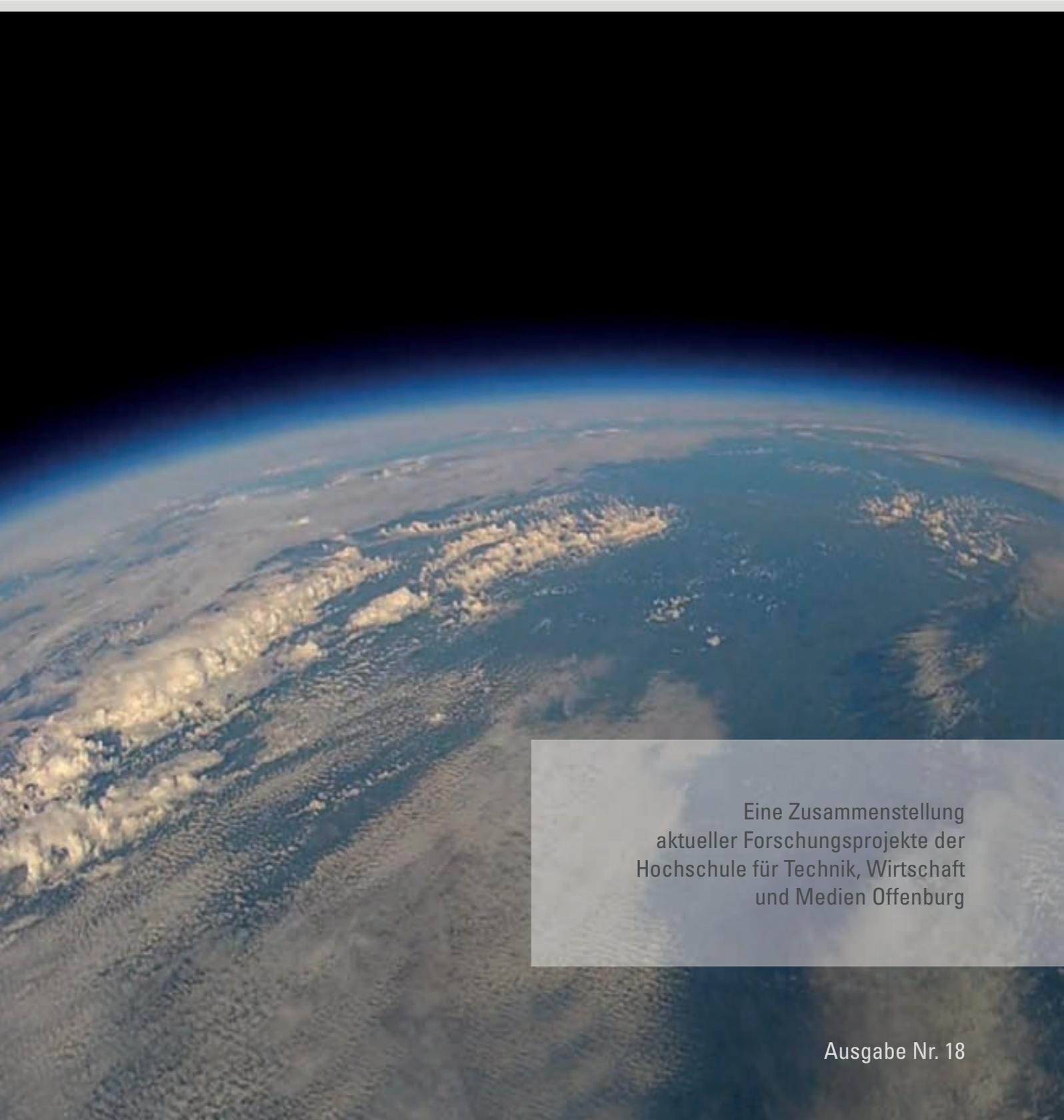
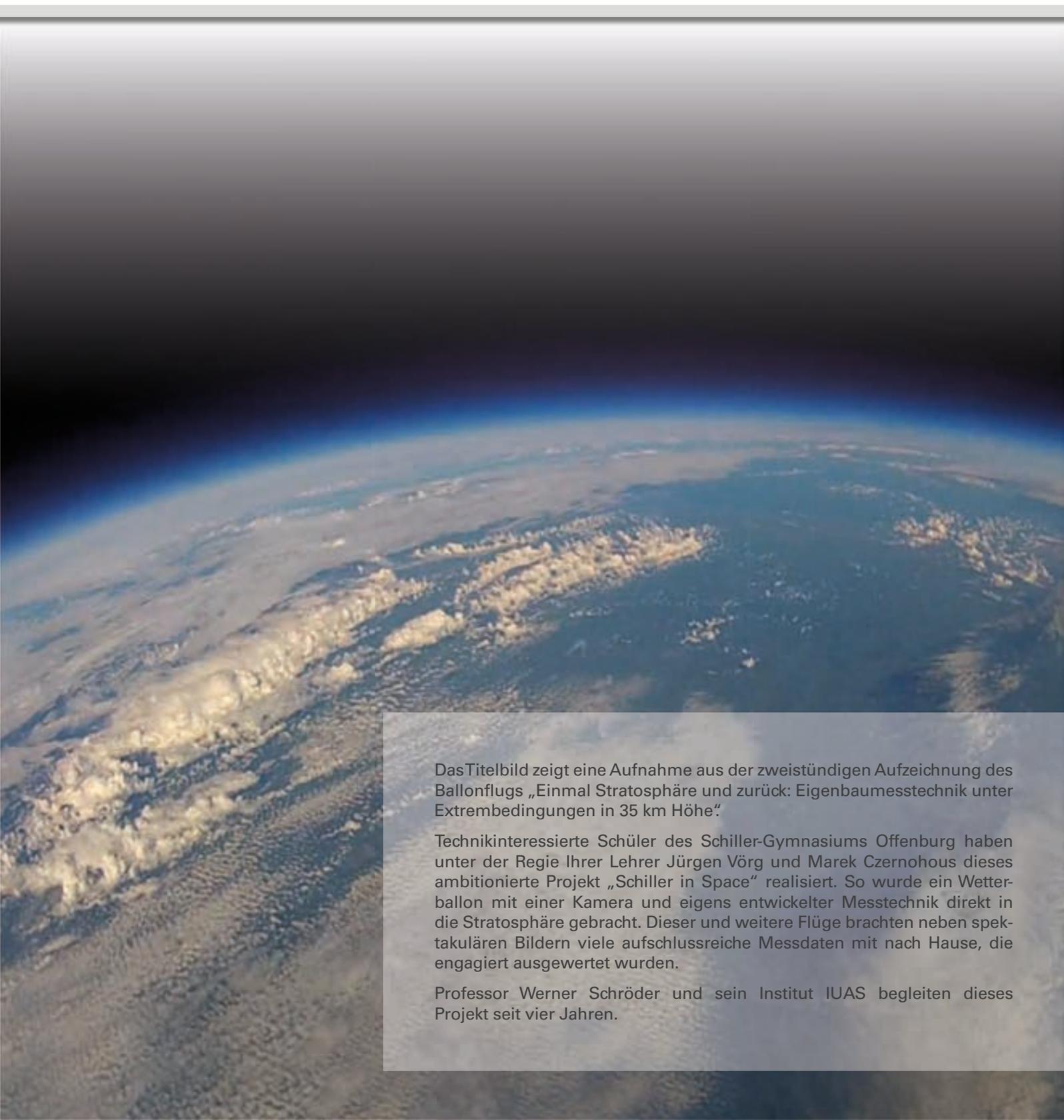


# forschung im fokus



Eine Zusammenstellung  
aktueller Forschungsprojekte der  
Hochschule für Technik, Wirtschaft  
und Medien Offenburg

# forschung im fokus



Das Titelbild zeigt eine Aufnahme aus der zweistündigen Aufzeichnung des Ballonflugs „Einmal Stratosphäre und zurück: Eigenbaumesstechnik unter Extrembedingungen in 35 km Höhe“.

Technikinteressierte Schüler des Schiller-Gymnasiums Offenburg haben unter der Regie Ihrer Lehrer Jürgen Vörg und Marek Czernohous dieses ambitionierte Projekt „Schiller in Space“ realisiert. So wurde ein Wetterballon mit einer Kamera und eigens entwickelter Messtechnik direkt in die Stratosphäre gebracht. Dieser und weitere Flüge brachten neben spektakulären Bildern viele aufschlussreiche Messdaten mit nach Hause, die engagiert ausgewertet wurden.

Professor Werner Schröder und sein Institut IUAS begleiten dieses Projekt seit vier Jahren.



## Liebe Leser, liebe Autoren,

die Hochschule Offenburg zählt in Baden-Württemberg zu den forschungsaktivsten in der Angewandten Forschung. Hier in unserer neuen Ausgabe vom „fif“ berichten unsere Forschungsteams und -institute über ihre aktuellen Forschungsprojekte aus dem breiten Portfolio der Hochschule Offenburg mit technischem, wirtschaftlichem sowie medientechnisch/gestalterischem Fokus. Hierbei finanzieren sie sich zum größten Teil aus öffentlichen und privatwirtschaftlichen Drittmitteln. Auch fördert die Hochschule die Forschung in vielfältiger Hinsicht, wie durch die Bereitstellung von Infrastruktur, Haushaltsmitteln und Anschubfinanzierungen.

Die gewonnenen Ergebnisse in Form von Publikationen, Innovationen, Technologietransfers und zunehmend auch Promotionen belegen deren Effektivität, Qualität und Effizienz. Darüber hinaus bieten die Forschungsprojekte den Studierenden, insbesondere aus den Master-Studiengängen, zahlreiche Möglichkeiten, an wissenschaftlichen Fragestellungen mitzuarbeiten und so erste Forschungserfahrung zu sammeln. Ihre jeweiligen Ansprechpartner sind direkt den Beiträgen zugeordnet. Aber auch das Institut für Angewandte Forschung (IAF), die vier Forschungsinstitute sowie die Hochschulleitung freuen sich auf das persönliche Gespräch mit Ihnen.

Derzeit forschen über 30 Doktorandinnen und Doktoranden an unserer Hochschule mit dem Ziel einer kooperativen Promotion an einer Universität im In- oder Ausland. So konnte auch dank der Gewährung von Promotionsstipendien seitens des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg das Promotionskolleg „Kleinskalige erneuerbare Energiesysteme“ in Kooperation mit der Universität Freiburg mit acht neuen Doktoranden unserer Hochschule weiterge-

führt werden. Vier von ihnen erhalten ein Promotionsstipendium. Die anderen Promotionen werden über einzelne Forschungsprojekte finanziert.

Unsere vier weiteren Forschungsinstitute mit wissenschaftlicher Schwerpunktbildung haben großen Anteil an der Forschungsstärke der Hochschule Offenburg. Sie sind Ausdruck und Ergebnis langjähriger erfolgreicher Forschungstätigkeit mit internationaler Ausstrahlung. Das Institut für Energiesystemtechnik, das Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation, das Institut für Unmanned Aerial Systems und das Institut Eco Photonics Advances Research at Oberrhein geben der Schwerpunktbildung in wichtigen Forschungsfeldern eine klare Struktur. Hochschulweit begleitet, unterstützt und koordiniert das IAF die hauptamtlichen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten unserer Hochschule und steht als zentrale Einrichtung allen forschungsaktiven ProfessorInnen offen.

Mein ausdrücklicher Dank gilt deshalb der wissenschaftlichen Leitung des IAF, Prof. Elmar Bollin und Prof. Dr. Axel Sikora als dessen Vertreter, sowie dem gesamten IAF-Team. Sie verstehen es hervorragend, unsere Hochschule in das lebendige Netzwerk aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu integrieren. Auch danke ich allen Professorinnen und Professoren der Hochschule sowie den vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die aktiv in der Angewandten Forschung tätig sind und einen wesentlichen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit der Hochschule und für unser gesellschaftliches und wirtschaftliches Umfeld leisten.

**Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ**  
Prorektor für Forschungsangelegenheiten  
der Hochschule Offenburg

# Liebe forschungsinteressierte Leser und Leserinnen,



*forschung im fokus* – kurz „*fif*“ – ist das Anliegen unseres Forschungsmagazins. Mit zahlreichen interessanten Beiträgen der Forschungsakteure der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Offenburg stellt es auch in diesem Jahr die breite Palette der Forschungsaktivitäten dar.

Die angewandte Forschung ist dabei wichtiges Betätigungsfeld für über 70 Professoren der Hochschule Offenburg. Sie ermöglicht den Professoren zusammen mit ihren Forscherteams, wissenschaftliche und fachliche Kompetenzen in öffentlich geförderte Forschungsvorhaben in Deutschland und Europa einzubringen und so an der Gestaltung der Technologien der Zukunft mitzuwirken. In Kooperation mit regionalen und nationalen Unternehmen und Instituten bildet sie die Basis für den Wissenstransfer in die Industrie und aus der industriellen Praxis in die Lehre an der Hochschule Offenburg.

Auch im Jahr 2014 konnte sich unsere Forschung an der Hochschule Offenburg im Wettbewerb der Hochschulen in Baden-Württemberg bestens behaupten. Mit einem Jahresbudget an wettbewerblich neu eingeworbenen Drittmitteln von 4,8 Mio. Euro gehört sie zu den führenden Hochschulen im Land. Dies entspricht einer Steigerung um 69 % im Vergleich zum Vorjahr und ist nicht zuletzt auch das Ergebnis einer konsequenten und soliden Forschungsförderung durch die Hochschulleitung an der Hochschule Offenburg, der hier mein besonderer Dank gilt. Nur durch eine Freistellung für die Durchführung der Forschungsarbeiten und die Unterstützung

bei der Bereitstellung von Ressourcen können die Professoren an der Hochschule Offenburg zusammen mit ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern konsequent und erfolgreich über Jahre hinweg solche Forschungsleistungen erbringen und wichtige Forschungsfelder besetzen. Dies zeigt auch die hervorragende Entwicklung der hochschuleigenen Institute und Forschungsgruppen. So akquirierte 2014 allein das Institut für Energiesystemtechnik INES 1,75 Mio. Euro neu eingeworbene Drittmittel!

Durch die zahlreichen hervorragenden Fachbeiträgen aus den vielfältigen Fachgebieten der Hochschul-Forschungsakteure und unter Regie von Frau Lutz-Vogt wurde auch in diesem Jahr wieder eine fesselnde Forschungslektüre am IAF zusammengestellt. Mein besonderer Dank gilt der Redaktion, namentlich Frau Sandra Lutz-Vogt, sowie den Kollegen und Mitarbeitern, die die interessantesten Fachbeiträge eingereicht haben.

