production will take place on its availability and is largely dependent on the high percentage of the fluctuating renewable electricity production. The electricity market and the legal framework were analysed regarding incentives for a controllable electricity production.

Figure 1 shows the Feed-in tariff system of the EEG 2012. The Market Premium is intended to cover the market price risk. The amount of the market premium is calculated by the difference of the monthly average price on the day ahead spot market of the EPEX SPOT SE and the fixed EEG feed-in tariff. The Management Premium is intended to cover the marketing efforts. In 2013, the Management Premium was EUR 0.00275 per kWh<sub>el</sub>. By 2015 the Management Premium drops to EUR 0.00225 per kWh<sub>el</sub>. The aim of the Market Premium and the Management Premium is to compensate possible disadvantages within the controllable electricity production in comparison to the original base load operation.

The biggest promotion in regard to a conversion towards a flexible electricity production is the Flexible Premium. This Premium is intended to cover the investment for additional plant equipment such as higher power generation capacity and additional gas storage necessary for the flexible and controlled electricity production. The amount

Ziel des Vorhabens war es, anhand von Simulationen und den Erfahrungen in einer Demonstrationsanlage bestehende Biogasanlagen in die Lage zu versetzen, als steuerbare Stromerzeuger zu agieren. Hierbei wurden konkrete Lösungen sowohl im technischen als auch im (genehmigungs-)rechtlichen Kontext erarbeitet.

Zunächst muss davon ausgegangen werden, dass durch den hohen Anteil fluktuierender Stromerzeuger die Stromerzeugung zukünftig zu großen Teilen dargebotsabhängig stattfinden wird. Der Strommarkt sowie das EEG 2012 wurden hinsichtlich der Anreize zur Direktvermarktung mit steuerbarer Stromerzeugung analysiert.

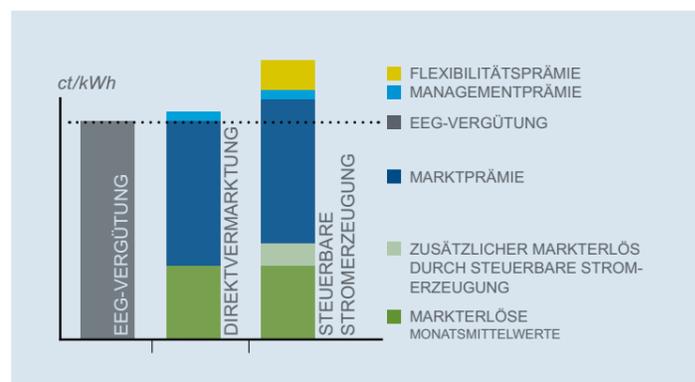


Abb1: EEG 2012 - Direktvermarktung mit steuerbarer Stromerzeugung

Abbildung 1 zeigt die Zusammensetzung möglicher Vergütungen, Prämien und Markterlöse je nach Betriebsmodus der Anlage und Art der Stromvermarktung. Die Marktprämie soll außerhalb des EEG, also im Falle der Stromdirektvermarktung, das Marktpreisrisiko abdecken. Sie gleicht den Unterschied zwischen einem monatlichen Referenzmarktwert und der regulären EEG-Vergütung aus. Als zusätzlichen Anreiz für die Stromdirektvermarktung hat der Gesetzgeber die sogenannte Managementprämie eingeführt. Diese dient zur Abdeckung des Vermarktungsaufwands und lag 2013 bei 0,275 Cent/kWh<sub>el</sub>. Bis zum Jahr 2015 sinkt diese auf ein Niveau von 0,225 Cent/kWh<sub>el</sub>. Das Ziel der Marktprämie besteht zusammen mit der Managementprämie darin, etwaige Vergütungsnachteile bei einer flexiblen Fahrweise im Vergleich zur ursprünglichen EEG-Vergütung auszugleichen. Den größten Förderfaktor für die Umstellung einer Anlage auf steuerbare Stromerzeugung stellt die Flexibilitätsprämie dar. Hier wird eine Prämie von 130 €/kWh<sub>el</sub> für die zusätzlich installierte BHKW-Leistung gewährt

(vereinfachte Darstellung). Bei einer Durchschnittsleistung von 500 kW<sub>el</sub> und einer installierten Leistung von 1 MW<sub>el</sub> ergibt sich beispielsweise eine Flexibilitätsprämie von 58.500 € pro Jahr über einen Zeitraum von zehn Jahren.

Hat der Biogasanlagenbetreiber zusätzliche BHKW-Leistung installiert, so kann er neben der Flexibilitätsprämie auch zusätzliche Markterlöse durch eine bedarfsgerechte Stromerzeugung generieren, indem die Stromerzeugung in hochpreisigen Zeiten verlagert wird. Diese Zusatzerlöse sowie der Bezug der oben genannten Prämien im EEG 2012 können zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit einer bestehenden Biogasanlage beitragen. Basierend darauf wurden im Forschungsprojekt BioStrom verschiedene Betriebsszenarien samt Vergütungssituation ausgearbeitet.

Um bestehende Biogasanlagen in die Lage zu versetzen, steuerbar Strom zu erzeugen, sind verschiedene Anlagenmodifikationen erforderlich. Das besondere Augenmerk dabei liegt auf den Komponenten der Gaskonditionierung, Gasspeicherung, Gasverwertung und der Wärmeversorgung.

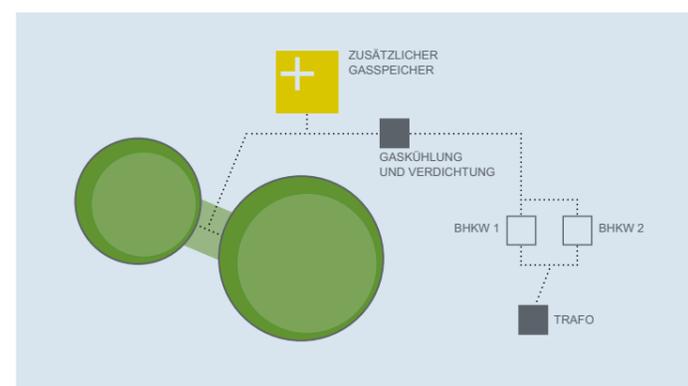


Abb2: Anlagenkonzept zur steuerbaren Stromerzeugung

Hierbei wurde festgestellt, dass grundsätzlich alle relevanten Komponenten dazu in der Lage sind, Biogasanlagen zur steuerbaren Stromerzeugung umzurüsten. Jedoch bedarf es intelligenter und kosteneffizienter Anlagenkonzepte (Abbildung 2), um letztlich einen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten zu können. Durch die Umsetzung der steuerbaren Stromerzeugung an einer bestehenden Biogasanlage wurde gezeigt, wie sich die zukünftige Stromerzeugung flexibel ausführen lässt. Dazu wurden bei der umgerüsteten Demonstrationsanlage unter anderem folgende Messwerte über einen Zeitraum von sechs Monaten systematisch erfasst und ausgewertet:

- Bilanzierung des Gasspeichers durch Erfassung eingehender und ausgehender Volumenstrommengen sowie des Gasspeicherfüllstands
- Permanente Analyse der Gaszusammensetzung
- Erfassung von Wetterdaten (z. B. Sonneneinstrahlung, Windstärke, Temperatur)
- Verbrauchte sowie erzeugte Strommengen der gesamten Anlage
- Wärmebilanz der gesamten Anlage

FÖRDERGEBER  
Funding



Förderkennzeichen 03KB061A

KOOPERATIONSPARTNER  
Partner



LEITUNG  
Project Leader

PROF. DR.-ING. WILFRIED ZÖRNER

Tel: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 22 70, wilfried.zoerner@thi.de

of the premium is EUR 130 per year for each additional installed kW<sub>el</sub>. The premium is paid for 10 years. At a biogas plant with an average output of 500 kW<sub>el</sub> and an installed capacity of 1 MW<sub>el</sub>, results in a Flexible Premium of 58.500 EUR per year over a period of 10 years.

The installation of additional power generation capacities enables biogas plants to shift the electricity production into times of higher electricity demand in the grid. At these times, the electricity prices are also higher and additional revenue on the electricity market are possible. These additional incomes and the premiums of the EEG can improve the economic efficiency of existing biogas plants. Based on this different operational scenarios were developed within the research project BioStrom.

For a biogas plant with controllable electricity production, various modifications are required. Approaches are additional gas storage facilities in order to achieve a shift of the biogas production, the capacity of the electricity generation facilities has to be increased to use the stored biogas in less time. Furthermore, the gas conditioning system has to be adapted to the increased gas flow and in case of a flexible operation of the CHP-units, additional facilities for the heat supply are maybe necessary.

During the initial analysis of the relevant components, it can be stated that all components are basically able to implement the controlled electricity production. However, intelligent and cost efficient plant concepts are necessary to guarantee an economic success of the controlled electricity production via biogas plants.

The actual implementation of the controlled electricity production at an existing biogas plant shows, how the future controlled electricity production can be operated. For this purpose, following measured values were systematically collected and analysed over a period of six months at the demonstration plant:

- Balancing of the gas storage through an analysis of the in- and outgoing gas flows and the gas storage fill level
- Constant analysis of the gas composition
- Measurement of weather statistics (e.g. sunshine, wind speed, temperature)
- Consumed as well as produced electricity of the entire plant
- Heat balance of the entire plant.

# Solare Wärme in der bayerischen Lebensmittelindustrie

## Exemplarischer Einsatz von solarthermischen Systemen in einer Brauerei und einer Molkerei

### Solar Thermal Energy in the Bavarian Food Industry

Concept examples of solar energy in the food industry in a brewery and a dairy

The focus of the research project entitled "Solar Thermal Energy in the Bavarian Food Industry" was, with real data from industry partners (in this case the Ingolstadt brewery *Herrnbräu* and *Zott* dairy), to develop tailored concepts for solar thermal supported heat supply. A significant part of the project involved the integration of unused waste heat into the heat energy supply at low temperatures. Using simulations, the interaction between the solar thermal systems and other heat sources in the facility were carefully examined and matched through efficient delivery to the heating demands.

### Project Results

In order to acquire an overall impression of the current situation of both partner facilities, an initial inspection of the brewery and dairy was undertaken and the findings analyzed. Based on the energy data, specific key figures regarding energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions were calculated (cf. Fig.1).

Eventually appropriate processes and applications regarding the general suitability for a supply with heat energy at lower temperatures (< 100°C) were identified. In breweries, for example, most processes and applications do indeed take place below 100 °C. In the dairy facility from the company *Zott*, this corresponded to approximately 90% of the heat energy demand of the process. Higher temperature demand was found in processes such as milk powder production and the processing of sterilized, long-life milk products, for example. Not only the temperature, but also duration of heating demand is a significant factor in solar thermal energy production.

Based on the information gathered, the possibilities for the integration of heat sources at lower temperatures (e.g. waste heat recovery, solar thermal systems) could be properly investigated. The recovery of waste from air compressors and chiller systems was consi-

Ziel des Vorhabens „Solare Wärme in der bayerischen Lebensmittelindustrie“ war es, mit realen Betriebsdaten der Projektpartner Brauerei *Herrnbräu* und Molkerei *Zott* Konzepte für eine effiziente solarthermisch unterstützte Wärmeversorgung zu entwickeln. Den wesentlichen Bestandteil bildete dabei die Integration von ungenutzter Abwärme in bestehende Strukturen der Wärmeversorgung auf niedrigem Temperaturniveau. Mit Hilfe von Simulationen wurde das Zusammenspiel solarthermischer Systeme mit weiteren Wärmequellen sowie die bedarfsgerechte Versorgung der Wärmeverbraucher untersucht.

### Projektergebnisse

Um ein Gesamtbild der energetischen Ist-Situation der beiden Partnerbetriebe zu erhalten, wurden in einem ersten Schritt Vor-Ort-Untersuchungen durchgeführt und Bestandsunterlagen analysiert. Auf Basis der vorliegenden Energiedaten wurden spezifische Kennzahlen des Energieverbrauchs sowie des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes entwickelt (siehe Abbildung 1).



Abb1: Spezifische Kennzahlen eines Lebensmittelbetriebs im mehrjährigen Vergleich

Schließlich wurden Prozesse und Anwendungen bezüglich einer prinzipiellen Eignung für die Versorgung mit Wärme auf niedrigem Temperaturniveau (< 100°C) identifiziert. In Brauereien liegen die meisten Prozess- und Anwendungstemperaturen unter 100 °C. Im Fall der Firma *Zott* entsprechen sie ca. 90% des Prozesswärmebedarfs. Höhere Temperaturanforderungen haben hier vor allem die Herstellung von Molkepulver sowie Prozesse zur Haltbarmachung von Milchprodukten. Neben der Temperatur ist der zeitliche Verlauf der Wärmeversorgung der Prozesse von Bedeutung.

Auf Basis dieser Informationen wurden die Möglichkeiten zur Integration von Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau (Wärmerückgewinnung, Solarthermisches System) untersucht. Dabei wurde auch die Wärmerückge-

winnung aus Druckluft- und Kältesystemen berücksichtigt. Aufbauend auf den analysierten Prozessstrukturen wurden Anlagenkonzepte entwickelt und diese mit Hilfe von standortspezifischen Wetterdaten und der Variation verschiedener Systemparameter simuliert und optimiert. So ist die Dimensionierung von Kollektorfeld und Speicher ausschlaggebend für die solarthermische Komponente des Wärmenetzes. Auch die Systemhydraulik sowie der günstigste Einspeisepunkt für die Integration solarer Energie konnten untersucht werden.

Abbildung 2 zeigt das Hydraulikschema eines solarthermischen Prozesswärmesystems mit großem Pufferspeicher. Unter guten Bedingungen können diese Systeme rund 400 kWh an thermischer Energie je Quadratmeter Kollektorfläche beitragen.

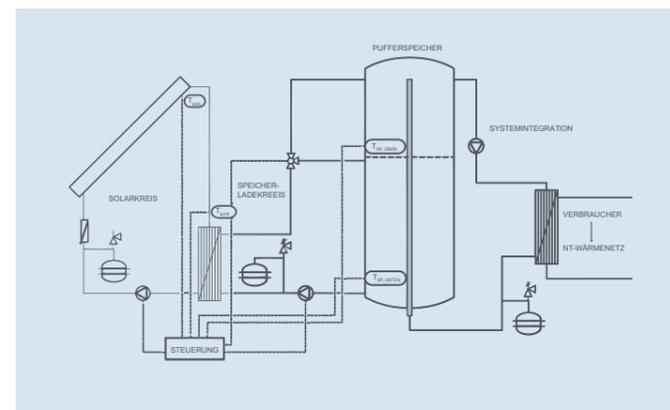


Abb2: Solarthermisches Prozesswärmesystem

Konzeptentwicklung und Simulation haben gezeigt, dass solarthermische Systeme große Potentiale zur Reduzierung des konventionellen Energiebedarfs in der Lebensmittelbranche besitzen. Allerdings sind zuerst alle Abwärmepotenziale zu prüfen und zu realisieren. Niedertemperatur-Wärmenetze, basierend auf Wärmerückgewinnung und Solarthermie, sind energetisch sinnvoll und technisch umsetzbar, allerdings sind sie aufgrund der mehrstufigen Wärmezufuhr sehr komplex. Der hohe individuelle Planungsaufwand und eine Amortisationszeit von meist mehreren Jahren stellen für viele Betriebe ein Hindernis für deren Einführung dar.

Im Rahmen einer Potenzialstudie wurden schließlich die möglichen solaren Deckungsbeiträge am Prozesswärmebedarf der bayerischen Molkereien und Brauereien ermittelt. Für Molkereien können solare Deckungsbeiträge von mehr als 8 Prozent erreicht werden, für Brauereien sogar bis 40 Prozent. Die hohe solare Deckung bei Brauereien im Gegensatz zu Molkereien resultiert in erster Linie aus der größeren Anzahl von Betrieben und damit verbunden sehr viel geringeren Energiebedarfen je Standort. Dies führt im Umkehrschluss zu einem besseren Verhältnis von Energiebedarf und verfügbarer Fläche. Die Anwendungspotenziale müssen deshalb als Maximum angesehen werden. Entscheidend für die Anwendung solarthermischer Energie im Bereich der Prozesswärme sind Prozesse mit einem Temperaturbedarf kleiner 100°C sowie die verfügbare Fläche zur Montage der Kollektoren.

### FÖRDERGEBER

Funding

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft, Forschung und Kunst  
Förderkennzeichen F2412.19/5/1

### KOOPERATIONSPARTNER

Partners



### LEITUNG

Project Leader

PROF. DR.-ING. WILFRIED ZÖRNER

Tel: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 22 70, wilfried.zoerner@thi.de

dered. Building upon the analyzed process structures, various system concepts were developed and, with the help of local weather information and the system parameter variations, the concepts were simulated and optimized. The dimensioning of collector area and energy storage are important in the development of solar thermal components in the heating network. Even the system's hydraulics and an advantageous feed point for the integration of solar energy had to be carefully considered.

Figure 2 shows the hydraulic schematics of a solar thermal process heating system with buffer storage. With optimized conditions, these systems provide about 400kWh of thermal energy per square meter collector array.

Concept development and simulation showed that solar thermal systems offer promising potential to reduce conventional energy consumption in the food industry. However, waste heat recovery is always the priority option. Low-temperature heating networks based on the recovery of waste heat combined with solar thermal technology have been shown to be not only technologically feasible, but also advantageous. Of course, a multivalent heat supply results in a complex system. Comprehensive planning activities and the length of amortization mean that this technology will likely not be commonplace in the next few years.

The research project demonstrated, however, promising potentials for solar-thermal heat supply in Bavarian breweries and dairies. For dairies specifically, solar contribution margins of over 8% are certainly attainable. For breweries, this figure is closer to 40%. The higher values for breweries can be explained by the greater number of facilities in place and the lower rate of energy consumption in these facilities. This leads to the inverse conclusion regarding energy consumption and scale, perhaps, but the potential for implementation must be regarded as the maximum. What is important in this respect for the use of solar thermal energy in a process heating context are the processes with a temperature range under 100°C as well as appropriate space for the solar collectors.

# Fertigungstechnik und Kollektorkonstruktion für Vollkunststoff-Kollektoren

Wie können Solarkollektoren günstiger, aber genauso wirkungsvoll hergestellt werden? Das Institut für neue Energie-Systeme (InES) der Technischen Hochschule Ingolstadt überprüft derzeit den Einsatz von Kunststoffen.

## Production Technologies and Design in All-Plastic Solar Thermal Collectors

How can solar collectors be built more cheaply and still deliver the same performance? The Institute of new Energy Systems (InES) at the Technische Hochschule Ingolstadt is now investigating the effectiveness of plastic designs.

Solar thermal systems used for the heat generation in buildings have great potential to replace conventional systems employing fossil fuels. Despite the rising costs of the fossil fuels (e.g. heating oil and gas) solar collectors are frequently ignored as a viable option due to high investment costs. Solar collector producers are therefore interested in reducing their production costs, especially those of solar thermal collectors, which remain the main components in any solar heating system.

### Polymeric materials offer optimizing potential

The use of plastics in solar thermal collectors offers a number of advantages. In addition to a reduction in the use of expensive materials such as aluminum and copper, polymer-based collectors are lighter and easier to handle than conventional collectors. Modern production techniques mean that polymer constructions for solar collectors can be made by automated manufacturing systems and production costs reduced. Of course, the introduction of plastic building elements in high-performance solar thermal collectors presents a whole range of additional challenges. Limits on temperature, pressure, and ultraviolet light must all be carefully considered. Furthermore other factors such as the life expectancy of new collectors and the lower thermal conductivity of polymers relative to copper will be significant obstacles to the widespread introduction of solar thermal collectors.

This is the research context in which the Institute of new Energy Systems will operate in its cooperative research project with the Roth Werke: "Investigations of Production Technologies and Design in All-Plastic Collectors."

Solarthermische Anlagen zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden besitzen ein großes Potenzial zur Substitution von konventionellen, fossilen Brennstoffen. Trotz steigender Preise für die konventionellen Energieträger Heizöl und Erdgas wird die weitere Verbreitung solcher Anlagen aber durch ihre Anschaffungskosten gebremst. Die Anlagenhersteller bemühen sich daher intensiv um die Senkung der Herstellkosten vor allem des Solarkollektors, des weithin sichtbaren „Herzstücks“ jeder Solarwärmanlage.



Abb1: Zusammenspiel der Arbeitsfelder in Bezug auf Kunststoffkollektoren

## Polymere Werkstoffe versprechen Optimierungspotential

Die Verwendung von Kunststoffen im Solarkollektorbau kann in diesem Zusammenhang mehrere Vorzüge bieten. Neben der Einsparung von kostenintensivem Kupfer und Aluminium sind mit den polymeren Materialien durch eine mögliche Gewichtsreduzierung gleichzeitig auch Handlungsvorteile verbunden. Durch moderne Fertigungstechnologien für Kunststoffformteile können zudem die Kollektorfertigung automatisiert und damit die Herstellungskosten weiter gesenkt werden. Allerdings sind mit dem Einsatz von Kunststoffen bei den thermisch hoch belasteten Solarkollektoren technologische Herausforderungen verbunden. So stellen beispielsweise die begrenzte Temperatur-, Druck-, UV- und Langzeitbeständigkeit sowie die gegenüber Kupfer schlechtere Wärmeleitfähigkeit kostengünstiger Kunststoffe hohe Hürden für deren Einsatz in Solarkollektoren dar.

Vor diesem Hintergrund wird am Institut für neue Energie-Systeme (InES) in Kooperation mit der Roth Werke GmbH das Verbundprojekt „Untersuchungen

zur Fertigungstechnik und Kollektorkonstruktion für Vollkunststoff-Kollektoren“ durchgeführt.

Die Untersuchungen zur Fertigungstechnik und Kollektorkonstruktion für Vollkunststoff-Kollektoren erfordern eine integrierte Vorgehensweise im Bereich der Solarkollektortechnik, Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (Abbildung 1). Dabei wird auf Basis der möglichen Fertigungsverfahren eine Kollektorkonstruktion entwickelt, die eine auf die konkreten Komponentenanforderungen abgestimmte Werkstoffauswahl enthält.

Auf Basis der Anforderungen der drei relevanten Technologiefelder wurden verschiedene Kollektorkonzepte konzipiert. Abbildung 2 zeigt beispielsweise eine doppelwandige Gehäusewanne in Kombination mit einer Doppelstegplatte als transparente Abdeckung. Das in der Doppelwand eingeschlossene Luftvolumen wirkt hierbei isolierend, sodass diese Wanne zwei Funktionen in sich vereint. Das Gehäuse kann beispielsweise aus Polypropylen mittels Twin-Sheet-Thermoforming gefertigt werden.

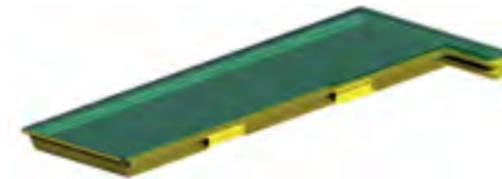


Abb2: Schnittdarstellung eines doppelwandigen Kollektorgehäuses mit einer Doppelstegplatte als transparente Abdeckung

In weiteren Schritten wurden die einzelnen Konzepte modelliert und in einer Simulationsstudie analysiert. Hierbei lag der Fokus auf der Untersuchung der thermischen Bauteilbelastung, um die Einsetzbarkeit der vorgeschlagenen Polymerwerkstoffe zu bestätigen. In weiteren Schritten wurde das gesamte Heizungssystem eines Einfamilienhauses inklusive Solaranlage und Kunststoffkollektorkonzepten abgebildet und Ertragssimulationen durchgeführt. Anschließend wurde das ausgearbeitete Konzept als Muster gefertigt und verschiedenen Tests unterzogen. Dies umfasste den Vergleich praktisch gemessener thermischer Lasten mit den Ergebnissen der Simulation. Zusätzlich erfolgt der Aufbau und Betrieb eines kompletten Kunststoff-Solarsystems, um die konzipierte Anlage unter realen Bedingungen zu testen. Abschließend soll der entwickelte Kollektor ein wirtschaftliches Potenzial gegenüber Standardflachkollektoren aufweisen, welches durch einen Vergleich der Herstellkosten und der erzielbaren solaren Systemerträge nachgewiesen wird.

Die durchgeführten Forschungsarbeiten sind in die IEA-SHC Task 39 „Polymeric Materials for Solar Thermal Applications“ eingebunden. In dieser internationalen Forschungsplattform der Internationalen Energieagentur arbeiten die Wissenschaftler des Instituts für neue Energie-Systeme (InES) an der Weiterentwicklung des Kunststoffeinsatzes in Solarsystemen.

## FÖRDERGEBER

Funding



Förderkennzeichen 0325986A

## KOOPERATIONSPARTNER

Partners



## LEITUNG

Project Leader

DR. CHRISTOPH TRINKL

Tel: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 37 20, christoph.trinkl@thi.de

The investigations of production techniques and designs for all-plastic collectors requires an integrated approach involving solar collector technology, materials science and plastics processing (cf. Fig 1). The goal is the development of a possible production method for solar thermal collectors based on concrete component requirements and a clear selection of plastics.

After carefully considering the specific demands of the three relevant technological fields, various collector concepts were designed. Figure 2 shows, for example a proposal for a double-walled casing combined with a twin-wall sheet as glazing. The volume of air in between the double wall functions as insulation for the system. The casing serves two functions simultaneously, therefore. The casing itself can be made of polypropylene using twin-sheet thermoforming, for example.

In further investigations, individual concepts were modeled and analyzed in simulations with special research emphasis on the thermal loads on components as well as the practicality of the various polymer materials.

Later, complete heating systems including the all-plastic solar thermal collectors were designed for a single family home and run through yield simulations.

Following the simulations, the concept is used for other testing procedures. These include the comparison of practically measured thermal loads with results from the simulation. After this step comes the construction of the actual all-plastic solar thermal system in order to test the assembly under realistic conditions. The collector system should prove itself to be superior in some respects to state-of-the-art flat-plate collectors which can then be demonstrated in a direct comparison with typical manufacturing costs and system yield.

The research is also included in the IEA-SHC Task 39 "Polymeric Materials for Solar Thermal Applications". Researchers from the Institute of new Energy Systems work together on the further development of solar thermal systems within the international research platform from the International Energy Agency.



# Kompetenzfelder

Research Fields

# Industrie 4.0 mit dem Kompetenzfeld »production now«

Das Kompetenzfeld »production now« bündelt die Forschungsaktivitäten der THI im Bereich moderner Produktionssysteme unter den Gesichtspunkten von Industrie 4.0.

## Industry 4.0 and the new research field production now

The research field *production now* combines a number of research activities at the THI related to modern production systems and Industry 4.0.

In 2014 with financial support from the *Technische Hochschule Ingolstadt* (THI), the research field *production now* was established to respond to the challenges of modern production in the context of Industry 4.0. The goal of the new program is to unite and link together a number of research activities that, until now, had proceeded in isolation from one another. Through interdisciplinary cooperation, a strong common research profile should emerge.

One important task of the research field is to supply producers in the region and beyond with innovative solutions to their production problems as well as providing these partners with necessary technical support. Knowledge transfer is accomplished through industrial and publicly-funded research cooperation. The projects themselves can be conducted in the high-tech laboratories of the THI and its partners.

Currently, there are four professors with their research teams from the Mechanical Engineering and Electrical Engineering as well Informatics Departments. The detailed processing of the projects is handled by highly-qualified research assistants conducting doctoral level work. At the moment there are four doctoral students in the research field.

Das Kompetenzfeld *production now* wurde 2014 – mit einer finanziellen Förderung der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI) – gegründet, um den Herausforderungen moderner Produktionssysteme unter den Gesichtspunkten von Industrie 4.0 gerecht zu werden. Ziel war es, die bis dahin weitgehend isolierten Forschungsaktivitäten in diesem Bereich zu bündeln und zu vernetzen. Durch diesen interdisziplinären Zusammenschluss wird zudem die gemeinsame Profilbildung gestärkt.

Eine wichtige Aufgabe des Kompetenzfeldes ist es, regionale und über-regionale produzierende Unternehmen mit innovativen Lösungen bei aktuellen Fragestellungen der Produktions- und Automatisierungstechnik zu unterstützen. Der Wissenstransfer erfolgt hierbei im Rahmen von industriellen und öffentlichen drittmittelfinanzierten Projekten. Die Projekte können in den hochmodernen Laboren der THI und bei den Partnerfirmen durchgeführt werden.

Aktuell kooperieren im Kompetenzfeld *production now* vier Professoren der Fakultäten Elektrotechnik & Informatik und Maschinenbau mit ihren Teams. Die inhaltliche Bearbeitung der Forschungsprojekte erfolgt von qualifizierten wissenschaftlichen Mitarbeitern im Rahmen von kooperativen Promotionen. Derzeit sind im Kompetenzfeld vier Doktoranden aktiv.



# Projekte im Bereich »production now«

Welche Strategien zur intelligenten Produktionsvernetzung gibt es?  
Wie lässt sich bei der Herstellung des Automobils Energie sparen?  
Wie können RFID-Anwendungen getestet werden? Mit diesen und weiteren Fragen beschäftigt sich das Team des Kompetenzfelds »production now« in seinen aktuellen Projekten.

## Initiative industry now

Die THI trägt mit dem Projekt „Initiative industry now“ zu dem von der Bundesregierung anvisierten Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ bei, indem Strategien zur intelligenten Produktionsvernetzung untersucht werden sollen. Zur Erforschung der Umsetzung dieser komplexen Systeme ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mehrerer Forschungsbereiche notwendig, z. B. Automatisierungstechnik, Informationstechnologie und Geschäftsprozessmodellierung [1]. Derzeit sind dies weitgehend separate Wissensdomänen, welche im Rahmen von *industry now* zu einem ganzheitlichen Forschungsansatz zusammengeführt werden. Dabei orientiert sich die Initiative an den 17 Thesen [2] des wissenschaftlichen Beirats der Plattform „Industrie 4.0“ [3]. Ein weiterer zentraler Aspekt zur Erforschung intelligenter Vernetzung in der Produktion ist die enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern, die von den eben beschriebenen Herausforderungen unmittelbar betroffen sind.

Die ersten Forschungsarbeiten von *industry now* werden sich darauf konzentrieren, eine tragfähige Basis für den Einsatz vernetzter Produktionssysteme in der Praxis zu schaffen. Dies geschieht, indem Strategien zum Umgang mit großen Datenmengen entwickelt werden. Als Folge der Vernetzung fallen in Produktionssystemen oft sehr viele Messdaten, Diagnosemeldungen und Prozesssignale an, die aufgezeichnet und archiviert werden, derzeit jedoch nicht zweckgemäß ausgewertet werden können. Neben dem großen Datenvolumen besteht die Herausforderung zudem darin, dass die Daten oft komplex und unstrukturiert sind. Strategien für die effektive Aufbereitung und Nutzung dieser Daten bilden somit die Grundlage für den Einsatz vernetzter Produktionssysteme in der Praxis. Um dies hervorzuheben wurde die Bezeichnung des Forschungsschwerpunkts *industry now* in Anlehnung an „Google now“ gewählt. „Google now“ ist ein vernetztes System für Privatanwender, das damit wirbt, seinen Nutzern „die richtigen Informationen zur richtigen Zeit“ bereitzustellen, z. B. Wetterdaten, Verkehrsinformationen, Entfernungen zu Geschäften, etc. Das Grundprinzip dieses Systems besteht darin, die Informationen kontextsensitiv zu verknüpfen und zu filtern. Somit muss nicht der Anwender die Informationen suchen, sondern das System übernimmt diese Aufgabe. Auf die Automatisierungsbranche übertragen, würde die Erweiterung „now“ beispielsweise für die kontextbezogene Verfügbarkeit von Information sowie deren Verknüpfung zu höherwertiger Information stehen.