Ich bin davon überzeugt, dass die spannenden Forschungsthemen, die sich im vorliegenden „*fif*“ präsentieren, Ihr Interesse finden werden und Sie an der Faszination Forschung teilhaben lassen. In diesem Sinn wünsche ich viel Spaß beim Lesen und erwarte gern Ihre Rückmeldungen und Anregungen – gerne auch im Rahmen von neuen Projekten in der Angewandten Forschung an der Hochschule Offenburg.

**Prof. Elmar Bollin**  
Geschäftsführender Leiter  
Institut für Angewandte Forschung  
der Hochschule Offenburg

# Editorial

## 6 IAF

Institut für Angewandte Forschung

## 9 Fakultät M+V

Maschinenbau und Verfahrenstechnik

- 10 „Industry on Campus“  
Entwicklung und Optimierung von  
Energieprozessketten nachwachsender  
Rohstoffe – insbesondere Biogasanlagen
- 11 Optimierung der Biogasproduktion:  
von Substrat bis zur Verwertung –  
Enzymversuch im Produktionsmaßstab
- 14 Adsorptionswärmespeicher  
„Mobile Wärme“
- 17 Reinigung und Speicherung von  
Bio-Methan durch Adsorption
- 20 Turbinenradgaszähler –  
Kugellagerprüfstand und  
strömungsgünstiges Design eines TRZ
- 22 Steigerung der Biogasproduktion  
durch kontinuierliche Dosierung  
cellulolytischer Enzyme
- 26 Untersuchung des Gefährdungs-  
potenzials von Biogasanlagen durch  
krankheitserregende Clostridien
- 28 Augenbewegungsanalyse  
in der Konstruktionsausbildung
- 31 Virtuelle Reise nach Amerika  
mit Alexander von Humboldt
- 35 Sweaty –  
ein humanoider Roboter entseht
- 38 ARTHYMES – Einfluss auf die biologische  
Methanisierung von Wasserstoff
- 40 Werkstoffmechanik  
für die Bauteilentwicklung im Computer
- 43 Ein neuer Zugang zu  
mineralischen Dämmstoffen

## 47 Fakultät M+I

Medien und Informationswesen

- 48 Mehr Sicherheit in der Datenwolke –  
Entwicklung von Sicherheitslösungen  
für das Cloud Computing
- 51 Personalisierung – Datenschutz –  
Transparenz

54 Nutzerfreundliche Produktvisualisierung  
im Online-Shopping

58 Digitale Unternehmenskompetenzen  
in der Zeitungsbranche

61 Nachfolgemangement im Unternehmen

63 Steps towards an A/R/Tography  
of Sound in Media –  
A/r as Practice, R/eflection in Action,  
T/eaching & Transmission

66 Electronic sound and music within the  
Media – An a/r/tographic case study –  
Composer Paulo C Chagas

69 BUZZ –  
Ethnographie einer parasitären Ökologie

## 73 Fakultät E+I

Elektrotechnik und Informationstechnik

- 74 Automatische Funkfrequenzüberwachung
- 78 Elektrische ventrikuläre Desynchronisation  
bei Vorhofflimmern mit und ohne  
kardiale Resynchronisationstherapie
- 81 Elektro- und Impedanzkardiographie  
in der hämodynamisch optimierten  
kardialen Resynchronisationstherapie  
und Kontraktilitätsmodulation
- 85 Geo-Replikation  
in Verkehrskontrollinfrastrukturen
- 89 Intregation von Begrenzungsmaßnahmen  
in der Vorsteuerung bei Drehzahlreglern
- 93 Thermal Driven Scheduling for  
Homogeneous Multicore Processors

## 99 Fakultät B+W

Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen

- 100 Umgang mit Mitarbeitern  
in Lebenskrisen
- 102 Preis- und Qualitätsbenchmark  
von Dienstleistern für das 3D-Drucken
- 106 Wireless in Safety Critical Applications –  
Benchmarking of Long Range (LORaTM)  
Communiacation at 2.45 GHz

**110 INES**

Institut für Energiesystemtechnik

**111** Ein E-Mobil Lademanagement für eine CO<sub>2</sub>-freie Mobilität

**114** Passivseminargebäude E der Hochschule Offenburg als Demonstrationsgebäude in der Forschung

**117** Produktentwicklung für die Photovoltaik-Branche

**120** Regelung und Fernüberwachung von solarbetriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen

**124** Power-to-Gas optimiert einsetzen

**126 POI**

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation

**127** Physics of Radiofrequency Ablation in-vitro Teaching System for Physicians and Medical Engineering Students

**130** Qualitative in-vitro-Investigation of the MRI Compatibility of Temporary Myocardial Electrodes and Pacemaker Leads

**134 Eco-PhARO**

Eco Photonics Advanced Research at Oberrhein

**135** Bildgebende Verfahren in der Archäologie: ein interessantes neues Einsatzgebiet in der Medizintechnik

**139 IUAS**

Institute for Unmanned Aerial Systems

**140** Entwicklung eines FMCW-Radarsystems zur Brückenanalyse

**144** Das Gründerbüro der Hochschule Offenburg

**145** Forschungs- und Entwicklungsprojekte 2014

**147** Publikationen 2014

**157** Promotionen 2014

**158** Patente

**159** Forschungslandkarte

**160** Kontakt

# Impressum

Herausgeber:  
Institut für Angewandte Forschung (IAF)  
Hochschule Offenburg  
Badstraße 24 77694 Offenburg  
www.iaf.hs-offenburg.de

Redaktion, Projektkoordination, Layout:  
Sandra Lutz-Vogt, Prof. Elmar Bollin

Verantwortlich für den Inhalt:  
Die Autoren und Projektleiter der jeweiligen Projekte

Lektorat:  
Günter F. R. Grosshans

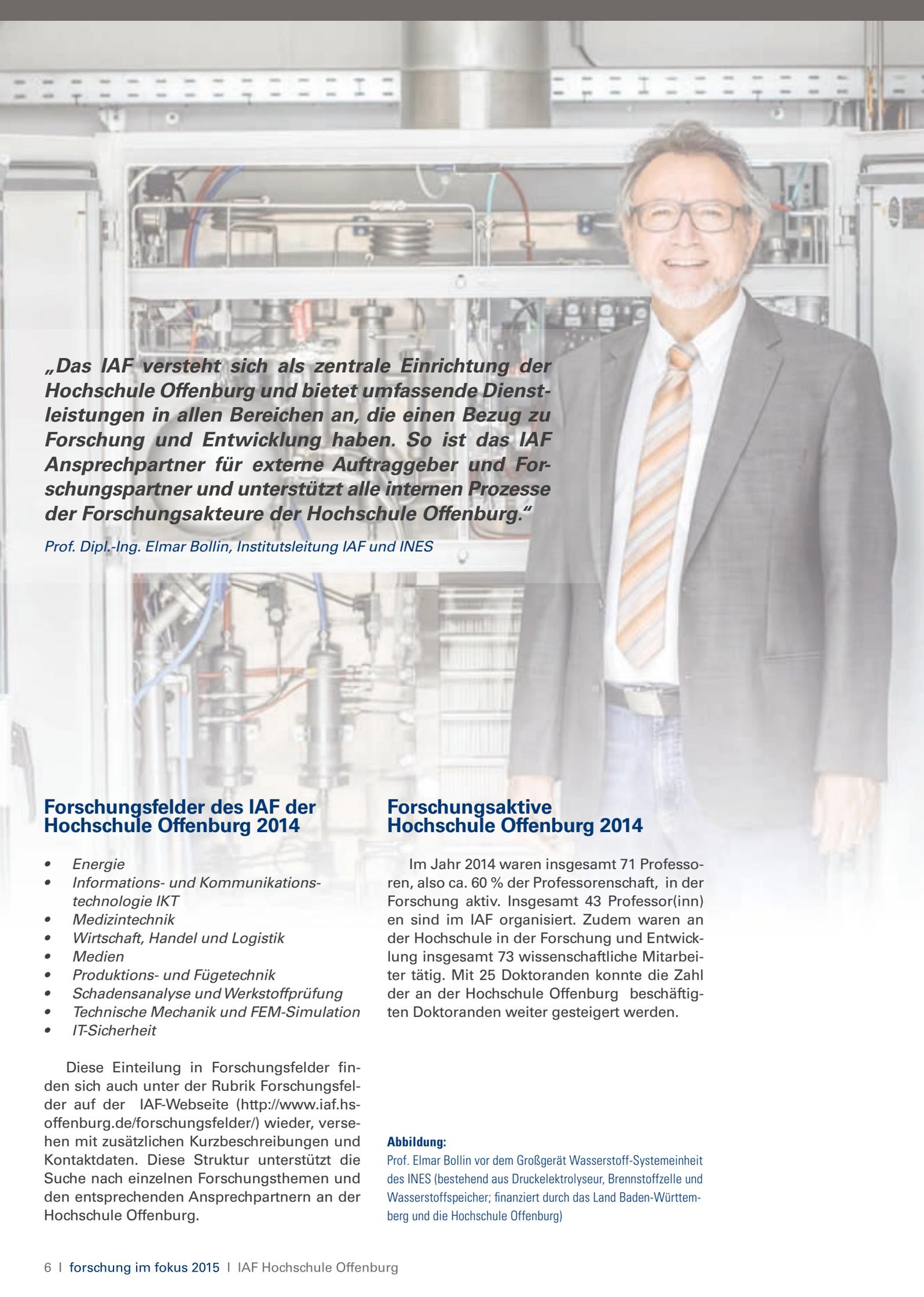
Titelbild:  
Schiller-Gymnasium Offenburg

Bildnachweis:  
Hochschule Offenburg

Druckerei:  
VKM Verlag für Marketing und Kommunikation  
GmbH & Co. KG, 67590 Monsheim

Auflage:  
2500 Exemplare

ISSN 1866-9352



**„Das IAF versteht sich als zentrale Einrichtung der Hochschule Offenburg und bietet umfassende Dienstleistungen in allen Bereichen an, die einen Bezug zu Forschung und Entwicklung haben. So ist das IAF Ansprechpartner für externe Auftraggeber und Forschungspartner und unterstützt alle internen Prozesse der Forschungsakteure der Hochschule Offenburg.“**

*Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, Institutsleitung IAF und INES*

### **Forschungsfelder des IAF der Hochschule Offenburg 2014**

- *Energie*
- *Informations- und Kommunikationstechnologie IKT*
- *Medizintechnik*
- *Wirtschaft, Handel und Logistik*
- *Medien*
- *Produktions- und Fügetechnik*
- *Schadensanalyse und Werkstoffprüfung*
- *Technische Mechanik und FEM-Simulation*
- *IT-Sicherheit*

Diese Einteilung in Forschungsfelder finden sich auch unter der Rubrik Forschungsfelder auf der IAF-Webseite (<http://www.iaf.hs-offenburg.de/forschungsfelder/>) wieder, versehen mit zusätzlichen Kurzbeschreibungen und Kontaktdaten. Diese Struktur unterstützt die Suche nach einzelnen Forschungsthemen und den entsprechenden Ansprechpartnern an der Hochschule Offenburg.

### **Forschungsaktive Hochschule Offenburg 2014**

Im Jahr 2014 waren insgesamt 71 Professoren, also ca. 60 % der Professorenschaft, in der Forschung aktiv. Insgesamt 43 Professor(innen) sind im IAF organisiert. Zudem waren an der Hochschule in der Forschung und Entwicklung insgesamt 73 wissenschaftliche Mitarbeiter tätig. Mit 25 Doktoranden konnte die Zahl der an der Hochschule Offenburg beschäftigten Doktoranden weiter gesteigert werden.

#### **Abbildung:**

Prof. Elmar Bollin vor dem Großgerät Wasserstoff-Systemeinheit des INES (bestehend aus Druckelektrolyseur, Brennstoffzelle und Wasserstoffspeicher; finanziert durch das Land Baden-Württemberg und die Hochschule Offenburg)



# Institut für Angewandte Forschung

## Leistungsdaten der Forschung 2014

Im Jahr 2014 wurden an der Hochschule Offenburg wettbewerblich insgesamt 4,85 Mio. Euro an Drittmitteln für F&E neu eingeworben. Die vier Forschungsinstitute zeichnen sich mit insgesamt 1,93 Mio. Euro für 40 % der Neueinwerbungen verantwortlich. Abbildung 1 zeigt, wie sich die in 2014 wettbewerblich neu eingeworbenen Drittmittel für F&E auf die einzelnen Auftraggeber bzw. Förderer aufteilen.

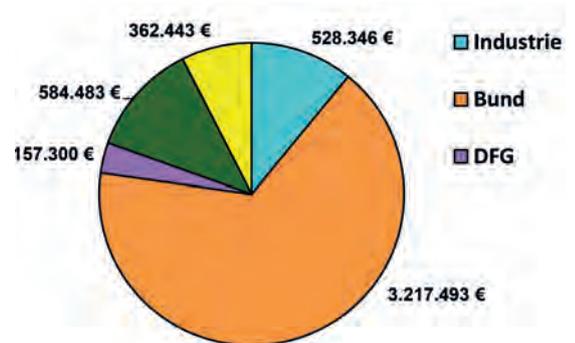
Mit 66 % überwiegen wie auch im Vorjahr die Fördermittel aus F&E-Ausschreibungen der Bundesministerien. Insgesamt 11 % F&E-Drittmittel erfolgen aus Industrieaufträgen.

Im Vergleich mit den 21 Hochschulen im Land konnte sich die Hochschule Offenburg in 2014 weiter verbessern und nimmt wieder einen Spitzenplatz im landesweiten Vergleich der forschungsaktiven Hochschulen ein.

## Die Zukunft gemeinsam gestalten

Die Hochschule Offenburg bietet vielseitige Möglichkeiten der Zusammenarbeit auf dem breiten Spektrum der Angewandten Forschung. So ist sie mit ihrem Institut für Angewandte Forschung ein regionaler „Wissenschaftsfaktor“ geworden, der in vielfältigen Forschungsdisziplinen engagiert die Kooperation mit Instituten und der Industrie angeht und somit die Innovationskraft der Region für die Zukunft maßgeblich mitgestaltet. So dokumentieren die bisher durchgeführten anwendungsbezogenen Forschungsarbeiten die Leistungsfähigkeit der Hochschulforscher und verfolgen konsequent die Zielsetzung, Technologie und innovative Impulse an die Industrie der Region weiterzuleiten.

Bei der Kooperation mit der Hochschulforschung sind zahlreiche Formen der Zusammenarbeit möglich. Im Rahmen von Kooperationen kann die Hochschule unter der Regie des IAF sowohl begutachtend, begleitend als auch beratend tätig werden. Sie kann aktiv und selbstständig Aufgaben aus dem Entwick-



**Abb. 1:** Aufteilung der in 2014 wettbewerblich neu eingeworbenen Drittmittel für F&E auf die einzelnen Auftraggeber bzw. Förderer

lungsbereich von Industrieunternehmen übernehmen und Produktentwicklungen weiter vorantreiben. Die vertraglichen Vereinbarungen variieren vom direkten Forschungsauftrag, Mitarbeit in einer Arbeitsgemeinschaft oder einfach in Form einer Spende. Im Rahmen von öffentlichen Forschungsvorhaben ermöglicht die Zusammenarbeit mit der Hochschule den Zugang zu den Fördergeldern nationaler und internationaler Organisationen. Die Details der Zusammenarbeit lassen sich gern in einem persönlichen Gespräch klären.

Für die Kooperation mit der Hochschulforschung gilt: Vertraulichkeitsschutz wie auch Neutralität sind kennzeichnend für ein öffentlich rechtliches Institut wie das IAF.

Prof. Elmar Bollin  
Geschäftsführender Leiter  
Institut für Angewandte Forschung  
der Hochschule Offenburg

## PLM für die Fertigungsindustrie

Lösungen zur Optimierung von Produktentwicklungsprozessen

- ✓ Produktentwicklung
- ✓ Qualitätssicherung
- ✓ Projektmanagement
- ✓ Virtuelle Inbetriebnahme
- ✓ Produkt- und Werkzeugkostenkalkulationen
- ✓ Produktdatenverwaltung
- ✓ Informationsbereitstellung
- ✓ Visualisierung
- ✓ Anforderungsmanagement
- ✓ Prozessoptimierung
- ✓ Collaboration
- ✓ Mechatronik
- ✓ Klassifizierung

BCT Technology AG • Im Lossenfeld 9 • 77731 Willstätt  
Telefon +49 7852 996-0 • [www.bct-technology.com](http://www.bct-technology.com)

## Schön, wenn man Freunde hat!

Wir **unterstützen** in der Hochschule die Stiftungsprofessur „Werkstofftechnik“ und vergeben alljährlich einen Filmpreis bei den Shorts. Darüber hinaus engagieren wir uns bei vielen fachlichen, kulturellen und sportlichen Veranstaltungen der Hochschule. Weitere Spendengelder und Fördermittel kommen zahlreichen technischen Ausstattungen zu Gute.

Wir sehen uns als Bindeglied zwischen attraktiven Arbeitgebern der Region und der Hochschule und **vernetzen** damit die Lehre mit den Ent-

scheidern in den Unternehmen. Zahlreiche direkte und exklusive Kontakte zur Hochschule haben wir zum beiderseitigen Nutzen vermittelt.

Wir **fördern** engagierte Studierende mit Zuschüssen für Auslandssemester, Projekt- oder Diplomarbeiten – stets sozial ausgewogen und immer antragsbezogen. Wann dürfen wir Ihr Auslandssemester in Mexiko, Japan oder Schottland unterstützen?

[www.foerderverein.hs-offenburg.de](http://www.foerderverein.hs-offenburg.de)



# Maschinenbau und Verfahrenstechnik

*Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele, Dekan der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik*

The Department has research activities in major up to date areas of mechanical and process engineering. The Mechanical engineering field centers tools for virtual design and optimization of components and flows as well as automation and mechatronic systems research as a prerequisite for "Industry 4.0". One multidisciplinary project is the record holder vehicle "Schluckspecht"; it requires research approaches e.g. for new mobility concepts and light weight construction.

Process and energy engineering encompasses especially different research aspects of renewable energies with an emphasis on the optimization of biogas processes. According to the growing need for energy storage there are also the realms computer aided battery and fuel cell technology as well as biological methanation.

## Maschinenbau

In der „Virtuellen Produktentwicklung / Simulation“ wird an neuen Anwendungen und Methoden rund um die konstruktionsbegleitenden CAx-Werkzeuge geforscht. U. a. werden hier neue Methoden zur Analyse automatisierter Optimierung von Tragstrukturen und von Strömungsprozessen entwickelt. Verwandte Themen finden sich im Forschungsschwerpunkt „Technische Mechanik und FEM“, in dem es um die Entwicklung und Validierung neuer Werkstoffmodelle geht, mit denen neuartige Produkte deutlich früher im Entwicklungsprozess „virtuell“ beurteilt werden können.

Der Forschungsschwerpunkt „Automation und mechatronische Systeme“ liefert wichtige Forschungsimpulse für die Produktion – Stichwort Industrie 4.0 – im Bereich der automatisierten Erkennung und flexiblen Handhabung von Werkstücken. Im Forschungsfeld Werkstofftechnologie werden u.a. Methoden zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und zur Schadensanalyse erforscht.

Im Bereich der multidisziplinären Projekte werden Aktivitäten zu systemischen Mobilitätskonzepten, neuen Antriebskonzepten und Leichtbau gebündelt. Ein herausragendes Projekt ist hier das Rekordfahrzeug „Schluckspecht“, das in unterschiedlichen Ausführungen jährlich neue Lösungsansätze erfolgreich umsetzt.

## Verfahrenstechnik

Ein wichtiges Forschungsthema ist die Optimierung von Biogasanlagen. Vom mikrobiologischen Stoffumsatz, der Auswahl und Vorbehandlung der verwendeten Substrate über die Anlagen- und Prozessoptimierung bis zur Gasreinigung wird in einem integrativen Gesamtkonzept eine Steigerung der Biogasausbeute angestrebt. Im Forschungsansatz ARTHYMES (Archaea Transform Hydrogen to Methane for Energy Storage) wird Wasserstoff zusammen mit vorhandenem Restkohlendioxid direkt im Biogasprozess in Methan umgewandelt. Dadurch soll Überschussenergie direkt im Erdgasnetz speicherbar werden.

Nanoporöse Stoffe werden für die Biogasreinigung und als Wärmespeicher erforscht und optimiert.

Mit der Entwicklung sensitiver Nachweissysteme für Hormone in Abwässern mit gentechnisch veränderten Hefen beschäftigt sich der Bereich Umweltanalytik. Beim Kontakt mit dem Hormon wird ein nachweisbares Signal produziert.

## Energietechnik

In der Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung gibt es das Arbeitsgebiet Computer-gestützte Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Hierbei werden z. B. hoch energetische Metall-Luft-Batterien, thermisches Verhalten und Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien, Methoden zur Lebensdauervorhersage von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen und das Verhalten elektrochemischer Zellen im System wie Smart Microgrid und Elektrofahrzeug untersucht.

# „Industry on Campus“

## Entwicklung und Optimierung von Energieprozessketten nachwachsender Rohstoffe – insbesondere bei Biogasanlagen

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele (Projektleitung), Dr.-Ing. Andreas Wilke (Fachliche Koordination)

The increasing demand of renewable energy leads to a change of the energy supply structure. Single companies or universities could not accept this challenge on their own. Therefore the University of Applied Sciences Offenburg cooperates with different companies within the project „IoC“ Industry on Campus - Sustainable energy (systems) to create solutions regarding the energy supply for the future.

Currently nine subprojects are carried out in the IoC overall project. On the following pages a selection of subprojects is presented to give an overview about the range of topics inside this research network.

Durch den notwendigen Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energie ändert sich die Energieversorgungsstruktur und bringt neue Herausforderungen mit sich:

- Energetisch genutzte Biomasse, Freiflächen-Photovoltaik und Windkraft konkurrieren mit nachwachsenden Rohstoffen und dem Naturschutz. Daher müssen flächenschonende Erzeugungsarten gefunden werden.
- Energiespeicherung schwankender Einspeisungen und flexible Netze sind nötig, um die erhöhten Mengen erneuerbarer Energien zu nutzen.
- Die Komplexität der Systeme beim Kunden nimmt zu, smarte und kundenverständliche Lösungen sind gefragt.

Einzelne Unternehmen oder Hochschulen können diese Herausforderungen nicht annehmen. Daher haben sich die *badenova AG & Co. KG* in Freiburg, die *Ernst Möschle Behälterbau GmbH* in Ortenberg, die *Industriellen Werke Basel IWB*, die *RMA Kehl GmbH & Co. KG*, die *Schiele AUH GmbH* in Hornberg und die *STEAG New Energies GmbH* aus Saarbrücken mit der HSO zusammengeschlossen, um im Projekt „IoC“ Industry on Campus –

*Nachhaltige Energie(-systeme)* Lösungen zu finden, die die Energieversorgung zukunftsfähig machen.

Im Gesamtprojekt enthalten ist u. a. das Ziel, neue innovative Techniken zu entwickeln und damit den Wirkungsgrad vorhandener Anlagen zu erhöhen. Das Ziel der Kooperation jedoch ist weiter gesteckt:

1. Energiebereitstellung aus nachwachsenden Rohstoffen
2. Energiespeicherung
3. Optimierung der Energienutzung beim Kunden

Mit diesen drei Themenfeldern werden die wesentlichen Glieder der Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft umfasst, die in den kommenden Jahren weiterentwickelt werden müssen, um den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch zu steigern und gleichzeitig den Verbrauch zu senken.

Zurzeit werden im IoC-Gesamtprojekt neun Teilprojekte durchgeführt. Andere Zielstellungen sind bereits beantwortet und die zugehörigen Teilprojekte abgeschlossen. Im Folgenden stellen wir Ihnen eine Auswahl von Teilprojekten vor, die die gesamte Bandbreite der Arbeiten im IoC-Forschungsverbund repräsentieren.

# Optimierung der Biogasproduktion: vom Substrat bis zur Verwertung – Enzymversuch im Produktionsmaßstab

*Prof. Dr. Joachim Jochum, Mario Böttcher B. Sc., Stefan Turad M. Sc., Sabrina Doll*

In Biogasanlagen werden besonders leicht die fett- und stärkehaltigen Biomassebestandteile umgesetzt. Die Zellulose wird dagegen nur langsam und unvollständig abgebaut. Durch die Zugabe eines kommerziellen Enzyms sollen die Zellulosemoleküle gespalten und in eine für die Mikroorganismen abbaubare Form gebracht werden. In einem über zwei Jahre angelegten Versuch an zwei baugleichen Biogasanlagen wurde die Wirksamkeit der Enzymzugabe anhand des Energieertrages untersucht.

In biogas plants, the fat and starchy biomass components are most quickly and completely transformed to biogas. The cellulose however decomposes slowly and incompletely. By the addition of a commercial enzyme, the cellulose molecules can be shortened and transferred in a degradable form for the microorganisms. In a two-year experiment on two identical biogas lines the effectiveness of the enzyme addition was investigated using the energy yield.

## Motivation

Energien aus regenerativen Energiequellen werden zunehmend wichtiger, deshalb entstehen in ganz Deutschland immer mehr Biogasanlagen. Auch aufgrund der „Food for Fuels“-Diskussion ist die Energie aus Biogas in der Bevölkerung recht umstritten. Mit diesem Hintergrund kam der Gedanke auf, auch die cellulosehaltigen Bestandteile einer Pflanze für Biogasanlagen zu verwenden, statt des bisher nur üblichen stärkehaltigen und damit essbaren Teils. Obwohl die einzelnen Monosaccharide, aus denen die Cellulose besteht, für die meisten Mikroorganismen verwertbar sind, funktioniert dies bei Cellulose nicht. Um dieses Problem zu beheben, müssen erst spezielle Enzyme die Monosaccharide abspalten. Der Einsatz dieser sogenannten Cellulasen würde das Spektrum an einsetzbaren Substraten zur Biogasproduktion erheblich vergrößern. Beispiele für solche Substrate sind: Stroh, Grünschnitt und holzartige Biomasseabfälle.

Ein Enzymhersteller bot unserem Partner badenova AG, Betreiber mehrerer Biogasanlagen, an, sein Produkt in einer kommerziell betriebenen Biogasanlage zu testen. In dieser Kooperation wurde ein über zwei Jahre ausge dehntes Versuchsprogramm durchgeführt.

## Vorgehensweise

Der Effekt des Enzyms wurde auf zwei verschiedenen Wegen bestimmt:

1. In Laborversuchen wurden im Batchbetrieb des Standardgärtests über 28 Tage mehrere Reaktoren mit Maissilage und unterschiedlichen Enzymkonzentrationen angesetzt. Dadurch sollte die optimale Enzymmenge pro Tonne organischer Trockensubstanz ermittelt und mit den Empfehlungen der Firma verglichen werden.

2. Im Großversuch wurde in einer Linie der Biogasanlage das Enzym in der empfohlenen Menge zugefügt und im Langzeitversuch die Änderungen von Gasproduktion und der eingespeisten elektrischen Leistung verglichen. Eine Biogasanlage der badenova AG besteht aus zwei baugleichen unabhängigen Biogassermenterlinien (Abbildung 2). Jede Anlage besteht aus einem liegenden Hauptfermenter, einem Nachfermenter als Rührfermenter ausgebildet und einem Gärrestlager. Die Enzymzugabe erfolgte im ersten Drittel des Hauptfermenters der Anlage 1. Beide Linien wurden im Bilanzzeitraum mit demselben Substrat gefüttert. In einem Vorversuch wurde so lange abgewartet, bis beide Anlagen in etwa gleich

viel Biogas produziert, die Anlagen also im stationären Zustand arbeiteten. Dann wurde in einer Startphase versucht, mit einer erhöhten Enzymzugabe schnell auf die gewünschte Enzymkonzentration zu kommen, um dann mit reduzierter Zugabe diese Konzentration über den Versuchszeitraum zu halten. Die Enzymzugabe lag bei ca. 100 g Enzym pro Tonne oTS. Zur Kontrolle wurde dieser Versuch zwei Mal durchgeführt. Die Daten zu den Versuchen sind in Tabelle 1 ersichtlich.

V1:	Enzymzugabe	von	bis	Tage
Periode 1 V1	3,3 kg/d	23.05.2011	11.07.2011	49
Periode 2 V1	1,3 kg/d	12.07.2011	02.10.2011	82
Periode 3 V1	1,3 kg/d	03.10.2011	31.12.2011	89
V2:				
Vorversuch		01.03.2012	29.07.2012	150
Periode 1	3,3 kg/d	30.07.2012	12.09.2012	44
Periode 2	1,3 kg/d	13.09.2012	07.12.2012	85
Periode 3	1,3 kg/d	08.12.2012	03.03.2013	85
Nachversuch		04.03.2013	31.03.2013	27

Tab. 1:

Versuchsplan Enzymversuch der Biogasanlage der badenova AG

Aufgrund begrenzter Messsysteme vor Ort wurde der Effekt des Enzyms anhand der eingespeisten elektrischen Energie bewertet.

## Ergebnisse

In den Standardgärversuchen im Labor konnte kein eindeutiges Ergebnis festgestellt werden. Manche Versuche ergaben eine Steigerung von bis zu 15 %, andere unterschieden sich kaum von den Vergleichsmessungen. Grund dafür könnte sein, dass in den Reaktoren hauptsächlich Maissilage als Substrat verwendet wurde. Diese hat eine große Abweichung bei Mehrfachbestimmungen, da sie produktionstechnisch sehr inhomogen ist. In der Abbildung 2 sind die Methanausbeuten von verschiedenen Enzymkonzentrationen mit Maissilage aufgetragen.