## Projects in the research field production now

What are the current strategies regarding intelligent production networking? How can car manufacturers save energy during production? How can RFID applications best be tested?

These and other questions are being investigated by the researchers in a number of research projects from the research field *production now*.

## Initiative industry now

With its involvement in the project *Initiative industry now*, the THI is now part of a program that is attracting a lot of attention in the German federal government. This project seeks to examine production strategies and intelligent networked production in the context of Industry 4.0. The research into the implementation of complex systems requires the interdisciplinary cooperation between a number of different research areas including automation technology, information technology, and business process modeling [1]. Currently, these are research fields that operate mostly independently of one another, but in the context of *industry now*, they are combined into a unified research approach. The initiative is built around the Scientific Councils 17 Theses [2] from the Industry 4.0 platform [3]. A further central aspect relevant to research into the intelligent integration of production systems is close cooperation with industrial partners, specifically those for whom the research questions are most relevant.

The first research reports from private industry are most interested in exploring the establishment of a sustainable foundation upon which integrated production will be possible in practice. This is accomplished when the massive amounts of data can be properly managed. One result of the integration is the production of a great number of measurements, diagnosis reports and process signals, all of which have to be registered and archived but not necessarily

evaluated. Along with the data volume, another challenge that will arise is that the data are frequently, complex and unstructured. Strategies for the effective preparation and use of data represent a fundamental step in the introduction of integrated production in practice. To emphasize this fact, the project has been named after the Google service "google now. This service is itself a networked system for private users that claims to deliver "the right information at the right time." This may be weather reports, traffic information or current distance from selected businesses. The fundamental principle of this system is that its information is linked and filtered according to context sensitive criteria. The user does not need to search for the information. The system does the search for the user. Applied to the automobile production industry, the "now" function might indicate contextual availability as well as its linking to other necessary information in the system.

The close cooperation within the research field *production now* and the initiative *industry now* is being intensified and solidified through a range of Industry 4.0 activities in order to further develop the implementation of integrated production systems in practice. In this way, the THI will make a direct contribution to the goals set by the German government defined in their "High-Tech Strategy 2020". Research into Industry 4.0 must therefore become an integral part of the research landscape of the THI.

In the research field *production now*, research topics related to intelligent production are being combined in (vertical integration). At the same time, the initiative *industry now* and three other institutes are likewise being combined in an interdisciplinary network in order to manage intelligent production planning and allow synergies (horizontal integration – cf. Figure 1). This dynamic structure permits selective cooperation according to the demands of certain experts from any of the necessary related fields.

In enger Zusammenarbeit des Kompetenzfelds *production now* und der Initiative *industry now* werden die Aktivitäten im Rahmen von „Industrie 4.0“ vertieft und verstetigt, um mit unserer Forschung zur Weiterentwicklung des Einsatzes vernetzter Produktionssysteme in der Praxis beizutragen. Damit leistet die THI einen direkten Beitrag zu den von der Bundesregierung definierten Zielen im Rahmen der Hightech-Strategie 2020. Die Forschung zu „Industrie 4.0“ soll zudem ein fester Bestandteil der Forschungsstrategie der THI werden.

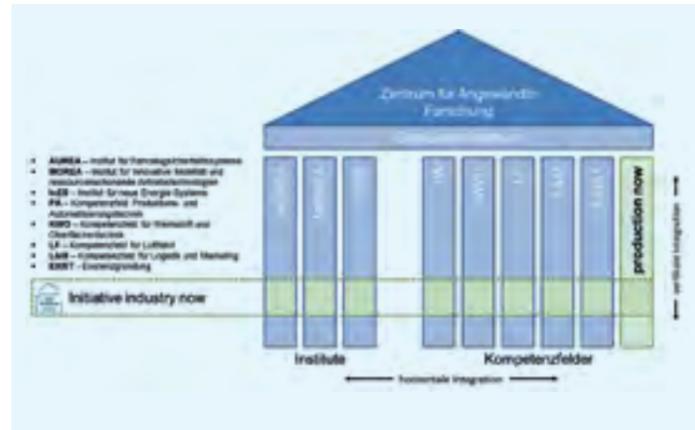


Abb1: Vertikale und horizontale Integration der Forschungsstrukturen im Bereich Industrie 4.0

Im Kompetenzfeld *production now* werden die Forschungsthemen im Bereich der intelligenten Produktion gebündelt (vertikale Integration). Darüber hinaus erfolgt im Rahmen der Initiative *industry now* eine interdisziplinäre Vernetzung der drei Institute und den weiteren Kompetenzfeldern, um die fachbereichsübergreifenden Herausforderungen für eine intelligente Produktionsplanung zu bewältigen und Synergieeffekte zu erzielen (horizontale Integration), vgl. Abbildung 1. Diese dynamische Struktur ermöglicht, dass je nach Anforderung verschiedene Wissensträger aus den benötigten Bereichen selektiv kooperieren können.

#### ANSPRECHPARTNER

##### Contact

PROF. DR.-ING. MARKUS BREGULLA

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 - 38 90, Mail: markus.bregulla@thi.de

PROF. DR. RER. NAT. CHRISTIAN FACCHI

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 - 74 10, Mail: christian.facchi@thi.de

PROF. DR.-ING. DANIEL GROSSMANN

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 - 28 80, Mail: daniel.grossmann@thi.de

M.ENG. DIPL.-WIRTSCHAFTSING. (FH) MARTIN BORNSCHLEGL

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 - 59 40, Mail: martin.bornschlegl@thi.de

DIPL.-INF. (FH) ANDREAS HÜBNER

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 - 60 10, Mail: andreas.huebner@thi.de

#### Literaturverzeichnis / References

1) Vogl-Heuser, B., Diedrich, C., Broy, M. (2013). Anforderungen an CPS aus Sicht der Automatisierungstechnik. *Automatisierungstechnik (at)* (61).

2) Plattform Industrie 4.0 (Hrsg.) (2014). *Die Plattform Industrie 4.0 definiert Industrie 4.0 und die vordringlichen Forschungsthemen*

3) acatech (Hrsg.) (2014). *Industrie 4.0 – Whitepaper FuE-Themen.*

## Energieeffizienz in der Automobilproduktion

### Energy efficiency in Automobile Production

Die gesellschaftspolitischen Ziele zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und flächendeckenden Nutzung von erneuerbaren Energien erfordert Umdenken in der Gesellschaft, aber auch in der Industrie. Die Automobilindustrie beschäftigt sich seit einiger Zeit mit der Energie- und Ressourceneffizienz, zu der die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes gehört. Dabei werden nicht nur die Nutzungsphase und der Kraftstoffverbrauch betrachtet, sondern auch die Entstehungsphase des Produktes. Durch den hohen Automatisierungsgrad bei der Herstellung eines Automobils ist ein Schlüssel zu dauerhaften Energieeinsparungen die Automatisierungstechnik. Deswegen wurden in der Automobilproduktion die primären Anlagenanforderungen, welche funktions- und prozessorientiert waren, um den Aspekt des Energieverbrauchs erweitert [1]. Bei der AUDI AG wurde diese anstehende Herausforderung bereits vor einigen Jahren erkannt und es wurden entsprechende Zuständigkeiten geschaffen.

Zusammen mit der THI konnten einige Energieeinsparungen gefunden und ausgewiesen werden, wie z. B. die Energieeinsparung bei einer Produktionshalle am Wochenende. Durch Messungen und die Analyse des Energieverbrauchs konnten große Potentiale während der produktionsfreien Zeit identifiziert werden (siehe Abbildung 1). Belief sich der Energiebedarf an einem durchschnittlichen Wochenende auf ca. 25 % der Produktionslast, so kann er durch gezielte Einsparmaßnahmen auf ca. 2 % der Produktionslast gesenkt werden.

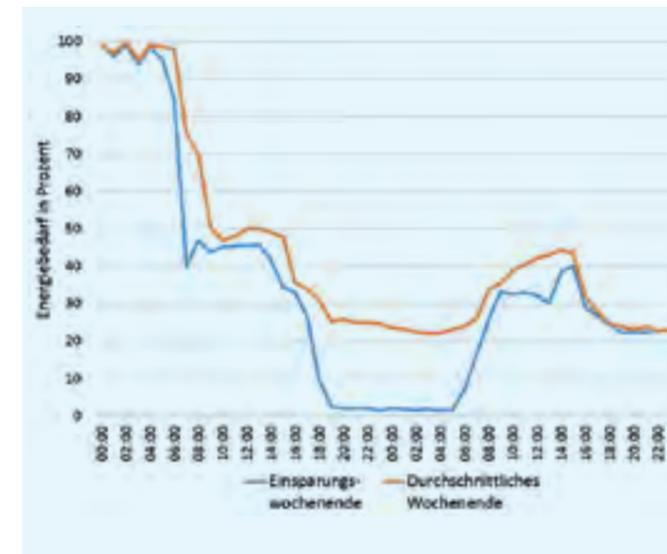


Abb2: Einsparungen am Wochenende in einer Produktionshalle

Durch die langjährige Kooperation zwischen der AUDI AG und der THI in diesem Projekt sind bereits einige Energie- und Ressourceneinsparpotentiale identifiziert und in Pilotprojekten implementiert worden. Ein Hauptaugenmerk lag auf der ganzheitlichen Betrachtung, denn eine Optimierung aller Einzelbereiche führt nicht notwendigerweise zu einem Gesamtoptimum [2]. Somit ist jedes Pilotprojekt einzigartig und nicht direkt auf andere Bereiche oder Komponenten anwendbar. Deshalb gilt es die gesammelten Erfahrungen in den Pilotprojekten zu abstrahieren und auf andere Bereiche anwendbar zu gestalten. Diese sollen so früh wie möglich in die Planung neuer Produktionen einfließen.

Der Forschungsbedarf im Bereich der ressourceneffizienten Planung liegt in der Erfassung und Systematisierung der ressourcenrelevanten Daten von Produktionsanlagen und deren Komponenten. Durch eine Erhebung aller wesentlichen Daten lassen sich diese auf ihre Abhängigkeiten untereinander überprüfen und ihre Relevanz validieren. [3]

The sociopolitical goal of reducing CO<sub>2</sub> emissions and a complete transition to renewable energy sources requires genuine change not only in public thought, but also in the way industry is run. For some time now, the automobile industry has dedicated itself to increasing its energy and resource efficiency as well as reducing CO<sub>2</sub> emissions. This move towards conservation is, of course, not limited to only concerns regarding fuel efficiency or utilization lifetime, but also regarding the actual production phase of the product. A high level of automation in car production, therefore, is the key to long-term energy savings in automation technology. For this reason, the main function and process-oriented demands regarding automobile production plants were expanded to include energy consumption aspects as well [1]. This challenge was recognized at Audi several years ago and appropriate measures were soon introduced.

With the help of the THI, specific energy-saving methods were found and recognized such as, for example, savings in a production line on weekends. Through measurements and an analysis of the energy consumption, researchers were able to identify real savings potential during non-production times (cf. Figure 2). When, for example, the energy requirements for an average weekend can be maintained at approximately 25% of production levels, targeted savings strategies can reduce the energy requirements to 2% of normal production levels.

Due to the many years of cooperation between Audi and the THI in this project, several potential energy and resource saving possibilities have been identified and implemented in pilot projects. One important area of research has been on the holistic approach, since the optimization of each individual system must lead to an overall optimization effect [2]. In this way, each pilot project is unique and not necessarily transferable to other production components. Consequently, experiences gained from pilot project implementations must be abstracted and redesigned for application in other production areas. This must be accomplished as soon as possible so as to be integrated smoothly into new production planning.

Research demand in the field of resource-efficient planning requires the recognition and systematization of resource-relevant data from production facilities and components. Through the compilation of all relevant data, production machinery can be evaluated individually and its relevance validated [3].

In previous projects, substantial data on the energy consumption of certain production segments were gathered (cf. Figure 3). Additionally, all factors that might influence energy consumption must likewise be collected in order to advance the further development of the components under testable guidelines.

It is important to note that the process of quantifying the influential factors and necessary energy was accomplished using a new evaluation tool which completed the analysis of the process and energy data automatically. In this way, it is possible to recognize high energy and resource usage in order to be able to introduce countermeasures as quickly as possible. These are then analyzed and observed as well. This process should lead to an improvement in the energy and resource efficiency in the production process. Further energy and material savings can then be arranged building upon newly-gained experiences. These require, however, access to figures that take dynamic conditions such as production level fluctuations into consideration as well [4].

One central concern of the research plan involves the examination of various process operations in order to obtain a precise comparison of joining technologies and to shorten the decision processes. Energy and resource efficiency must be seen as significant factors in this respect. The matching of individual components as well as the optimization of process operations in the production hall must be supported by simulations. In this way, various scenarios can be reviewed in order to determine optimal resource consumption.

The completed project should reveal a methodology through which existing and, perhaps more importantly, future systems can be examined and planned for holistic resource efficiency. This must be a total examination that considers the entire operation and not simply a narrow view of the department or discrete production unit.

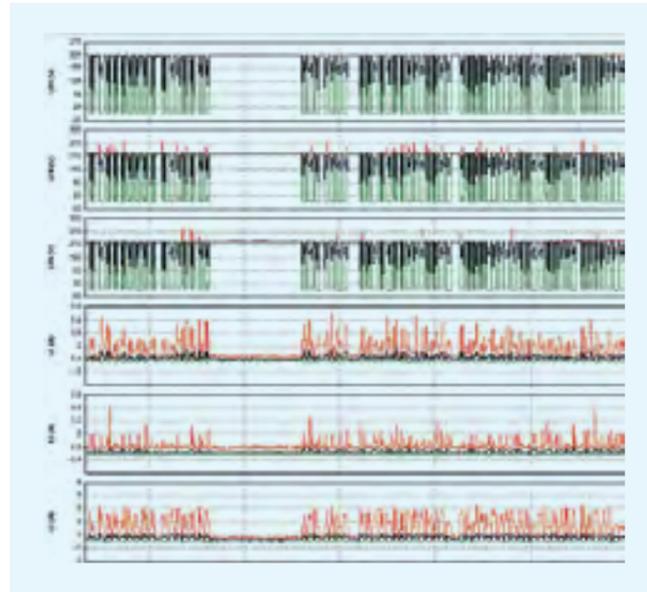


Abb3: Erfassung und Analyse des Energieverbrauchs

In vorangegangenen Projekten wurden substantielle Daten zu dem Energieverbrauch von Anlagenabschnitten erhoben (siehe Abbildung 2). Ergänzend dazu müssen die Einflussfaktoren auf den Ressourcenverbrauch von der Planung ermittelt werden, um die Weiterentwicklung der Komponenten unter überprüfbareren Vorgaben forcieren zu können.

Für die Quantifizierung der Einflussfaktoren und der benötigten Energie ist es von Bedeutung, dass ein neues Auswertungstool zum Einsatz kommt, welches die Prozess- und Energiedaten, die heutzutage schon erhoben werden, automatisch analysiert. Dadurch soll es möglich werden, zu hohen Verbrauch von Energie und anderen Ressourcen zu erkennen und schnellstmöglich Gegenmaßnahmen einleiten zu können, welche anschließend ebenfalls wieder analysiert und überwacht werden. Dies soll zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz im Produktionsprozess führen. Anhand der neu gewonnenen Erfahrungen wird versucht, weitere dauerhafte Einsparungen zu entwickeln. Dazu sind Kennzahlen erforderlich, welche in der Lage sind, veränderte Rahmenbedingungen, wie beispielsweise Stückzahlenschwankungen, miteinbeziehen zu können [4].

Ein wesentlicher Punkt in diesem Forschungsvorhaben ist der Vergleich verschiedener Prozessoperationen, um eine präzise Gegenüberstellung der Füge-technologien zu ermöglichen und Entscheidungsprozesse zu verkürzen. Energie- und Ressourceneffizienz werden hier als maßgebliche Faktoren berücksichtigt. Die Abstimmung der einzelnen Komponenten sowie die Optimierung der Prozessabläufe in der Produktionsanlage sollen durch eine Simulation unterstützt werden. Dabei sollen verschiedene Szenarien überprüft werden, um den optimalen Ressourcenverbrauch zu ermitteln.

Das bearbeitete Projekt soll eine Methodik hervorbringen, durch die bestehende und vor allem zukünftige Systeme unter Beachtung der ganzheitlichen Ressourceneffizienz überprüft bzw. geplant werden können. Essentiell ist hierbei die abteilungs- und bereichsübergreifende Beachtung der Gesamtwirtschaftlichkeit.

#### Literaturverzeichnis

1) Bornschlegl, Martin; Drechsel, Michael; Kreitlein, Sven; Bregulla, Markus; Franke, Jörg (2013): A new Approach to increasing Energy Efficiency by utilizing Cyber-Physical Energy Systems. In: Proceedings of the Eleventh Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES) 2013, IEEE Conference Proceedings, S. 25-30.

2) Bornschlegl, Martin; Drechsel, Michael; Kreitlein, Sven; Franke, Jörg (2013): Holistic Approach to Reducing CO2 Emissions along the Energy-Chain (E-Chain). In: Sustainable Automotive Technologies – Proceedings of the 5th International Conference (ICSAT) 2013, S. 227-234.

3) Steinbinder, Arno; Bornschlegl, Martin; Bregulla, Markus (2014): Different Approaches for sustainable Base Load Reduction. In: Olaf Ziemann, Jürgen Mottock und Johannes Pforr (Hg.): 4th Applied Research Conference 2014, 5th July 2014, Ingolstadt. 1. Aufl. Herzogenrath: Shaker, S. 219-223.

4) Bornschlegl, Martin; Paulus, Ingrid; Bregulla, Markus (2013): Von der Energie zur Kennzahl die Kennzahlentwicklungskette. In: ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift 115 (5), S. 418-422.

#### ANSPRECHPARTNER

Contact

PROF. DR.-ING. MARKUS BREGULLA

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 38 90, Mail: markus.bregulla@thi.de

M.ENG. DIPL.-WIRTSCHAFTSING. (FH) MARTIN BORNSCHLEGL

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 59 40, Mail: martin.bornschlegl@thi.de

B.ENG. ARNO STEINBINDER

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 32 20, Mail: arno.steinbinder@thi.de

#### PROJEKTPARTNER

Partner



## ITERA: Integrative Testmethodik für RFID-Anwendungen

ITERA: Integrated Testing Methodology for RFID Applications

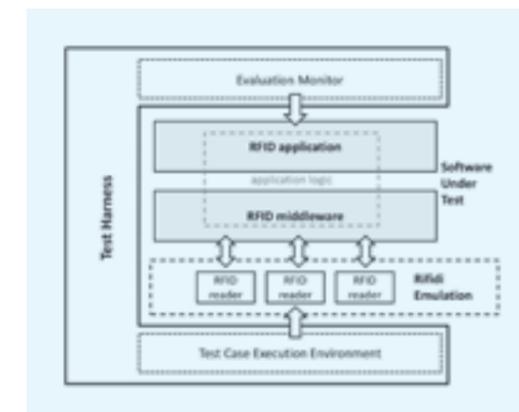


Abb4: RFID Testumgebung mit Virtueller RFID Umgebung

RFID (Radio-Frequency Identification) hat sich als Automatisierungstechnologie im Logistiksektor seit Jahren als Kostensenkungsfaktor etabliert. Die damit einhergehenden Technologiepotentiale und Automatisierungseffekte können aber auch in anderen Bereichen erzielt werden. Dies wird u.a. auch durch das neu-gewonnene Interesse an RFID deutlich, besonders im Bereich „Industrie 4.0“. Bedingt durch den höheren Grad an Automatisierung steigt jedoch auch die Nachfrage nach zuverlässigen und robusten Softwareanwendungen, da Fehler in solch hoch automatisierten Systemen meist erst spät entdeckt werden. Um dies zu beheben, wurde im Projekt ITERA eine neue Methodik für das gezielte Testen RFID-basierter Anwendungen entwickelt.

Radio-Frequency Identification (RFID) has become an important cost saving measure in automation technology in recent years. The associated technological potential and automation effects that are now in place, however, might also be transferable to other applications. The recent attention RFID technology has received – especially in Industry 4.0 contexts – indicates this potential. The demand for robust and reliable software applications continues to grow, driven by high levels of automation and the fact that errors in automated production are frequently discovered too late. To avoid this problem, the ITERA project team has developed a new method for testing RFID-based technology.

The first step is to see whether existing methods, technologies and tools are adaptable to the specifics of RFID technology. Following that, a methodology must be established that describes general and reproducible test scenarios for RFID applications. The models that are then developed can be evaluated in a virtual RFID test-bed environment and converted into testing data. This allows the testing to be reproduced as necessary under realistic conditions.

Building upon the application tests and the following integration tests, ITERA employs the new testing battery described in Figure 4 above so that, at this point in the research, no additional physical RFID hardware is required for testing. Errors can be detected at low cost and earlier in the process through simulation in way that was previously impossible. The next step, however, involves a system hardware test in the well-equipped RFID lab at the THI making a final quality check possible.

This testing method allows early error recognition with an efficient testing process, the possibility for the implementation of agile developing methods, paralleling of test phases and the use of established methods of performance analysis and performance improvement. These all in turn can have positive effects on software quality, development time and therefor on development costs as well.

Furthermore, the experience gained through the ITERA project can provide a foundation for later interdisciplinary cooperation through the research project industry now. RFID already serves as a central identification technology in many prototypes from Industry 4.0 applications and can therefore function as an enabler technology for agile industrial applications.

Zuerst wurde untersucht, ob existierende Methoden, Techniken und Werkzeuge auf die Spezifika der RFID-Technologie adaptierbar sind. Anschließend wurde eine Methodik zur Beschreibung von generischen und reproduzierbaren Testszenarios für RFID-Anwendungen erstellt. Die dabei entwickelten Modelle können mittels einer virtuellen RFID-Umgebung in ein Testbett für die RFID-Anwendung und in Testdaten umgewandelt werden. Das erlaubt die reproduzierbare Ausführung der Tests zu realistischen Bedingungen.

Ausgehend von Anwendungstests und den folgenden Integrationstests verwendet das neue ITERA-Testverfahren virtuelle RFID-Komponenten, die in Abbildung 1 dargestellt sind, sodass bis zu diesem Zeitpunkt keine physikalische RFID Hardware für Tests notwendig ist. So können Fehler frühzeitig und somit kostensparend entdeckt werden, die bisher den Systemtests vorbehalten waren. Abschließend erfolgt der Systemtest mit Hardware im hervorragend ausgestatteten RFID-Testlabor der THI, damit ein finales Qualitätsurteil möglich ist.

Mit der entwickelten Testmethodik ist eine frühe Fehlererkennung, ein effizienterer Testvorgang, die Möglichkeit zur Anwendung agiler Entwicklungsmethoden, Parallelsieren von Testphasen und der Anwendung von bewährten Methoden der Leistungsanalyse und Leistungsverbesserung möglich. Diese Aspekte schlagen sich positiv auf die Softwarequalität, Entwicklungszeit und somit auch auf die Entwicklungskosten nieder.

Darüber hinaus bilden die aus dem Projekt ITERA gewonnen Erkenntnisse eine Basis für die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Forschungsbereich „industry now“. So findet RFID als zentrale Identifikationstechnologie in vielen Demonstratoren der Vision „Industrie 4.0“ Einsatz und kann somit als einer der „Enabler-Technologien“ für agile industrielle Anwendungen in diesem Umfeld gesehen werden.

#### Literaturverzeichnis

- [1] A. Huebner, C. Facchi, H. Janicke (2012): *Rifidi Toolkit: Virtuality for Testing RFID*. In: *Proceedings Systems and Networks Communications (ICSNC) 2012 Proceedings of the International Conference on, November 2012, S. 1-6*
- [2] C. Bacherler, C. Mozkowski, C. Facchi; A. Huebner (2012): *Automated Test Code Generation Based on Formalized Natural Language Business Rules*. In: *Proceedings Software Engineering Advances (ICSEA) 2012 Proceedings of the International Conference on, November 2012, S. 165-171*
- [3] A. Huebner, C. Facchi, M. Meyer, H. Janicke (2013): *A Model-Based Approach for RFID Application Testing*. In: *IEEE (Hg.): Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom) 2013 Proceedings of the 12th IEEE International Conference on, July 2013, Melbourne, S. 1490-1497*
- [4] A. Huebner, C. Facchi; M. Meyer, H. Janicke (2013): *RFID Systems from a Cyber-Physical Systems Perspective*. In: *IEEE (Hg.): Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES) 2013 Proceedings of the 11th Workshop on, September 2013, Plzeň, S. 1-6*

#### ANSPRECHPARTNER

##### Contact

PROF. DR. RER. NAT. CHRISTIAN FACCHI

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 74 10, Mail: christian.facchi@thi.de

DIPL.-INF. (FH) ANDREAS HÜBNER

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 60 10, Mail: andreas.huebner@thi.de

#### PROJEKTPARTNER

##### Partners



#### FÖRDERGEBER

##### Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung:

Eurostars Projekt E! 5516 ITERA / Förderkennzeichen: 01QE1105B

## Internet of Portals

Geräte und Komponenten in der industriellen Automatisierung werden zunehmend intelligenter. Sie verfügen in zunehmendem Maße über Rechenkapazität, Speicher und Kommunikationsbandbreite. Als Konsequenz migrieren Dienste wie etwa Serverfunktionen, die heute auf Steuerungs- bzw. Systemebene erbracht werden, in die Geräte der unteren Ebenen. Dieser Trend hin zu verteilten, intelligenten Komponenten hat nicht nur Vorteile sondern auch Nachteile: Während des Lebenszyklus eines Automatisierungssystems greifen verschiedene Tools als Clients auf die Daten und Funktionen der verteilten Server in Geräten oder Subsystemen zu (z. B. um diese zu konfigurieren). Bei einer zentralen Client-Server-Architektur wird dieser Zugriff zentral erbracht und auch zentral überwacht. In einem Szenario mit mehreren dezentralen Integrationsplattformen müssen Verbindungen zwischen Clients zu Servern (manuell) geplant und eingerichtet werden. Darüber hinaus greifen Clients in der Regel nicht nur auf ein einzelnes Gerät zu, sondern auf eine Reihe von Geräten. Als Folge muss ein solcher Client mehrere Server (Integrationsplattformen) „kennen“. Jede dieser Client-Server-Verbindungen muss zudem auch unter Security-Gesichtspunkten aufgebaut, verwaltet und überwacht werden. Das Planen und Einstellen verbindungspezifischer Security-Richtlinien wiederum bedeutet einen enormen Aufwand.

Um das Problem zu lösen wurde im Projekt eine Architektur entwickelt, in der eine Aggregationskomponente die „Illusion“ einer zentralen Client-Server-Architektur bietet [2][3][4]. Dadurch bleiben die Vorteile eines zentralen Zugangspunktes erhalten und die Komplexität mehrerer Client-Server-Verbindungen wird reduziert. Die Aggregationskomponente kann zudem als Security-Supervisor agieren, der die Verbindungen aus Security-Perspektive verwaltet und überwacht. Sie greift auf unterlagerte verteilte Server auf Geräte- oder Subsystemebene zu und aggregiert deren Daten und Funktionen. Als Middleware-Technologie dient dabei OPC Unified Architecture (UA) [1].

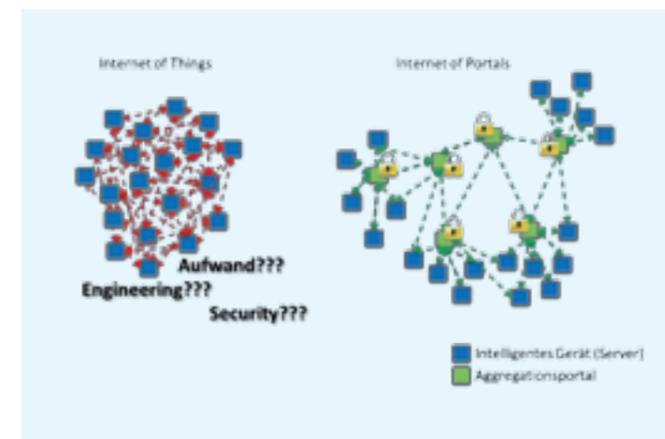


Abb5: Internet of Portals

Die flexible Zusammenarbeit intelligenter verteilter Komponenten ist eine Kernfunktionalität für Industrie 4.0 [5]. Vermaschte Kommunikationsnetze wie etwa das Internet of Things sind einer der möglichen Lösungsansätze. Auch wenn Kommunikation eine essentielle Kernfunktion für Industrie 4.0 ist, so muss dies nicht zwangsläufig bzw. in allen Fällen über eine vermaschte Kommunikationsstruktur erfolgen. Die erwähnte Komplexität solcher Kommunikationsstrukturen sowie die möglichen Sicherheitsrisiken bzw. der für einen sicheren Betrieb verbundene Administrationsaufwand sind hier zu bedenken. Die im Projekt ent-

In industrial automation, devices and components are becoming ever more intelligent. They possess an increasing amount of computational power, memory, and communication bandwidth. As a consequence, many services, such as server functions that today exist at a control or system level, will migrate into the devices at lower levels. Observing this trend, one recognizes that intelligent components have both advantages and disadvantages: during the life-cycle of an automation system, a variety of tools act as clients and access the data and functions of servers distributed across the devices and subsystems (e.g. to configure them) of the automation system. In a centralized client-server architecture, access is provided and controlled centrally. In a scenario with multiple decentralized integration platforms, connections between clients and servers must be (manually) planned and configured. Furthermore, clients do not typically access single devices, but rather a range of devices. Therefore, one client needs to “know” multiple servers (integration platforms) and each of these client-server connections must be engineered, managed, and controlled under strict security standards. The planning and creation of connection-specific guidelines requires enormous effort and investment.

The solution to the problem lies in a newly-developed architecture in which an aggregation component provides the “illusion” of a central client-server architecture [2][3][4]. In this way, the advantages of the central access point can be preserved while the complexity of multiple client-server connections can be reduced. Additionally, the aggregate component can function as a security supervisor that watches over and controls the connections from a security perspective. It accesses subordinate servers running on devices or subsystems and aggregates their data and functions. OPC Unified Architecture (UA) [1] is used as middleware technology.