Abb. 2:

Methanausbeute bei verschiedenen Enzymkonzentrationen

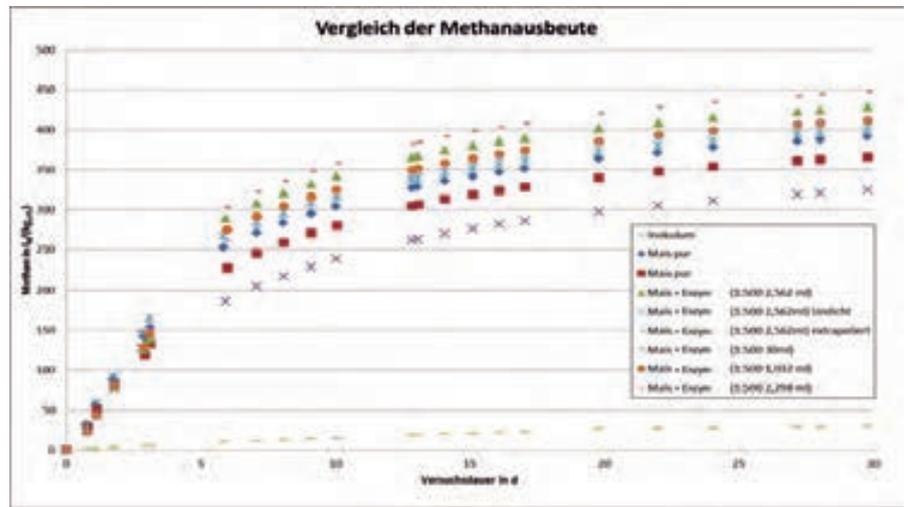
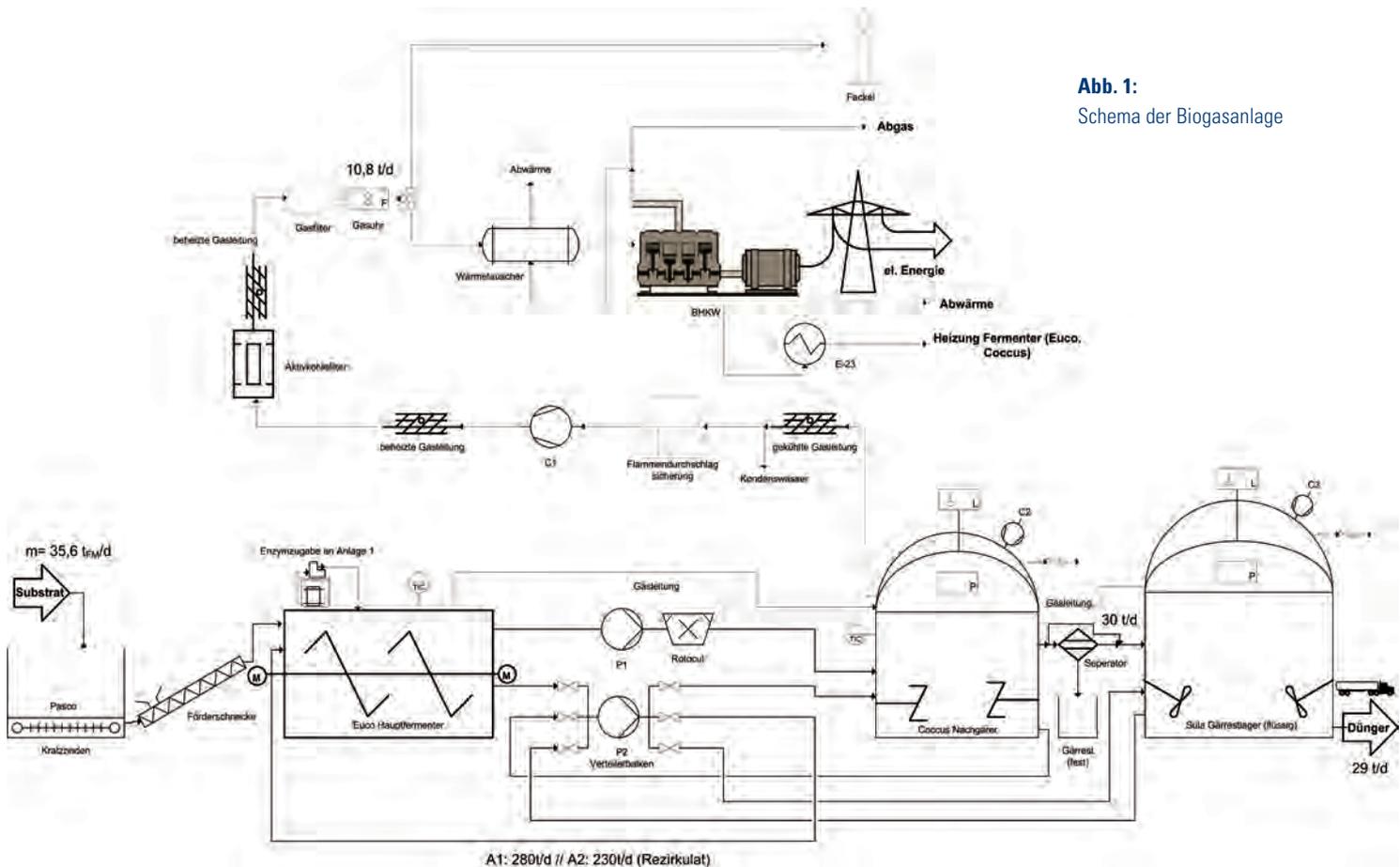


Abb. 1:

Schema der Biogasanlage



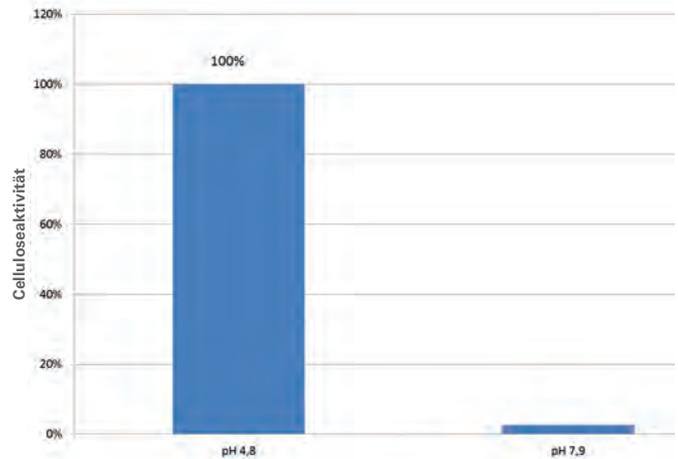
A1: 280t/d // A2: 230t/d (Rezirkulat)

Während der ersten Versuchsperiode in der Biogasanlage konnte keine signifikante Leistungssteigerung festgestellt werden. Dies ist vor allem mit dem unregelmäßigen Anlagenbetrieb im Versuchszeitraum zu begründen. Unvorhergesehene Abschaltungen, Gasverluste und Wartungsarbeiten an den Gasmotoren an beiden Anlagen führten zu Ertragsschwankungen, die größer waren als der erwartete Effekt der Enzymzugabe. Als mögliche Ursache für die Abweichung vom Laborversuch wurde ein unterschiedlicher pH-Wert im Vergleich von Standardgärtest zu Hauptfermenter der Anlage in den Raum gestellt. Daraufhin wurde die Enzymaktivität des Enzyms im Labor in Abhängigkeit vom pH-Wert untersucht.

Laut Hersteller liegt der optimale pH-Wert bei 4,8. Im Hauptfermenter wurde allerdings ein pH-Wert von ca. 8 gemessen. Setzt man die bei pH = 4,8 gemessene Aktivität zu 100 %, misst man bei pH = 7,9 nur noch 2,6 % dieser Aktivität (Abbildung 3). Der Grund für den hohen pH-Wert im Hauptfermenter liegt in einer anlagenspezifischen Besonderheit: Flüssiges Material – Rezirkulat – wird dem Nachfermenter entnommen und zum Anmaischen des im Originalzustand nicht pumpfähigen Substrats verwendet. Auf eine Tonne Substrat werden 10 Tonnen Rezirkulat zurückgeführt. Durch diesen Überschuss an basischem Rezirkulat stellt sich der pH-Wert des Hauptfermenters auf ca. acht ein, was die Wirkungslosigkeit des Enzyms begründen könnte.

Während des zweiten Versuchs konnten Ertragssteigerungen bis zu 7 % während der Enzymzugabe festgestellt werden. Dieses Ergebnis ist allerdings nicht eindeutig der Enzymzugabe zuzuordnen, da während des Versuchszeitraums verschiedene Substrate gefüttert wurden, wie z.B. Hühnertrockenkot, Weizenschrot, GPS-Gras, Tabak und Hirse. Zudem wurden diese Einsatzstoffe nicht gleichzeitig in beiden Linien verwendet. Die Wechselwirkungen der eingesetzten Substrate sind bis jetzt nicht ausreichend erforscht, könnten allerdings auch die gemessenen Ertragssteigerungen verursachen. Auffällig war, dass zu Beginn der zweiten Versuchsreihe schon der Ertrag der Anlage 1 um ca. 2 % über dem der Anlage 2 lag. Das führte zu der Vermutung, dass die Enzyme aus Versuch 1 noch nicht vollständig ausgetragen wurden und sich beim Start der Versuchsreihe 2 weiter aufkonzentrierten. Dies bestätigte eine Prozesssimulation bezogen auf die Enzymkonzentration unter der Annahme, dass diese im Fermenter nicht zerfallen.

Aufgrund der geringen Leistungssteigerung und der hohen Kosten für das Enzym wird in der Praxis auf die Zugabe verzichtet.



**Abb. 3:** Aktivität des Enzyms beim optimalen und beim Anlagen-pH-Wert

#### AUTOREN

**Prof. Dr. Joachim Jochum**  
Projektleitung  
Industry on Campus  
jochum@hs-offenburg.de



**Mario Böttcher B. Sc.**  
Projektbearbeitung



**Stefan Turad M. Sc.**  
Projektbearbeitung  
stefan.turad@hs-offenburg.de



**Sabrina Doll**  
Mitarbeiterin  
sabrina.doll@hs-offenburg.de



# Adsorptionswärmespeicher „Mobile Wärme“

Prof. Dr. habil. Reiner Staudt; Prof. Alfred Isele; Hesso Gantert M. Sc.

Das IoC-Projekt „Mobile Wärme“ beschäftigt sich mit der Optimierung eines thermischen Energiespeichers auf Basis von Sorptionsprozessen. Im Technikum der HSO wird ein solcher Speicher betrieben. Eine wesentliche Kennzahl von Energiespeichern ist die spezifische Speicherdichte. Sie gibt die Energiemenge an, welche pro Kubikmeter Speichervolumen eingespeichert werden kann. Die Projektaufgabe besteht darin, die Anlage selbst und die Betriebsführung so anzupassen, dass die in der Literatur angegebene spezifische Speicherdichte von ca. 210 kWh/m<sup>3</sup> erreicht werden kann. Sowohl die Anlage selbst als auch die Betriebsführung wurde schrittweise angepasst und optimiert. Es konnte eine spezifische Speicherdichte von > 190 kWh/m<sup>3</sup> erreicht werden. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb eines solchen Speichers erfüllt.

The IoC project “Mobile Heat” is concerned with the optimization of a thermal energy storage based on sorption. Such a memory is operated in the laboratory of the HSO. A key indicator of energy storage is the specific storage density. It indicates the amount of energy that can be stored per cubic meter storage volume. The project task is to improve the installation itself and the process control, so that the specific storage density, which is named in the literature of about 210 kWh / m<sup>3</sup>, can be achieved. Both, the system itself and the process control, were gradually adapted and optimized. A specific energy density of > 190 kWh/m<sup>3</sup> was achieved. So an essential precondition for an economic operation of such a storage is fulfilled.

## Motivation

Der überwiegende Teil der Biogasanlagen ist mit Blockheizkraftwerken ausgestattet. Hier wird das anfallende Biogas direkt in elektrische Energie gewandelt. Die bei diesem Prozess anfallende Wärme kann zur Beheizung der Biogasanlagen und Betriebsgebäude genutzt werden. Zumeist ist aber ein erheblicher Wärmeüberschuss vorhanden, der oftmals ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Um dieses Energiepotenzial nutzen zu können, wäre ein transportabler Wärmespeicher wünschenswert, der die Wärme mit einer hohen Speicherdichte über einen langen Zeitraum, möglichst verlustfrei speichern kann.

An dieser Stelle kann man die hohe Adsorptionswärme von Wasser an Zeolith nutzen. Bei den Zeolithen handelt es sich um kristalline Aluminiumsilikate. Werden trockene Zeolithe mit Wasser benetzt, so wird Wärmeenergie freigesetzt und an die Umgebung abgegeben. Die Zeolithe können technisch als thermische Speicher und somit zur Heizung genutzt werden. Durch eine anschließende Trocknung der Aluminiumsilikate, z. B. durch die Abwärme, die in einer Biogasanlage anfällt, kann der Speicher

wieder „aufgeladen“ werden. Ein wesentlicher Vorteil der aufgeladenen trockenen Zeolithpartikel liegt darin, dass die Wärmespeicherung nicht verlorengelht, solange sie nicht mit Wasser in Berührung kommen. Eine zusätzliche Isolierung, wie bei Wasserwärmespeichern üblicherweise erforderlich, ist nicht notwendig, ein feuchtedichter Verschluss ist ausreichend.

Über die spezifische thermische Speicherdichte von Zeolith liegen in der Literatur Angaben von ca. 210 kWh/m<sup>3</sup> vor. Ziel in diesem Projekt ist es zunächst, diese Speicherdichte auch für die Praxis nachzuweisen und eine Lösung für einen wirtschaftlichen Wärmeein- und -austrag zu finden.

## Vorgehensweise

Zu diesem Zweck wurde in Zusammenarbeit mit dem IoC-Partner Möschle, Apparate- & Behälterbau, Ortenberg, als Herzstück der Anlage ein Versuchsbehälter entwickelt. Der Versuchsbehälter ist mit Zeolith befüllt und soll für diskontinuierliche Sorptionsprozesse ausgelegt sein (Wärmespeicherung bzw. -abgabe). Im Verlauf des Projekts wurden folgende Punk-

te eingehend untersucht:

- Orientierende Versuche zur Ermittlung der möglichen Temperaturen im Austrittsbereich
- Ermittlung der speicherbaren Wärmemenge
- Optimierung der Strömungsgeschwindigkeit und der spezifischen Speicherdichte
- Erreichen einer homogenen Behälterdurchströmung ohne Toträume
- Bestimmung der Temperaturverteilung über den Behälterquerschnitt
- Einfluss der Temperatur auf die Desorption des gebundenen Wassers

Erste Versuche sollten dazu dienen, die maximalen Temperaturen im Austrittsbereich des Wärmespeichers und den Temperaturverlauf im Behälter zu ermitteln. Diese Untersuchungen bilden die Grundlage, um strömungstechnische Schwachstellen zu beheben.

Die Ermittlung der speicherbaren Wärmemenge ist die wesentliche Kenngröße zur Auslegung von künftigen Reaktoren. Zudem sollte überprüft werden, ob die publizierten Speicherdichten, die zumeist im Labor ermittelt wurden, auch mit einem Pilotreaktor erreicht werden können.

Eine optimale Ausnutzung des Speichervolumens kann nur mit einer optimalen Durchströmungsgeschwindigkeit des Trägerfluids Luft gewährleistet werden. Ein weiteres Optimierungskriterium für einen effizienten Speicher ist eine möglichst homogene Temperaturverteilung über den Behälterquerschnitt. Bei Auftreten von hohen Temperaturgradienten müssen geeignete Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Für einen optimalen Betrieb eines Wärmespeichers ist sowohl die bestmögliche Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Speicherkapazität (Energie) als auch der erreichbare Temperaturhub (Leistung) entscheidend. Bei einer Versuchsreihe mit Desorptionstemperaturen von 200 °C bis 400 °C soll untersucht werden, welcher Desorptionsgrad bei welcher Desorptionstemperatur erreicht werden kann.

## Ergebnisse

Die Abbildung 1 zeigt auf der linken Seite das Prozessschema des mobilen Wärmespeichers. Eingezeichnet sind die Stoffströme bei der Adsorption sowie die wichtigsten Anlagekomponenten. Auf der rechten Seite ist der

Versuchsbehälter, wie er im Labor betrieben wird, zu sehen. Beim Adsorptionsprozess wird kalte Luft und Wasser entweder aus der aktiven Sprüheinrichtung (5) oder aus der Feuchte der Umgebungsluft mittels Ventilator von oben nach unten durch den Versuchsbehälter transportiert. Der Luftstrom wird durch den Adsorptionsprozess im Behälter erwärmt und steht am Behälteraussgang als Heizmedium zur Verfügung. Das Heizelement (3) ist dabei nicht in Betrieb. Zur Desorption wird der Ventilator reversiert, der durch das Heizelement erwärmte Luftstrom treibt dabei die Feuchtigkeit im Zeolith von unten nach oben aus.

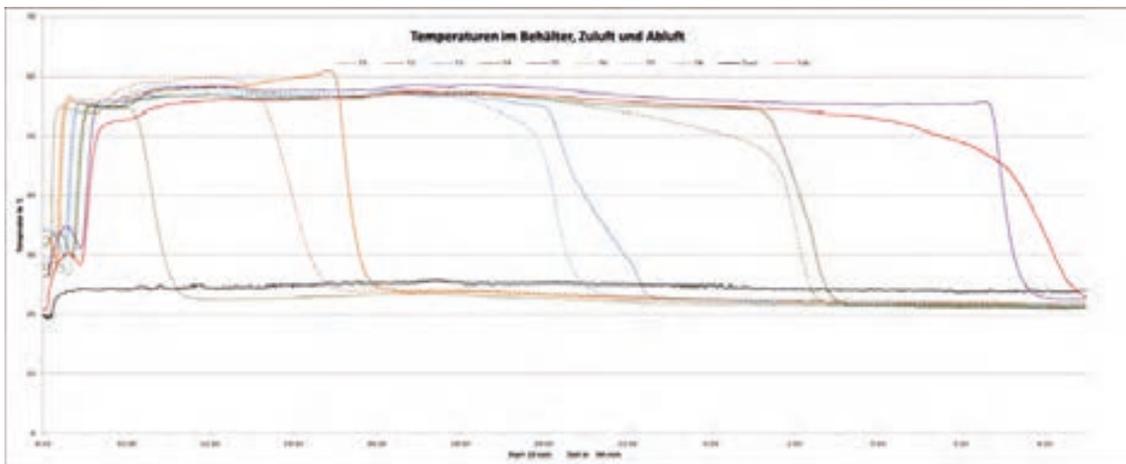


**Abb. 1:**  
Prozessschema und  
Versuchsbehälter im Labor



Die Anlage ist mit Temperatur- und Drucksensoren ausgestattet. Die Temperaturen auf verschiedenen Behälterhöhen sowie Ein- und Austrittstemperatur und Umgebungstemperatur werden aufgezeichnet. Drucksensoren ober- und unterhalb des Zeolithbetts ermöglichen die Bestimmung des Druckverlusts über die Schüttung. Mit dem Industriepartner Schiele AUH wurde ein Konzept für die Steuerung und Auswertung der Anlage entwickelt. Die Auswertung der noch laufenden Versuche lässt eine spezifische Speicherdichte von >190 kWh/m<sup>3</sup> erwarten.

Abbildung 2 zeigt den Temperaturverlauf auf verschiedenen Ebenen des Versuchsbehälters während eines Adsorptionsprozesses. Deutlich erkennbar ist das Abfallen der Adsorptionstemperatur an den verschiedenen Positionen mit fortschreitender Prozessdauer. Die vom Speicher gelieferte Energie lässt sich aus der Differenz zwischen Umgebungstemperatur und der Temperatur am Speicherausgang, also dem erreichten Temperaturhub, sowie dem Massendurchsatz Luft während der



**Abb. 2:**  
Temperaturaufzeichnung  
beim Adsorptions-  
prozess

Adsorption berechnen. Der in Abbildung 2 gezeigte Adsorptionsprozess wurde ohne aktive Wassereinsprühung nur mit der Feuchte der Umgebungsluft gefahren. Bei dieser Prozessführung wurde ein Temperaturhub von ca. 35 °C erreicht.

Die Temperatur der Nutzwärme ist von der Prozessführung abhängig. Sie kann zwischen ca. 40 °C und 100 °C liegen und ist über den gesamten Zeitraum relativ konstant. Um die angestrebte hohe spezifische Speicherdichte zu erreichen, ist bei hohen Temperaturen zu desorbieren. Desorptionstemperaturen von 400 °C lassen die Zeolithe nahezu vollständig desorbieren. Mit sinkender Desorptionstemperatur ist auch ein Absinken des Desorptionsgrads festzustellen. Wärmeausstragsmedium ist Luft. Diese weist bei Behälteraustritt eine relative Feuchte von nahezu 0 % auf. Für eine Anwendung als thermischer Energiespeicher ist die Integration dieses Mediums in bestehende Heizungsanlagen zu überprüfen.

## Ausblick

Diese Machbarkeitsstudie hat zum Ziel, die Wirtschaftlichkeit einer Mobilisierung des Spei-

chers zu untersuchen. Hierbei spielt neben der Speicherdichte und dem technischen Aufwand zum Ein- und Ausspeichern von Wärme auch das Verhalten des Zeolithgranulats bei Transportvorgängen eine Rolle. Stichwörter sind hierzu Setzen/Verdichten des Materials. Dies kann bei horizontaler Lage zu Leerräumen, für den Luftstrom zu Bypasskanälen führen.

Ein weiterer Aspekt, den es zu untersuchen gilt, ist die mechanische Stabilität des Zeoliths. Bisher wird binderfreies Material verwendet. Im stationären Laborbetrieb war bisher keine Veränderung zu merken, jedoch ist zu erwarten, dass sich dies bei Transport des Reaktors im Straßenverkehr ändern könnte. Hierzu werden zurzeit weitere Untersuchungen durchgeführt.

Die erreichbaren Temperaturen bei der Adsorption (Wärmeauspeicherung) sind von der Prozessführung abhängig. Bei ausschließlicher Nutzung der Umgebungsluftfeuchte wird ein Temperaturhub von bis zu 40 °C erreicht. Die Luft im Behälterausgang kann in diesem Fall als nahezu trocken bezeichnet werden. Hierdurch wären weitere Anwendungsfelder im Agrar-/Lebensmittelbereich oder in der Trocknung von Feuchträumen denkbar.

## AUTOREN

**Prof. Dr. habil. Reiner Staudt**  
Technische Thermodynamik,  
Grundlage der  
Verfahrenstechnik  
reiner.staudt@hs-offenburg.de



**Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele**  
Dekan M+V



**Hesso Gantert M. Sc.**  
Akademischer Mitarbeiter  
IoC-Projekt Mobile Wärme  
hesso.gantert@  
hs-offenburg.de



# Reinigung und Speicherung von Bio-Methan durch Adsorption

Prof. Dr. habil. Reiner Staudt, Stefan Knebel B. Sc.

Die Adsorption ist ein konkurrenzloses thermisches Trennverfahren sowohl für die Entfernung von niedrigen Schadstoffkonzentrationen aus großen Fluidmengen als auch für die Reinigung von Biogas. Der Trenneffekt beruht auf der unterschiedlichen Wechselwirkung zwischen den Gaskomponenten und den nanoporösen Adsorbentien, wie z.B. Aktivkohle. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind Untersuchungen zur adsorptiven Reinigung von Biogas durchgeführt worden.

Technical adsorption processes are used for cleaning of gases from contaminations or for separation of gases. They operate in a wide range of pressure and temperature. The separation effect based on different mechanism, interaction of gas and nanoporous solid, diffusion in pores or sieve effects. The aim of this project are the determination of adsorption isotherms of pure gases, calculation of mixed gas adsorption equilibria and the simulation of so called break through curves. This will be the base for the evaluation of biogas cleaning processes and for discovering optimization potential of such processes.

Die Auslegung von technischen Adsorptionsverfahren (Größe und Anzahl der Adsorber, Adsorbens, Regenerationsverfahren, Taktzeiten) beruht heute noch im Wesentlichen auf der Messung von Reinstoffadsorptionsisothermen sowie auf vereinfachten Wärme- und Stoffaustausch-Modellen. Daraus können Durchbruchskurven für technische Adsorber berechnet werden. Da den Modellen stark vereinfachende Annahmen zugrunde liegen, ist die Berechnung der für die Auslegung extrem wichtigen Durchbruchskurven oft fehlerbehaftet.

Durch dieses Teilprojekt sollen die Grundlagen geschaffen werden, für:

- die Reinigung von Biogas bis auf Erdgasqualität,
- die Entfernung von Schwefelkomponenten aus Biogas, so dass Konzentrationen unter 10 ppm im Biogas erreicht werden können,
- die hohe Effizienz der Abtrennung von Kohlendioxid und weiterer Spurenkomponenten aus dem Biomethan.

Die wesentlichen Vorteile, die sich durch die Adsorptionstechnik ergeben, sind:

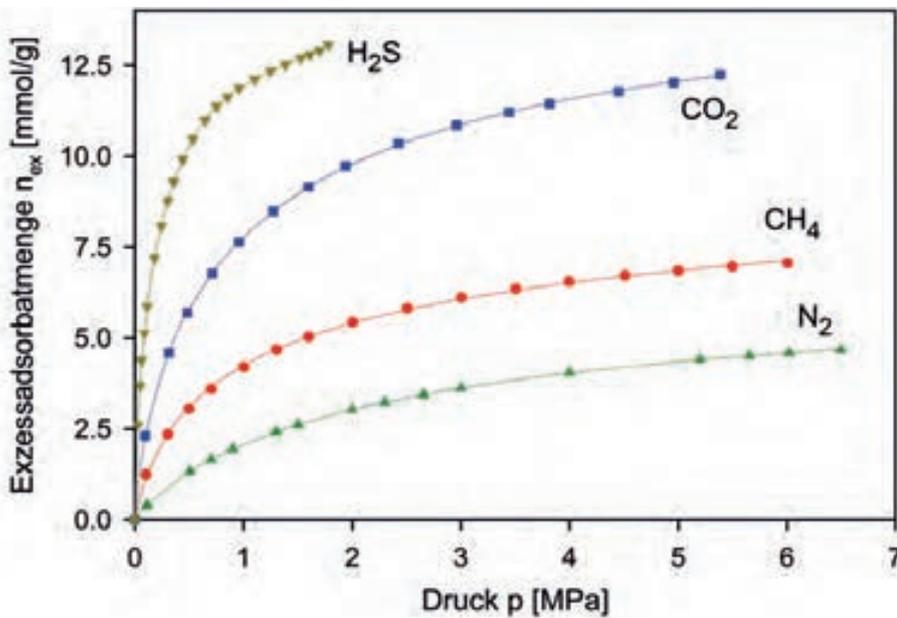
- Vermeidung von Korrosion an den Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, in denen das Biogas energetisch verwendet wird,
- Trennung des Biogases in Biomethan und Kohlendioxid durch Adsorption,

- Erzeugung von reinem Biomethan, das aufgrund der hohen Brenn- und Heizwerte in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden kann,
- Verwertung des abgetrennten Kohlendioxids, das nicht durch Schwefelverbindungen verunreinigt ist.

## Experimente

In einem weiten Konzentrations- und Druckbereich (ppm – 30 bar) sowie Temperaturbereich (0 °C – 100 °C) wurden Adsorptionsgleichgewichte von reinen Gasen an nanoporösen Materialien qualitativ und quantitativ bestimmt. Dazu werden die Adsorptionsgleichgewichte von Methan und den relevanten Gaskomponenten wie CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und H<sub>2</sub>S an den nanoporösen Materialien bei verschiedenen Temperaturen gravimetrisch gemessen. Aus den Isothermen können dann auch die isosterischen Adsorptionswärmen berechnet werden.

An der Hochschule stehen mehrere Anlagen zur Verfügung, um in einem weiten Konzentrations-, Druck- und Temperaturbereich Adsorptionsgleichgewichte von reinen Gasen und Gasgemischen an nanoporösen Materialien qualitativ und quantitativ zu bestimmen. Außerdem sollen entsprechende Durchbruchskurven an einer neu zu entwickelnden Anlage gemessen werden.



**Abb. 1:**  
Reinstoffisothermen von H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub> an Aktivkohle Norit R1, T = 298 K, Symbole: Messdaten, Linien: Modelle

Die gemessenen Daten werden analysiert, ausgewertet und in einer Datenbank zusammengeführt. Diese soll als Basis dienen, um Reinigungsprozesse für Biogas auslegen zu können. Zur Auslegung von technischen Adsorptionsanlagen wurde außerdem ein Simulationsprogramm entwickelt, mit dessen Hilfe das Verhalten von realen Anlagen simuliert werden kann. Dadurch kann auch das Optimierungspotenzial bestehender Anlagen aufgezeigt werden.