The flexible cooperation of intelligently distributed components is of vital importance to Industry 4.0 [5]. Meshed communication networks such as the "Internet of things" represent one solution among many. However, even if communication is an essential function of Industry 4.0, the structure of the communication relations does not necessarily have to be a meshed network. The obvious complexity of this type of communication structure and the security risks associated with it or even the administrative effort that a company would need to invest to ensure security must be considered carefully. The architecture developed in this project represents a foundation for an "Internet of Platforms", in which aggregation platforms communicate with one another (cf. Figure 5). Each aggregation platform represents a range of devices, subsystems, or even complete systems. This makes the communicative network easier to manage and supervise while security considerations are also easier to control with less administrative effort. Employing mechanisms like discovery and dynamic aggregation, the Internet of Platforms becomes a flexible structure as needed for Industry 4.0 scenarios.

wickelte Architektur stellt die Basis für ein zukünftiges Internet of Platforms dar, in dem Aggregationsplattformen miteinander kommunizieren (Abbildung 5). Jede Aggregationsplattform kapselt dabei Geräte, Subsysteme oder ganze Systeme. Dabei bleiben die Kommunikationsbeziehungen einfacher zu überblicken und aus Sicherheitsgesichtspunkten einfacher und damit weniger aufwändig zu administrieren. Über Mechanismen wie Discovery und dynamische Aggregation ist das Internet of Platforms dennoch keine starre Struktur, sondern kann sich mit sich verändernden Randbedingungen ebenfalls flexibel verändern.

#### ANSPRECHPARTNER

##### Contact

PROF. DR.-ING. DANIEL GROSSMANN

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 28 80, Mail: daniel.grossmann@thi.de

M.SC. SUPRATEEK BANERJEE

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 64 70, Mail: suprateek.banerjee@thi.de

#### PROJEKTPARTNER

##### Partner



#### Literaturverzeichnis

- 1) IEC 62541-1: OPC UA Specification – Part 1: Concepts. IEC, 2010.
- 2) Großmann, D.; Bregulla, M.; Banerjee, S.; Schulz, D.; Braun, R. (2014): Auf dem Weg zum Internet of Portals – Anwendungen für OPC UA Server Aggregation. In: atp edition – Automatisierungstechnische Praxis, 56 (07-08), S. 42-51.
- 3) Großmann, D.; Bregulla, M.; Banerjee, S.; Schulz, D.; Braun, R. (2014): Internet of Portals – Anwendungen für OPC UA Server Aggregation. Automation 2014. Baden-Baden, 01.07.2014.
- 4) Großmann, D.; Bregulla, M.; Banerjee, S.; Schulz, D.; Braun, R. (2014): OPC UA Server Aggregation – The Foundation for an Internet of Portals. 19th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation 2014. Barcelona, Spanien, 16.-19.09.2014.
- 5) Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. April 2013

## AutoUniMo

#### AutoUniMo

Im Rahmen des europäischen Forschungsvorhabens „Automotive Production Engineering Unified Perspective based on Data Mining Methods and Virtual Factory Model“ (AutoUniMo) wird eine enge Vernetzung von Wissenschaft und Industrie angestrebt. Dazu wechseln die Mitarbeiter des internationalen Konsortiums, bestehend aus Wissenschaftlern der Schlesischen Technischen Universität (SUT) und der THI sowie Industriemitarbeitern von aiut GmbH und Continental AG, zu den jeweiligen Projektpartnern (vgl. Abbildung 5).

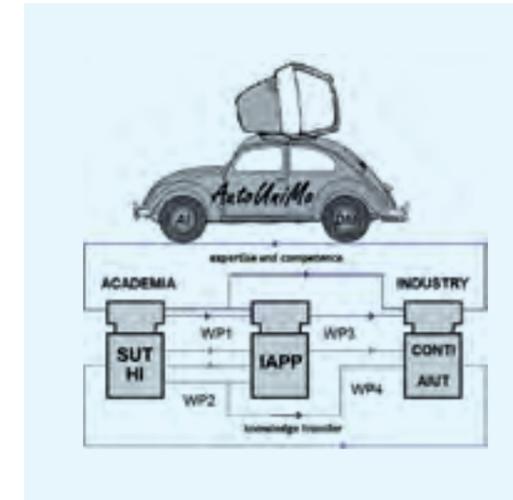


Abb6: Austausch im Rahmen von AutoUniMo

Ziel von AutoUniMo ist eine Vernetzung der Forschungsbereiche der komponentenbasierten Automation und der virtuellen Fabriken mit fortschrittlichen IT-Methoden, wie Data Mining, künstlicher Intelligenz und Multi-Agenten-Systemen. Dabei werden drei Forschungsschwerpunkte untersucht: die Verbesserung von Manufacturing Execution Systems (MES) für die Kleinserienfertigung, Integration der künstlichen Intelligenz in Fahrerassistenzsysteme und Methoden zur energieeffizienten Produktion in der automobilen Produktion.

Speziell an der THI erfolgt eine Untersuchung zur energieeffizienten Produktion. Es wird dabei eine Methodik für „Energy Efficient Control Production Systems“ (EECPs) konzipiert, welche in ein prototypisches Software-Tool implementiert wird. Im Fokus steht dabei die Überwachung und Optimierung der Energie- und Medienverbräuche. Zusätzlich wird überprüft, wie dies in virtuelle Fabrikmodelle, unter Zuhilfenahme der komponentenbasierten Technologieplanung, integriert werden kann.

#### ANSPRECHPARTNER

##### Contact

PROF. DR.-ING. MARKUS BREGULLA

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 38 90, Mail: markus.bregulla@thi.de

M.SC. JAKUB PIEKARZ

Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 67 10, Mail: jakub.piekarz@thi.de

#### FÖRDERGEBER

##### Funding

European Union: FP7-PEOPLE-2013-IAPP / Project Number 612207

PROJEKTPARTNER  
Partners



Within the European research project "Automotive Production Engineering Unified Perspective based on Data Mining Methods and Virtual Factory Model", (AutoUniMo) plans have been made to establish a close scientific and industrial network. The partners in this international consortium change constantly, drawn from the Silesia Technical University (SUT) and the THI as well as industrial partners from aiut and Continental (cf. Figure 6).

The overall goal of AutoUniMo is the networking of research projects in component-based automation with virtual factories employing advanced IT methods such as data mining, artificial intelligence and multi-agent systems. Three research areas are being investigated in the project: the improvement of manufacturing execution systems (MES) for small series production, the integration of artificial intelligence in driver assistance systems, and methods of energy efficient production in automobile manufacturing.

The THI is specifically responsible for investigations into energy efficient production. Therefore, researchers are developing a method for "Energy Efficient Control Production Systems" (EECPs) which will be implemented into a prototypical software tool. Special emphasis in the project is paid to the control and optimization of energy and media usage. Furthermore, researchers are examining how this can be best integrated into virtual factory models with the help of component-based technology planning.

# Kompetenzfeld Luftfahrt: Forschung für Flugzeuge und Co.

Im Kompetenzfeld Luftfahrt werden derzeit vorrangig Themen aus dem Bereich der Flugzeuginformatik bearbeitet.

## Competence in Aviation: Future Avionics

In the research field *aviation* research topics regarding aerospace informatics are currently a high priority.

The information technology of both manned and unmanned aircraft are facing greater demands regarding onboard computing power. The required processing capacity can only be provided by using state of the art multi-core processors. The competence field aviation examines these technological trends and searches for solutions to adapt off-the-shelf multi-core processors for avionic systems, where high safety and availability requirements have to be fulfilled. The research projects address the question of the practicability of using such complex, non deterministic microprocessors in future avionic systems. In order to expand the range of use research is being conducted to miniaturize the avionics computers and reduce the energy consumption. Additionally researchers in the competence field also develop innovative software architecture for mission systems. This should, depending on the actual flight phase, allow the flexible distribution of software modules on multi-core processors, in order to enhance the utilization of the available computing power.

### People:

Prof. Dr. rer. nat. Peter Hartlmüller (System technology in Safety-related Applications), M. Sc. Andreas Schwierz (Research Assistant in the Sagitta project), M.Sc. Sebastian Hiergeist (Research Assistant in the Sagitta project), M.Sc. Georg Seifert (Research Assistant), Prof. Dr.-Ing. Andreas Frey (Aviation Informatics and Avionics), M. Eng. Thomas Hanti (Research Assistant in the Sagitta project), M. Sc. Michael Ernst (Research Assistant)

In zukünftigen bemannten und unbemannten Luftfahrzeugen werden ständig höhere Anforderungen an die im Flugzeug verfügbare Rechenleistung gestellt. Diese Rechenleistung kann nur durch konsequente Verwendung von aktuellen Mehrkernmikroprozessoren bereitgestellt werden. Die im Kompetenzfeld Luftfahrt bearbeiteten Themen beziehen sich auf den Einsatz von Commercial-Off-The-Shelf Mehrkernmikroprozessoren in Flugzeugsystemen, welche eine hohe Anforderung an die Betriebssicherheit stellen. In den Forschungsprojekten wird die Anwendbarkeit solcher komplexen, nicht mehr deterministischen Mikroprozessoren in künftigen Avionikrechnern untersucht. Parallel dazu wird die Miniaturisierung der Avionikrechner und die Senkung des Stromverbrauchs angestrebt, um den Einsatzbereich zu vergrößern. Neben der Prozessorarchitektur wird in dem Kompetenzfeld eine Softwarearchitektur für Missionssysteme entwickelt, welche abhängig von der aktuellen Flugsituation eine optimale Verteilung der zu rechnenden Softwaremodule ermöglichen soll, um die Ausnutzung der vorhandenen Rechenleistung zu steigern.

## PERSONEN

### PROF. DR. RER. NAT. PETER HARTLMÜLLER

Systemtechnik in sicherheitsgerichteten Anwendungen

### M. SC. ANDREAS SCHWIERZ

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Sagitta

### M.SC. SEBASTIAN HIERGEIST

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Sagitta

### M.SC. GEORG SEIFERT

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

### PROF. DR.-ING. ANDREAS FREY

Flugzeuginformatik und Avionik

### M. ENG. THOMAS HANTI

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Sagitta

### M. SC. MICHAEL ERNST

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

# Projekte im Kompetenzfeld Luftfahrt

In seinen Projekten beschäftigt sich das Kompetenzfeld Luftfahrt unter anderem mit künftigen Avionikrechnern sowie mit rekonfigurierbarer Software.

## 1. Entwicklung von Architekturen künftiger Avionikrechner

### Kooperatives Forschungsprojekt „Sagitta“ Kooperationspartner Airbus Defence & Space

Ferngesteuerte Luftfahrzeuge (Remotely Piloted Air Systems (RPAS)) werden sich künftig verstärkt sowohl in zivilen als auch militärischen Einsatzgebieten finden. Um diesen Markt erfolgreich bedienen zu können, sind folgende Konzepte zu verfolgen:

- ein Familienkonzept, welches unterschiedliche Plattformen unterstützt,
- eine Größen-, Gewichts- und Kosten-Reduktion bei der Rechner-Hardware, um auch kleine Plattformen zu unterstützen,
- eine plattformübergreifende Systemarchitektur (z. B. hinsichtlich des Flugsteuerungssystems) ohne spezifische Rechnerentwicklung für ein konkretes Flugzeug.

Bei den anstehenden Forschungsarbeiten bezüglich Avionikrechner werden folgende Randbedingungen verfolgt:

- Die Fokussierung auf Flugsteuerungsrechner induziert nur moderate Anforderungen an die Rechenleistung, erfordert aber ein sehr hohes Maß an Zuverlässigkeit. Insbesondere beim autonomen Betrieb in zivilem Luftraum müssen Anforderungen gemäß DAL A / B erfüllt werden. Dies übersteigt die Zuverlässigkeit eines einzelnen Rechners und erfordert somit eine mehrkanalige Architektur, bei der mehrere voneinander unabhängige Rechner über ein geeignetes Kommunikationssystem (siehe unten) zusammenschaltet werden und so im Verbund einen hochzuverlässigen logischen Rechner bilden.
- Im Vergleich zu den Herstellungskosten heutiger Avionikrechner muss der Preis deutlich sinken.
- Ein zukunftsträchtiges Design ist anzustreben, es muss möglichst unabhängig von den spezifischen Eigenschaften konkreter Produkte entwickelt werden.

Klassische Prozessoren für Avionikrechner (z. B. Mikroprozessoren auf Power-PC-Basis) werden sehr bald nicht mehr verfügbar sein. Es bieten sich folgende hochintegrierte Bausteine als Alternativen an:

- Microcontroller und SoCs (Systems on a Chip) sind vielversprechende Kandidaten. Insbesondere im automobilen Umfeld sind leistungsfähige Produkte mit langer Verfügbarkeit am Markt erhältlich. Interne Speicher (RAM und Flash) reduzieren nicht nur die Anzahl der Pins – und somit Kosten – sondern auch die

## Projects in the Research Field Aviation

Projects in the research field *Aviation* examine a range of topics including the avionic computer technology of the future as well as dynamically configurable software.

### 1. Development of future avionics architecture Cooperative research project "Sagitta" Cooperation partner: Airbus Defence & Space

Remotely Piloted Air Systems (RPAS) will be used in greater numbers in the future in both civilian and military applications. To successfully serve this growing market, the following concepts need to be addressed:

- a "family concept" which permits the use of a system across a number of platforms,
- a size, weight, and cost reduction concept for hardware allowing it to be used in smaller platforms as well,
- a concept for system architecture (e.g. for flight control systems) without specific technology development for a specific aircraft.

For future research regarding avionics computer the following constraints are applied:

- Focusing on flight control systems demands less attention to computing performance, but rather more attention to reliability. In particular, for autonomous operation in civil airspace requirements set by DAL (Design Assurance Level) A / B must be met. This exceeds the reliability of a single computer and thus requires a multi-channel architecture in which several independent computers are interconnected via a suitable communication system (see below) and in their cooperation form logical a single, highly reliable host.
  - Costs must be significantly reduced when compared to the production costs of the avionics computer systems of today.
  - Designs with a promising future should be the goal independent of the specific properties of specific existing products.
- The standard processors used in avionics computers (e.g.

PowerPC-based microprocessors) will soon no longer be available. The following highly integrated components might serve as alternative solutions:

- Microcontrollers and SoC's (Systems on a Chip) are promising candidates. Especially in the automotive domain high performance devices with a long availability are available on the market. Internal RAM and flash memory reduces the number of pins and therefore production costs as well as the access time of the processor to the memory. There are even redundant systems in which pairs of processors operate in tandem ("lock step architecture") with source to sink error correction mechanisms for internal data transfers. There are, however, some points that need to be clarified: the integration of aviation-specific interfaces into a reduced pin count SoC systems and the analysis on internal concurrent data transfers.

- FPGAs (Field Programmable Gate Array) with embedded processors offer a high-performance and a flexible integration of application specific interfaces to the processor core. In many instances (especially in "soft core" processors), the computer core itself can be configured to meet specific application demands. Long-term availability and independence from hardware distributors is possible if the circuit design (intellectual property) can be utilized on various FPGA architectures.

## 2. Communications systems for the avionics computers of the future Cooperative research project "Sagitta"

Cooperation partner: Airbus Defence & Space

In highly reliable avionics, communications systems are required that can exchange data and events with other avionics components (e.g. computers, sensors, actuators, HMI elements) and couple multiple computers to obtain with such a network a logical computer with very high reliability.

The second aspect above receives most of the research attention at THI. It is necessary for the computer architecture used in the sub-project described above to establish a communication system that will connect a moderate number of processing channels according to preset requirements (cross channel data link: CCDL, cf. Figure 1:

- highly reliable data exchange between channels with defined latency
- precise synchronization of the channels as well as
- very high reliability of the complete system (system availability despite the failure of one or more nodes or connections)

### Requirements

The following research questions still require attention:

- What are the detailed requirements that must be imposed on communications systems so that they can act as CCDL in future avionics computers?
- To what degree are current CCDL implementations
  - already able to meet the expected future requirements?
  - compatible with the newest avionics computers?

Zugriffszeit des Prozessors auf den Speicher. Es existieren Produkte in denen sich Paare von Prozessoren in Hardware gegenseitig überwachen (Lock Step Architektur) und in denen Fehlerkorrekturmechanismen eine Quellen-zu-Senke – Sicherung der internen Datentransfers übernehmen. Dennoch gibt es viele offene Punkte wie z. B. die Anbindung Luftfahrt-spezifischer Interfaces an ein Pin-reduziertes SoC oder die Analyse interner, konkurrierender Datentransfers.

- FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) mit eingebetteten Prozessoren bieten eine performante und flexible Anbindung von anwendungsspezifischen Schnittstellen an den Rechnerkern. In vielen Fällen (insbesondere bei „Soft Core“ Prozessoren) kann auch der Rechnerkern selbst anwendungsspezifisch konfiguriert werden. Eine langfristige Verfügbarkeit und eine Unabhängigkeit vom Hardware-Lieferanten ist gegeben, wenn der Schaltungsentwurf (IP: Intellectual Property) auf unterschiedlichen FPGA-Strukturen implementiert werden kann.

## 2. Kommunikationssysteme für künftige Avionikrechner

### Kooperatives Forschungsprojekt „Sagitta“ Kooperationspartner Airbus Defence & Space

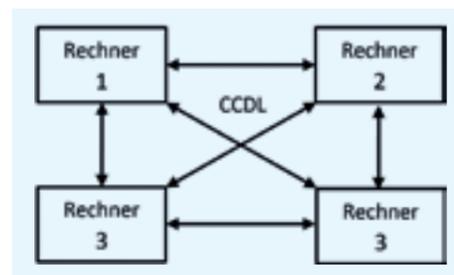


Abb1: Beispiel eines Cross Channel Data Links

In hochzuverlässigen Avioniksystemen werden Kommunikationssysteme benötigt, um mit anderen Avionikkomponenten (Rechner, Sensoren, Aktoren, Mensch/Maschine-Schnittstellen) Daten und Ereignisse auszutauschen und zur Kopplung mehrerer Rechner, um in deren Verbund einen logischen Rechner mit sehr hoher Zuverlässigkeit zu erhalten. Der Schwerpunkt der Arbeiten an der THI liegt hierbei auf dem zweiten Aspekt. Es ist für die im vorstehend beschriebenen Teilprojekt entwickelten Rechnerarchitekturen ein Kommunikationssystem bereitzustellen, welches eine moderate Anzahl von Rechenkanälen anforderungskonform verbindet (Cross Channel Data Link: CCDL, siehe Abbildung 1).

### Anforderungen

- hochzuverlässiger Datenaustausch zwischen den Kanälen mit definierter Latenz
- präzise Synchronisation der Kanäle untereinander
- sehr hohe Zuverlässigkeit des Gesamtsystems (Fehlertoleranz bezüglich des Ausfalls eines oder mehrerer Knoten bzw. Verbindungen)

### Folgende Fragestellungen sind zu beantworten:

- Welche detaillierten Anforderungen müssen an Kommunikationssysteme gestellt werden, damit sie als CCDL in künftigen Avionikrechnern fungieren können?
- Inwieweit können bestehende CCDL-Implementierungen die künftigen

Anforderungen erfüllen und in neue Avionikrechner eingebunden werden?

- Können die bereits auf den Microcontrollern vorhandenen Kommunikationssysteme als CCDL verwendet werden?
- Welche Möglichkeiten bieten sich, neue Kommunikationssysteme als CCDL zu entwickeln?

## 3. Rekonfigurierbare Software

### Kooperatives Forschungsprojekt „Sagitta“ Kooperationspartner Airbus Defence & Space

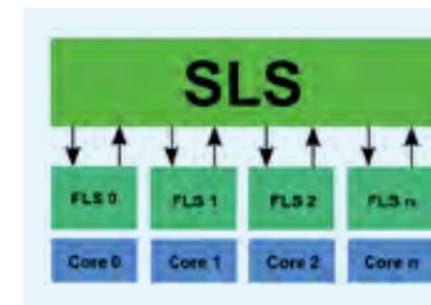


Abb2: Übersicht HAMS Scheduler

In Flugzeugen gibt es eine Vielzahl an Funktionen, die den Luftfahrzeugführer während seines Fluges in jeder Phase unterstützen können. Diese Funktionen werden abhängig von der jeweiligen Phase aktiviert oder deaktiviert. So werden einige Funktionen nur während der Start- oder Landephase, andere wiederum nur während spezifischer Flugphasen im Missionsgebiet angeboten. Nachdem die Funktionen nur phasenabhängig aktiviert werden, folgt eine direkte Abhängigkeit der Rechenzeit einer Funktion von der Phase. In den heutigen statisch konfigurierten Multi-Core Software Systemen der Luftfahrt- und Automobilindustrie werden phasenunabhängige maximale Rechenzeiten für diese Funktionen reserviert. Um die Rechenkapazität einer eingebetteten Rechenplattform im softwarebasierten System besser auszuschöpfen, ist der nächste logische Schritt, die statische Software System Konfiguration für das softwarebasierte System zu einer rekonfigurierbaren Software System Konfiguration weiterzuentwickeln.

In einem rekonfigurierbaren Software System werden die Funktionen während der Entwicklung der Softwarearchitektur auf ihre logische Abhängigkeit hin überprüft und in unabhängige, komplementär rechnende, logische Funktionssets zusammengefasst. Zur Laufzeit werden phasenabhängig die benötigten logischen Funktionssets dynamisch vom Scheduler des Betriebssystems geladen oder entladen und somit das System rekonfiguriert. Durch diese Eigenschaft ist es möglich, temporär nicht von Funktionen ausgenutzte Rechenzeit phasenabhängig anderweitig zu nutzen, um das Ziel der höheren Effizienz zu erreichen. Ein Scheduler, der diese Möglichkeit bietet, ist der „Hierarchische Asynchrone Multicore Scheduler“ HAMS mit seiner offline generierten Knowledgebase (siehe Abbildung 2), in der die vorab definierten Softwarekonfigurationen als phasenabhängige Funktionssets mit den Informationen zu der jeweiligen Phase abgelegt sind. Zur Laufzeit werden die Phasen in dem Second Level Scheduler bestimmt und die entsprechenden Funktionssets in die First Level Scheduler der einzelnen Cores des Mehrprozessorsystems geladen. Eventuell erforderliche Verschiebungen von Funktionen zwischen Cores werden in Echtzeit, d. h. ohne Ausfall eines Rechenzyklus, durchgeführt. Durch die dynamische Rekonfiguration können die Mehrprozessorsysteme besser ausgelastet werden, was wiederum Einsparun-

- Can the communications systems that are already implemented on current microcontrollers be used in CCDL applications?
- What possibilities are available for the development of new CCDL communication systems?

### 3. Software Reconfiguration

Cooperative research project "Sagitta"

Cooperation partner: Airbus Defence & Space

In modern aircraft there is a great number of functions that support the pilot during each phase of flight. Depending on the phase of the flight and the task to execute, functions are activated or deactivated by the pilot. Some functions, for example, might be required during takeoff or landing phases or some are only required during certain mission phases of the flight.

When the functions are activated or deactivated there is a direct relationship with the required calculation time. In today's static configuration of multi-core software systems in aviation and automotive industry, maximum calculation times are reserved for these functions, as phases are not considered. In order to use the resources of the computer platform more effectively, however, the next logical step would be the development of static software systems configurations into reconfigurable software systems.

In such reconfigurable software systems, functions are grouped according to their logical dependencies and then combined into independent logical function sets. During runtime the required logical function sets are loaded dynamically by the scheduler of the Operating System and the system is accordingly reconfigured. This reconfiguration makes it possible to use processor power that is, during this specific phase of flight, not used by any function and therefore increase the efficiency of the avionic system.

A scheduler that offers the required reconfiguration capability is the HAMS, the "Hierarchical Asynchronous Multicore Scheduler" with its offline generated knowledgebase (see figure 2) where predefined functions sets are defined as software configurations along with the information regarding the phases. During runtime these phases are evaluated by the second level scheduler and the appropriate function sets are loaded into the first level scheduler of the individual core of the multi-processor system. Any reconfiguration of functions is executed in real time, i.e. without missing a time slot.

By software reconfiguration the multi-core processor can be utilized more efficiently and therefore a smaller multi-core processor can be selected.

# Hilfreiche Roboter: Forschung der THI für die Produktion

*Aufbau des Kompetenzfelds  
Produktions- und Automatisierungstechnik.*

## *Helpful Robots: Production Research at the THI*

*Structure of the research field Production and Automation Technology:*

*Since 2008, the research field Production and Automation Technology has brought together professors from Computer Science Electrical and Mechanical Engineering. The spokesman for this research field is Professor Johann Schweiger. The goal of the research in this field is to support manufacturers in the region and beyond with innovative solutions in production and automation. These solutions are developed through student initiative (e.g. research articles, multi-year research and development projects) rather than dictated by industry and, as often as possible, these efforts are financed by external underwriters.*

*Projects are carried out either in the modern laboratories of the THI or otherwise directly at the partners' own facilities. Research projects from qualified graduates of the THI may be carried out during doctoral research as well. At the moment there are six active doctoral students in Production and Automation Technology. The primary cooperation partner is Audi, but through EU support, other companies such as Profactor or Ferrobotics also serve as important research partners. Doctoral research is furthermore carried out in cooperation with foreign and domestic universities such as, for example, the Heriot Watt University. Three doctorates have already been granted through project research.*

*From the very first years of research in Production and Automation Technology, mobile robotics was identified as an important focus for the research field. A number of feasibility studies have demonstrated the potential for mobile manipulators in a production context. More recently, a number of hardware and software concepts have been developed to support assembly workers through the introduction of mobile robotic assistants.*

Im Kompetenzfeld Produktions- und Automatisierungstechnik arbeiten seit 2008 Professoren der Fachgebiete Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau zusammen. Sprecher des Kompetenzfeldes ist Prof. Dr. rer. nat. Johann Schweiger. Ziel des Kompetenzfeldes ist es, regionale und überregionale produzierende Unternehmen mit innovativen Lösungen für aktuelle Probleme der Produktions- und Automatisierungstechnik zu unterstützen. Die Lösungen werden abhängig von der Aufgabenstellung im Rahmen von Studienarbeiten, Entwicklungs- oder mehrjährigen Forschungsprojekten abgeleitet. Falls möglich, werden interdisziplinär öffentliche Drittmittel zur Finanzierung beantragt.

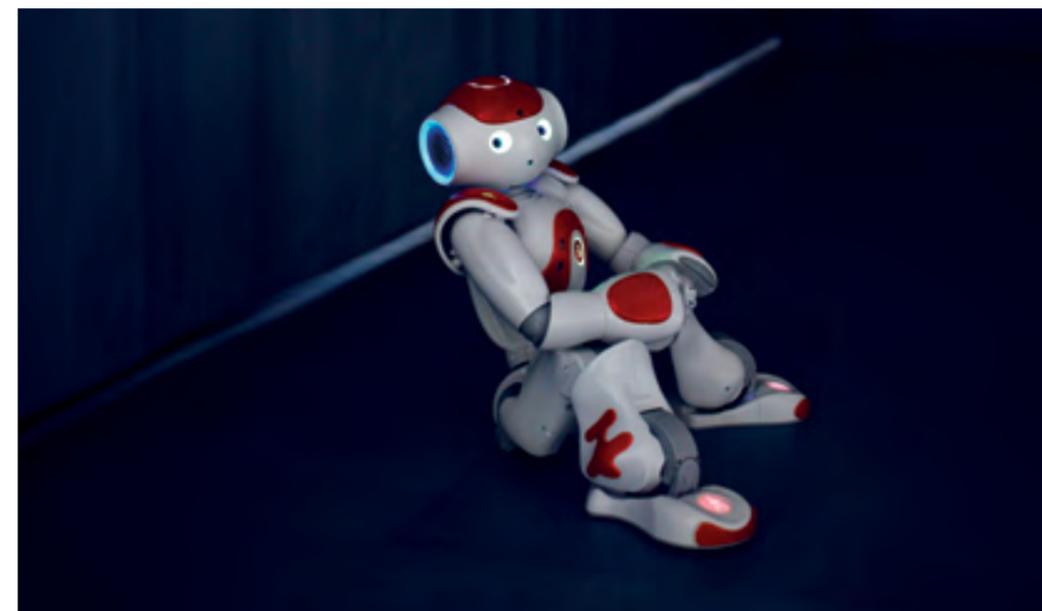
Die Projekte können in den hochmodernen Laboren der TH Ingolstadt oder vor Ort bei den Partnerfirmen durchgeführt werden. Die Forschungsprojekte werden von qualifizierten Absolventen der TH Ingolstadt bearbeitet, die über die Themen parallel an einer Universität promovieren. Derzeit sind im Kompetenzfeld sechs Doktoranden tätig. Hauptkooperationspartner ist dabei die Firma Audi. Im Rahmen von EU-Projekten wird darüber hinaus überregional mit Firmen wie Profactor, Ferrobotics und Visual Components zusammengearbeitet. Die Promotionsverfahren im Kompetenzfeld werden an Universitäten im In- und Ausland, wie zum Beispiel der Heriot Watt University durchgeführt. Bisher konnten drei Promotionen erfolgreich abgeschlossen werden.

Bereits in den ersten Jahren der Forschung im Kompetenzfeld wurde die mobile Robotik als Kernbereich des Kompetenzfeldes identifiziert. In mehreren Machbarkeitsstudien konnte schon früh das Potenzial von autonomen mobilen Manipulatoren im Produktionsumfeld nachgewiesen werden. Seither wurden zahlreiche Konzepte für Hard- und Software zur Unterstützung der Werker in der Automobilproduktion durch mobile Assistenzroboter erforscht.

Foto: Tanja Kernweiss

# Projekte im Kompetenzfeld Produktions- und Automatisierungstechnik

*Wie kann man das Produktionspersonal in Unternehmen  
sinnvoll unterstützen? Forschungsprojekte aus dem Kompetenzfeld  
Produktions- und Automatisierungstechnik:*



Die Projekte im Kompetenzfeld sind auf die Unterstützung von Werkern in produzierenden Unternehmen ausgerichtet. Die Unterstützung des Produktionspersonals reicht dabei von der Kommissionierung von Bauteilen mit einem Gewicht bis zu 25 Kilogramm über den spurungebundenen Transport der Teile in die Montagezellen bis hin zur Unterstützung der Werker beim Teileverbau.

In den ersten Forschungsprojekten im Kompetenzfeld wurden dazu die grundlegenden Konzepte erforscht. Zum Beispiel wurde eine rekonfigurierbare Softwarearchitektur zur Steuerung der autonomen mobilen Systeme ausgearbeitet und prototypisch implementiert. Die aktuellen Projekte konzentrieren sich einerseits auf den Nachweis der Praxistauglichkeit der erforschten Konzepte. Dazu werden die erarbeiteten Forschungskonzepte im Rahmen von Serienerprobungen über einen längeren Zeitraum im Produktivbetrieb betrieben und bewertet. Zum Beispiel wurde im Sommer dieses Jahres beim Partner Audi ein mobiler Kommissionierroboter über eine komplette Schicht in einer Montagelinie

## *Projects in the Field of Production and Automation Technology*

*How can research support the production personnel in manufacturing? Research projects in the research field Production and Automation Technology:*

*The projects in this research field are aimed at the technological support of workers in manufacturing companies. This can range from the manipulation of building components weighing up to 25 kilograms to non-tracked transportation of construction parts for assembly line workers.*

*The first research projects in the program investigated some of the fundamental issues in the field. These included the development and prototype installation of a reconfigu-*

able software architecture for the control of autonomous mobile systems. Current projects emphasize on the one hand the practicality and feasibility of systems developed in the research field. Some work in Production and Automation Technology is dedicated to the long-term evaluation and examination of research solutions that have already been implemented. An example of this work was the test in the summer of 2014 of a mobile manipulation robot used by project partner Audi and its use over the course of a complete shift on the assembly line.