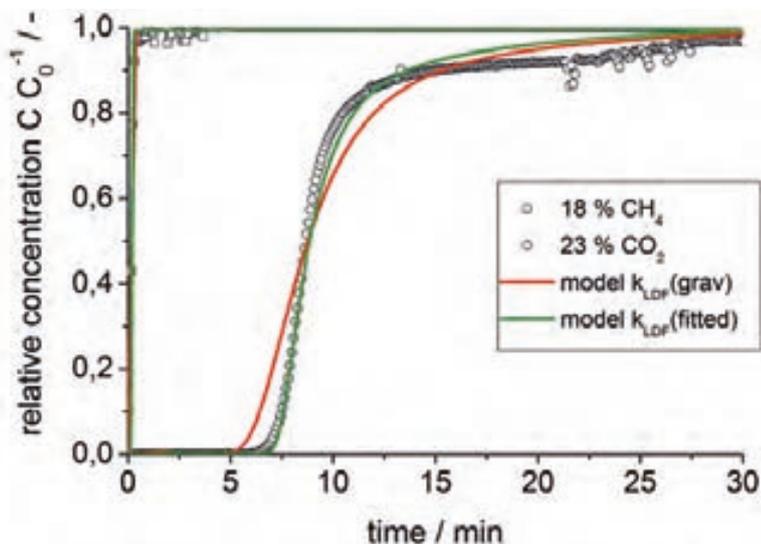
## Ergebnisse

Im Rahmen dieses Projekts sind die Isothermen verschiedener poröser Stoffe (Norit, Carbo-Nano-Tubes, Carbotech, Köstrolith) an Biogaskomponenten (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> etc.) nach der gravimetrischen Methode bei unterschiedlichen Temperaturen gemessen worden. Die gemessenen Adsorptionsgleichgewichte der reinen Gase H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub> an der Aktivkohle Norit R1 bei T = 298 K sind in Abbildung 1 dargestellt. Sie dienen als „Randinformationen“ für die Gemischadsorptionsgleichgewichte, die bei derselben Temperatur bestimmt werden. Aus der Darstellung erkennt man, dass die adsorbierten Stoffmengen von H<sub>2</sub>S und CO<sub>2</sub> bei weitem die adsorbierten Stoffmengen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub> übertreffen. Die gemessenen Adsorptionsgleichgewichte zeigen im hier untersuchten Druckbereich bei T = 298 K den Typ-I-Verlauf der IUPAC-Klassifikation, wie er bei mikroporösen Aktivkohlen häufig zu beobachten ist. Dieser Isothermentyp wird allgemein als reversibel bezeichnet. Zwischen der Adsorption und der Desorption wird keine Hysterese erwartet. Bei steigendem Druck strebt die Adsorbatmenge einem Sättigungswert zu, der für die verschiedenen hier vermessenen Adsorptive unterschiedlich ist. Dieser Sättigungswert ist als Parameter in vielen Adsorptionsisothermenmodellen enthalten

und wird durch einen Datenfit ermittelt. Die Modellierung der gemessenen Daten dient zur Interpolation zwischen Messpunkten, um bei beliebigen Drücken die jeweiligen Beladungswerte zu erhalten. Darüber hinaus kann der Spreizdruck berechnet werden, der zur Berechnung der Gemischadsorption nach IAST oder zur Durchführung des Konsistenztests benötigt wird. Zur Bestimmung des Wärme- und Stofftransports von verschiedenen reinen Komponenten sind Durchbruchkurven mithilfe einer neu entwickelten Anlage gemessen worden. Beispielfähig wird hier das System CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> - Aktivkohlen Shirasagi MSC CT-350 diskutiert (vgl. Abb. 2). Es sind zunächst Durchbruchkurven von CH<sub>4</sub> oder CO<sub>2</sub> mit He als Trägergas an einer von der Firma CarboTech neu entwickelten Aktivkohlen Shirasagi MSC CT-350 gemessen worden. Diese Messungen wurden bei Umgebungstemperatur und verschiedenen Drücken durchgeführt. Dabei wurden die Konzentrationen der Messgase variiert und der Einfluss der eingestellten Konzentration auf das Durchbruchverhalten bestimmt. Außerdem wurde das Desorptionsverhalten gemessen. Die Konzentration des Messgases wurde hierbei reduziert bzw. auf null geregelt. In der Abbildung 2 sind typische Durchbruchkurven von CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> in He an Aktivkohle dargestellt. Die Messungen von sogenannten Uptake-Kurven haben gezeigt, dass die Kinetik von CH<sub>4</sub> stark gehemmt ist während CO<sub>2</sub> sehr schnell adsorbiert wird. Aufgrund der schlechten Kinetik wird CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> sehr gut getrennt. Dies bestätigen auch die Messungen der Durchbruchkurven von CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> an dieser Aktivkohle.

Beim Vergleich von CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> wird deutlich, dass CH<sub>4</sub> eine viel geringere Verweilzeit im Reaktor aufweist als CO<sub>2</sub>. Dies liegt an der langsamen Diffusion von CH<sub>4</sub>-Molekülen in die Aktivkohleporen. Durch den hohen Volumen-

**Abb. 2:**  
Durchbruchskurven des Gemischs CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> an Aktivkohle Shirasagi MSC CT-350, CarboTech, Symbole: Messdaten, Linien Vorausberechnung



strom wird die Aktivkohle nur gering mit CH<sub>4</sub> beladen. Trägt man die Beladungen von CH<sub>4</sub> gegen die gemessene Isotherme von CO<sub>2</sub> auf, wird deutlich, wie groß der Unterschied zwischen Sättigung und tatsächlicher Beladung ist. Bei den Messungen befindet sich das CH<sub>4</sub> mehrere Stunden im Reaktor mit der Aktivkohleschüttung, bis sich ein Gleichgewicht einstellt. Bei CO<sub>2</sub> stellt sich das Gleichgewicht viel schneller ein. CO<sub>2</sub> benötigt wenige Sekunden, um in die Poren der Aktivkohle zu diffundieren und diese zu füllen. Dieser Effekt kann für die Aufreinigung von CO<sub>2</sub> - / CH<sub>4</sub> - Gasgemischen genutzt werden. CH<sub>4</sub> bricht nach einer kurzen Zeit durch die Schüttung und kann in einem separaten Behälter aufgefangen werden. CO<sub>2</sub> diffundiert zuerst in die Poren und bricht viel später durch die Schüttung. In der Zeitdifferenz zwischen dem Durchbruch von CH<sub>4</sub> und dem Durchbruch von CO<sub>2</sub> wird reines CH<sub>4</sub> gewonnen. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass der Durchbruch mit zunehmender Zyklenzahl bei kleineren Zeiten erfolgt. Dies ist ein

typisches Verhalten von neuen Adsorbentien, die in der Regel erst nach einigen Zyklen ihre technische Arbeitskapazität erreichen. Diese ist normalerweise geringer als bei frisch aktivierten Materialien. Weitere Untersuchungen für CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> an Zeolith sind ebenfalls durchgeführt worden, werden aber hier nicht dargestellt. Diese Messungen dienen als Basis für die Vorausberechnung von Durchbruchskurven

Unter Annahme verschiedener Randbedingungen wurde ein mathematisches Modell zur Simulation der Durchbruchskurven entwickelt. Unter Berücksichtigung der Massen-, Impuls- und Energiebilanz wurde ein Gleichungssystem aufgestellt und durch die finite Elementemethode gelöst. Das Modell wurde für alle experimentell vermessenen Systeme validiert. Hierdurch ist man in der Lage, das Verhalten von technischen Adsorbentien vorherzusagen. Für eine Verifizierung wurde der Einfluss der wichtigsten Parameter untersucht.

## Ausblick

Die Software soll an anderen Adsorptionssystemen getestet und weiter verbessert werden. In einem weiteren Schritt soll die Software auch mit Daten von realen Biogasanlagen überprüft werden. Gegebenenfalls ist ein weiterer Anpassungsschritt notwendig.

### Referenzen

- [1] Gas Adsorption Equilibria, Experimental Methods and Adsorption Isotherms, Springer, New York, USA, 2004, ISBN 0-387-23597-3
- [2] Habilitationsschrift: Gasadsorption - Ingenieurwissenschaftl. Grundlagen, Messmethoden zur Bestimmung und Modelle zur Beschreibung von Adsorptionsgleichgewichten reiner Gase und Gasgemische an porösen Stoffen, Habilitationsschrift Fachbereich Maschinentechnik, Universität Siegen, Mai 2002
- [3] Breakthrough Curves of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> on Carbon Molecular Sieves – Experiment and Modeling, Jahrestagung 2014 der DECHEMA-Fachgruppe Adsorption, Fulda März 2014
- [4] Bathen D., M. Breitbach, Adsorptionstechnik, Springer Verlag, 2001

### AUTOREN

#### Prof. Dr. habil. Reiner Staudt

Technische Thermodynamik, Grundlage der Verfahrenstechnik  
reiner.staudt@hs-offenbrug.de



#### Stefan Knebel B. Sc.

G+H ISOLIERUNG GmbH,  
Karlsruhe



# Turbinenradgaszähler – Kugellagerprüfstand und strömungsgünstiges Design eines TRZ

Prof. Dr. Günther Waibel, Dipl.-Phys. Lokman Altan

Um Biogas in einer Anlage messen zu können, wird in Zusammenarbeit mit der Firma RMA Pipeline Equipment ein eichfähiger Turbinenradgaszähler entwickelt. Durch den schwefeligen und nitrosen Biogasanteil spielt insbesondere die Medienresistenz der Kugellager eine zentrale Rolle in diesem Teilprojekt. Dabei soll eine möglichst lange Lebensdauer für ein langzeitstabiles Messgerät erreicht werden. Zur Untersuchung geeigneter Kugellagertypen ist an der Hochschule ein Prüfstand aufgebaut.

In order to measure biogas in a system, this subproject deals with the development of a calibratable turbine flowmeter in cooperation with RMA Pipeline Equipment. Because of the sulphurous and nitrous components in biogas the resistance of ball bearing is an essential challenge in the subproject. A long lifetime of the ball bearing for a long-term stable measurement device will be achieved. To investigate different ball bearing types, for example revolution speed, size, material, oil lubrication, a test facility is built in the University of Applied Science Offenburg.

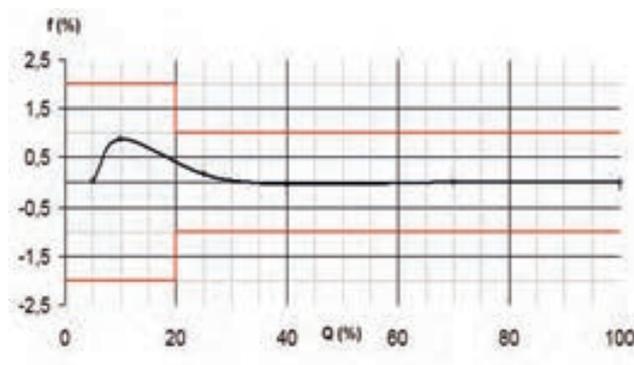
## Motivation

Zielsetzung dieses Teilprojekts in Zusammenarbeit mit RMA ist die Entwicklung eines eichfähigen Turbinenradgaszählers (TRZ) zur Serienreife (Abbildung 1).



**Abb. 1:**  
Prototyp eines Turbinenradgaszählers der Größe DN80  
(Quelle: RMA, Rheinau)

Eine der wichtigsten Anforderungen ist die Tauglichkeit in Biogas. Die schwefeligen und nitrosen Stoffe, der Wasserstoff und andere Spuren im Biogas sind dabei von großer Bedeutung. Deshalb sind Lagerung (Wälzlager) und Schmierung des Turbinenrads sowie eine langzeitstabile Messgenauigkeit die zentralen Herausforderungen. Eine weitere Anforderung an das präzise Gasmesssystem ist ein strömungsgünstiges Design und Eichfähigkeit nach PTB (Abbildung 2).



**Abb. 2:**  
Typische Fehlerkennlinie eines Turbinenradgaszählers mit Eichfehlergrenzen  $\pm 2\%$  und Volumenstrom  $Q$  ( $Q_{\max} = 100\%$ ); [Quelle: (<http://www.calibrate.co.uk/technical-methods-and-requirements-for-gas-meter-calibration>)]

## Vorgehensweise

### Lagerung Turbinenrad – Kugellagerprüfstand

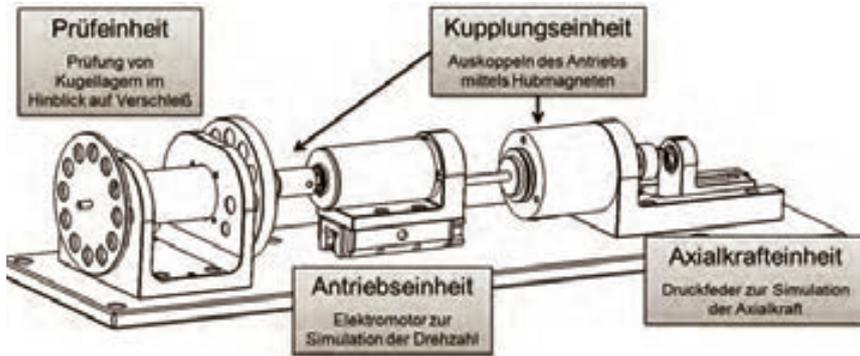
Elementar für die geforderte hohe Messgenauigkeit des TRZ ist neben dem Design des Turbinenrads insbesondere dessen Lagerung. Aufgabe ist es, geeignete Kugellager zu finden, die den Bedingungen in Biogas standhalten (Abbildung 3).

**Abb. 3:**  
Kugellager neu u. korrodiert



**Abb. 4:**  
Aufbau Teilmodul  
des Kugellager-  
prüfstands  
(Quelle: HSO,  
RMA, Rheinau)

Eine der wichtigsten Anforderungen ist die Medienresistenz gegenüber Schwefelwasserstoff. Neue Werkstoffe könnten hier zum Ziel führen. Zur Untersuchung verschiedener Kugellager ist die Entwicklung eines Kugellagerprüfstands erforderlich (Abbildung 4).



Die weitere Aufgabe ist es, Module für verschiedene Kugellager-Typen zu realisieren und den Prüfstand für den Dauerbetrieb auszuliegen. Die Untersuchungen und Auswertungen sollen automatisiert ablaufen können.

## Strömungsgeometrie – Strömungsgünstiges Design eines TRZ

Zur Erzielung eines strömungsgünstigen Designs sind im Rahmen diverser Abschlussarbeiten die strömungsrelevanten Komponenten im Turbinenradgaszähler zu untersuchen. Mithilfe von Simulation und Prototyping-Verfahren werden dann geeignete Strömungsgeometrien entwickelt. Auf Basis dieser Ergebnisse sollen anschließend erste Prototypen von Turbinenradgaszählern (TRZ) in verschiedenen Größen realisiert werden, die dann im Luftprüfstand anhand verschiedener Tests auf ihre Eichfähigkeit überprüft werden können.

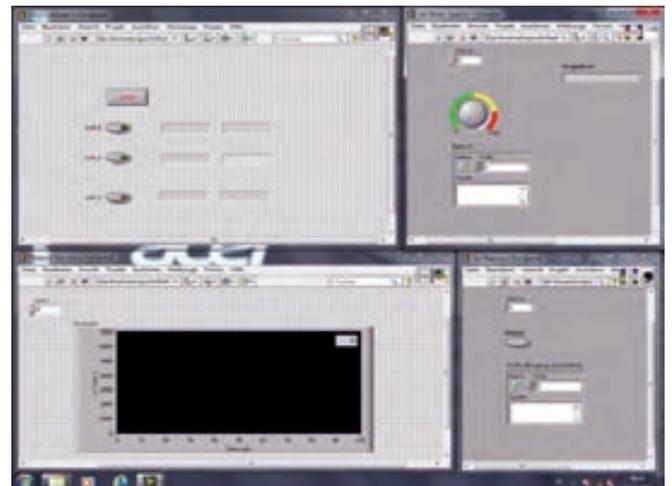
## Ergebnisse

### Lagerung Turbinenrad – Kugellagerprüfstand

Zunächst wurde ein Teilmodul des Kugellagerprüfstands entwickelt. Der prinzipielle Aufbau sowie ein geeignetes Auswerteprinzip zur Ermittlung der Lagerreibung konnte damit nachgewiesen werden. Im weiteren Verlauf wurde der Prüfstand um die automatisierte Messwerterfassung erweitert (Abbildung 5). Aktuell stehen drei funktionsfähige Teilmodule zur Verfügung, die für erste Versuchsreihen geeignet sind.

## Strömungsgeometrie – Strömungsgünstiges Design eines TRZ

Nach Abschluss von Voruntersuchungen zum Thema „Strömungsgünstiges Design eines TRZ“ wurde bei RMA auf Basis dieser Ergebnisse ein weiterer Prototyp eines Turbinenradgaszählers (TRZ) der Größe DN80 realisiert. Messtechnische Ergebnisse zeigen einen weiteren Fortschritt hinsichtlich des angestrebten Ziels, die Kriterien für eine Baumusterzulassung eines eichfähigen TRZ zu erfüllen. Für die Baumusterzulassung eines eichfähigen TRZ sind mindestens zwei Zählergrößen erforderlich. Aus diesem Grund ist im folgenden Schritt die Konstruktion und Realisierung eines weiteren Prototyps der Größe DN150 geplant.



**Abb. 5:**  
Softwaremodul zur automatisierten Messdatenerfassung und -auswertung (Quelle: Hochschule Offenburg, Software: LabView)

### AUTOREN

**Prof. Dr. Günther Waibel**  
Projektleiter  
guenther.waibel@  
hs-offenburg.de



**Dipl.-Phys. Lokman Altan**  
Projektmitarbeiter  
lokman.altan@  
hs-offenburg.de



# Steigerung der Biogasproduktion durch kontinuierliche Dosierung cellulolytischer Enzyme

Dr.-Ing. Andreas Wilke, Katja Stahl M. Sc.

Das vorgestellte Teilprojekt beschäftigt sich mit der Verwendung von cellulosespaltenden Enzymen und ihrem Einsatz in der Biogastechnik. Die biologischen Katalysatoren helfen, cellulosereiches pflanzliches (Abfall-)Material besser aufzuschließen und in einer Biogasanlage den Biogasbakterien besser zugänglich zu machen. Dadurch kann sich die Biogasausbeute von gegebenen Biogassubstraten deutlich erhöhen.

This project deals with the use of cellulases and their use in biogas technology. These enzymes are biological catalysts and they improve the metabolization of cellulose-rich, vegetable (waste) material. Such biological pretreatment process helps the biogas bacteria to open the structure of the organic biogas substrate and enhance the accessibility. As a result, the biogas yield of given biogas substrates can be increased significantly, which is demonstrated in this project by using a continuous fed biogasreactor.

## Motivation

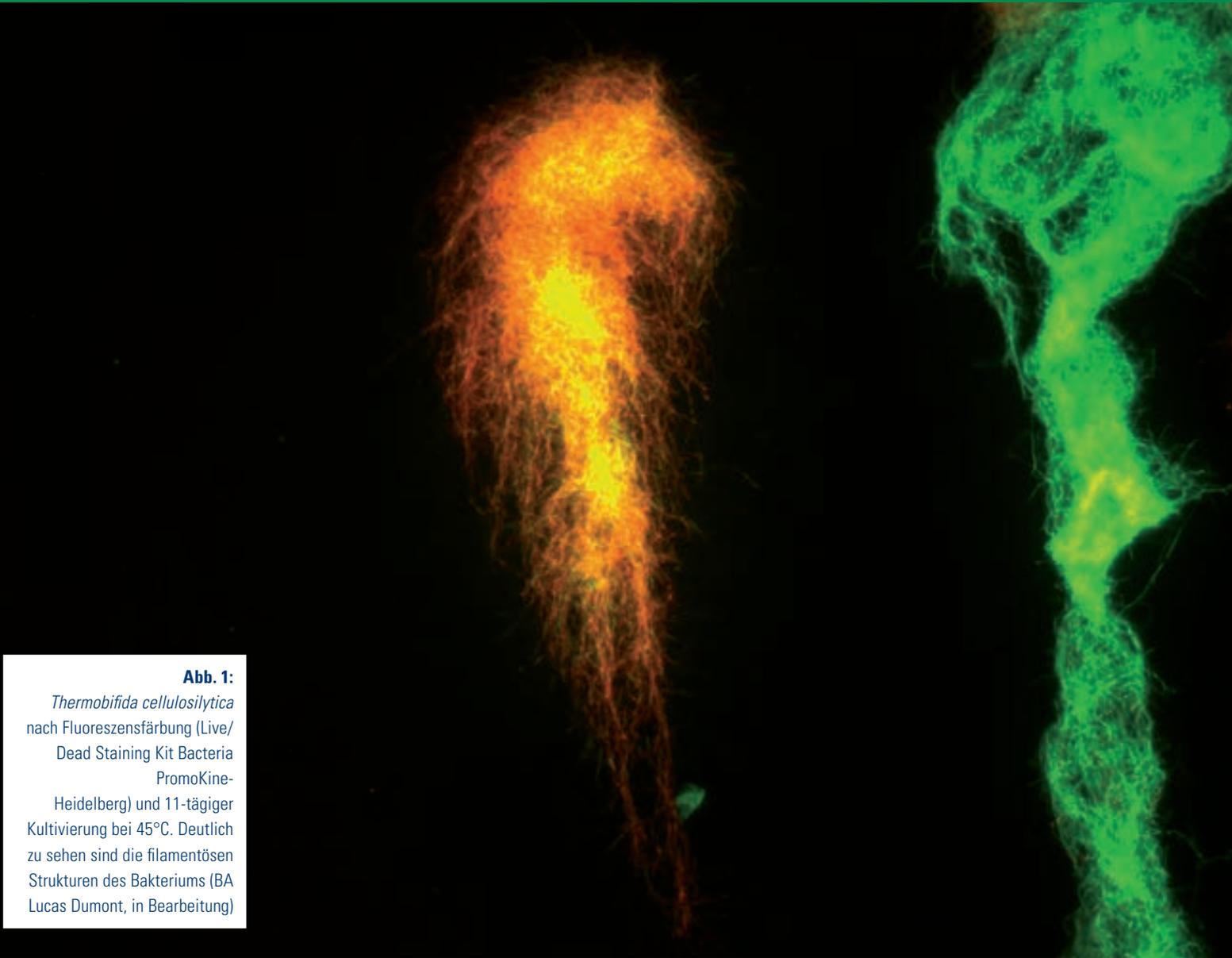
Grundlage des durchgeführten Forschungsprojekts ist die Verbesserung der Biogasproduktion durch den Einsatz cellulolytischer Enzyme. Cellulolytische Enzyme sind von bestimmten Bakterien oder Pilzen hergestellte Eiweißmoleküle, die in der Lage sind, langkettige Cellulosemoleküle zu „zerschneiden“. Cellulose ist vor allem in Pflanzen als Stütz- und Gerüstsubstanz enthalten und kann in einer Biogasanlage nur unzureichend in Biogas überführt werden. Wird die langkettige Cellulose nun von den Enzymen in kleinere Bruchstücke (Glucosemoleküle) zerschnitten, haben die Biogasbakterien die Möglichkeit, diese zu verwerten. Als Folge kann die Biogasmenge aus dem vorhandenen pflanzlichen Material deutlich erhöht werden. Zudem ist es dann auch möglich, pflanzliche Abfallbiomasse wie zum Beispiel Weizenstroh, Grasschnitt oder Reste aus der Tabakproduktion in einer Biogasanlage zu nutzen, was vorher nur bedingt möglich war.

Hierdurch lässt sich das Spektrum der einsetzbaren Biogassubstrate deutlich auf die verschiedenen Abfallbiomassen erweitern. Die Verwendung von Pflanzen zur Lebensmittelherstellung wird eingeschränkt, und einer „Tank und Teller“-Diskussion könnte damit begegnet werden.

## Vorgehensweise

Im Gegensatz zu etablierten Verfahren, bei denen man Biogasreaktoren extern produzierte Enzyme zusetzt, werden in diesem Forschungsprojekt die Enzyme mit einer biologischen, aeroben Fermentation vor Ort hergestellt und dem Biogasprozess direkt zugeführt.

Zur Produktion der Enzyme wird das *Bakterium Thermobifida cellulolytica* verwendet, das in der mikroskopischen Aufnahme in Abbildung 1 dargestellt ist. Das Bakterium gehört zur Gruppe der Actinomyceten und bildet filamentöse Strukturen aus, die auf der Abbildung sehr gut zu erkennen sind. Dieser Mikroorganismus wurde in einem vorausgegangenen Screening als effektiver Enzymproduzent identifiziert.



**Abb. 1:**

*Thermobifida cellulosilytica* nach Fluoreszenzfärbung (Live/Dead Staining Kit Bacteria PromoKine-Heidelberg) und 11-tägiger Kultivierung bei 45°C. Deutlich zu sehen sind die filamentösen Strukturen des Bakteriums (BA Lucas Dumont, in Bearbeitung)

**Abb. 2:**

Zweistufige, kontinuierliche Biogasanlage der HSO. Für die dargestellten Versuche wurde die Biogasanlage mit einem cellulose-reichen Substratmix aus Weizenstroh und Maissilage gefüttert.



Die biologische Produktion der cellulolytischen Enzyme erfolgt in einem speziellen Bioreaktor, der später direkt an die Biogasanlage angeschlossen werden soll. Die gebildeten Enzyme werden dann in einem kontinuierlichen Strom der Biogasanlage zugeführt. Hier wird die in den Pflanzen enthaltene Cellulose zerteilt und anschließend von den Biogasbakterien in Biogas umgewandelt.

Bevor diese Versuche im Produktionsmaßstab durchgeführt werden, erfolgen orientierende Experimente im Labor der Hochschule. In Abbildung 2 ist dementsprechend eine kontinuierlich betriebene Laborbiogasanlage dargestellt, die für diese Versuche eingesetzt wurde.

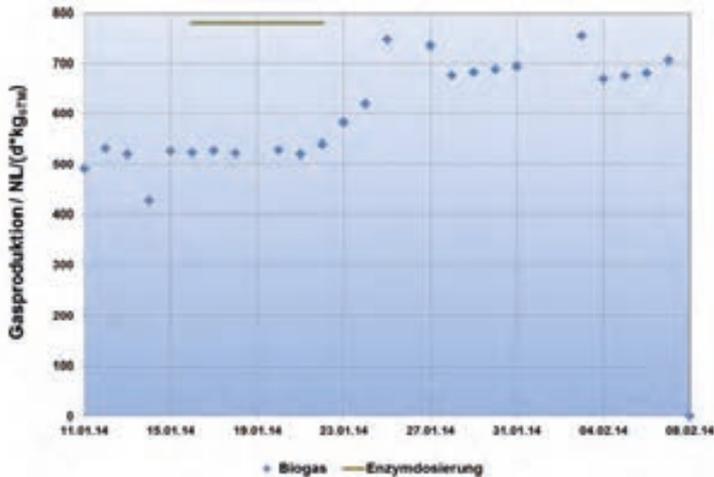
Ziel der Versuche war es, den Effekt der cellulolytischen Enzymdosierung in einer Biogasanlage zu verstehen. Neben der Auswirkung auf die Biogasbildung sollte zusätzlich die Zusammensetzung des entstehenden Biogases untersucht werden.

## Ergebnisse

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, musste die Laboranlage zunächst mit einem konstanten Substratmix (Maissilage/Weizenstroh) und einer konstanten Menge pro Tag gefüttert werden. Das Ziel hierbei war eine über die Zeit gleichmäßige Bildung von Biogas (Einstellung eines Gleichgewichtszustands). Biogas selber setzt sich zusammen aus Kohlendioxid und Methan. Die beiden Bestandteile entstehen durch verschiedene Arten von Biogasbakterien bei der Biogasbildung. Während Kohlendioxid vorrangig in den ersten Schritten von den Biogasbakterien gebildet wird, erfolgt die Methanbildung als einer der letzten Schritte in der Kette des Substratabbaus. Folglich kann das energiereiche Methan nur gebildet werden, wenn die Biogasbakterien das Substrat überhaupt „verdauen“ können, das heißt Biogasbakterien in der ersten Stufe das vorhandene Substrat spalten können.

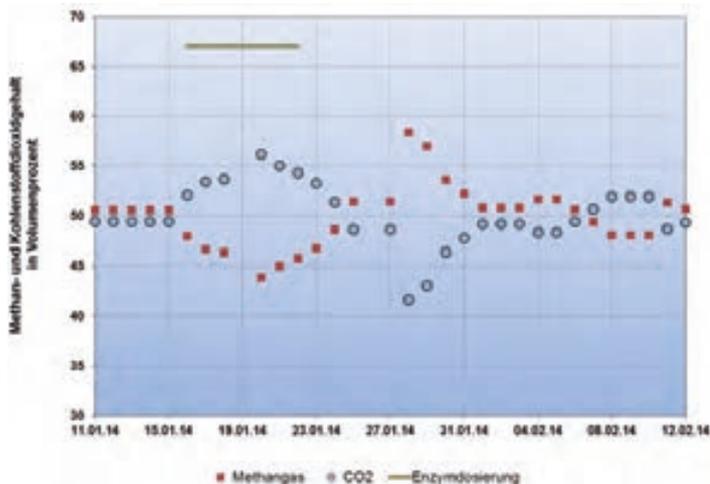
Nachdem sich nun ein Füttergleichgewicht eingestellt (vgl. Abb. 3) hat (konstante Biogasproduktion bis zum 15.1.2014), wurde mit der

kontinuierlichen Dosierung der Enzyme begonnen (15.–22.01.2014). Mit einem zeitlichen Versatz konnte eine Erhöhung der produzierten Biogasmenge von 520 auf ca. 700 Normliter Biogas pro kg organischer Trockensubstanz des eingesetzten Substrats pro Tag festgestellt werden.