Of course, traditional research into innovative solution in manufacturing contexts is also the subject of extensive investigation in this field. One aspect of this type of research is the effort to guarantee the safety of employees working around autonomous mobile robots. Standard static safety systems reduce the cooperative efficiency in such situations, so Production and Automation Technology is currently seeking flexible and adaptive systems to allow the greatest support in the production process. Stationary and multi-sensor systems can proactively provide advanced safety in both the working space and the working processes generally. Researchers are now dedicated to developing and integrating appropriate control concepts for this application.

To that end, researchers are working on an algorithm to control tasking of the robotic sensors in a non-occlusive system to facilitate human-robot cooperation. Additional panning systems are also being developed to calculate the robots' movements on the assembly line to make them as effective and efficient as possible. A doctoral project in Production and Automation Technology is examining the behavior of the human workers in the context of increased adaptability of the robotic workers. The planning and control systems therefore, build upon a high-performance classifier that organizes the behavior of the human actors as well as a number of mobile systems. Another investigation involves the distribution of the various sensor arrays to decentralized mobile "roboscouts." Ease of solution integration is therefore ensured by researching the concepts that connect production planning and control systems as well as enterprise resource planning (ERP).

erfolgreich getestet.

Andererseits wird in klassischen Forschungsprojekten weiter an innovativen Lösungen zur Werkerunterstützung geforscht. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Gewährleistung der Sicherheit der Werker in der Interaktion mit autonomen mobilen Robotern. Da die klassischen starren Sicherheitssysteme die Effizienz der Zusammenarbeit stark einschränken, wird an flexiblen adaptiven Systemen geforscht, die für jeden Arbeitsschritt eine maximale Unterstützungsleistung ermöglichen. Stationäre und mobile Multisensorsysteme sichern dazu den Arbeitsraum des aktuellen Arbeitsgangs proaktiv ab. Die dazu notwendigen Steuerungskonzepte werden in den aktuell laufenden Projekten erforscht und integriert. So wird derzeit zum Beispiel ein Algorithmus erforscht, der aufgabenspezifisch eine weitgehend verdeckungsfreie Anordnung der Sensoren für eine Mensch-Roboter-Kooperation berechnet. Daneben wird an einem Planungssystem gearbeitet, das die Bewegungen des Roboters unter Berücksichtigung der Montagepläne effizient und effektiv berechnet. Ein weiteres Promotionsprojekt beschäftigt sich mit der Analyse des Werkerverhaltens im Hinblick auf eine Steigerung der Adaptivität der autonomen mobilen Roboter. Die Planungs- und Analysesysteme stützen sich auf einen leistungsfähigen Klassifikator, der das Verhalten von Personen und mehreren mobilen Systemen einordnet. Schließlich wird daran gearbeitet, die Sensorik auf dezentrale Messroboter, sogenannte RoboScouts auszulagern. Erforschte Konzepte zur Anbindung der Systeme an die Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme, sowie an die ERP-Systeme eines Unternehmens stellen die Integrationsfähigkeit der Lösungen sicher.

# Kompetenzfeld Logistik und Marketing

Für das Kompetenzfeld Logistik und Marketing sind die Professoren  
Marc Knoppe, Andrea Raab-Kuchenbuch und Jürgen Schröder zuständig.  
Ihre Forschungsschwerpunkte im Einzelnen:

*PROF. DR. RER. POL. MARC KNOPPE*

Professur für Internationales Handelsmanagement,  
Strategisches Marketing und Innovationsmanagement

Forschungsschwerpunkte: Automotive Servicemodelle, CSR im Retail Management, Multi-Channel-Management & Digitaler Handel, Sicherheitsforschung, Trends und Strategien im Handel  
Aktuelle Projekte: Mobilität und Handel am Beispiel Westpark Shopping- und Entertainmentcenter, CSR im Retail Management

*PROF. DR. RER. POL. ANDREA RAAB-KUCHENBUCH*

Professur für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Marketing  
Team: Dr. Celine Schulz, Susanne Konrad, M.A. (Doktorandin)

Forschungsschwerpunkte: Dienstleistungsmanagement in ausgewählten Branchen (u. a. Versicherungsindustrie, Gesundheitswesen), Marketing von stationären Einrichtungen des Gesundheitswesens (insbesondere Einweiserbeziehungsmanagement, Zuweisermarketing, Markenbildung), From Information Overload to Business Intelligence (kundenorientierte Kommunikation), Marketingforschung (Integration von Kundenanforderungen in die Produktentwicklung, Social Media Monitoring).

*PROF. DR. RER. POL. JÜRGEN SCHRÖDER*

Professur für Logistik und Produktionsorganisation

Forschungsschwerpunkte: Wertschöpfungskonzentration, Ganzheitliche Fertigungssteuerungen bei mehrstufigen Prozessen mit hoher Varianz, Kennzahlen zur Messung wertschöpfungsorientierter Prozesse, Industrie 4.0, Wert von Informationen

Aktuelle Projekte: Benchmarking logistischer Unterstützungs- und Dienstleistungsprozesse im Gesundheitswesen und in industriellen Anwendungen, From Information Overload to Business Intelligence (Sprecher Forschungsverbund, Industrie 4.0. Logistische Implementierungsanforderungen, Wertschöpfungsorientiertes HR-Management, Wertschöpfungsunterstützende Digitalisierung im Gesundheitswesen).

*Research Field Logistics and Marketing*

Professors Marc Knoppe, Andrea Raab-Kuchenbuch, and Jürgen Schröder are responsible for the research field *Logistics and Marketing*. Their primary research areas are the following:

*Professor Marc Knoppe*

Professor for International Retail Management, Strategic Marketing & Innovation Management

Key Research Areas: Automotive Service Models, CSR in Retailing, Multichannel management and Digital Retailing, Security & Risk Management, Retail Trends and Strategies  
Current Projects: Mobility and Retail: Case Study *Westpark Shopping and Entertainment Center*, CSR in Retailing

*Professor Andrea Raab-Kuchenbuch*

Professor for Business and Marketing

Team: Dr. Celine Schulz, Susanne Konrad, M.A. (doctoral candidate)

Key Research Areas: Service Management (Insurance industry and Healthcare industry), Healthcare Marketing (specializing in Referral Marketing, Management of Institutional Relationships, and Brand Development), From Information Overload to Business Intelligence (Customer-Oriented Communication), Marketing Research (Integration of Consumer Demand in Product Development, Social Media Monitoring).

*Professor Jürgen Schröder*

Professor for Logistics and Production Organization

Assistant: Dagmar Piotr Tomanek (doctoral candidate)

Key Research Areas: Value Added Concentration, Integrated Production Control Systems in Multilevel High-Variation Processes, Key Performance Indicators for the Measurement of Valuation-Oriented Processes, Industry 4.0, Value of Information

Current Projects: Benchmarking of Logistical Supporting Processes and Services in Healthcare and Industrial Contexts, From Information Overload to Business Intelligence (Speaker of the Research Association), Industry 4.0: Requirements for the Logistical Implementation, Value Added Management in HR, Digitalization in the Healthcare Industry from a Value Added Perspective).



## Europas führendes militärisches Luftfahrtzentrum Airbus Defence and Space in Manching

[www.airbusdefenceandspace.com](http://www.airbusdefenceandspace.com)

PIONEERING THE FUTURE TOGETHER



INGOL  
STADTLAND  
PLUS  
Region für Innovation.

 **AIRBUS**  
DEFENCE & SPACE

# Projekte im Kompetenzfeld Logistik und Marketing

*Wie kommuniziert man Gesundheit erfolgreich? Wie weisen niedergelassene Ärzte Patienten in Akutkrankenhäuser ein? Wie lässt sich „Information Overload“ im Unternehmen begrenzen? Fragestellungen, denen sich Forschungsprojekte aus dem Kompetenzfeld Logistik und Marketing widmen.*

*Gutes tun und darüber reden –  
wie kommuniziert man „Gesundheit“ erfolgreich?*

LEITUNG PROF. DR. ANDREA RAAB-KUCHENBUCH  
MITARBEITERIN DR. CELINE SCHULZ

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung von 500 Einwohnern in Ingolstadt wird u. a. anhand einer Conjoint-Analyse dargestellt, wie unterschiedliche Merkmale der Kommunikation (z. B. Kommunikationsinhalte, -medien, Gestaltung, Tonalitäten, Einbindung von Testimonials) wirken und welche Abweichungen in der Wahrnehmung verschiedenartiger Bevölkerungsgruppen (Alter, Geschlecht, Gesundheitsaffinität) existieren. Daneben wird die kommunikative Wirkung von unterschiedlichen Bonusprogrammen gesetzlicher Krankenversicherungen in Bezug auf das Gesundheitsverhalten untersucht. Die Studie erlaubt es, generische Erfolgsfaktoren für die mediale Gesundheitskommunikation herauszufiltern.<sup>1</sup>

*Einweiserbeziehungsmanagement im Markt für  
Rehabilitationsleistungen – Die Bedeutung von  
Zuweisermarketing in deutschen Rehakliniken*

LEITUNG PROF. DR. ANDREA RAAB-KUCHENBUCH  
MITARBEITERIN DR. CELINE SCHULZ

In vielen deutschen Akutkrankenhäusern ist Zuweisermarketing oder Einweiserbeziehungsmanagement kein Fremdwort. Das Hauptziel der Studie ist es herauszufinden, welche Marketingaktivitäten Rehakliniken in Bezug auf ihre strategischen Partner unternehmen. Die Studie basiert auf qualitativen Interviews mit Zuweisern und Rehakliniken und einer repräsentativen Online-Befragung von 167 deutschen Rehakliniken. Die Ergebnisse zeigen, dass Zuweisermarketing in deutschen Rehakliniken heute insgesamt nicht sehr verbreitet ist und wie Zuweisermarketing, insbesondere auch bei Krankenkassen, erfolgreich betrieben werden kann.<sup>2</sup>

### *Projects in Logistics and Marketing*

How do you successfully communicate "health"? How do physicians in private practices refer patients to acute-care hospitals? How can information overload be reduced in corporate organizations? These are just some of the questions being investigated by research projects in the research field of *Logistics and Marketing*.

*Do good and talk about it –  
Successful health communication*

Project Leader: Professor Andrea Raab-Kuchenbuch  
Research Associate: Dr. Celine Schulz

This study is based on an empirical research of more than 500 residents in the city of Ingolstadt. Using a conjoint analysis, the importance of various characteristics of communication (e.g. design layout, tonality and the incorporation of testimonials) are examined. In addition, it is investigated if these results differed amongst different groups of the population (age, gender, and the level of "health consciousness"). Furthermore, by examining the "health behavior" of participating residents, the study also explores the effectiveness of the communication of diverse bonus programs of statutory health insurance companies. Finally, the findings of this study allows for the derivation of generic determinants of successful medial health communication.<sup>1</sup>

*The Management of Relationships in the Rehabilitation  
Services Market – the Significance of Referral Marketing  
in German Rehab Clinics*

Project Leader: Professor Andrea Raab-Kuchenbuch  
Research Associate: Dr. Celine Schulz

Referral marketing has become a very common practice in German hospitals. Many hospitals employ Referral Relationship Management with physicians in private practices, as they are aware of how important it is to maintain this relationship with existing referring physicians. The main objective of this study is to find out if the importance of Referral Relationship Management also applies to German

rehabilitation clinics. This research is based on qualitative interviews with referring entities and rehabilitation clinics, and an online survey with a representative sample of 167 German rehabilitation clinics. The results show in particular that referral marketing in German rehabilitation clinics today is not very common (yet) and that referral marketing with health insurance entities is especially successful, when conducted on a professional basis.<sup>2</sup>

*Referral process to hospitals of physicians in private practices – an Empirical Analysis within Region 10*

Doctoral dissertation in conjunction with the Catholic University Eichstätt-Ingolstadt, Professor Genosko  
Project Leader: Professor Andrea Raab-Kuchenbuch  
Doctoral Candidate: Susanne Konrad

Public hospitals increasingly find themselves in competition over patients. Despite evolving information conditions, physicians in private practices still advise over 70% of elective patients<sup>3</sup>. The overall goal of this research, then, is the development of procedures upon which physicians' behavior when referring patients can be analyzed and influential factors in the decision making process can be identified. A quantitative analysis of measured data from insurance companies represents one part of the study, while qualitative discussions with practicing physicians to gain a deeper understanding of the commitment context will also contribute valuable insight.

*Research Projects BELOUGA and B-IO*

Project Leader: Prof. Dr. Jürgen Schröder  
Research Associate: Dipl.-Kfm. Dagmar Piotr Tomanek (doctoral candidate)

Resulting from the conclusion of the BELOUGA<sup>4</sup> research project was a further research question: How can organizations deal with ever greater information flows in the context of value added concentration? There is more data than ever, under which different business decisions are being made. Rapid technological development in information and communication technology has, in recent years, led to the possibility that information can be received and transmitted at all times. The B-IO<sup>5</sup> research project seeks to answer the question, therefore, of which methods related to value chain management can be most useful and effectively adapted to reduce the likelihood of "information overload" (cf. Figure 1).

### Das Einweisungsverhalten niedergelassener Ärzte in Akutkrankenhäuser – eine empirische Analyse am Beispiel der Region 10

(Doktorarbeit in Zusammenarbeit mit der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt Prof. Dr. Genosko)

LEITUNG PROF. DR. ANDREA RAAB-KUCHENBUCH  
DOKTORANDIN SUSANNE KONRAD

Öffentliche Krankenhäuser befinden sich vermehrt in einem starken Wettbewerb um Patienten und Fallzahlen. Der niedergelassene Arzt leitet mit seiner Empfehlung trotz verändertem Informationsverhalten mehr als 70 Prozent der elektiven Patienten<sup>3</sup>. Ziel der Arbeit ist es, eine Vorgehensweise zu entwickeln, auf Basis derer das Einweisungsverhalten analysiert und Einflussfaktoren auf die Einweisungsentscheidung identifiziert werden können. Einerseits werden in einer quantitativen Analyse abgerechnete Daten der Krankenkassen analysiert. Zum anderen sollen mit Hilfe von qualitativen Gesprächen mit niedergelassenen Ärzten tiefere Einblicke in das Einweisungsverhalten gewonnen werden.

### Forschungsprojekte BELOUGA und B-IO

LEITUNG PROF. DR. JÜRGEN SCHRÖDER  
MITARBEITER DIPL.-KFM. DAGMAR PIOTR TOMANEK

Resultierend aus dem Projektabschluss BELOUGA<sup>4</sup> entstand die betriebswirtschaftliche Fragestellung, wie im Rahmen der Wertschöpfungskonzentration mit den gewachsenen Informationsmengen umzugehen ist. Es existieren immer mehr Daten, auf deren Basis die unterschiedlichsten unternehmerischen Entscheidungen getroffen werden müssen. Die rasante technische Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien führte in den letzten Jahren zur Möglichkeit, Informationen von überall und zu jeder Zeit senden und empfangen zu können. Ein Forschungsschwerpunkt im Rahmen des Projekts B-IO<sup>5</sup> geht deshalb der Beantwortung der Frage nach, welche Methoden des Wertschöpfungsmanagement sich zur Begrenzung des „Information Overload“ übertragen lassen bzw. wie diese wirkungsvoll angepasst werden müssen (siehe Abbildung 1).

#### FÖRDERGEBER

Funding



Förderkennzeichen: 01FL10033

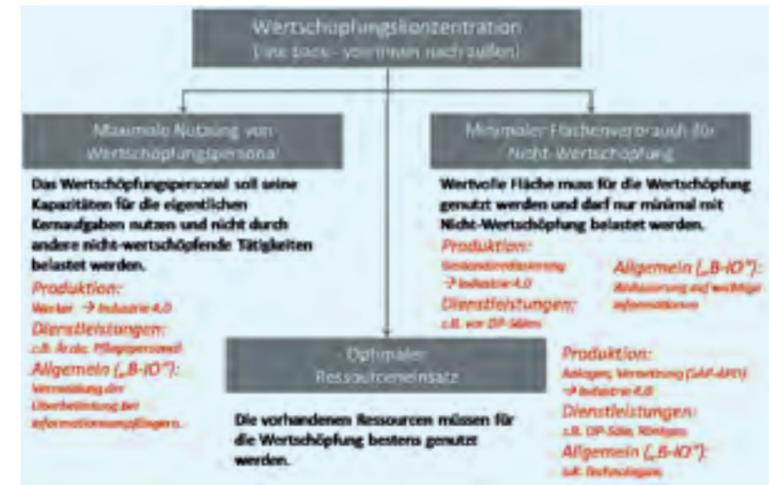


Abb. 1: Wertschöpfungskonzentration

<sup>1</sup> Raab/Schulz (unveröffentlichte Studie): Gutes tun und darüber reden - Wie kommuniziert man Gesundheit erfolgreich? (n = 500 Bürger in Ingolstadt, persönliche Befragung im Zeitraum 01.06 bis 12.06.2014)

<sup>2</sup> Vgl. Schulz/Raab (2014): Einweiserbeziehungsmanagement im Markt für Rehabilitationsleistungen – Die Bedeutung von Zuweisermarketing in deutschen Rehakliniken. Referral Relationship Management in the Rehabilitation Market. In Gesundheitsökonomie und Qualitätsmanagement (EFirst in 10/2014)

<sup>3</sup> Vgl. Raab/Schulz (unveröffentlichte Studie): Gutes tun und darüber reden - Wie kommuniziert man Gesundheit erfolgreich? (n = 500 Bürger in Ingolstadt, persönliche Befragung im Zeitraum 01.06 bis 12.06.2014); vgl. Kompass GmbH, Klinik als Marke. Eigenstudie – Onlinebefragung (05/2010, n = 150), nach Nemeč/Fritsch: Die Klinik als Marke: Markenkommunikation und -führung für Krankenhäuser und Klinikketten, S. 4 – 13; Mehrfachnennungen); vgl. Garaedts (2008), Vorgehen bei der Krankenhausauswahl bei einem planbaren Eingriff, S. 176 (n = 1.523, Mehrfachnennungen), in: Raab/Drissner 2011, S. 25

<sup>4</sup> Benchmark logistischer Unterstützungs- und Dienstleistungsprozesse im Gesundheitswesen und in industriellen Anwendungen

<sup>5</sup> From Information Overload to Business Intelligence

# Von der Invention zur Innovation: Gründerförderung an der THI

Gründerförderung ist an der THI seit 14 Jahren fest verankert.

Die Schlaglichter der Gründerförderung:

## From Invention to Innovation – Supporting Entrepreneurship at the THI

For fourteen years now, the THI has been encouraging entrepreneurship. Some of the highlights:

A look back at the developments in entrepreneurial support at the THI shows that it has become a well-established priority since the year 2000. Back then the university teamed up with the Entrepreneur Center in Ingolstadt to initiate the "Business Plan Competition 10" (bpw10). Key figures in the establishment of the program included the then Dean of the Economics Department, Professor Walter Schober, the then economic consultant and later mayor of Ingolstadt, Dr. Alfred Lehmann, as well as the now head of the IFG, Norbert Forster.

In 2001 the decision was made to establish a Professorship for Entrepreneurship and Innovation Management at the university (Prof. Dr. Robert G. Wittmann). The publicly financed position was generously supported by the city of Ingolstadt as well as the Sparkasse of Ingolstadt.

The original idea was not only to found a center for the support of entrepreneurial efforts in the city, but also to make Ingolstadt itself into a magnet for small business innovation. Entrepreneurs should be provided with the three C's of start-ups: Access to business Competence, links to important Contacts both regionally and farther afield, and also access to reliable sources of Capital. More than 15 years later, these remain the foundation upon which entrepreneurial support and development at the THI. Professor Michael Jünger (Professor for Business Consulting and Management) has become one of the driving forces behind the effort since 2009 and in this way, entrepreneurship continues to find enthusiastic support at the *Technische Hochschule* and in the broader community.

**E**in Rückblick auf die Entwicklung der Gründerförderung zeigt, dass dieses Thema an der THI seit dem Jahr 2000 fest verankert ist. Damals wurde der „Business Plan Wettbewerb 10“ (bpw10) als Kooperationsprojekt der Hochschule und des Existenzgründerzentrums der Stadt Ingolstadt aus der Taufe gehoben. Maßgebliche Gestalter einer ersten Runde waren seinerzeit der damalige Dekan der Fakultät Wirtschaft und heutige Präsident der THI, Prof. Dr. Walter Schober, der damalige Wirtschaftsreferent und spätere Oberbürgermeister der Stadt Ingolstadt, Dr. Alfred Lehmann, sowie der damalige Geschäftsführer und heutige Vorstand der IFG, Norbert Forster.

2001 folgte als nächster Schritt die Einrichtung der Professur für Existenzgründung und Innovationsmanagement, die Prof. Dr. Robert G. Wittmann übernahm. Die heute staatlich finanzierte Professur wurde über acht Jahre großzügig von der Stadt Ingolstadt und von der Sparkasse Ingolstadt finanziell unterstützt.

Die Grundidee war, in Ingolstadt nicht nur ein Existenzgründerzentrum aufzubauen, sondern die Stadt zu einem Zentrum für Gründungen zu entwickeln. Gründern sollten die „3 K des start-up“ als Erfolgsfaktoren bereitgestellt werden: Möglichkeiten zum unternehmerischen Kompetenzaufbau, Zugang zu regionalen und überregionalen Kontaktnetzwerken und auch zu finanzstarken Kapitalgebern. Dieser Gedanke ist auch heute – mehr als 15 Jahre später – noch handlungsleitend bei der Entwicklung der Gründerförderung an der THI. Seit 2009 gestaltet auch Prof. Dr. Michael Jünger (Professur für Business Consulting und Management) die Gründerförderung maßgeblich mit. Somit wird die Förderung von Unternehmertum maßgeblich aus der THI Business School heraus getrieben – mit Effekten für die gesamte Hochschule und mit Ausstrahlung in die Region.

# Projekte im Bereich Gründerförderung und Unternehmertum

Heute gibt es an der THI ein ansehnliches Portfolio an curricularen und außercurricularen Aktivitäten zur Gründungssensibilisierung und zur Gründungsunterstützung. Das Angebot reicht von Lehrveranstaltungen über individuelle Coachings bis hin zur Gründungswettbewerben.

## Projects Related to Start-up Promotion and Entrepreneurship

At the THI today there is an impressive portfolio of academic and extracurricular activities related to the support of small business and entrepreneurship. Future business leaders will find anything from seminars to individual coaching and even small business competitions.

### 5 Euro Business

The "5 Euro Business" competition was first held in 2014 at the THI with the cooperation of the *Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft*. Students were tasked with taking an idea and making it into a viable business in a matter of a few weeks. The winner was an app for the *Technische Hochschule Ingolstadt*. How many places are still free at the library? Where is my lecture going to be again? The five-members of the winning team developed a smart phone app to help students navigate and plan their time at the THI. Their design convinced the jury with a combination of impressive technology and a professional presentation. The team won first place in the 5 Euro Business competition and a prize of 800 euros.

Second place in the 5 Euro Business competition went to the "Cup'n'Care" team who received 600 euros for their idea. Cup'n'Care's plan was to replace the disposable coffee cups on campus with environmentally friendly reusable coffee mugs made from biodegradable materials. The new cups made a real impression and soon over 100 had been sold to employees and students who use them every day at the THI. A new round of 5 Euro Business will begin in the summer semester of 2015.

### Entrepreneurship Prize Ingolstadt

The Entrepreneurship Prize (GPI) has been a cooperative project between the THI, the *Donaukurier* newspaper,



### 5-Euro-Business

**E**rstmals wurde 2014 in Kooperation mit dem Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft an der THI der Wettbewerb des „5-Euro-Business“ durchgeführt, bei dem Studententeams innerhalb weniger Wochen eine Idee in ein erfolgreich laufendes Geschäft umsetzten. Sieger wurde eine App für die THI. Wie viele Plätze sind in der Bibliothek noch frei? Wo war noch einmal die nächste Vorlesung? Das Gründerquintett der THI-App entwickelte eine Smartphone-Anwendung zur Erleichterung der Orientierung und Studienplanung an der Technischen Hochschule Ingolstadt und überzeugte die Jury mit einer ausgefeilten App und einem durchweg professionellen Auftritt. Das Team gewann den ersten Platz im 5-Euro-Business und damit 800 Euro Preisgeld.

Platz zwei im 5-Euro-Business erreichte das Team „Cup'n'Care“ mit 600 Euro Preisgeld: Das Studierendenteam verfolgt mit seiner Geschäftsidee das Ziel, die Wegwerf-Kaffeebecher an der Hochschule durch umweltfreundliche Getränkebecher aus abbaubaren Material zum Wiederverwenden zu ersetzen, und konnte mit den neuen Getränkebechern schon Akzente auf dem Campus setzen: Mehr als 100 der Kaffeebecher werden schon von Studierenden und Mitarbei-

the Sparkasse Ingolstadt, the EGZ and the IFG since 2011. The competition offers would-be businessmen and women the one-of-a-kind chance to develop their ideas and network with fellow entrepreneurs.

#### Funding Programs –

##### Support from the Research Centre (ZAF)

Small business related to research and scientific fields receive enthusiastic support in the economy and politics. Examples include EXIST, FLÜGGE, and other high-tech entrepreneurial capital funds. The ZAF at the *Technische Hochschule* is likewise a supporter of small business innovation. The Center for Applied Research underwrites entrepreneurial concepts and similar ventures in and around the THI.

#### What is the future of support for entrepreneurs at the THI?

Encouraging innovation in entrepreneurship is a priority for both the professors of the THI and the Center for Applied Research. The overall goal is the establishment of a solid system of support for young businesspeople while providing them with the necessary knowledge and business sense. The hope is to make this a university-wide effort in the future to encourage entrepreneurship and business success.

tern der THI täglich genutzt. Im Sommersemester 2015 wird eine erneute Runde des 5-Euro-Business starten.

### Gründerpreis Ingolstadt

Seit 2011 wird der Gründerpreis Ingolstadt (GPI) als Gemeinschaftsinitiative der THI, des Donaukuriers, der Sparkasse Ingolstadt, des Existenzgründerzentrums Ingolstadt GmbH (EGZ) und der IFG Ingolstadt AöR durchgeführt. Der Wettbewerb bietet Gründern interessante Optionen für die Kompetenzentwicklung und viel versprechendes Networking in der Gründerszene.

### Förderprogramme – Unterstützung durch das Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF)

Unternehmensgründungen aus Wissenschaft und Forschung werden von Politik und Wirtschaft stark gefördert – zum Beispiel durch die Programme EXIST, FLÜGGE oder den High-Tech-Gründerfonds. Hier kommt das Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF) der THI ins Spiel: Es begleitet und unterstützt Konzepte für Existenzgründungen und Ausgründungen aus dem Umfeld der Technischen Hochschule Ingolstadt.

### Wie wird es an der THI mit der Gründerförderung weitergehen?

Die Förderung von Unternehmertum wird heute maßgeblich von den Professoren der THI Business School und dem ZAF vorangetrieben. Ziel ist es, die Gründungssensibilisierung und die konkrete Gründungsunterstützung zukünftig hochschulweit weiter zu entwickeln und stärker konstitutiv zu verankern, um Gründungen aus der Hochschule zu fördern und zum Erfolg zu führen.

# Werkstoffe im Fokus

Das Kompetenzfeld Werkstoff- und Oberflächentechnik beschäftigt sich mit der Analyse von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen.

#### Focus on Materials

The research field *Material and Surface Engineering* is tasked with the analysis of metallic and nonmetallic industrial materials.

The four professors Christian Krä, Wolfgang Precht, Christoph Strobl und Ulrich Tetzlaff represent the competence field "Material and Surface Engineering" at the Technische Hochschule Ingolstadt. Nearly all experiments involving the analysis of both metallic and non-metallic industrial materials can be undertaken in THI laboratories.

The various optical microscopes with up to 1000x magnification allow the 3D representation of hidden structures to analyze scratches and surface roughness. The scanning electron microscope is typically used to evaluate failures while the integrated energy dispersive x-ray spectrometer can assist in determining local element distribution. The x-ray diffractometer (XRD) allows the inspection in discrete phases and enables the detection of internal stresses. Alloy analysis is possible with the available XRF spectrometer or the spark source spectrometer. Stationary macro and micro hardness testing is complemented by a mobile testing equipment. Mechanical parameters are determined using an impact test (up to 300J at temperatures as low as -40°C) and two tensile strength testing machines (up to 250kN). Strain distributions of the specimens can be examined generally or locally with optical high-resolution systems. The labs are furthermore equipped with heat treating furnaces capable of subjecting test pieces to temperatures up to 1300°C.

In one student project, two test benches used to test material creep were overhauled and rebuilt in order to allow testing at temperatures over 1000°C. It then became possible to make the unusual observation of material creep under physical and electrical loads.

Thermoanalytical analyses of plastics and a range of other materials using dynamic differential calorimetry is also

Die vier Professoren Prof. Dr. Ing. Christian Krä, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Precht, Prof. Dr. rer. nat. Christoph Strobl und Prof. Dr.-Ing. Ulrich Tetzlaff bilden das Kompetenzfeld Werkstoff- und Oberflächentechnik. Annähernd alle Untersuchungen, die bei metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen anfallen, können im Werkstofflabor der THI durchgeführt werden.

Von den verschiedenen Lichtmikroskopen (Vergrößerung bis 1000-fach) kann eines zusätzlich Strukturen dreidimensional darstellen. Auch die Vermessungen von Rauigkeiten, Kratzern u. ä. ist damit möglich. Das Rasterelektronenmikroskop (REM) wird überwiegend zur Begutachtung von Bruchflächen eingesetzt. Mit der integrierten energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX-Analyse) kann die lokale Elementverteilung bestimmt werden. Das Röntgendiffraktometer (XRD) erlaubt die Analyse feinsten Phasen und die Ermittlung von Eigenspannungen. Für Legierungsanalysen steht sowohl eine RFA-Anlage als auch ein Funkenspektrometer zur Verfügung. Mikro- und Makrohärteprüfung werden durch ein ambulantes Prüfverfahren für die Härte ergänzt. Die mechanischen Kenngrößen werden mit einer Kerbschlagbiegeprüf- (max. 300 J und bis -40 °C) und zwei Zugprüfmaschinen (max. 250 kN) bestimmt. Die Dehnungen können lokal und großflächig mit einem optischen System mit sehr hoher Auflösung gemessen werden. Abgerundet wird die Ausstattung durch verschiedene Wärmebehandlungsöfen mit Temperaturen bis 1300 °C.

In einer studentischen Projektarbeit wurden zwei Zeitstandprüfstände wieder aufgebaut und modernisiert, sodass jetzt entsprechende Versuche bis zu Temperaturen von 1000 °C möglich sind. Eine Besonderheit stellt die Möglichkeit dar, das Kriechverhalten von Werkstoffen sowohl unter konstanter Kraft als auch unter konstanter Spannung zu untersuchen.

Mit Hilfe der Dynamischen Differenzkalorimetrie werden thermoanalytische Untersuchungen speziell an Kunststoffen, aber auch an anderen Werkstoffen vorgenommen. Die Möglichkeiten zur Analyse von Kunststoffen wurden durch die Beschaffung eines IR-Spektrometers erweitert. Für Kunststoffproben steht eine kleine Kerbschlagbiegeprüfmaschine mit maximal 25 J zur Verfügung. Eine PVD Anlage und eine Versuchsgalvanik werden zur Entwicklung und für Untersuchungen von Beschichtungen und entsprechenden Verfahren eingesetzt.

Die Salzsprühkammer hat ein Volumen von 0,4 m<sup>3</sup> (740 mm x 850 mm x 570 mm) und deckt einen Temperaturbereich bis 50 °C ab. Die detaillierte Untersuchung von Korrosionsvorgängen ermöglicht ein entsprechend ausgestatteter Elektrochemiemessplatz. Die Ausstattung des Schweißlabors reicht vom konventionellen Autogenschweißen über verschiedene Schutzgasschweißverfahren, einer Punktschweißzange bis hin zu einer Laserschweißanlage.

possible through the acquisition of an infrared spectrometer. A smaller impact testing machine (<25J) is also available for plastic specimens.

The lab also hosts machines for physical vapor deposition (PVD) uses and experimental electroplating technology is also available for analysis of surface coating and related procedures.

The salt-spray chamber has a volume of 0.4m<sup>3</sup> (740 mm x 850 mm x 570 mm) and operates in a range of temperatures up to 50°C. The detailed analysis of the corrosion process is made possible by the well-equipped electrochemical measuring station. The equipment in the welding lab ranges from conventional gas welding assemblies to various gas-shielded welding processes and even equipment for use in spot and laser welding.

The laboratory's tribometer also permits the analysis of frictional relationships between materials under a variety of conditions.

In the spring and autumn of each of the last ten years, a very popular three-day seminar on material damage and testing is conducted in conjunction with the *Haus der Technik Essen*.

The services available from the material testing laboratory cover a range of aspects related to metallic materials. These includes issues of corrosion and wear as well as high-temperature applications. One further important service includes the failure analysis of machine parts.

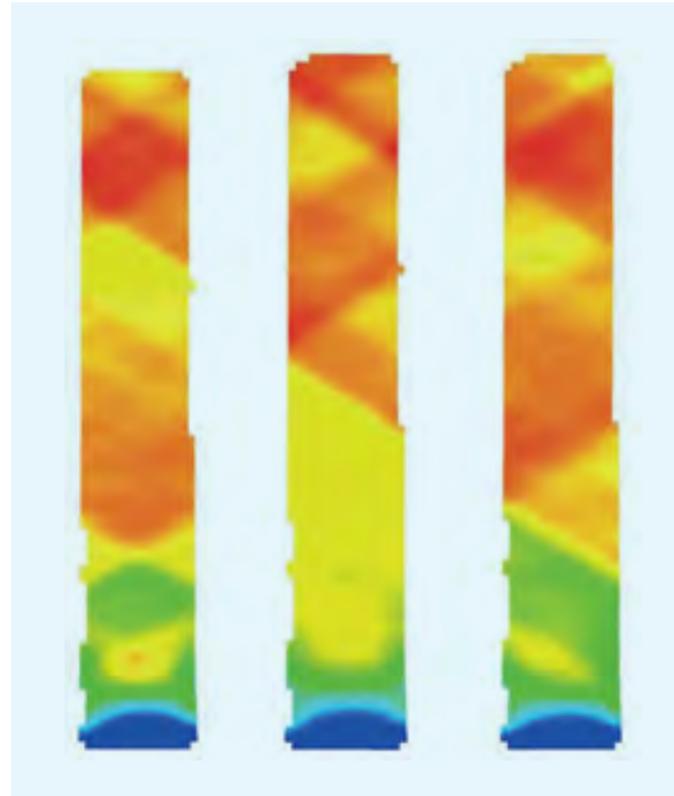


Abb1: Entwicklung der Lüdersbänder  $\pm 45^\circ$  zur Achse bei einem Zugversuch, optische Ermittlung der Dehnungen (unten: Einspannbereich)

Die Untersuchung von verschiedenen Reibpartnern unter verschiedensten Bedingungen (u. a. Medium, Temperatur) erlaubt ein Tribometer. Ein dreitägiges Schadensseminar, das seit zehn Jahren in Zusammenarbeit mit dem Haus der Technik Essen jeweils im Frühjahr und Herbst angeboten wird, erfreut sich großer Beliebtheit. Das Leistungsangebot des Werkstofflabors umfasst alle Aspekte, die Fragen bezüglich metallischer Werkstoffe betreffen, aber auch Korrosions- und Verschleißprobleme sowie Hochtemperaturanwendungen. Einen Schwerpunkt stellt die Ursachenermittlung von Schäden an Maschinenbauteilen dar.

# Weitere Forschungsaktivitäten

Further Research Activities

# Neue Ansätze im Geschäftsprozessmanagement

Werner Schmidt und Cornelia Zehbold forschen auf dem Gebiet Geschäftsprozessmanagement. Im Fokus steht dabei das Subjektorientierte Business Process Management (S-BPM). Es unterstützt die durchgängige (Um-)Gestaltung der Wertschöpfung in Industrie und Dienstleistung und bietet entsprechend vielfältige Berührungspunkte mit anderen Forschungsfeldern wie Industrie 4.0.

## New Approaches in Business Process Management

Prof. Dr. Werner Schmidt and Prof. Dr. Cornelia Zehbold are doing research in the area of Business Process Management. Their focus is on Subject-oriented Business Process Management (S-BPM). This approach supports the integrated (re-) design of adding value both in industry and services and therefore has manifold links to other research areas like Industry 4.0.

The methodology puts acting entities (humans, systems) and their interaction while executing processes at the center of interest. A simple graphical notation with only a few symbols allows domain experts to describe their activities by themselves in processes from their perspective (subject behavior). The subjects synchronize their communication via messages (subject interaction) and thus assure the coherence of activities from a higher-level organizational perspective.

As the graphical notation is based on a process algebra with clear formal semantics, the resulting models can be automatically transformed into executable code. This means participants can instantly check model effectivity on the computer and modify them if necessary. After the subjects have been assigned concrete groups of people from the existing organization, the process specification can be run as an IT-supported workflow in order to process instances at execution time.

Research includes the impact of the approach on various aspects of the BPM life cycle, such as:

- Higher quality and acceptance of resulting work procedures through intensive stakeholder participation in organizational development
  - Increased agility through reduced time from model to workflow execution and through isolated behavior changes without impacting the overall context
  - New opportunities for process controlling due to providing both the functional and process-oriented view within one system
  - Using Design Thinking for process innovation
- Research results are being published in several books and many contributions to international conferences (e.g., IEEE and ACM; see also [www.s-bpm-one.org](http://www.s-bpm-one.org)).

Die Methodik stellt Handelnde (Menschen, Systeme) und ihre Zusammenarbeit bei der Abwicklung von Prozessen in den Mittelpunkt der Betrachtung. Eine einfache grafische Notation mit wenigen Symbolen erlaubt fachlichen Experten ihre Aktivitäten in Prozessen selbst aus ihrer Perspektive zu beschreiben (Subjektverhalten). Die Subjekte synchronisieren sich über Nachrichten (Subjektinteraktion) und sichern so die Kohärenz der Aktivitäten aus übergeordneter organisatorischer Sicht.

Die entstehenden Modelle können automatisch in ausführbaren Code umgewandelt werden, da die grafische Notation auf einer Prozessalgebra mit formaler Semantik basiert. Dies bedeutet, die Beteiligten können sofort am PC die Effektivität ihrer Modelle überprüfen und diese gegebenenfalls anpassen. Nachdem den Subjekten in den Modellen konkrete Personen(gruppen) der Aufbauorganisation zugeordnet wurden, sind die Prozessspezifikationen als IT-gestützter Workflow lauffähig, sodass mit ihnen im Echtbetrieb Prozessinstanzen abgearbeitet werden können.

Erforscht wird unter anderem die Wirkung des Ansatzes an unterschiedlichen Stellen des BPM Life Cycle wie etwa:

- Höhere Qualität und Akzeptanz der entstehenden Arbeitsprozeduren durch intensivere Stakeholder-Partizipation an der Organisationsentwicklung
- Größere Agilität durch geringere Zeit vom Modell zum ausführbaren Workflow sowie durch die Möglichkeit isolierter Verhaltensoptimierungen ohne Beeinflussung des Gesamtkontextes.
- Neue Möglichkeiten für das Controlling, da innerhalb desselben Systems sowohl eine funktionale als auch prozessuale Sicht eingenommen werden kann
- Einsatz des Design Thinking im Rahmen von Prozessinnovationen

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten spiegeln sich in mehreren Büchern und in einer Vielzahl von Publikationen bei internationalen Konferenzen (z. B. IEEE, ACM) wider (siehe auch [www.s-bpm-one.org](http://www.s-bpm-one.org)).

## ANSPRECHPARTNER

Contact

PROF. DR. RER. POL. WERNER SCHMIDT  
[werner.schmidt@thi.de](mailto:werner.schmidt@thi.de)  
 PROF. DR. RER. POL. CORNELIA ZEHBOLD  
[cornelia.zehbold@thi.de](mailto:cornelia.zehbold@thi.de)

# Ressourceneffiziente Produktion

Unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Schuderer (THI Business School) werden seit Februar bzw. Juli 2013 zwei Forschungsprojekte im thematischen Umfeld der ressourceneffizienten Produktion bearbeitet.

## Resource-Efficient Production

Since 2013, two important research projects regarding resource-efficient production are being elaborated under the direction of Professor Peter Schuderer (THI Business School).

The research project "Green Controlling", funded by the Bavarian Ministry for Science, Research and the Arts, aims to provide a holistic approach through incorporating energy and resource consumption as a fourth main target dimension – besides time, cost and quality – into the enterprise controlling and hence meeting the factual importance of these key performance indicators. The outcome of "Green Controlling" strives to be an integral methodology along with soft- and hardware tools for the resource oriented controlling of manufacturing companies. This may include decentralized measurement techniques and continuous monitoring as well as the integration of centralized cost and controlling systems.

The AiF/IGF research project "KS-Sim" aims to optimize the production processes in the sand-lime brick industry by applying simulation tools. Besides decision support for strategic issues (e.g. investment, economic scale of the product portfolio), operational challenges (production control: e.g. order, quantity and resource planning) as well as the energy consumption can be analyzed and optimized at the time of manufacturing. The control and visualization of the simulation operations are embedded in an interactive and intuitively operable management dashboard.

Both research projects are executed in close collaboration with the Institute for Factory Automation and Production Systems (FAPS) at the Universität Erlangen-Nürnberg as well as several industry partners.

Professor Peter Schuderer  
 Dipl.-Ing., MBA Tobias Rackow  
 (Research Project Green Controlling)  
 M.Sc. Toni Donhauser (Research Project KS-Sim)

Zentraler Aspekt des vom Bayerischen Staatsministerium geförderten Forschungsprojekts Green Controlling ist die Implementierung der Energiebetrachtung als vierte Hauptzielgröße - neben Zeit, Kosten und Qualität - in das Unternehmens-Controlling. Die Transparenz der Energieverbräuche im Unternehmen kann durch umfassende energetische Bewertung der Wertschöpfungsprozesse, dezentrale Messung und kontinuierliches Monitoring sowie durch Integration in das zentrale Kostenrechnungs- bzw. Controllingsystem erreicht werden. Zusätzlich sollen Ansätze entwickelt werden, mit deren Hilfe auch Planressourcenverbräuche für das Unternehmen definiert und als Steuerungsgrößen herangezogen werden.

Das AiF/IGF-Forschungsprojekt „KS-Sim“ zielt auf eine Optimierung der Werksprozesse in der Kalksandsteinindustrie mithilfe von Simulationswerkzeugen ab. Neben der Entscheidungsunterstützung im strategischen Bereich (z. B. Investitionen, wirtschaftliche Größe des Produktportfolios) sollen operative Herausforderungen (Produktionssteuerung: z. B. Reihenfolge-, Mengen-, Ressourcenplanung) sowie der Energieeinsatz produktionsynchron analysiert und Handlungsvorschläge ausgegeben werden. Zur Visualisierung und Steuerung wird ein interaktives, intuitiv bedienbares Management-Dashboard entwickelt. Beide Forschungsprojekte finden in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) der Universität Erlangen-Nürnberg sowie in enger Verzahnung mit mehreren Industriepartnern statt.

## ANSPRECHPARTNER

Contact

PROF. DR. RER. POL. PETER SCHUDERER  
 DIPL.-ING., MBA TOBIAS RACKOW  
 Forschungsprojekt Green Controlling  
 M.SC. TONI DONHAUSER  
 Forschungsprojekt KS-Sim

## FÖRDERGEBER

Funding





# Bildungsforschung

Educational Research

# Hochschule für alle: Offene Hochschule Oberbayern (OHO)

Mit dem Verbundprojekt „Offene Hochschule Oberbayern“ fördert die Technische Hochschule Ingolstadt gezielt den Bildungsaufstieg.

## Education for All: the Open University of Upper Bavaria (OHO)

Through the cooperative project “Open University of Upper Bavaria” The Technische Hochschule Ingolstadt takes clear steps to improve the quality of education.

Since October of 2011, the IAW has been involved in the cooperative project “Open University of Upper Bavaria” as one element in the German Federal Ministry for Education and Research’s initiative “Advancement through Education: Open Universities.”

Within this nationwide educational project, OHO’s valuable contribution includes research findings and experiences that contribute to the overall project goals: ensuring education and training in specialized fields, the improvement of exchange between professional and academic training, putting new knowledge into practice efficiently, and the encouragement of international scientific competitiveness through sustainable profile building in life-long learning. Financial support for the project totals 5.3 million euros.

What makes this cooperative project so unique is its broad reach. The approach is modeled on the specific demands of qualified professionals, non-traditional, and migrant students with a complete educational program from beginning to end. The analysis of the qualification expectations and demands of regional employers (especially SME’s), as well as the candidates and their further participation was extremely valuable in this capacity. Such care has led to the fact, for example, that all pilot programs are gender appropriate. The central innovative concepts of the overall system include: the redesign of the student orientation phase (“Orientation Academy”). New structures

Das IAW beteiligt sich seit Oktober 2011 mit dem Verbundprojekt „Offene Hochschule Oberbayern (OHO)“ am Bildungsforschungswettbewerb „Aufstieg durch Bildung: Offene Hochschulen“ des BMBF. OHO leistet durch die im Projekt gewonnenen Forschungserkenntnisse und Erfahrungen einen bedeutenden Beitrag zur Erfüllung der Wettbewerbsziele: Das Fachkräfteangebot dauerhaft zu sichern, die Durchlässigkeit zwischen beruflicher und akademischer Bildung zu verbessern, neues Wissen schnell in die Praxis zu integrieren und die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Wissenschaftssystems durch nachhaltige Profilbildung im lebenslangen wissenschaftlichen Lernen und beim berufsbegleitenden Studium zu stärken. Das Fördervolumen beträgt insgesamt 5,3 Mio. Euro.

Alleinstellungsmerkmal des Verbundprojektes ist dessen ganzheitlicher Ansatz: Das Studienkonzept ist auf die spezifischen Bedarfe von beruflich Qualifizierten, nicht-traditionellen Studierenden sowie die Gruppe der MigrantInnen abgestimmt und umfasst den gesamten Studienverlauf, von der Studieneingangs- bis zur Studienausgangsphase. Dies schließt die Analyse von Qualifikationsbedarfen der Arbeitgeber, insbesondere KMU, wie der Probanden und deren fortlaufende Beteiligung mit ein. Ferner sind alle entwickelten Pilot-Programme gendergerecht. Zentrale, richtungweisende Elemente der Gesamtkonzeption sind: Neugestaltung der Studieneingangsphase („Einstiegsakademie“). Durch die Entwicklung geeigneter Beratungsangebote, Vor- und Brückenkurse sowie transparenter Verfahren zur Anrechnung von außerhochschulisch erworbenen Kompetenzen werden entscheidende Voraussetzungen geschaffen, um die Barrieren für ein Hochschulstudium zu verringern. Ferner werden studiengangspezifische Begleitprogramme wie Mentoring, Tutorien und Übungen während des Studiums in Form von E-Learning-Angeboten oder integriert in Lehrveranstaltungen angeboten, die die Studienzufriedenheit und den -erfolg verbessern. Die Formate der Pilotstudiengänge sind flexibel und modularisiert gestaltet. Die Didaktik orientiert sich an den Besonderheiten der Zielgruppen und an den beruflichen Kompetenzen. Es werden innovative Lehr- und Lernformen eingesetzt, die vor allem Berufstätigen die Teilnahme ermöglichen. Aufgrund aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse wurden Gestaltungsvorschläge für die Lehre sowie entsprechende Vorschläge für Dozententrainings erarbeitet.

Bis März 2015 wird OHO mit diesen neuen Ansätzen die akademische

Weiterbildung an der THI für Menschen mit nicht-traditionellen Bildungswegen attraktiver und zugänglicher machen. Anhand der beiden berufsbegleitenden Pilotstudienangebote, dem berufsbegleitenden Bachelorstudiengang „Wirtschaftsingenieurwesen-Management für Frauen“ und dem MBA „International Business für Ingenieurinnen und Ingenieure“ werden die im Forschungsansatz entwickelten Konzepte erprobt und evaluiert.

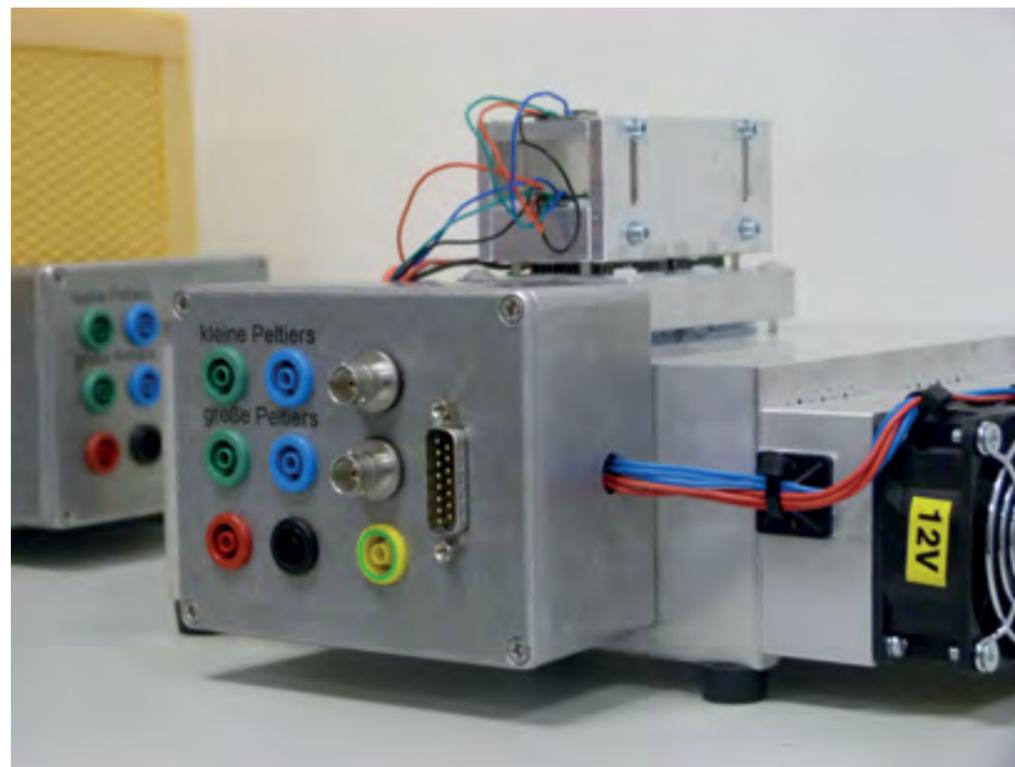


for student counseling, the introduction of preparatory and refresher courses, and transparent policies regarding the recognition of competences gained outside of the university context all contribute to lowering barriers to higher education among professionals. Major-specific services such as mentoring, tutoring, and additional practice in the field of study (typically as online or blended learning) improve the students’ chances of success and general satisfaction. The organization of the pilot programs tends to be quite flexible. Didactically, the curriculum is oriented towards the demands of the target group and the necessary professional competences. To this end, innovative teaching methods that enable the participation of working students are absolutely necessary. Novel approaches to course design are constantly being made, based on the ongoing communication between students and teachers as well as extensive training opportunities for the instructors themselves.

By March of 2015 and employing these approaches, OHO hopes to make education and training at the THI even more attractive and accessible to professional and non-traditional students. The standards and methods are now being closely examined in two Bachelor’s degree pilot projects: “Economic Engineering Management for Women” and “International Business for Engineers.”

# Bildungsforschung rund um die Elektromobilität

Im Bereich Elektromobilität entwickelt die THI nicht nur neue berufsbegleitende Bachelor- und Masterstudiengänge, sie analysiert auch die Aus- und Weiterbildung für Elektromobilität in Deutschland.



## Educational Research around Electric Vehicles

Not only has the THI developed new Bachelor's and Master's adult education programs in the field of "electric mobility." It is also investigating the potential for training and further education in the field for all of Germany.

### Electric Mobility Showcase and the Qualification Network

Within the cooperative research project "Academic Educational Initiatives in Electromobility Bavaria-Saxony" (Akademische Bildungsinitiative zur Elektromobilität Bayern-Sachsen) and in cooperation with the West Saxon University of Zwickau, the Institute for Executive Education (IAW) at the Technische Hochschule Ingolstadt has developed a

## Schaufenster Elektromobilität und Netzwerk Qualifizierung Elektromobilität

Im Verbundprojekt „Akademische Bildungsinitiative zur Elektromobilität Bayern-Sachsen“ entwickelt das Institut für Akademische Weiterbildung (IAW) in Kooperation mit der Westsächsischen Hochschule Zwickau je einen neuen berufsbegleitenden Bachelor- und Master-Studiengang zur Elektromobilität. Weitere Partner im Projekt sind die Technische Universität Chemnitz, die Technische Universität Dresden, die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen sowie die Technische Universität München. In einem gesamtheitlichen und interdisziplinären Ansatz soll das Studienangebot in der Elektromobilität erweitert und passgenau qualifizierte Ingenieure ausgebildet werden. Das Verbundprojekt ist eines von rund 40 Projekten im Schaufenster Elektromobilität in der Region Bayern-Sachsen und wird mit rund 3,4 Mio. € vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Schaufensterinitiative der Bundesregierung

Foto: THI

gefördert. Die neuen Studiengänge wurden auf Grundlage von Interviews mit Unternehmen der Automobil- und Zulieferindustrie konzipiert. Sie werden durch Befragungen und Qualitätszirkel regelmäßig evaluiert. Beide Studiengänge beinhalten ein Projektmodul, in dem von den Studierenden im Team eine praktische Aufgabenstellung gelöst wird. Aktuell wird in diesem Modul ein ferngesteuertes Modellauto gebaut und weiterentwickelt. Das Auto enthält einen CAN-Datenbus aus dem KfZ-Bereich und wird mit je einem Elektromotor pro Rad ausgestattet. Dadurch werden Funktionen, wie zum Beispiel Antischlupfregelung und Torque Vectoring, ermöglicht. Darüber hinaus wird im Rahmen des Projekts ein Batterietestsystem entwickelt, welches in den Modulen Physikalische Chemie und Elektrochemische Energiespeicher für Praktika eingesetzt werden soll. Das Gerät ermöglicht die Durchführung diverser Versuche, die bisher nur an mehreren Spezialgeräten möglich waren. Eine aufwendige Einarbeitung der Studenten in die Spezialgeräte entfällt. Das System unterstützt den galvanostatischen und potentiostatischen Betrieb; im mitentwickelten Thermostat können Versuche von -30 bis +80 Grad Celsius durchgeführt werden.

Im Rahmen des „Netzwerk Qualifizierung Elektromobilität (NQuE)“ wird die elektromobilitätsbezogene Qualifizierung im beruflichen und akademischen Bereich analysiert. Dabei erfolgt u. a. die Konzeption und Anwendung eines Kriterien-Systems zur Definition von Best Practice Beispielen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf einer Ergänzung der von der Bundesregierung beauftragten Begleit- und Wirkungsforschung der Schaufenster Elektromobilität in der Aus- und Weiterbildung. Das Verbundprojekt NQuE, in dem das IAW mit dem Bundesinstitut für Berufsbildung und der RWTH Aachen zusammenarbeitet, wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Neben dem aktuellen Bildungsangebot werden die Qualifizierungsbedarfe von Unternehmen, Verbänden und anderen Interessensgruppen untersucht.



Foto: THI

new program of Bachelor's and Master's level professional education in the field of electromobility. Project partners include the Chemnitz University of Technology, the Dresden University of Technology, the Friedrich Alexander University Erlangen, and the Technical University Munich. Employing holistic and interdisciplinary approaches, the study options within the field of electric vehicle technology continue to grow, ensuring the education of engineers with specific qualifications for the new technologies. The cooperative project is one of more than 40 efforts in Bavaria and Saxony under the heading "Electric Mobility Showcase" with financial support of around 3.4 million euros from the Federal Ministry for Education and Research under its "showcase initiatives." The degree programs have been developed based upon interviews with automobile manufacturers and suppliers. The new degree programs contain a project module in which teams of students are challenged to solve actual problems. At the moment students are working on an experimental remote control car designed and built by themselves. Exercises such as this demand attention to technical details such as traction control and torque vectoring. Another aim of the project is to develop a battery test system, which will become an experimental element in related study modules such as Physical Chemistry or Electrochemical Energy Storage. This novel system enables researchers to undertake a number of experiments that were previously only possible using specialized scientific apparatuses. Therefore, it will eliminate the need for students to invest time familiarizing themselves with several scientific apparatuses and streamline the learning process significantly. Furthermore the battery test system serves as support for galvanostatic and potentiostatic experiments and in combination with a new developed thermostat system can be employed in experiments under conditions from -30° to +80°C.

The "Network for Electromobility Qualifications" (NQuE) is now responsible for the analysis of training and educational standards in the field. They are tasked with the development and implementation of best practice criteria and have been instrumental in supporting the federal government's program for Parallel Research into Effectivity in training and education within the Electric Mobility Showcase. The NQuE cooperative project involving the IAW, the Federal Institute for Vocational Education and Training and the RWTH Aachen is underwritten by the Federal Ministry of Education and Research. In addition to the analysis of the current educational program for students and apprentices, a range of qualification criteria are now being developed within the program, reflecting the demands of companies and other stakeholders.



# Promotion

Doctoral Dissertations

# Graduiertenzentrum – Förderung von Doktoranden

Das Graduiertenzentrum der Technischen Hochschule Ingolstadt unterstützt Doktoranden in allen Phasen ihrer Promotion.



## Graduate School – Encouraging Doctoral Students at the THI

The Graduate School at the Technische Hochschule Ingolstadt supports doctoral candidates in all phases of their graduate study.

The Graduate School brings doctoral students from the Research Centre (ZAF) together in a support network and is responsible for the further development of quality standards. Besides, it serves as an information platform for the students who are interested in research. The Graduate School was established as one of the university's central institutions in 2013.

Here doctoral students find support for every phase of their dissertation research. The Graduate School includes a training program designed to help young researchers with, for example, support in the early phases of graduate research or finding additional qualifications during the doctoral studies. Graduate students might also avail themselves of the mentoring program with industry representatives or maybe courses in "soft skills" to assist in the transition from research into professional life. Furthermore, the Graduate School is dedicated to encouraging and supporting research-based exchanges for doctoral candidates. To that end, informal doctoral meetings take place regularly, while once a year there is a more formal research colloquium. In the virtual forum on the Moodle learning

Das Graduiertenzentrum fördert und vernetzt die Doktoranden des Zentrums für Angewandte Forschung (ZAF) und entwickelt die Promotionsbedingungen und Qualitätsstandards weiter. Es bietet zudem eine Informationsplattform für Studierende, die sich für eine Tätigkeit in der Forschung interessieren. Das Graduiertenzentrum wurde 2013 als zentrale Einrichtung des ZAFs durch die Hochschulleitung gegründet.

Die Doktoranden werden in allen Phasen des Promotionsprozesses unterstützt. Ein auf die Bedürfnisse der Nachwuchswissenschaftler abgestimmtes Qualifizierungsprogramm bietet beispielsweise Unterstützung beim Einstieg in die Promotionsphase sowie Weiterqualifizierungsmöglichkeiten während der Forschungstätigkeit. Ein Mentoringprogramm mit Industrievertretern sowie Kurse zu Soft-Skills erleichtern den Übergang in das Berufsleben. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Vernetzung und der Förderung des Forschungsaustauschs unter den Doktoranden. Dazu werden regelmäßig Doktorandenstammtische angeboten, außerdem findet einmal jährlich ein Forschungskolloquium statt. Über ein virtuelles Forum auf der Plattform Moodle können die Doktoranden zudem Kontakt zu Kollegen aufnehmen, die sich mit ähnlichen Themenstellungen beschäftigen.

Die Angebote des Graduiertenzentrums richten sich auch an Studierende. Ihnen steht ein umfangreiches Angebot an Informationsmöglichkeiten zur Verfügung. Erste Anlaufstelle ist hierbei die Homepage des Graduiertenzentrums mit Informationen zum Ablauf kooperativer Promotionen. Daneben können sich die Studierenden im Graduiertenzentrum persönlich zu Promotionsmöglichkeiten beraten lassen. Einmal jährlich wird zudem eine Informationsveranstaltung zum Thema „Promovieren am ZAF“ angeboten. Einen tieferen Einblick in die Forschung des ZAFs können Studierende im Rahmen von Abschlussarbeiten und Hiwi-Tätigkeiten bekommen. Aktuelle Ausschreibungen werden in einer Datenbank auf der Plattform Moodle veröffentlicht.

Foto: Tanja Kernweiss

## Graduiertenzentrum des ZAF Angebote und Aktivitäten

Nachwuchsförderung Promovierende	Nachwuchsgewinnung Studierende	Übergreifende Aufgaben
<b>WEITERQUALIFIZIERUNG</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kursangebot</li> </ul> <b>AUSTAUSCH UND VERNETZUNG</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschungskolloquium</li> <li>• Doktorandenstammtisch</li> <li>• Foren</li> </ul> <b>ÜBERGANG INS BERUFSLEBEN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mentoringprogramm mit Industrievertretern</li> <li>• Soft Skill Kurse</li> </ul> <b>PROMOTIONSBERATUNG</b>	<b>INFORMATION- UND BERATUNGSANGEBOT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infoveranstaltung für Studierende</li> <li>• Homepage</li> <li>• Promotionsberatung</li> </ul> <b>ANGEBOTE ZUM KENNENLERNEN DES ZAF</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenbank mit Abschlussarbeiten und Hiwistellen am ZAF</li> <li>• Newsletter</li> </ul> <b>WEITERE AKTIVITÄTEN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messebesuche</li> <li>• Unterstützung bei der Bewerbung freier Stellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterentwicklung der Promotionsbedingungen und der Maßnahmen zur Qualitätssicherung</li> <li>• Vorbereitung von Kooperationsabkommen mit Universitäten</li> <li>• Vernetzungsaktivitäten, z. B. EUA-CDE</li> <li>• Analyse der Fachdiskussion zum Thema Nachwuchsförderung</li> <li>• Erstellung von Berichten und Analysen</li> </ul>

Weitere Aktivitäten des Graduiertenzentrums umfassen die Vorbereitung von Rahmenabkommen zur Durchführung kooperativer Promotionen mit Universitäten, die Erstellung von Berichten und Analysen, Vernetzungsaktivitäten in Interessensverbänden, wie beispielsweise der European University Association (EUA-CDE), die Analyse der Fachdiskussion zum Thema Nachwuchsförderung sowie politischer Entwicklungen und das Erstellen von Konzepten zur Weiterentwicklung der Promotionsbedingungen, z. B. die Einführung von Betreuungsvereinbarungen.

Derzeit werden ca. 50 Doktoranden im Graduiertenzentrum betreut. Weitere Informationen finden Sie unter: [www.thi.de/go/gz](http://www.thi.de/go/gz)

### ANSPRECHPARTNER

Contact

DR. ULRIKE BONSS

[graduiertenzentrum@thi.de](mailto:graduiertenzentrum@thi.de); Tel.: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 60 60

platform, doctoral students can also get in touch with colleagues with similar research interests.

The programs within the Graduate School are designed with the success of the doctoral students in mind. Candidates have access to a number of activities and information. The first step in this relationship is a visit to the Graduate School homepage where students can learn about the structure of cooperative dissertation work, for example. Additionally, potential candidates can get personal advice about their research options, or visit the annual information seminar "Doctoral Studies in the ZAF". Students desiring an even closer look at the research process can consider a student research assistant position or write their Bachelor's or Master's thesis in the ZAF. Available positions are frequently advertised on the Moodle database.

Other tasks that the Graduate School is responsible for include the preparation of contracts for cooperative research partnerships with external universities, the preparation of reports and analyses, networking activities in a number of research societies including, for example, the European University Association (EUA-CDE), the analysis of the discussion around the education of young researchers, and even the development and revision of doctoral study requirements such as the introduction of supervision agreements.

Currently there are about 50 doctoral candidates being served by the Graduate School. You can find out more at this address: [www.thi.de/go/gz](http://www.thi.de/go/gz)

# Erfolgreich abgeschlossene Promotionen am ZAF (2013 und 2014)

## Successfully Completed Doctoral Dissertations in the ZAF (2013 and 2014)

*Rudolf Ertlmeier* developed an optimized model for the detection of vehicle rollovers in his dissertation. The integration of the airbag control system with a system of chassis stability control was shown to improve the recognition capabilities of the system. From 2007 until 2012, Mr. Ertlmeier was a research assistant in the ZAF under Prof. Thomas Brandmeier and led the competence team for Vehicle Mechatronics. He completed his doctoral studies in 2013 with honors. His cooperation partners were the Otto-von-Guericke University in Magdeburg (Germany) and Continental Automotive GmbH. After leaving the THI, he began work as a function and algorithm developer in the department for occupant safety at Continental Automotive GmbH.

*Thomas Hackner* developed a multifunctional converter drive for automotive electric power steering systems. From 2008 until 2013 he was a research assistant in the ZAF under Professor Johannes Pforr. He completed his doctoral studies in 2013 and his cooperation partners were the TU Delft (Netherlands) and Audi. After leaving the THI, he began to work at AUDI AG in the development of electrical and electronic energy management converter systems.

*Stefan Kaindl* developed a method in his dissertation for the simulation of the life cycle of rubber bearings under vibrational stress. He was a research assistant from 2009 until 2012 in the ZAF under Professor Manuela Waltz. He successfully completed his doctoral dissertation in 2014. His cooperation partners were the Martin Luther University of Halle Wittenberg (Germany) as well as Audi. After leaving the THI, he began to work in the structural mechanics branch in the Engineering Center Steyr, Magna Powertrain.



*DR.-ING. RUDOLF ERTLMEIER*

Rudolf Ertlmeier entwickelte während seiner Dissertation ein optimiertes Modell zur Erkennung von Fahrzeug-überschlägen, welches durch Vernetzung des Airbag-steuergerätes mit einem Fahrwerkregelsystem deutlich verbesserte Erkennungsleistung aufweist. Er war von 2007 bis 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Thomas Brandmeier und leitete das Kompetenzfeld Fahrzeugmechatronik. Seine Promotion hat er im Jahr 2013 mit Auszeichnung abgeschlossen. Kooperationspartner waren die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und die Continental Automotive GmbH. Seit seiner Tätigkeit an der THI arbeitet er als Funktions- und Algorithmusentwickler im Bereich Occupant Safety and Inertial Sensors bei der Continental Automotive GmbH.



*DR. THOMAS HACKNER*

Thomas Hackner entwickelte in seiner Dissertation einen multifunktionalen Wandler zur Ansteuerung von elektrischen Maschinen für die elektrische Lenkunterstützung in Kraftfahrzeugen. Er war von 2008 bis 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Johannes Pforr. Seine Promotion hat er im Jahr 2013 erfolgreich abgeschlossen. Kooperationspartner waren die TU Delft und die Audi AG. Seit seiner Tätigkeit an der THI arbeitet er bei der AUDI AG im Bereich Entwicklung Elektrik / Elektronik Energiemanagement Wandlersysteme.



*DR.-ING. STEFAN KAINDL*

Stefan Kaindl entwickelte in seiner Dissertation eine Methode zur Simulation der Lebensdauer von schwingend beanspruchten Gummilagern. Er war von 2009 bis 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Manuela Waltz. Seine Promotion hat er im Jahr 2014 erfolgreich abgeschlossen. Kooperationspartner waren das Zentrum für Ingenieurwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und die AUDI AG. Seit seiner Tätigkeit an der THI arbeitet er im Bereich Strukturmechanik am Engineering Center Steyr, Magna Powertrain.

Fotos: Ertlmeier, Hackner, Kaindl



*DR.-ING. SEBASTIAN KUNZE*

Sebastian Kunze beschäftigte sich in seiner Dissertation mit der Erhöhung der Prozesssicherheit beim Punktschweißen und Punktschweißkleben von Aluminiumwerkstoffen. Im Rahmen der Dissertation entwickelte er u. a. ein System zur Elektrodenverschleißdetektierung und konnte durch Optimierung von Elektrodengeometrie und Prozessparametern den Verschleiß der Elektroden reduzieren. Herr Kunze war von 2009 bis 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Christoph Strobl. Seine Promotion hat er im Jahr 2014 erfolgreich abgeschlossen. Kooperationspartner waren die TH Ingolstadt, die Universität Paderborn und die AUDI AG. Seit seiner Tätigkeit an der THI arbeitet er in der Technologieentwicklung Fügen (thermisch/mechanisch) bei der AUDI AG.



*DR.-ING. VERENA MERKLINGER*

Verena Merklinger entwickelte in ihrer Dissertation zum Korrosionsschutz von höherfesten Stahlsorten eine niedrigschmelzende Legierung auf Basis von Zn, Al und Mg, sowie ein Applikationsverfahren für diese Beschichtung. Die Arbeit wurde von Herrn Prof. Christoph Strobl betreut. Ihre Promotion hat sie im Jahr 2014 an der TU Chemnitz erfolgreich abgeschlossen. Das Forschungsprojekt wurde von der Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) finanziert und umfasste verschiedene Industriepartner. Seit ihrer Tätigkeit an der THI arbeitet sie in der zentralen Konzernforschung bei SGL Carbon GmbH.



*DR.-ING. FLORIAN MÜHLFELD*

Florian Mühlfeld entwickelte in seiner Dissertation ein vorausschauendes Fahrzeugsicherheitssystem, das seine Sensibilität selbstständig an das Fahrverhalten des Fahrers anpasst. Er war von 2008 bis 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Thomas Brandmeier und war maßgeblich am Antrag und dem Aufbau des Forschungs- und Testzentrums CARISSMA beteiligt. Seine Promotion hat er im Jahr 2013 in Kooperation mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sehr gut abgeschlossen. Seit seiner Tätigkeit an der THI arbeitet er in der Antriebsstrangentwicklung der AUDI AG.

Fotos: Kunze, SGL Group, Mühlfeld

Sebastian Kunze examined the increase in process security in spot welding and spot weld bonding of aluminum materials in his doctoral dissertation. He developed a system to detect electrode wear and, through optimization of electrode geometry and process parameters, was able to reduce electrode wear. Mr. Kunze was a research assistant in the ZAF from 2009 until 2012 under Professor Christoph Strobl. He successfully completed his doctoral dissertation in 2014. His cooperation partners were the University of Paderborn (Germany) and Audi. After leaving the THI, he began work in the technology development (thermal/mechanical) at AUDI AG.

*Verena Merklinger* developed a zinc, aluminum and magnesium alloy with a low melting point designed to prevent corrosion in high strength steel. In her dissertation, she also developed an appropriate technique for the application of this alloy. Her doctoral work was supervised by Professor Christoph Strobl. She completed her doctoral studies at the TU Chemnitz (Germany) in 2014. The research project was underwritten by the Research Consortium for Steel Applications (FOSTA) as well as various public sector partners. After leaving the THI, Ms Merklinger began work at the central research unit at SGL Carbon GmbH.

*Florian Mühlfeld* developed an anticipatory vehicle security system that adjusts its sensitivity according to the needs of the driver. Mr. Mühlfeld was a research assistant from 2008 to 2012 in the ZAF under Professor Thomas Brandmeier and was instrumental in the application process for the funding for the research center CARISSMA. He completed his doctoral work in 2013 with the Otto Guericke University Magdeburg (Germany) as a cooperation partner. After leaving the THI, he began work in drive train development at AUDI AG.

*Malte Prösser* developed a new approach to systems integration in the mechatronic engineering design process of manufacturing systems in his dissertation. He was a research assistant in the ZAF from 2007 until 2010 under Professor Ulrich Schmidt. He successfully completed his doctoral work in 2014. Mr. Prösser's cooperation partners were the De Montfort University in Leicester (UK) and AUDI AG. After leaving the THI, he began work in production planning for automation technology in body manufacturing at AUDI AG.



**DR. MALTE PRÖSSER**

Malte Prösser entwickelte in seiner Dissertation ein neues Konzept zum Datenaustausch im mechatronischen Konstruktionsprozess von Fertigungsanlagen. Er war von 2007 bis 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Ulrich Schmidt. Seine Promotion hat er im Jahr 2014 erfolgreich abgeschlossen. Kooperationspartner waren die De Montfort University in Leicester / Großbritannien und die AUDI AG. Seit seiner Tätigkeit an der THI arbeitet er in der Produktionsplanung für Automatisierungstechnik im Karosseriebau bei der AUDI AG.

*Markus Wirz* developed strategies in his dissertation for the reduction of variations among spare parts once production models are discontinued. He also investigated the "resource-oriented variant cost analysis" (Ger: RVKA) in order to demonstrate the potential for variant reduction in the spare parts distribution network. He completed his doctoral work in 2014. Mr. Wirz was a research assistant in the ZAF under Professor Jürgen Schröder. After leaving the THI, he began to work as a freelance consultant for logistics and production organization.



**DR. RER. POL. MARKUS WIRZ**

Markus Wirz entwickelte in seiner Dissertation Strategien zur Reduzierung von Ersatzteilvarianten nach Serienende sowie die ressourcenorientierte Variantenkostenanalyse (RVKA), um die Potentiale der Variantenreduzierung für die ersatzteillogistische Distributionskette auszuweisen. Die Promotion wurde im Jahr 2014 erfolgreich abgeschlossen. Herr Wirz war von 2005-2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZAF bei Prof. Jürgen Schröder. Seither arbeitet er als freiberuflicher Berater für Logistik und Produktionsorganisation.

Fotos: Prösser, Wirz

Beste Gründe für das Arbeiten bei Audi:

# Weltweit weiterentwickeln

Die Logistikplanerin Virginia Avila Cruz gestaltet das Logistik-Konzept für den neuen Standort Audi México mit. Dies führt die gebürtige Mexikanerin nach vielen Stationen bei Audi zurück zu ihren Wurzeln und ermöglicht ihr, sich international weiterzuentwickeln.

Jetzt bewerben: [www.arbeiten-bei-audi.de](http://www.arbeiten-bei-audi.de)





# Mitgliedschaften & Auszeichnungen

Membership & Awards

# Mitgliedschaften und Auszeichnungen

## Memberships and Awards

### Best Paper Award

Böhländer D., Doric I., Appel E., Brandmeier T. (2013): Video Camera and Capacitive Sensor Data Fusion for Pedestrian Protection Systems. In: 2013 Proceedings of the 11th Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES), p. 1-7.

### Best Paper of the Session and Prize for the Best Student Paper

Kandaswamy S. V., Derix R., Wilde J., Elger, G. (2014): Transient Thermal Analysis as a Test Method for the Reliability Investigation of High Power LEDs during Temperature Cycle Tests. In: IEEE Proceedings IMAPS 2013, p. 902-907.

### Memberships (Excerpt)

*EARPA, European Automotive Research Partners Association*

EARPA is a network of active research members from universities, research institutes and businesses in Europe dedicated to innovation in the automotive sector.

*EIRMA, European Industrial Research Management Association*

EIRMA is an independent non-profit organization that functions as a network connecting partners all over Europe whose common goal is the industrial innovation.

*EUA, European University Association*

With its 850 members in 47 countries, the EUA is the largest European university advocacy group.

The Technische Hochschule Ingolstadt was the first Bavarian University of Applied Sciences to be accepted to the EUA.

*EUA-CDE, European University Association – Council for Doctoral Education*

The CDE is a subordinate organizational entity of the EUA which is dedicated to the development of doctoral level education in Europe. The Technische Hochschule Ingolstadt remains one of the few German universities of applied sciences to have been accepted as a member of the CDE.

## Auszeichnungen

### BEST PAPER AWARD

Böhländer D., Doric I., Appel E., Brandmeier T. (2013): Video Camera and Capacitive Sensor Data Fusion for Pedestrian Protection Systems. In: 2013 Proceedings of the 11th Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES), p. 1-7.

### BESTES PAPER DER SESSION UND PREIS FÜR BESTES STUDENTEN PAPER

Kandaswamy S. V., Derix R., Wilde J., Elger G. (2014): Transient Thermal Analysis as a Test Method for the Reliability Investigation of High Power LEDs during Temperature Cycle Tests. In: IEEE Proceedings IMAPS 2013, p. 902-907.

## Mitgliedschaften (Auszug)

### EARPA, EUROPEAN AUTOMOTIVE RESEARCH PARTNERS

EARPA ist ein Netzwerk mit forschungsaktiven Mitgliedern aus Hochschulen, Instituten und Unternehmen in Europa, die Forschung im Automobilbereich durchführen.

### EIRMA, EUROPEAN INDUSTRIAL RESEARCH MANAGEMENT ASSOCIATION

EIRMA ist eine unabhängige non-profit Organisation, die sich als Netzwerk versteht, das europaweit Partner verbindet, die das Ziel verfolgen Innovationen für die Industrie zu generieren

### EUA, EUROPEAN UNIVERSITY ASSOCIATION

Die EUA ist mit 850 Mitgliedern in 47 Ländern die größte Interessensvertretung europäischer Hochschulen. Die Technische Hochschule Ingolstadt wurde als erste bayerische Hochschule für angewandte Wissenschaften in die EUA aufgenommen.

### EUA-CDE, EUROPEAN UNIVERSITY ASSOCIATION – COUNCIL FOR DOCTORAL EDUCATION

Der CDE ist eine Unterinstitution der EUA, die sich mit der Weiterentwicklung der Doktorandenausbildung in Europa auseinandersetzt. Die Technische Hochschule Ingolstadt ist bundesweit eine der wenigen Hochschulen für angewandte Wissenschaften, die in den CDE aufgenommen wurden.

## Weitere Mitgliedschaften (Auszug)

ASAM Association for Standardization of Automation and Measuring Systems

CLUSTER OFFENSIVE BAYERN Cluster Automotive; Cluster Logistik; Cluster Energietechnik; Umweltcluster

DGES Dt. Gesellschaft Elektrische Straßenfahrzeuge

ECS The Electrochemical Society

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

ACI Automotive Circle International

Car 2 Car Communication Consortium

BDLI Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V.

DGLR Dt. Gesellschaft Luft- und Raumfahrt

DEGA Deutsche Gesellschaft für Akustik

VDI Verein Deutscher Ingenieure

DEUTSCHE MTM GESELLSCHAFT E.V.

GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E.V.

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie

SCHMALENBACH GESELLSCHAFT E.V.

FORNEBIK Forschungsnetzwerk Biogene Kraftstoffe

FACHVERBAND BIOGAS

BIOGASFORUM BAYERN

KUMAS Kompetenzzentrum Umwelt

BAYFPR ETA Bayer. Forschungsverbund Energieeffiziente Technologien und Anwendungen

DSTTP Dt. Solarthermie Technologie-Plattform; Beirat

INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR Forschungsplattformen

ISES International Solar Energy Society

DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie

VDE Verband der Elektrotechnik

DPG Deutsche Physikalische Gesellschaft

CCEV Carbon Composites e.V.

DEUTSCHER VERBAND FÜR MATERIALFORSCHUNG UND -PRÜFUNG E.V.

STIFTERVERBAND FÜR DIE DEUTSCHE WISSENSCHAFT

### Further Memberships (Excerpt)

- ASAM Association for Standardization of Automation and Measuring Systems
- Cluster Offensive Bavaria Cluster Automotive; Cluster Logistics; Cluster energy Technologies; Environmental cluster
- DGES German Society of Electric Vehicles
- ECS The Electrochemical Society
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ACI Automotive Circle International
- Car 2 Car Communication Consortium
- BDLI German Aerospace Industries Association
- DGLR German Aeronautical and Astronautical Society
- DEGA German Acoustics Society
- VDI Association of German Engineers
- German MTM Society
- German Society for Computer Science
- DECHEMA German Society for Chemical Engineering and Biotechnology
- Schmalenbach Society
- ForNeBiK Biological Fuel Research Network
- German Biogas Association
- Biogas Forum Bavaria
- KUMAS Center of Competence in Environmental Affairs
- BayFPR ETA Bavarian Society for Research into Energy Efficient Technologies and Applications
- DSTTP German Solar Thermal Technology Platform
- International Energy Agency – Research Platforms
- ISES International Solar Energy Society
- DGS German Society for Solar Energy
- VDE German Electrotechnical Society
- DPG German Physical Society
- CCeV Carbon Composites e.V.
- German Society for Materials Research and Testing
- The Donors' Association for the Promotion of Humanities and Sciences in Germany



# Internationale Forschungskooperationen

International Research Cooperations

# NEED: Network of Energy Excellence for Development

## NEED – Network of Energy Excellence for Development

Sustainable and safe energy supply has long been a challenge for many countries in Southern Africa, especially in the more remote areas. Some novel approaches have been developed in recent years, however, a lack of technical expertise and a properly trained workforce have prevented the establishment of a sustainable energy infrastructure. Despite efforts in the past to start research projects related to renewable energies, a comprehensive approach to renewable energy integration is still lacking in large parts of the region.

Weak connections between research institutes, educational institutions and the private sector as well as inefficient bureaucracies in the public sector prevent the widespread installation of renewable energy technologies. These challenges the NEED project seeks to address directly.

### Goals of the project NEED

The acronym NEED stands for Network of Energy Excellence for Development and describes the guiding principle of the project: the long-term establishment of a network of renewable energy research in Southern Africa. Five universities from Botswana, Germany, Namibia, and Zambia have come together to pursue common goals: to lay a foundation of technical know-how in the field of renewable energies in Southern Africa, to network with the most important actors in the region, and to motivate and inspire political leaders to invest in renewable energy sources. The key elements are the establishment of dual study programs, the harmonization of industrial standards and the consolidation of research activities. Besides, energy concepts for two remote regions will be developed – one under desert conditions and one located in a wetland region.

Eine nachhaltige und sichere Energieversorgung sind nach wie vor eine Herausforderung in vielen Ländern des südlichen Afrika, insbesondere in entlegenen Gebieten. Ansätze dazu wurden in den vergangenen Jahren zwar entwickelt. Allerdings untergraben der Mangel an Fachwissen und ausgebildeten Arbeitskräften immer noch eine effektive Nutzung von Erneuerbaren Energien für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Wenngleich in der Vergangenheit begonnen wurde, Forschungs- und Demonstrationsprojekte umzusetzen, so mangelt es weiterhin an einem umfassenden und integrativen Ansatz zur breitflächigen Nutzung der Erneuerbaren Energien.

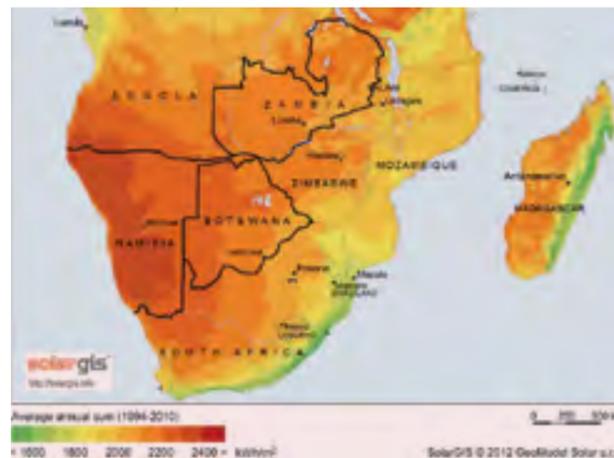


Abb1: Über das Projekt NEED kooperiert das Institut für neue Energie-Systeme der THI mit vier Partnern aus Botswana, Namibia und Sambia, wo die Sonneneinstrahlung ein enormes Potenzial zur Nutzung Erneuerbarer Energien birgt. (Quelle: solargis)

Insbesondere eine schwach ausgeprägte Vernetzung zwischen Forschungsinstitutionen, Bildungseinrichtungen und der Privatwirtschaft sowie langwierige Entscheidungsprozesse im öffentlichen Sektor behindern weiterhin einen breiten Einsatz von Erneuerbaren Energien. Hier setzt das Projekt NEED an.



Abb2a: Trotz Einzelinitiativen und Pilotprojekten zur Nutzung Erneuerbarer Energien mangelt es häufig und immer an einer flächendeckenden, nachhaltigen und sicheren Energieversorgung.



Abb2b: Im südlichen Afrika fehlt vielerorts das Wissen zur Instandhaltung von Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energien, wie diese Abbildung eines beschädigten Solarkollektors zeigt.

## Measures and Expected Outcome

Each project partner is responsible for at least one sub-project in the overall NEED working plan. The Institute of new Energy Systems at THI is responsible for project coordination, management of the network and public relations. THI also provides support in technological matters and guarantees knowledge transfer to and between the project partners as well as local actors.

The sub-project "Research Policies" is coordinated by the University of Zambia. In close coordination with local actors and institutions from politics and the private sector, strategies for the encouragement of research in the field of renewable energies are being developed. Following the model of the developed countries, these strategies shall than be anchored in the national research policies of the target countries.

The sub-project "Industry Standards", which is coordinated by the Botswana International University of Science and Technology, deals with the requirements relevant for technical standards in the field of renewable energies as well as standardization processes in the target region. One area of emphasis is on the development of approaches for the harmonization of industrial standards, as standards are available but unfortunately not compatible across borders. This represents a potential barrier to the widespread implementation of renewable energies in the region.

The sub-project "Dual Studies" is directed by the Polytechnic of Namibia with the goal of encouraging practical training in the field of renewable energies within the academic university context. The lack of well-trained engineers and technicians with practical knowledge of the necessary technologies generally is considered as a main barrier for the wider implementation of renewable energy technologies. Therefore, this sub-project is intended to provide skills for the implementation of training concepts, taking the well-established "dual study" model as an example.

Two sub-projects of NEED aim at the establishment of model regions to demonstrate the practical implementation of renewable energy technologies in a regional context. The model regions were chosen according to the given local conditions. The model region "Fossil-Free Wetlands" covers a nature reserve area with a high number of tourist accommodations locally known as "lodges." Precisely how renewable energies can be encouraged in this type of fragile ecosystem is a subject of close analysis and observation and represents the main part of this sub-project, which is coordinated by the Okavango Research Institute of the University of Botswana.

The research facility "Gobabeb" in the Namib Desert in Namibia includes a number of settlements and represents the second model region of the NEED project, referred to as "Renewable Minigrig Drylands." By examining this remote region, it will exemplarily be shown how a renewable energy system can be developed and optimized. The emphasis of this sub-project implies not the implementation of western

## Zielsetzung des Projekts NEED

Das Akronym NEED steht für Network of Energy Excellence for Development und beschreibt den Kerngedanken des Projekts: Die langfristige Etablierung eines Forschungsnetzwerkes im Bereich der Erneuerbaren Energien im südlichen Afrika. Fünf Universitäten aus Botswana, Deutschland, Namibia und Sambia haben sich zum Ziel gesetzt, Strukturen für den Aufbau technischen Know-hows im Bereich der Erneuerbaren Energien in den beteiligten Ländern zu schaffen, wichtige Akteure vor Ort zu vernetzen sowie Bewusstsein und Handlungsbereitschaft für Erneuerbare Energien auf politischer Ebene zu steigern. Zentrale Ansatzpunkte hierfür sind die Entwicklung von dualen Studienprogrammen, die Vereinheitlichung von Industrienormen sowie die Bündelung von Forschungsaktivitäten. Neben diesen Maßnahmen sollen beispielhaft Energiekonzepte für zwei entlegene Regionen – ein Wüstengebiet und eine Sumpfreigion – entworfen werden.

## Maßnahmen und erwartete Ergebnisse

Jeder Projektpartner ist für mindestens ein Teilprojekt des gemeinsamen NEED-Projekts verantwortlich. Das Institut für neue Energie-Systeme (InES) der Technischen Hochschule Ingolstadt ist als Projektkoordinator für das Management des Netzwerkes und die Öffentlichkeitsarbeit zuständig, leistet Unterstützung im Bereich der Technologie und gewährleistet den Wissenstransfer zu und zwischen den Projektpartnern sowie weiteren, lokalen Akteuren.

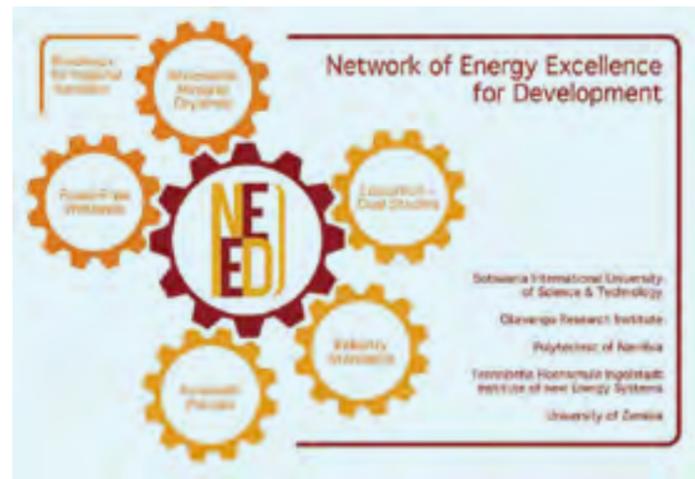


Abb3: Die NEED-Projektstruktur

Das Teilprojekt **Research Policies** wird von der University of Zambia koordiniert. In enger Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren und Institutionen aus Politik und Wirtschaft sollen Strategien zur Förderung der Forschung im Bereich Erneuerbare Energien erarbeitet werden. Nach dem Vorbild entwickelter Industriestaaten sollen diese in der nationalen Forschungspolitik der jeweiligen Länder der Zielregion verankert werden.

Das Teilprojekt **Industry Standards** wird von der Botswana International University of Science & Technology koordiniert und befasst sich mit den Anforderungen an Normen und technischen Vorschriften im Bereich der Erneuerbaren Energien sowie den Standardisierungsprozessen in der Zielregion. Ein Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Ansätzen zur Vereinheitlichung von Industrienormen, da Normen zwar verfügbar sind, diese jedoch nicht über die Grenzen hinweg kompatibel sind – und somit ein potenzielles Hindernis für eine breitere Anwendung von Erneuerbaren Energien in der Region darstellen.

Das Teilprojekt **Dual Studies** wird von der Polytechnic of Namibia geleitet und zielt auf die Förderung der praktischen Ausbildung im Bereich Erneuerbare Energien als Teil der akademischen Bildung ab. Der Mangel an gut ausgebildeten Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern mit praktisch anwendbarem Wissen wird generell als Hindernis für die breitere Nutzung Erneuerbarer Energien gesehen. Daher sollen im Rahmen dieses Teilprojektes Entwicklungsmöglichkeiten zur Umsetzung von Trainingskonzepten nach dem Vorbild des Dualen Studiums in der Zielregion ausgelotet werden.

Zwei Teilprojekte des **NEED-Projekts** zielen auf die Etablierung von Modellregionen zur praktischen Umsetzung der Nutzung von Erneuerbaren Energien im lokalen Kontext ab. Diese wurden unter Berücksichtigung von typischen, lokalen Gegebenheiten ausgewählt. So umfasst die Modellregion „Fossil-Free Wetlands“ das Gebiet eines Nationalparks in Botswana mit einer Vielzahl von Touristenunterkünften, so genannten „Lodges“. Wie in diesem fragilen Ökosystem die Nutzung Erneuerbarer Energien vorangetrieben werden kann soll hierbei untersucht und ausgearbeitet werden. Leiter dieses Teilprojekts ist das Okavango Research Institute der University of Botswana.

Die Forschungseinrichtung Gobabeb in der Wüste Namib in Namibia samt angeschlossener Siedlungen stellt das Areal der zweiten Modellregion, den „Renewable Minigrig Drylands“, dar. Anhand dieser entlegenen Region soll auch hier exemplarisch ein System zur Eigenenergieversorgung entwickelt beziehungsweise optimiert werden. Der Schwerpunkt liegt hierbei weniger auf der Implementierung westlicher High-Tech-Systeme. Stattdessen soll das Energieversorgungskonzept unter Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten einfach nachzuahmen und zu betreiben sein. Die Teilprojektleitung übernimmt hier die Polytechnic of Namibia.

Vom 13. bis 17. April 2014 fand in Lusaka, Sambia, an der University of Zambia das offizielle Auftakttreffen des NEED-Projektteams statt. Gleichzeitig wurde ein erstes Stakeholder-Meeting mit assoziierten Partnern und im Bereich Erneuerbare Energien tätigen Unternehmen aus Sambia veranstaltet.



Abb4: Im Rahmen des offiziellen NEED-Auftakttreffens wurden auch assoziierte Partner und im Bereich Erneuerbare Energien tätige Institutionen zu einem Stakeholder-Meeting eingeladen.

high-tech systems, but rather the realization of energy provision concepts tailored to the local conditions in Southern Africa which are easy to implement and maintain. This sub-project is coordinated by the Polytechnic of Namibia.

The kick-off meeting of the NEED project team took place from the 13<sup>th</sup> to the 17<sup>th</sup> of April, 2014 at the University of Zambia in Lusaka. At the same time an initial stakeholders' meeting was held to which associated partners in the field of renewable energies as well as representatives of the Zambian business community were invited.

The second NEED project meeting took place in Ingolstadt from the 14<sup>th</sup> to the 18<sup>th</sup> of October. Project Leader Professor Wilfried Zörner is satisfied with the development of the project so far: "Since the beginning of the project on the 1<sup>st</sup> of March, 2014, our international project team has clearly grown together and works with a lot of motivation on the implementation of this ambitious project. Our overall goal is to look for specific solutions to the unique problems of each locality." The NEED network, which is initially based on the five founding institutions, is open for new partnerships and welcomes interested new partners from institutions related to renewable energy technology in Southern Africa.

The project has a duration of three years (March, 2014 until February, 2017) and is supported by the European Union in the ACP Program "Science and Technology II."

Vom 14. bis 18. Oktober 2014 folgte das zweite NEED-Projekttreffen in Ingolstadt. Projektleiter Prof. Wilfried Zörner zeigte sich dabei mit dem bisherigen Projektverlauf zufrieden: „Unser internationales Projektteam ist seit dem Startschuss am 1. März 2014 spürbar zusammengewachsen und arbeitet sehr motiviert an der Umsetzung des ambitionierten Projekts. Unser Ziel ist es dabei, für jedes Land gezielt nach passgenauen Lösungen zu suchen, die für die Bevölkerung geeignet sind.“ Das ursprünglich aus fünf Gründungsinstitutionen bestehende NEED-Netzwerk ist offen für weitere Partner aus dem südlichen Afrika, lokale Institutionen aus dem Bereich Erneuerbare Energien sind sehr willkommen.



Abb5: Vom 14. bis 18. Oktober 2014 fand an der Technischen Hochschule Ingolstadt das erste Netzwerktreffen des NEED-Teams statt. (Quelle: THI)

Das Projekt läuft über drei Jahre (März 2014 bis Februar 2017) und wird von der Europäischen Union im ACP-Programm „Science and Technology II“ gefördert.



# AWARE: Strategische Partnerschaft mit Brasilien

Die strategische Partnerschaft AWARE verbindet die Technische Hochschule Ingolstadt seit 2013 mit Brasilien.

## AWARE Applied Network on Automotive Research and Education

### FÖRDERGEBER / PROGRAMM

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), DAAD-Förderlinie Strategische Partnerschaften und Thematische Netzwerke (Förderkennzeichen: 56268484)

### LAUFZEIT

04/2013-03/2017

### FÖRDERSUMME

730.000 Euro

### LEITUNG WISSENSCHAFT

PROF. DR. HANS-GEORG SCHWEIGER  
PROF. DR. ANDREAS HAGERER  
DR. CHRISTIAN LAUERER  
PROF. DR. THOMAS BRANDMEIER

### LEITENDE PROJEKTKOORDINATORIN

ANNE-SOPHIE LOHMEIER

### INTERNET

<http://aware.thi.de>

## AWARE – Strategic Partnership with Brazil

### AWARE

Applied Network on Automotive Research and Education

### Funding Source/Program

Bundesministerium für Bildung und Forschung (German Federal Ministry for Education and Research), DAAD (German Academic Exchange Program)

### Duration: 04/2013-03/2017

Funding Amount: 730,000 Euro

### Academic Director

Prof. Dr. Hans-Georg Schweiger, Prof. Dr. Andreas Hagerer, Dr. Christian Lauerer, Prof. Dr. Thomas Brandmeier

### Head Project Coordinator

Anne-Sophie Lohmeier

Project Website: <http://aware.thi.de>

*A New Level of Strategic Partnership*

When looking back on the THI's relationship with Brazil, 2013 will be remembered as a year of watershed in terms of financing and opportunity. As one of two Universities of Applied Sciences and in competition with over 100 university applicants, the Technische Hochschule was able to successfully set itself apart in the DAAD competition "Strategic Partnerships." This victory provides the THI with 730,000 euros annually for 4 years and takes the cooperation between our primary partners – the Brazilian Federal Universities of UFSC and UFPR to a new level. A range of associated partners have likewise actively dedicated themselves to this south Brazilian partnership which includes the technologically advanced cities of Paraná, São Paulo, and Santa Catarina. From the very beginning, Brazilian partners from the region in both commerce and politics have been interested in establishing an intensive practical and technological network.

One starting point for further cooperative action is certain to be the Electric Mobility Forum that takes place in alternating years in Ingolstadt and in Brazil. The first meeting took place in Joinville where four student teams (including the Schanzer Racing Team from the Technische Hochschule and three other teams from Brazilian partner universities) engaged in cross-border research activities related to the electric race cars. The core of the cooperation network are, however, the (joint) research projects which are presented and published internationally through participation in selected conferences and submissions to scientific journals. Examples include the Biomedical Congress in Uberlândia, Brazil in 2014 or the IEEE conference in Qingdao which included contributions from partners from German industry. Below are some representative samples of project work from various research fields.



Abb1: Zucker- / Ethanolverarbeitungsfabrik in Umuarama. Teilnehmer v.l.n.r.: Student UFPR / Campus Palotina, Johann Hauber (THI), Prof. Wilson Beninca / UFPR-Palotina, Bastian Eisenschenk (THI), Ehefrau von Prof. Beninca.

*Strategische Partnerschaft im neuen Rahmen*

Was die Brasilienaktivitäten der Hochschule angeht, markiert das Jahr 2013 deren Verstärkung in einem neuen Handlungs- und Finanzierungsrahmen: Als einer von zwei Hochschulen für angewandte Wissenschaften und im Wettbewerb mit rund 100 weiteren überwiegend universitären Bewerbern gelang es der THI, sich im DAAD-Wettbewerb „Strategische Partnerschaften“ erfolgreich zu positionieren. Damit verbunden ist eine über vier Jahre laufende Förderung von 730.000 Euro, welche die strategische Zusammenarbeit mit unseren Kernpartnern, den brasilianischen Bundesuniversitäten UFSC und UFPR, auf eine neue Ebene stellt. Zahlreiche assoziierte Partner bringen sich ebenfalls aktiv in das südbrasilianische Netzwerk ein, welches die technisch und wirtschaftlich hoch entwickelten Bundesstaaten Paraná, São Paulo und Santa Catarina umfasst. Von Anfang an sind brasilianische Unternehmen sowie das Kammernetzwerk vor Ort eingebunden, um einen intensiven Praxis- und Technologiebezug sicherzustellen.

Einen zentralen Kristallisationspunkt weiterer gemeinsamer Aktivitäten schafft das jährlich wechselseitig in Brasilien und in Ingolstadt stattfindende Elektromobilitätsforum Ingolstadt-Brasilien. Das erste Forum fand in Joinville statt, wo sich vier studentische Teams, darunter das Schanzer Racing Team der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI) sowie drei weitere Mannschaften brasilianischer Partneruniversitäten zu grenzüberschreitenden Forschungsaktivitäten rund um einen elektrisch angetriebenen Rennwagen zusammenfanden. Herzstück und Kontinuum des Netzwerks bilden die (Verbund-)Forschungsprojekte, welche im Rahmen gemeinsamer wissenschaftlicher Publikationen sowie ausgesuchter Konferenzteilnahmen präsentiert und international bekannt gemacht werden, etwa auf dem Biomedizin-Kongress 2014 im brasilianischen Uberlândia oder auf der International IEEE-Konferenz in Qingdao, bei letzterer unter Mitautorenschaft des deutschen Industriepartners. Stellvertretend für die gemeinsamen Aktivitäten seien nachfolgend vier Projektbeispiele aus verschiedenen Bereichen genannt.

*Forschung*

Mit Hilfe des CARISSMA-Fahrsimulators der THI wurde dem spezifisch brasilianischen Problem schwerer Verkehrsunfälle nachgegangen, indem eine Probandenstudie zur Fahrerüberwachung konzipiert und durchgeführt wurde. Hierbei modellierte ein deutsch-brasilianisches Team eine unfallträchtige Küstenstraße im Bundesstaat Paraná visuell nach. Anschließend wurde das Verhalten deutscher und brasilianischer Testfahrer auf innere wie äußere Einflussfaktoren hin überprüft.



Abb2: Test des fertigentwickelten Motorradsimulators des Forschungsinstituts CERTI in Florianópolis, Brasilien. Fahrer: Felix Kohlbrenner, THI-Praktikant am CERTI.

*Lehre*

Neben den Ingenieurwissenschaften engagieren sich die Wirtschaftswissenschaften im AWARE-Netzwerk. So organisierte die THI Business School mit den Partnern aus Florianópolis eine Vorlesungs- und Workshopreihe an der dortigen UFSC zum Thema International Retail Management. Neben Masterstudierenden beteiligten sich Unternehmensvertreter führender Handelsunternehmen. Unterstützt wird die Kooperation vom Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), dem Bindeglied in der dualen Ausbildung zum brasilianischen Handel. Der Fokus lag auf den Bereichen Strategie, Branding, CSR und Logistik im Retail Management. Damit wird die Grundlage für fortführende gemeinsame Studienprogramme gelegt.

*Start-up*

Das zweite, in Ingolstadt abgehaltene deutsch-brasilianische Elektromobilitätsforum brachte das brasilianische Start-up Podshare hervor, welches in Florianópolis derzeit das erste Car-Sharing-Modell mit elektrischen Autos gründet. Die Podshare-Gründer wurden bei ihrem Besuch fakultätsübergreifend beraten. Auf der Suche nach Investoren und Entwicklern in Europa stellte das Forum wichtige Weichen.

*Research*

With the help of the CARISSMA automobile simulator at the THI, researchers were able to investigate the Brazilian problem of tragic car accidents through the development and implementation of a test study of driver monitoring. A German-Brazilian team visually modeled an accident-prone stretch of road in the state of Paraná and later investigated the accident-causing features of the road with German and Brazilian test drivers.

*Teaching*

The AWARE network also has a strong economics program alongside the impressive engineering projects. The THI Business School, for example, initiated a series of lectures and workshops on international retail management with partners from the UFSC in Florianópolis. Participants included not only Masters students but also a number of representatives from leading local trade firms. The cooperation is also supported by the Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) which serves as an important link in the dual study with Brazilian Trade entities. The emphasis in the program has been on aspects of strategy, branding, CSR and logistics in retail management and in the future it will serve as a strong foundation for collaborative study.

*Start-up*

The second German-Brazilian Electric Mobility Forum featured the Brazilian start-up company Podshare, which has established the first electric car-sharing system in the city of Florianópolis. During their visit, the founders of Podshare availed themselves of the Forum's expertise on a wide range of subjects while using the Forum as a further opportunity to seek contact with European investors and developers.

## Outreach

In a further project undertaken in conjunction with the Transportation Ministry of the state of Paraná, doctoral students from the THI held talks on traffic safety and innovative transportation safety technology in local schools in Curitiba during the National Traffic Week of 2013. The projects above represent sustainable efforts to increase potential innovation through international contact. While only a few students took part in international exchange programs prior to 2013, over 40 people were active participants in the Germany-Brazil program in 2013. AWARE shows us how exchange programs can function as a means to creating a network of fruitful relationships and that each meeting between individuals fosters further cooperation. The primary challenge then becomes the maintenance of these important networks; an effort that must come from both sides, especially when the common goal is the acquisition on new projects with long-term commitments. The foundation is being laid now in the form of financial support from the state of Paraná as well as intensive negotiations towards cooperation with VW do Brasil in the same region.

## Outreach

Ein weiteres Projekt läuft in Kooperation mit dem Verkehrsministerium des Bundesstaates Paraná. Doktoranden der THI hielten im Zuge der dortigen nationalen Verkehrssicherheitswoche 2013 Vorträge an Schulen in Curitiba zur Verkehrserziehung sowie zu innovativen Verkehrssicherheitstechnologien.

Die genannten Projekte stehen für nachhaltige Impulse zur grenzüberschreitenden Steigerung des Innovationspotenzials, des gegenseitigen Lernens und der Kooperationsfähigkeit: Während vor 2013 nur vereinzelte Studierende ein Austauschsemester wagten, sind allein im Jahr 2013 über 40 Personen zwischen beiden Ländern gereist. AWARE lebt uns tagtäglich vor, wie sich ein Netzwerk mit der Multiplikatorenwirkung eines jeden Austauschs und mit jeder Begegnung an der Hochschule verankert und Grundlagen für weitere Kooperationen schafft. Die zentrale Herausforderung besteht in der Verstetigung des Netzwerks, welches von beiden Seiten insbesondere über gemeinsam akquirierte Verbundprojekte mit Langzeitperspektive zu realisieren ist. Mit einer ersten Zusage, dem AWARE-Netzwerk Fördermittel des Bundesstaats Paraná bereitzustellen sowie intensiven Kooperationsgesprächen mit dem im gleichnamigen Bundesstaat beheimateten Werk von VW do Brasil dürfte ein entsprechendes Fundament gelegt worden sein.



Abb3: Verkehrssicherheitswoche in Brasilien 2013. Die THI-Doktoranden Kathrin Sattler und Dennis Böhmländer halten Verkehrserziehungskurse an brasilianischen Schulen.

Foto: THI

# DARE: Forschungskooperation mit Osteuropa

Mit der strategischen Partnerschaft DARE baut die THI zusammen mit osteuropäischen Partnern ein Netzwerk mit Forschungsprojekten entlang der Automotive-Wertschöpfungskette auf.

## FÖRDERGEBER / PROGRAMM

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderung eines Ideenwettbewerbs zum Auf- und Ausbau innovativer FuE-Netzwerke mit Partnern in Donauanrainerstaaten (Förderkennzeichen: 01DS14016)

## DARE – Research Cooperation with Eastern Europe

## Funding Source / Program

Bundesministerium für Bildung und Forschung (German Federal Ministry for Education and Research) / Promotion of an innovation competition in order to build up R&D relationships among the countries along the Danube River.

## LAUFZEIT

06/2014 – 05/2015

## Duration

06/2014 – 05/2015

## FÖRDERSUMME

39.285 Euro

## Funding Amount

39,285 Euro

## PROJEKTLEITUNG

PROF. DR.-ING. THOMAS SUCHANDT  
Tel.: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 32 70  
Thomas.Suchandt@thi.de

## Project Director

Prof. Dr.-Ing. Thomas Suchandt  
Telephone: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 32 70  
Thomas.Suchandt@thi.de

## LEITENDE PROJEKTKOORDINATORIN

KRISZTINA LANTOS

Prof. Dr.-Ing. Michael Botsch  
Telephone: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 27 21  
Botsch.Michael@thi.de

## Head Project Coordinator

Krisztina Lantos

Together with its eastern European partners, the THI is working towards the establishment of strategic partnerships along the entire value chain of automotive production. This cooperation continues with funding from the BMBF allowing German universities, research institutes and businesses to network with top researchers in neighboring countries along the Danube resulting in cooperation strategies and novel projects. The partnership takes its official form under the acronym DARE: the Danubian Automotive Research Network of Excellence and through this project, the THI continues its ongoing tradition of international research partnerships.

The fact that the project includes three nations with the Danube River in common gave name to the so-called "Danube Strategy." The Danube is seen not only by the states that border it, but also by the European Union as a unifying force in the region that binds the nearby economic regions together. In order to strengthen this unique network of relationships, the European Commission has developed a strategy for the Danube neighbors. Its goal is the strengthening of bilateral and multilateral cooperation among the Danube countries in certain contexts.

DARE represents the long-term commitment of three central partners: The Technische Hochschule Ingolstadt, the Polytechnical University of Bucharest, Romania and the Széchenyi István University in the city of Győr, Hungary. As partners in this international cooperation, Ingolstadt and the many SME's from the region have the advantage of a range of commercial and political contacts in eastern Europe. Further cooperation in the field of research is supported by the Bavarian Research Alliance (BayFOR) and the Bavarian University Center for Central, Eastern, and Southern Europe (BAYHOST), both of which contribute to exchanges in the partner regions as well as offering support in European grant applications.

The primary goal remains, however, the establishment of new educational, industrial, and SME partnerships based upon these existing contacts while strengthening the integration of the scientists within the consortia to intensify international research projects. Alongside the personal and structural networking among both academic and non-academic actors, efforts will be made to establish new bilateral and multilateral cooperation. All projects should them culminate in Horizon 2020 intended to initiate a number of research projects using public and private support.

During the implementation of the project, the scientists involved met for project meetings on a regular basis which were themselves multi-day workshops with opportunities to exchange perspectives and experiences with their colleagues. Here they developed new structures for cooperation and initiated new research projects. Furthermore, some researchers meet on an individual basis to discuss certain aspects of their overall research questions. During the five-day opening workshop in Ingolstadt in July of 2014, many researchers from Germany, Hungary and Romania came together to lay a foundation for future successful cooperation in the exchange of ideas, interests and activities.

Die THI strebt zusammen mit osteuropäischen Partnern den Aufbau einer strategischen Partnerschaft entlang der Wertschöpfungskette im Bereich Automotive an. Die Zusammenarbeit wird im Rahmen eines Programmes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert, in dem deutsche Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen darin unterstützt werden sollen, sich mit exzellenten Forschern in Donauanrainerstaaten zu vernetzen, um gemeinsame Kooperationsstrategien und Projekte zu entwickeln. Die strategische Partnerschaft firmiert unter dem Akronym DARE – Danubian Automotive Research Network of Excellence. Dadurch wird ein wichtiger Beitrag zur Internationalisierungsstrategie der THI in der Forschung geleistet.

Das Projekt involviert drei Donauanrainerstaaten und ist somit ein Teil der sogenannten Donauraumstrategie. Die Donau wird sowohl von den Anrainerstaaten als auch von der Europäischen Kommission als verbindendes Element betrachtet, weil sie die Wirtschaftsräume verbindet. Um diese Verbindung weiter auszubauen und zu verstärken hat die Europäische Kommission eine Strategie für den Donauraum erarbeitet. Ziel dieser Strategie ist es, die grenzüberschreitende bi- und multilaterale Zusammenarbeit der im Donauraum befindlichen Akteure in ausgewählten Themenbereichen zu stärken.

DARE steht für den Aufbau einer langfristig angelegten Kooperation von aktuell drei geförderten Kernpartnern: die Technische Hochschule Ingolstadt, die Polytechnische Universität Bukarest aus Rumänien und die Széchenyi István Universität Győr aus Ungarn. Als assoziierte Partner stehen in Ingolstadt und der Region ansässige kleine und mittelständische Unternehmen mit Kontakten nach Osteuropa dem Projekt zur Seite: die Stadt Ingolstadt mit Kontakten zu Unternehmen und Regierungseinrichtungen, die Bayerische Forschungsallianz (BayFOR) und das Bayerische Hochschulzentrum für Mittel-, Ost- und Südosteuropa (BAYHOST) bei Forschungsk Kooperationen, Unterstützung bei Austausch mit der Zielregion und im Wettbewerb um europäische Fördergelder.

Die zentrale Zielsetzung besteht im Aufbau neuer Hochschul-, Industrie- und KMU-Partnerschaften auf Basis der bestehenden Kontakte sowie darin, die Wissenschaftler zunehmend in Konsortien einzubinden und deren Teilnahme an grenzüberschreitenden Forschungsprojekten zu fördern. Neben der persönlichen und strukturellen Vernetzung der beteiligten wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Mitarbeiter sollen bi- oder multilaterale Kooperationsvereinbarungen erarbeitet werden. Oberstes Ziel ist es, im Rahmen von Horizon 2020 gemeinsam öffentliche und industriefinanzierte Forschungsprojekte zu initiieren. Bei der Durchführung des Projekts haben die Wissenschaftler im Rahmen von regelmäßig stattfindenden Projekttreffen in Form von mehrtägigen Workshops die Möglichkeit, ihre Erfahrungen und ihr Wissen auszutauschen, neue Zusammenarbeitsstrukturen zu entwickeln und neue Forschungsvorhaben zu initiieren. Darüber hinaus können sich die Wissenschaftler zu spezifischen Fragestellungen im Rahmen von Einzelreisen treffen. Bei dem fünftägigen Eröffnungsworkshop im Juli 2014 in Ingolstadt haben zahlreiche Wissenschaftler aus Deutschland, Ungarn und Rumänien den Grundstein für eine erfolgreiche Zusammenarbeit gelegt, indem die Partner sich und ihre Aktivitäten, Interessen, Ideen vorgestellt haben. Bei dem ersten Treffen entstanden viele Ideen und auch konkrete Vorschläge für gemeinsame Forschungsprojekte im Rahmen von Horizon 2020. Diese wurden bei dem zweiten Projekttreffen im November 2014 in Győr / Ungarn im Hinblick auf die gemeinsame Ausarbeitung eines Förderantrags konkretisiert.

Dabei identifizierten die Wissenschaftler folgende Themenschwerpunkte für die zukünftige Zusammenarbeit:

- Fertigung und Verarbeitung – Industrie 4.0
- Automatisierung im Straßenverkehr
- Innovative Lösungen für einen ressourcenschonenden und umweltfreundlichen Verkehr
- Weiterentwicklung von Mobilität und Verbesserung der Verkehrssicherheit

Die THI kann umfangreiche Erfahrungen in die Kooperation im Bereich Mobilität einbringen, dadurch einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Verkehrssicherheit und zum Klimaschutz leisten und somit sowohl für die Hochschule als auch für ihre Partner einen klaren Mehrwert generieren. Denn die zunehmende Mobilität in den Donauanrainerstaaten bringt die typischen Probleme in Form von zunehmender Verkehrsdichte, steigende Unfallzahlen, Emission und Umweltverschmutzung mit den bekannten negativen individuellen und gesellschaftlichen Folgekosten mit sich. Aus den bestehenden Erfahrungen heraus lassen sich so nun neue Forschungserkenntnisse gewinnen.

Als weiteres Ziel ist es angedacht, das aufgebaute Netzwerk über die bestehenden Kontakte weiter auszubauen und nach dem Auslauf des Projekts gemeinsam einen EU-Antrag in der Förderphase 2 zu stellen.

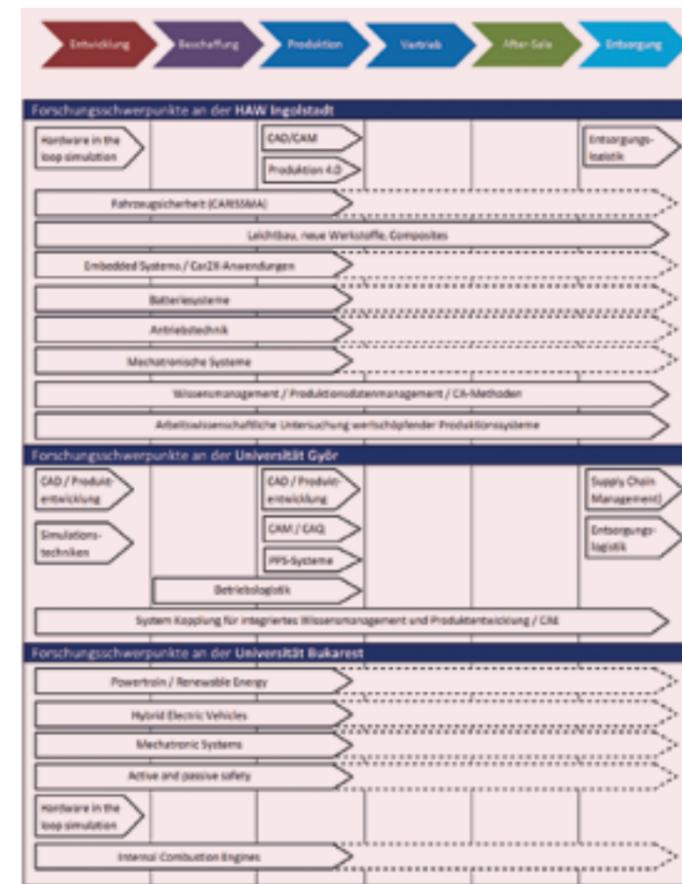
Many concrete proposals were made in the first meeting with an eye towards collaborative work and Horizon 2020. In November of 2014, these ideas were made official in the second meeting in Győr, Hungary in the form of a joint grant proposal. The researchers identified the following fields as necessary research areas:

- Factories of the future – Industry 4.0
- Safe and connected automation in road transport
- Innovative solutions for cleaner and better urban transport and mobility
- Mobility for Growth

The THI has much to offer in its cooperative research in the field of future mobility. This expertise represents an important contribution to vehicle safety as well as environmental protection while at the same time encouraging a strong relationship with tangible benefits for the Technische Hochschule and its valued partners abroad. In all of the Danube states the question of mobility is an important one. Increased traffic, high accident rates, carbon emissions and environmental pollution generally all bear heavy costs for individuals and societies. These experiences must be transformed into new research findings.

Looking ahead, there are already plans to preserve the network of contacts beyond the end of project funding. Phase 2 of the research project is already being considered in which the existing international networks can be strengthened and extended.

Abb1: Forschungsschwerpunkte entlang der Automotive-Wertschöpfungskette





# Publikationen & Vorträge

Publications & Presentations



## Publikationen

Wilhelm, E., Wellnitz, J. (2013). *The Usage of Light-weight Materials in Hazardous Areas: Flex-Metal-Mesh*. In: Subic, A. & Trufin, R. (Hg.), *Sustainable Automotive Technologies 2013. Proceedings of the 5th International Conference ICSAT 2013*. Cham: Springer International Publishing.

Zehbold, C., Schmidt, W., Fleischmann, A. (2013): *Activity-Based Costing for S-BPM*, in: Fischer, H., Schneeberger, J. (Eds.), *Proceedings of the 5th International Conference S-BPM ONE 2013 in Deggen-dorf, Communications in Computer and Information Sciences (CCIS) 360*, Springer, Berlin Heidelberg, 2013, pp. 166-177.

### VORTRÄGE 2013

### PRESENTATIONS 2013

Aschmann, V., Häring, G., Sonnleitner, M., Wiedemann, L., Zörner, W., (2013): *Technische Anforderungen an Biogasanlagen für die flexible Stromerzeugung*. Biogas Forum Bayern – Fachinformation, Freising, 11/2013.

Bader, T., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W. (2013): *Climate Specific Design and Effectiveness of Solar DEC-Systems – A Methodological Zoning Approach*. SHC 2013 Conference, Freiburg, 23.-25.09.2013.

Bader, T., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W. (2013): *Global applicability of solar DEC-systems: basic technology effectiveness in climatically different regions*. 5th International Conference Solar Air-Conditioning, Bad Krozingen, 25.-27.09.2013.

Bornschlegl, Martin (2013): *Holistic Approach to Reducing CO2 Emissions along the Energy-Chain (E-Chain)*. 3. Beschaffungssymposium. TH Ingolstadt. Ingolstadt, 03.12.2013.

Elger, G. (2013): *Transiente Thermische Analyse als Messmethode für die Zuverlässigkeit von High Power LEDs*, IMAPS Herbstkonferenz, München, 17.-18.10.2013.

Elger, G. (2013): *LED Packaging – Gegenwart und Zukunft, SMT Hybrid Packaging*, 16.-18.4.2013, Nürnberg.

Geneder S., Pfister F., Wilhelm C., Arnold A., Koegeler H.-M., Scherrmann P. (2013): *Simulation data management for managing physical vehicle parameters of a virtual vehicle fleet*. AVL Advanced Simulation Technologies International User Conference, Graz, 18.6.2013.

Gold, R. (2013): *Applications of decision graphs*. 44th International Conference on Combinatorics,

*Graph Theory and Computing*, Boca Raton, USA, 04.-08.03.2013.

Häring, G., Sonnleitner, M., Zörner, W. (2013): *BioStrom: Steuerbare Stromerzeugung aus Biogasanlagen – Zwischenergebnisse*. BIOGAS 2013 6. Innovationskongress. Osnabrück (Germany), 23. – 24.05.2013.

Häring, G., Sonnleitner, M., Zörner, W., Hanby, V. (2013): *Technical Modifications and Concepts for a Controllable Electricity Production via Biogas Plants in Germany*. EU BC&E 2013, Copenhagen (Denmark), 03. – 07.06.2013.

Häring, G., Sonnleitner, M., Zörner, W., Hanby, V. (2013): *Technical Modifications and Concepts for a Controllable Electricity Production via Biogas Plants in Germany*. Bioenergy 2013, Jyväskylä (Finland), 04. – 06.09.2013.

Häring, G., Sonnleitner, M., Zörner, W. (2013): *BioStrom: Möglichkeiten und Herausforderungen bei der bedarfsgerechten Stromerzeugung – Erfahrungen aus Wissenschaft und Praxis*. Sächsische Biogastagung, Nossen, 08.10.2013.

Häring, G., Sonnleitner, M., Zörner, W. (2013): *BioStrom – Steuerbare Stromerzeugung mit Biogas*. 4. Statuskonferenz Energetische Biomassennutzung, Leipzig, 13. – 15.11.2013.

Müller, H., Zörner, W. (2013): *Potentiale solar-thermischer Anwendungen in der bayerischen Lebensmittel-industrie*. 23. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 24.-26.04.2013.

Müller, H., Brandmayr, S., Zörner, W. (2013): *Development of an evaluation methodology for the potential of solar-thermal energy use in the food industry*. SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Freiburg, 23.-25.09.2013.

Raab, A. (2013): *Potenzialzuweiser identifizieren - Wachstumspotenziale realisieren*. Augsburger Perspektiven: Klinikmanagement und regionale Versorgung. Augsburg, 27.11.2013.

Raab, A. (2013): *Potenzialanalysen und Zuweisermarketing*. KhochN – Die Kreativkonferenz für neue Marketingkommunikation in Kliniken. Berlin, 19.09.2013.

Raab, A. (2013): *Weiterentwicklung der Bayerischen Kurorte und Heilbäder: „Gesundheitstourismus“: Der wechselseitige Bezug von Gesundheit, Qualität und Marketing*. Expertenhearing des Bayerischen Landes-

amts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Organisationseinheit des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit). München, 25.07.2013.

Reiter, C., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W., Hanby, V. (2013): *Performance Optimisation of Polymeric Collectors by Means of Dynamic Simulation and Sensitivity Analysis*. SHC 2013 Conference, Freiburg, 23.-25.09.2013.

Reiter, C., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W. (2013): *Fertigungstechnik und Kollektorkonstruktion für Vollkunststoff-Kollektoren*. 3. Deutsche Solarthermie-Technologiekonferenz, Berlin, 30.01.2013.

Reiter, C., Trinkl, C., Zörner, W. (2013): *Entwicklung eines Kunststoffabsorbers: Strömungsmechanische und fertigungstechnische Gestaltung*. 23. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 24.-26.04.2013.

Riess, H., Brandmayr, S., Zörner, W. (2013): *Potenzialstudie gasgefüllter Flachkollektoren*. 23. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 24.-26.04.2013.

Riess, H., Brandmayr, S., Zörner, W., Greenough, R. (2013): *Analysis of the Mechanical Behaviour of an All-Round Fully Adhesive Supported Absorber*. SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Freiburg, 23.-25.09.2013.

Rowlett, J. (2013): *“Zeta regularized determinant of polygons.“ (1 lecture) Geometric and singular analysis workshop, Universität Potsdam, 25-29.3.2013.*

Rowlett, J. (2013): *“The mathematics of hearing the shape of a drum“ (1 lecture) Elliptic and Parabolic PDEs Workshop, Universität Hannover.*

Rowlett, J. (2013): *“Dynamics of the Geodesic Flow on Negatively Curved Complete Manifolds,“ (1 lecture) Texas Geometry and Topology Conference, 08.02-10.02.2013.*

Schmidt, W. (2013): *Subjektorientierte Geschäftsprozessmodellierung – Stakeholder gestalten und erfahren Prozesse interaktiv, Tutorial auf der Konferenz „Wirtschaftsinformatik 2013“, Leipzig 27.02.2013.*

Schröder, J. (2013): *Wertschöpfungsorientierung in Krankenhäusern*. Konferenz „Wertschöpfungsorientierung in Krankenhäusern“. Ingolstadt, 10.12.2013.

Steinbinder, Arno (2013): *Energy Efficiency in the Automobile Production*. International Summer School - University of Applied Sciences Ingolstadt. Ingolstadt, 25.07.2013.

Tomaneck, D.P. (2013): *Fallstudienresultate zur Wert-schöpfungsorientierung in Krankenhäusern*. Konferenz „Wertschöpfungsorientierung in Krankenhäusern“. Ingolstadt, 10.12.2013.

### PUBLIKATIONEN 2014

### PUBLICATIONS 2014

Bader, T., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W., Hanby V. (2014): *Climate Specific Design and Effectiveness of Solar DEC-systems: A Methodological Zoning Approach*. Energy Procedia, Volume 48, 2014, pp. 778-789.

Beckenbauer, D., Brandmayr, S., Zörner, W. (2014): *Simulation Study for the Solar Retrofitting of a District Heating System*. EuroSun 2014, Conference Proceedings, 17-19.09.2014, Aix-Les\_Bains.

Bornschlegl, M., Paryanto, Spahr, M., Kreitlein, S., Bregulla, M., Franke, J. (2014): *Energy Planning of Manufacturing Systems with Methods-Energy Measurement (MEM) and Multi-Domain Simulation Approach*. In: *Applied Mechanics and Materials* 655 (2014), S. 53-59.

Bornschlegl, M., Spreng, S., Kreitlein, S., Bregulla, M., Franke, J. (2014): *Determination of the Prospective Energy Consumption of Manufacturing Technologies with Methods-Energy Measurement (MEM)*. In: *4th International Conference and Exhibition in Electric Drives Production E[DPC 2014, [proceedings]*. Piscataway, NJ: IEEE, S 404-410.

Bornschlegl, M., Kreitlein, S., Bregulla, M., Franke, J. (2014): *A Method for Forecasting the Running Costs of Manufacturing Technologies in Automotive Production during the Early Planning Phase*. In: *12th Global Conference on Sustainable Manufacturing, zur Veröffentlichung angenommen*.

Böhmländer, D., Yano, V., Brandmeier, T., Zimmer, A., Ling, L., Wong, C., Dirndorfer, T. (2014): *A Novel Approach for Intelligent Pre-Crash Threat Assessment Systems*. In: *2014 Proceedings of 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*.

Drechsel, M., Bornschlegl, M., Dornhöfer, A., Spreng, S., Franke, J., Mackert, R. (2014): *A Model to Assess The Sustainability of Manufacturing Equipment Using The Example of a Reusable Frequency Converter Housing*. In: *4th International Conference and Exhibition in Electric Drives Production E[DPC 2014, [proceedings]*. Piscataway, NJ: IEEE, S 6-11.

## Publikationen

Ehrenwirth, M., Reiter, C., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W. (2014): *Analysis of polymeric soar-thermal collectors in drain back systems by simulation*. In: *EuroSun 2014, Conference Proceedings, 17-19.09.2014, Aix-Les\_Bains*.

Elger, G., Hanß, A., Schmid, M., Wipiejewski T. (2014): *Application of Thermal Analysis for the Development of Reliable High Power LED Modules*. In: *IEEE Proceedings SSLChhina2014*.

Elger, G., Kandaswamy, S. V., Derix, R., Conti F. (2014): *Detection of Solder Joint Cracking of High Power LEDs on Al-IMS During Temperature Shock Test by Transient Thermal Analysis*. In: *IEEE Proceedings Thermanic 2014*.

Elger, G., Kandaswamy, S. V., van Kouwen M., Derix, R., Conti F. (2014): *In-Situ Measurements of the Relative Thermal Resistance: Highly Sensitive Method to detect crack propagation in solder joints*, In: *IEEE Proceedings ECTC2014* .

Elger, G., Hutter, M., Rauschenbach S. Willwohl H. (2014): *Performance of improved SAC solders under high thermo-mechanical stress condition*. In: *IEEE Proceedings ECWC13*.

Endisch, C., Dollinger, P, Sipos, P., Simon, M. (2014): *Messverfahren und Vorrichtung zum Ermitteln eines Eisenverlustes in einem Blechpaket für eine elektrische Maschine, Offenlegungsschrift vom 15.05.2014, Deutsches Patent- und Markenamt*.

Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, C. (2014): *Subject-oriented Development of Federated Systems – A Methodological Approach*, Proceedings of the Euro-micro Conference series on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA) in Verona, 2014.

Fleischmann, A., Schmidt, W. (2014): *Cognitive Support for S-BPM User Interfaces Intertwining Modeling and Execution*, Proceedings of the 32nd European Conference on Cognitive Ergonomics in Vienna, 2014, ACM, New York, Article 25.

Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, C. (2014): *Subject-oriented Business Process Management, in: vom Brocke, J., Rosemann, M. (Eds.), Handbook on Business Process Management – Vol. 2, 2nd Edition*, Springer, Berlin-Heidelberg, 2014, pp. 601-622.

Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, C. (2014): *Subjects, Agents and Multi-Agent Systems, Proceedings – Type II of the 2014 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (WI-IAT) in Warsaw, 2014, pp. 47-48*.

Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, C. (2014): *Tangible or Not Tangible – A Comparative Study of Interaction Types for Process Modeling Support*, in: M. Kurosu (Ed.): *Human-Computer Interaction, Part II, Proceedings of the 16th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI) in Heraklion, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 8511*, Springer, Heidelberg 2014, pp. 544–555.

Geneder S., Pfister F., Wilhelm C., Arnold A. (2014): *Entwicklung vernetzter Antriebssysteme am Leistungsprüfstand*. In: *ATZ*, 116 (6) S. 28-33.

Gold, R. (2014): *Reductions of control flow graphs*. *International Journal of Computer, Information Science and Engineering*, 8(3), S. 23-30.

Großmann, D., Bregulla, M., Banerjee, S., Schulz, D., Braun, R. (2014): *Auf dem Weg zum Internet of Portals – Anwendungen für OPC UA Server Aggregation*. In: *atp edition – Automatisierungstechnische Praxis*, 56 (07-08), S. 42-51 .

Heigemeyr, A., Harrer, A. (2014): *Information Management for Adaptive Automotive Human Machine Interfaces*. In: *ACM: Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI ,14)*, 17.-19.9.2014, New York, Article 24.

Hauber, J., Huber, K. (2014): *BioFIRe – Biogenic Fuel Ignition Research*. Abschlussbericht, FKZ 22010410, Projektlaufzeit: 04/2011-12/2013, gefördert durch FNR, Ingolstadt, 2014.

Javied, T., Rackow, T., Franke, J. (2014, im Erscheinen): *Implementing Energy Management System To Increase Energy Efficiency In Manufacturing Companies*. In: *Proceedings of the 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing*.

Kandaswamy, S. V., Tetzlaff, U., Derix, R., Elger, G. (2014): *Analysis of Crack Length and Crack Position in the Solder Joints of High Power LEDs by Transient Thermal Measurements and Finite Element Simulations*. In: *IEEE Proceedings IMAPS 2014*.

Kandaswamy S. V., G., Derix, R., Wilde J, Elger, (2014): *Transient Thermal Analysis as a Test Method for the Reliability Investigation of High Power LEDs during Temperature Cycle Tests*. In: *IEEE Proceedings, IMAPS 2013*.

Kandaswamy S. V., G., Derix, R., Wilde J, Elger, (2014): *Transient Thermal Analysis as a Test Method for the Reliability Investigation of High Power LEDs during Temperature Cycle Tests*. In: *Journal of Microelectro-*

## Publikationen

*nics and Electronic Packaging*, vol. 11, no. 2, 2014.

Konrad, S., Raab, A. (2014): Welche Faktoren beeinflussen die Einweisungsentscheidung von niedergelassenen Ärzten in der Praxis? Eine empirische Untersuchung von arzt und patientenbezogenen Variablen und deren Einfluss auf das Einweisungsverhalten. In: Gesundheitsökonomie und Qualitätsmanagement, 03/2014, S. 137-143.

Kreitlein, S., Rackow, T., Franke, J. (2014): E|Benchmark - Approaches and Methods for Assessing the Energy Efficiency of the Industrial Automated Product Manufacturing. In: Periodical of Applied Mechanics and Materials, 655: Green Factory Bavaria Colloquium 2014, S. 15-20.

Kreitlein, S., Rackow, T., Franke, J. (2014): Energy KPI's, challenges for sustainable manufacturing strategies, analysis of existing rules and indicators in an industrial environment in relation to the establishment of energy benchmark. In: WGP Congress 2014 - Progress in Production Engineering, 1018 (1), S. 501-508.

Menden-Deuer, Susanne and Rowlett, Julie (2014) Many ways to stay in the game: Individual variability maintains high biodiversity in planktonic microorganisms, in *Journal of the Royal Society Interface*, 11(95):2014003.

Mürken, M., Simon, M., Augustin, C., Pforr, J., „Voltage balancing controller for automotive lithium ion batteries using bidirectional zero-voltage-transition multi-port converter," *Power Electronics and Applications (EPE'14-ECCE Europe)*, 2014 16th European Conference, pp.1,10, 26-28 Aug. 2014.

Mürken, M., Simon, M., Augustin, C., Pforr, J., „ Comparison of multi-port converter topologies with bidirectional energy flow for automotive energy net applications," *IEEE Energy Conversion Congress & Expo*, pp.1,8, 14-18 Sep. 2014.

Raab, A., Konrad, S. (2014): Welche Kriterien sind entscheidend für die Einweisungsentscheidung von niedergelassenen Ärzten? Eine empirische Untersuchung von arzt- und patientenbezogenen Variablen und deren Einfluss auf das Einweisungsverhalten. In: Arbeitsberichte - Working Papers TH Ingolstadt, 29/2014.

Rackow, T., Javied, T., Geith, T., Schuderer, P., Franke, J. (2014): Energy Controlling - Analysis and Evaluation of Energy Measuring Equipment for the Purpose of Energy Transparency in Production Plants. In: Periodical of Applied Mechanics and Materials, 655: Green Factory Bavaria Colloquium 2014, S. 35-40.

Rackow, T., Kohl, J., Canzaniello, A., Schuderer, T.,

Franke, J. (2014, im Erscheinen): Energy Flexible Production - Saving Electricity Expenditures by Adjusting the Production Plan. In: Proceedings of the 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing.

Rackow, T., Javied, T., Donhauser, T., Martin, C., Schuderer, T., Franke, J. (2014, im Erscheinen): Green Cockpit - Transparency on Energy Consumption in Manufacturing Companies. In: Proceedings of the 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing.

Reiter, C., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W., Hanby V. (2014): Performance Optimisation of Polymeric Collectors by Means of Dynamic Simulation and Sensitivity Analysis, *Energy Procedia*, Volume 48, 2014, Pages 181-191.

Reiter, C., Ehrenwirth, M., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W. (2014): Simulationsgestützte Leistungsanpassung von Kunststoffkollektoren. In: Ostbayerische Technologie-Transfer-Institut e.V. (Hg.): 24. Symposium Thermische Solarenergie, Tagungsband, 07.-09.05.2014, Regensburg, S. 34.

Richnow, J., Stenzel, P., Renner, A., Gerling, D., Endisch, C. (2014): Influence of Different Impregnation Methods and Resins on Thermal Behavior and Lifetime of Electrical Stators. In: Proceedings of the 4th International Conference of Electric Drives Production, 30.09.-01.10.2014, Nuremberg.

Riebl, R., Facchi, C. (2014): Implementation of Day One ITS-G5 Systems for Testing Purposes. In: R. Frank, M. Forster, C. Sommer, F. Kargl, T. Engel (Hg.): Proceedings of the 2nd GI/ITG KuVS Fachgespräch Inter-Vehicle Communication (FG-IVC 2014), Februar 2014, Luxembourg, S. 32-35.

Riess, H., Brandmayr, S., Zörner, W., Greenough, R. (2014): Analysis of the mechanical behavior of an all-round fully adhesive supported absorber, *Energy Procedia*, 48, S. 201–211.

Riess, H., Brandmayr, S., Zörner, W., Greenough, R. (2014): A Novel Production Technique for Flat Plate Solar Collectors with a Fully Adhesive Edge Bond. *EuroSun 2014, Conference Proceedings*, 17.-19.09.2014, Aix-Les\_Bains.

Ritzer S., Suchandt T., Kröger M. (2014) Das Vierpunktlager im Einsatz als Großwälzlager, Einflüsse unterschiedlicher konstruktiver Parameter auf die statische Grenzlast der Laufbahnen, *SMK Tagungsband zum Schweizer Maschinenelemente Kolloquium*, 25.-26.11.2014, [Rapperswil, Schweiz].

Rowlett, J. (2014) Errata to "Dynamics of asymptotically hyperbolic manifolds," in *Pacific Journal of Mathematics* issue 268, number 2 , pages 493-506.

Rowlett, J.(2014) The level sets of typical games, in *Notices of the American Mathematical Society* issue 61, number 8, pages 840-847.

Sattler, K, Stadler, D. Brandmeier, T, Reiner, J., Hakuli, S., Sadou D. (2014): Maneuver-based testing in combination with evolutionary algorithms for the system test of safety systems. *FISITA 2014 World Automotive Congress, Paper-Nummer F2014-AST-003*, Maastricht, Niederlande.

Schmidt, W., Braun, F., Kramm, A., Wurzer, J. (2014): Semantik-basiertes Compliance-Portal, in: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 51 (3), Springer, Heidelberg, 2014, S. 293-306.

Schmidt, W., Nanopoulos, A. (Eds.) (2014): S-BPM ONE - Scientific Research, Proceedings of S-BPM ONE 2014 in Eichstätt, *Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP) 170*, Springer, Heidelberg, 2014.

Schröder J, Tomanek, DP (2014) Aus dem Vollen schöpfen. In: *f&w führen und wirtschaften im Krankenhaus 2014(4)*, S. 380-383.

Schulz C., Raab A. (2014): Einweiserbeziehungsmanagement im Markt für Rehabilitationsleistungen – Die Bedeutung von Zuweisermarketing in deutschen Rehakliniken. *Referral Relationship Management in the Rehabilitation Market. In Gesundheitsökonomie und Qualitätsmanagement (elektronische Veröffentlichung in 10/2014, zur Printveröffentlichung angenommen).*

Schweda, C., Schmidt, W. (2014): Leichtgewichtiges IT-Management – Weiche Faktoren bei Entwurf und Einführung, in: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 51 (5), Springer, Heidelberg, 2014, S. 606-615.

Simon, M., Mürken, M., Augustin, C., Pforr, J., „Multi-Port Converter with bidirectional energy flow for automotive energy net applications," *Power Electronics and Applications (EPE'14-ECCE Europe)*, 2014 16th European Conference, pp.1-10, 26-28 Aug. 2014.

Suchandt T., Ritzer S., (2014) kompakt und spielfrei - Neuartiger Zahnstangenantrieb im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt, *KEM, Ausgabe: 07-2014, 02.07.2014, Seite 44.*

Stenzel, P., Dollinger, P., Mihajlovic, D., Richnow, J., Franke, J., Endisch, C. (2014): Needle Winding for Distributed Round-Wire-Windings without the Use of

*Insultion Disks. In: Proceedings of the 4th International Conference of Electric Drives Production*, 30.09.-01.10.2014, Nuremberg.

Steinbinder, Arno, Bornschlegl, Martin, Bregulla, Markus (2014): Different Approaches for sustainable Base Load Reduction. In: Olaf Ziemann, Jürgen Mottock und Johannes Pflor (Hg.): 4th Applied Research Conference 2014. 5th July 2014, Ingolstadt. 1. Aufl. Herzogenrath: Shaker, S. 219-223. Stolze, P., Karamanakos, P., Kennel, R., Manias, S., Endisch, C. (2014): Effective Variable Switching Point Predictive Current Control for AC Low-Voltage Drives. In: *International Journal of Control*, S. 1-13.

Swart, H., Bekker, A., Bienert, J. (2014): The subjective evaluation of interior noise produced by electric vehicles. In: Proceedings of 9th South African Conference on Computational and Applied Mechanics, SACAM2014, Somerset West, South Africa.

Zehbold, C. (Hg.): S-BPM One – Application Studies and Work in Processes, *Communications in Computer and Information Sciences (CCIS)*, 2014, Band 422, Berlin u.a.

### VORTRÄGE 2014

### PRESENTATIONS 2014

Bär, K., Braun, T., Goldbrunner, M., Häring, G., Sonnleitner, M., Wiedemann, L., Zörner, W. (2014): BioStrom: Steuerbare Stromerzeugung aus Biogasanlagen – Ergebnisse aus Simulation und Demonstration. *Biogas Expo & Congress, Offenburg*, 22. – 23.10.2014.

Beckenbauer, D., Brandmayr, S., Zörner, W., (2014): Erfassung und Vergleich von Kennzahlen großer europäischer Solaranlagen im Wohnbereich. 24. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 07.-09.05.2014.

Beckenbauer, D., Brandmayr, S., Zörner, W. (2014): Erfassung und Vergleich von Kennzahlen großer europäischer Solaranlagen für Wohngebäude – Geschosswohnungsbau. *Gleisdorf Solar 2014, Gleisdorf (Österreich)*, 25.-27.06.2014.

Bienert, J. (2014): A Compact Device for Measuring Rigid-body Properties Based on Five Unscaled Modes. 32. *International Modal Analysis Conference (IMAC)*. Orlando, Florida USA. 5.2.2014.

Bienert, J. (2014): Bestimmung von Eigenschaften von Elastomerlagern nach der Vierpol-Methode. *European Modal Analysis Users Conference (EMAUG)*, Rheine, 17.2.2014.

## Publikationen

Bienert, J. (2014): Statistische Aussagen zur Genauigkeit von Innengeräuscmessungen bei PKW" *European Modal Analysis Users Conference (EMAUG)*, Rheine, 18.2.2014.

Braun, T., Dotzauer, M., Goldbrunner, M., Häring, G., Hanby, V., Krautz, A., Pfeiffer, D., Sonnleitner, M., Zörner, W. (2014): Optimized Operation of Flexible Biogas Plants. *EU BC&E 2014, Hamburg*, 23. – 26.06.2014.

Geneder S., Pfister F, Wilhelm C., Arnold A., Leiner, A. (2014): Integrated result data management in the development process of vehicle systems based on the ASAM ODS standard. *apply & innovate, Karlsruhe*, 24.9.2014.

Großmann, D., Bregulla, M., Banerjee, S., Schulz, D., Braun, R. (2014): Internet of Portals – Anwendungen für OPC UA Server Aggregation. *Automation 2014, Baden-Baden*, 01.07.2014.

Großmann, D., Bregulla, M., Banerjee, S., Schulz, D., Braun, R. (2014): OPC UA Server Aggregation – The Foundation for an Internet of Portals. 19th *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation 2014, Barcelona, Spanien*, 16.-19.09.2014.

Goldbrunner, M., Häring, G., Hanby, V., Sonnleitner, M., Wiedemann, L., Zörner, W. (2014): BioStrom – Steuerbare Stromerzeugung mit Biogasanlagen. *DBFZ Jahrestagung 2014, Leipzig*, 1. – 2.10.2014.

Hauber, J. (2014): Entwicklung eines motorischen Prüfverfahrens zur Bestimmung der Zündwilligkeit von Dieselmotoren. 1. *ZAF-Forschungskolloquium der THI, Ingolstadt*, 29.07.2014.

Hauber, J. (2014): New test procedure to determine fuel's knock resistance. *Anwendertreffen für motorische Kraftstoffprüfung 2014, Karlsruhe*, 17.09.2014.

Hauber, J. (2014): Development of an engine-based method for determining the ignition quality of diesel fuels. *Anwendertreffen für motorische Kraftstoffprüfung 2014, Karlsruhe*, 17.09.2014.

Hauber, J. (2014): Analyse der bestehenden und Empfehlungen für ein modernisiertes Prüfverfahren zur Bestimmung der Klopffestigkeit. *DGMK-Jahrestreffen der Analytiker, Hamburg*, 27.11.2014.

Huebner A. (2014): Technologische Herausforderungen beim Einsatz von RFID. *QSC Testertag 2013, BMW München*, 17.03.2014.

Kirchhöfer, D., Uhlmann, C., Brandmeier, T., Beste, L., Reiß, B. (2014): Automated Object Labelling for

Advanced Driver Assistance Systems Using a Camera and a LIDAR-System. 12th *International Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems, Karlsruhe*, 01.-03.12.2014.

Kim, W.-K., Schweiger, H.-G. (2014): Eine neue Methode zur Erstellung der praxisrelevanten Testverfahren für Bestimmung der Robustheit von Batteriesystem für PKW", *EMA 2014, Nürnberg*, 2014.

Machuca, E., Schweiger, H.G. (2014): Specific Energy: The Key Factor for Mileage of Electric Vehicles, *WEW 2014, Taiyuan China*, 2014.

Özger, E. (2014): A Simple Aircraft Fuel System Model for Center of Gravity Estimation. *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Augsburg*, 16.9-18.9.2014.

Raab, A. (2014): Funktion des Keynote Speakers. Konferenz: Erfolgsfaktoren des Zuweisermarketings (Deutsche Gesellschaft für Führung und Marktorientierung in der medizinischen und pflegerischen Versorgung, gegründet von Prof. Dr. Heribert Meffert). *Essen*, 23.10.2014.

Raab, A. (2014): Moderation des Kongresses. Krankenhausmanagement und –marketing 2014 und Einführungsvortrag: Marketing für niedergelassene Ärzte ist Beziehungsmanagement, es geht um Bindungsstrategien – aber: zufriedene Einweiser sind (noch) nicht automatisch gebunden! *Köln*, 15.10.2014.

Raab, A. (2014): Gutes tun und darüber reden: Wie kommuniziert man Gesundheit erfolgreich? *Audi Kolloquium, Sommersemester 2014, Ingolstadt*, 24.07.2014.

Raab, A. (2014): Gutes tun und darüber reden: Patientenkommunikation ohne flankierende Einweiserkommunikation ist wie ein „5.000 Meter-Lauf, bei dem bereits nach der ersten Runde geschwächt wird" - aber wie sieht eine professionelle Ansprache der Einweiser aus? *Hauptstadtkongress 2014, Berlin*, 27.06.2014.

Reiter, C., Ehrenwirth, M., Brandmayr, S., Trinkl, C., Zörner, W. (2014): Simulationsgestützte Leistungsanpassung von Kunststoffkollektoren. 24. Symposium Thermische Solarenergie, *Bad Staffelstein*, 07.-09.05.2014.

Riess, H., Brandmayr, S., Zörner, W., (2014): Mechanisches Verhalten von Kollektoren anhand einer strukturmekanischen Finiten-Element Simulation. *Gleisdorf Solar 2014, Gleisdorf (Österreich)*, 25.-27.06.2014 Riess, H., Brandmayr, S., Zörner, W. (2014): Mechanisches Verhalten von Kollektoren anhand einer strukturmekanischen Finiten-Element-Simulation., 24.

Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 07.-09.05.2014.

Ritzer S, Suchandt T, Dütsch C, (2014) Modellierung eines Vierpunkt-Wälzlagers mittels Mehrkörpersimulation, 16 Bayreuther 3D-Konstrukteurstag [Bayreuth], 17.09.2014.

Ritzer S., Suchandt T., Kröger M., (2014) Das Vierpunktlager im Einsatz als Großwälzlager, Einflüsse unterschiedlicher konstruktiver Parameter auf die statische Grenzlast der Laufbahnen, SMK Tagung zum Schweizer Maschinenelemente Kolloquium [Rapperswil, Schweiz], 25.- 26.11.2014.

Rowlett, J. (2014): "Dynamical zeta functions on negatively curved manifolds," (4 lectures) Summer school on spectral geometry, Universität Göttingen, 9-12.9.2014.

Rowlett, J. (2014): "The mathematics of hearing the shape of a drum," (1 lecture) PDE Days, Universität Köln, 12-13.6.2014.

Rowlett, J. (2014): "The mathematics of hearing the shape of a drum" Colloquium, Australian National University, 6.3.2014.

Rowlett, J. (2014): "Dynamics and spectral theory of big bumpy negatively curved manifolds" Analysis Seminar, Australian National University, 24.2.2014.

Schmidt, W. (2014): S-BPM – A new impetus in Business Process Management, Vortrag auf dem Annual Meeting of the Russian Business Informatics Society an der Higher School of Economics – National Research University Moscow, 20.10.2014.

Schröder, J., Tomanek, D.P. (2014): Ansätze der Wertschöpfungsorientierung bei der Schrankfachversorgung in Krankenhäusern. Kongress „Logistik Innovativ“. Prien am Chiemsee, 08.05.2014.

Schröder, J., Tomanek, D.P. (2014): Wie lässt sich die Wertschöpfung in Krankenhäusern besser optimieren?. Konferenz „PROZESSE IN KLINIKEN – Optimierungsansätze aus Praxis und Forschung“. Erlangen, 28.07.2014.

Schröder, J. (2014): Industry 4.0 – Impact on Inventory Management. Logistikleitertagung. CZ – Ostrava, 21.10.2014.

Schröder, J. (2014): Industry 4.0 – Auswirkungen auf das Bestandsmanagement. Konferenz. Bielefeld, 06.11.2014.

Strassmair, C. (2014): Human Robot Collaboration in production environments. Workshop „Towards a Framework for Joint Action“ (FJA2014) at 23rd IEEE International Symposium on Robot And Human Interactive Communication (IEEE RO-MAN 2014) Edinburgh, Aug. 25 2014.

Schweiger, H.G. (2014): Batteriespeicher der Zukunft, 1. Tag der Elektromobilität Eichstätt, Eichstätt, 2014.

Schweiger, H.G., Kim, W.-K. (2014): Robustness of HV Vehicle Batteries, BIT's 1st Emerging Industry Forum (EIF-2014), Dalian, China, 2014.

Schweiger, H.G. (2014): Grundlagen der Elektrochemie Seminar in der Arbeitsgruppe von Prof. O. Kanoun an der TU Chemnitz, Chemnitz, 2014.

Schweiger, H.G. (2014): Warum fahren manche Elektrofahrzeuge weiter als andere? 4. Tag der Elektromobilität, Ingolstadt, 2014.

Schweiger, H.G., Kim, W.-K. (2014): Eine neue Methode zur systematischen Analyse der Robustheit von Energiespeichersystemen für PKW 7. Entwicklerforum Akutechnologien, Aschaffenburg, 2014.

**PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE 2015  
(ANKÜNDIGUNG, STAND OKT. 2014)  
PUBLICATIONS AND PRESENTATIONS 2015  
(PLANNED AS OF OCTOBER, 2014)**

Buck, M., Stadtmann, Tomanek D.P. (2015, im Erscheinen): Benchmarking der Schrankfachversorgung: Ergebnisse einer Studie mit Kliniken und Dienstleistern. In: Eymann T, Buck M, Woratschek H, Schröder J (2015, im Erscheinen) Wertschöpfungsorientiertes Benchmarking, 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Eymann T, Buck M, Woratschek H, Schröder J (2015, im Erscheinen): Wertschöpfungsorientiertes Benchmarking, 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2015.

Hastreiter, S., Stadtmann, S., Friederich, P., Tomanek D.P. (2015, im Erscheinen): Benchmarking-Studie OP-Personaleinsatzplanung. In Eymann T, Buck M, Woratschek H, Schröder J (2015, im Erscheinen) Wertschöpfungsorientiertes Benchmarking. 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Jehle, F., Stadtmann, M., Tomanek D.P. (2015, im Erscheinen): Benchmarking-Studie Patiententransportlogistik (PTL). In: Eymann T, Buck M, Woratschek H, Schröder J (2015, im Erscheinen) Wertschöpfungs-

orientiertes Benchmarking. 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Özger, E. (2015): Fuel State Reconstruction for Maneuvering Aircraft, AIAA SciTech 2015, Kissimmee, 5.1.-9.1.2015.

Raab, A., Legl, K. (2015, im Erscheinen): Einweiserbeziehungsmanagement - Buchbeitrag zur Veröffentlichung mit dem Arbeitstitel: Sanierung – Erkennen / Vorbeugen / Abwenden. Herausgeber: Deutsche Krankenhaus Verlagsgesellschaft mbH, Veröffentlichung erfolgt in 01/2015.

Tomanek D.P. (2015, im Erscheinen): Wertschöpfungs-optimierung von klinischen Unterstützungsprozessen. In: Eymann T, Buck M, Woratschek H, Schröder J (2015, im Erscheinen) Wertschöpfungsorientiertes Benchmarking. 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, zur Veröffentlichung angenommen.

Tomanek D.P. (2015, im Erscheinen): Wert, Wertschöpfung und Verschwendung. In: Eymann T, Buck M, Woratschek H, Schröder J (2015, im Erscheinen) Wertschöpfungsorientiertes Benchmarking. 1. Aufl. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

## Herausgeber

Editor

Prof. Dr. Walter Schober, Präsident der Technischen Hochschule Ingolstadt (V.i.S.d.P.)  
Esplanade 10  
85049 Ingolstadt  
www.thi.de

## Projektkoordination

Project Coordination

Hochschulentwicklung und -kommunikation  
Pressesprecherin  
Julia Knetzger  
Telefon: Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 21 31  
presse@thi.de

## Inhalte

Content

PROF. DR. CHRISTIAN FACCHI (verantw.)  
Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF)  
Wissenschaftlicher Leiter (ZAF)  
Telefon: +49 (0) 8 41 / 93 48 – 74 10

## Gestaltung

Design

xhoch4 design, Büro für Gestaltung, München  
www.xhoch4.de

## Fotos

Photos

Quellenangabe: siehe Vermerk unter den jeweiligen Fotos  
See individual photo credits

## Druck

Printing

Kastner AG – das medienhaus  
www.kastner.dewww.pruskil.de

Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird in den Texten der Einfachheit halber zumeist die männliche Form verwendet. Die weibliche Form ist dabei immer mit eingeschlossen.





Technische Hochschule  
Ingolstadt

[www.thi.de](http://www.thi.de)