**Abb. 3 und Abb. 4:**

Einfluss der cellulolytischen Enzymdosierung auf die Biogasproduktion in einer Laborbiogasanlage (BA Janni Szilvas, 2014, HSO)



Auf Grundlage der Biogaszusammensetzung kann man auf die biologischen Prozesse in der Biogasanlage schließen. Dargestellt ist dieser Sachverhalt in Abbildung 4. Deutlich ist zu erkennen, dass nach beginnender Enzymdosierung zunächst der Kohlendioxidgehalt gegenüber dem Methangehalt ansteigt (Zeitraum: 15.–20.01.2014). Verursacht wird dies durch die Biogasbakterien, die für die ersten Umsetzungsschritte des Weizenstroh-/Mais-silage-Gemischs verantwortlich sind. Deren Produkte bestehen aus verschiedenen organischen Säuren und Kohlendioxid. Die organischen Säuren werden dann im weiteren Verlauf der Biogasbildungskette von anderen Biogasbakterien zu Methan umgesetzt. Hier-

durch lässt sich der dann folgende Anstieg der Methankonzentration und der Abfall der Kohlendioxidkonzentration sehr gut erklären (Zeitraum: 20.–23.01.2014). Nach Absetzen der kontinuierlichen Enzymdosage am 22.01.2014 schwingt sich das System wieder auf die Methan- und Kohlendioxid-Zusammensetzung ein, die vor der Enzymdosierung gemessen wurde.

## Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Dosierung von cellulolytischen Enzymen bei dem verwendeten Biogassubstrat eine deutliche Steigerung der produzierten Biogasmenge nach sich zieht. Zurückzuführen ist dieses positive Ergebnis auf die enzymatische Hydrolyse von Cellulose aus dem Biogassubstrat. Den Biogasbakterien steht nach Zugabe der Enzyme mehr in Biogas wandelbares Material zur Verfügung, sodass der Biogasertrag erhöht werden kann.

In zukünftigen Untersuchungen wird es verstärkt darum gehen, zunächst eine dem Biogassubstrat angepasste Dosierstrategie zu entwickeln. Vorversuche haben gezeigt, dass eine zu hohe Dosierung der cellulolytischen Enzyme zu einer überproportionalen Bildung der organischen Säuren führt, da die Biogasbakterien der ersten Abbauschritte zuviel „Futter“ bekommen. Dies führt dann zu einer Versäuerung des Biogasreaktors und kann im schlimmsten Fall zur Vergiftung der Biogasbakterien der letzten Stufe führen, die für die Methanbildung zuständig sind. Die Biogasbildung würde in diesem Fall eingestellt werden.

Am Ende dieses Projekts soll dann die technische Realisierung an einer Biogasanlage zeigen, ob die Erkenntnisse aus dem Laborbetrieb in gleicher Weise auf den Produktionsmaßstab zu übertragen sind.

### AUTOREN

**Dr.-Ing. Andreas Wilke**  
Projektleiter  
andreas.wilke@hs-offenburg.de



**Katja Stahl M. Sc.**  
Projektmitarbeiterin  
katja.stahl@hs-offenburg.de





## Schreiben Sie Technologiesgeschichte bei JUNKER

### Direkteinstieg, Praktikum, Bachelor-/ Masterthesis

Wir suchen Sie in den folgenden Bereichen:

- Elektrotechnik
- Finanzen
- Informationstechnik
- Maschinenbau
- Mechatronik
- Personalmanagement



#### ■ Fakten eines Technologieführers

- Gründung: 1962
- Kernkompetenz: Schleifmaschinen
- Mitarbeiter: 1.300 weltweit
- Umsatz 2014: 230 Mio. €



Erwin Junker  
Maschinenfabrik GmbH  
Junkerstraße 2  
77787 Nordrach  
Tel.: +49 (0)7838 84-0



## INGENIEURSKUNST bis ins kleinste Detail

*Einblicke auf unserer neuen Website*

**Badische Stahlwerke GmbH** · Graudenzer Straße 45 · D-77694 Kehl  
Telefon +49 (0)7851 83-0 · Fax +49 (0)7851 83-496 · [www.bsw-kehl.de](http://www.bsw-kehl.de)



# Untersuchung des Gefährdungspotenzials von Biogasanlagen durch krankheitserregende Clostridien

Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell, Katharina Haas B. Sc.

Mögliche Gefährdungen durch Krankheitserreger aus Biogasanlagen werden sowohl in den Populärmedien als auch in der Fachwelt kontrovers diskutiert. Insbesondere die Verwendung der Gärreste als Dünger wird häufig als unkalkulierbares Risiko angesehen. Krankheitserregende Clostridien stehen dabei wegen ihrer Fähigkeit zur Bildung sehr stabiler Sporen besonders im Fokus. Erste Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe erbrachten keinen Hinweis auf eine kritische Anreicherung dieser infektiösen Bakterien.

Possible hazards through pathogens from biogas plants are controversial discussed in both the popular media and the scientific world. In particular, the use of digestate as fertilizer is often regarded as an incalculable risk. Pathogenic Clostridia are especially concerned because of their ability to form very stable spores. First studies of our group showed no indication of a critical accumulation of these infectious bacteria.

## Motivation

Es ist gängige Praxis, Gärreste aus Biogasanlagen als Dünger auf Grünfutterflächen oder Äcker aufzubringen. Hierdurch können, anhaftend am Grünfutter oder durch eingebrachte Erde, Mikroorganismen aus der Biogasanlage ins Tierfutter gelangen. Da häufig die Tiergülle wieder als Substrat für Biogasanlagen dient, entsteht ein geschlossener Kreislauf, in dem es, im ungünstigsten Fall, zu einer für Mensch und Tier gefährlichen Anreicherung von problematischen Mikroorganismen kommen könnte. Besonders im Fokus stehen dabei krankheitserregende Clostridien. Sie bilden unter harschen Umweltbedingungen resistente Sporen. Dadurch können sie in Biogasanlagen nicht nur überleben, sondern unter bestimmten Bedingungen, z. B. ungeeigneten Hygienisierungsmaßnahmen, sogar angereichert werden, da sie einen Selektionsvorteil gegenüber anderen Biogasmikroorganismen haben. Tatsächlich ist in Deutschland die Zunahme einer chronischen Tiererkrankung festzustellen, die mit Clostridien in Zusammenhang gebracht wird. In der „Göttinger Erklärung“ aus dem Jahr 2010 äußern Tierärzte hierüber ihre große Besorgnis. Sie sehen einen Zusammenhang zwischen der derzeitigen Verwendung der Gärreste als Dünger und der Zunahme der durch Clostridium botulinum verursachten Erkrankung „chronischer Botulismus“ in der deutschen

Milchviehhaltung [1]. Das Thema wird auch aufgrund unzureichender Datenlage in der Fachwelt kontrovers diskutiert.

Ziel dieses Projekts war es daher, das Anreicherungsverhalten pathogener Clostridien in unterschiedlich betriebenen Biogasanlagen zu untersuchen und weitere experimentelle Daten zur besseren Einschätzung eventuell problematischer Akkumulationen zu erheben.

## Vorgehensweise

Neben Clostridium botulinum werden noch weitere Clostridienarten als problematisch angesehen, insbesondere auch Clostridium perfringens. Dieses Bakterium ist der Auslöser von Futter- und Lebensmittelvergiftungen, vor allem bei Hühnern, sowie von Gasbrand und kann als Indikator für das Verhalten pathogener sporenbildender Clostridien verwendet werden [2].

Da zudem auch bereits aussagekräftige molekulargenetische Marker für den Nachweis von Clostridium perfringens in anderem Probenmaterial in der Literatur beschrieben waren, wurde diese Species als Zielorganismus für die durchzuführenden Tests ausgewählt.

## Referenzen

- [1] Hellwig, E.-G. e. (2010). Göttinger Erklärung anlässlich der 9 AVA- Haupttagung. (A. u.-A. (AVA), Hrsg.) Abgerufen am 09. Januar 2015 von <http://www.werkgroepeterlinden.be/GoettingerErklaerung.pdf>
- [2] Watchasukarn, M. e. (2009). Screening Escherichia coli, Enterococcus faecalis and Clostridium perfringens as indicator organisms in Evaluating pathogen-reducing capacity in biogas plants. 58, 221-230

Für den quantitativen Nachweis wurde ein Testsystem auf Basis der Real-Time TaqMan™ PCR-Technologie für das Probenmaterial Biogasproben etabliert. Hierbei werden mögliche in der Probe vorhandene charakteristische DNA-Fragmente vervielfältigt. Durch die Verwendung einer nur an die Ziel-DNA bindenden fluoreszierenden Sonde kann die Zunahme der DNA-Konzentration in Echtzeit verfolgt werden und daraus auf die in der Probe vorhandene Menge an Ausgangs-DNA geschlossen werden (Abb. 1). Mit dem etablierten Assay wurden Proben aus unterschiedlich betriebenen Biogasanlagen der HSO sowie aus zwei unterschiedlich betriebenen industriellen Biogasanlagen auf das Vorkommen von Clostridium perfringens untersucht (Abb. 2).



**Abb. 1:** Molekulargenetischer Nachweis von *C. perfringens* mit Real-Time TaqMan™ PCR-Technologie

## Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass Clostridium perfringens über kontaminiertes Substrat in Biogasanlagen gelangen und überleben kann. Eine Anreicherung ist unter den getesteten Versuchsbedingungen jedoch nicht erkennbar. Das Aufbringen der Gärreste der hier untersuchten Anlagen auf Grün- und Acker-

flächen scheint daher im Vergleich z. B. zur Verwendung von Gülle keine erhöhte Gefahr darzustellen. Die Aussage muss jedoch vorerst auf die untersuchten Anlagentypen und Betriebsweisen begrenzt bleiben, kritische Substrate und Prozessbedingungen könnten möglicherweise andere Ergebnisse liefern. Hierzu werden weitere Versuchsreihen folgen. Auch sollten weitere pathogene Vertreter der Gattung Clostridium auf möglicherweise abweichendes Populationsverhalten untersucht werden.

**Abb. 2:** Teststand mit kontinuierlich betriebenen Biogasanlagen (HSO)



### AUTOREN

**Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell**  
Projektleiterin Mikrobiologische Optimierung von Biogasanlagen  
Fakultät M+V, ARTHYMES,  
Biotechnologie, Bioinformatik,  
christiane.zell@hs-offenburg.de



**Katharina Haas B. Sc.**  
Akad. Mitarbeiterin M+V,  
ARTHYMES,  
katharina.haas@  
hs-offenburg.de



# Augenbewegungsanalyse in der Konstruktionsausbildung

Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi, Sebastian Jung B. Eng.

---

Die Zielsetzung des vorliegenden Beitrags ergibt sich aus der persönlichen Motivation der Autoren, das Denken und Handeln von jungen Ingenieuren beim Lesen technischer Darstellungen besser zu verstehen und somit effizienter unterstützen zu können. Es wurden 20 Einzelpersonen aus dem Studiengang des Maschinenbaus der Hochschule Offenburg bei der Lösungssuche für eine zeichnerische Aufgabe mithilfe der Eyetracking-Technik beobachtet. Personendaten wurden erhoben, um individuelle Personenmerkmale (Geschlecht, Ausbildung...etc.) mit Merkmalen vom Aufgabenergebnis in Beziehung setzen zu können. Aus den Experimenten ergeben sich Aufschlüsse über das tatsächliche Vorgehen von Studenten beim Lesen technischer Zeichnungen.

The aim of this work comes from the personal motivation of the authors. The authors want to better understand the thinking and actions of young engineers in reading technical drawings. In this way, students can be efficiently supported and cared for. There were 20 students studied from the Faculty of Mechanical and Process Engineering at the University of Offenburg. They were observed in finding the solution for a drawing task using eye-tracking technology. Their personal data were collected. This makes it possible to set the individual characteristics (gender, education, etc.) with features from the task result in relationship. The results of the empirical studies provide conclusions about the actual procedure of students in reading and processing technical drawings.

---

## Motivation

Infolge globalisierter Arbeitsmärkte nimmt die Komplexität heutiger Produkte stetig zu [1]. Dabei werden komplexe konstruktive, bildliche und begriffliche Darstellungen zur Repräsentation der Produktdaten in Form von Freihandskizzen, Zeichnungen, CAD- und FEM-Modellen angefertigt. Dies führt zu wesentlich steigenden Schwierigkeiten bei der Verarbeitung dieser grafisch dargestellten Informationen. Als Folge werden z. B. die expliziten bzw. die impliziten Fehler in den präsentierten Daten an einem späteren Punkt beim Konstruktionsprozess vom Konstrukteur erkannt. Die Behebung dieser Fehler ist mit einem größeren Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Zur Minimierung dieses Aufwands werden qualifizierte Konstrukteure mit hohen praktischen Fähigkeiten beim Lesen und Verstehen technischer Darstellungen zunehmend durch Unternehmen gesucht. Dazu wurden aus Industriesicht die größten Defizite der Berufsfähigkeit von Konstrukteuren ermittelt. Dies ist auch die zeichnerische Lesefähigkeit und das räumliche Vorstellungsvermögen. Die Berücksichtigung und Förderung sozialer, persönlicher und praktischer Kompetenzen von Studierenden in der Ingenieursausbildung gewinnt immer mehr an Bedeutung [2], [3].

## Konzeptklärung

Die Fähigkeit eines Entwicklungsingenieurs, sich zeichnerisch zu vermitteln, ist auch im Zeitalter der modernen CAD-Ausbildung eines der wichtigsten Fertigkeiten. Dementsprechend scheint die Beherrschung einer technischen konstruktiven Sprache von den Konstrukteuren als ein ganz wesentlicher Teil der Problemlösefähigkeit zu sein [4]. Um diese technische Sprache zu beherrschen, sollten das räumliche Darstellungsvermögen, die Lese- und Verständnisfähigkeit des zukünftigen Konstrukteurs als problemlösender Mensch gefördert werden. Dabei sollten die individuellen Personenmerkmale bei der Untersuchung einbezogen werden, da sie einen großen Einfluss auf die Wahrnehmung und Verarbeitung der Informationen haben. Die empirischen Laboruntersuchungen wurden durch die Eyetracking-Technologie unterstützt.

## Warum Eyetracking?

Das Auge wird als eines der bedeutendsten Sinnesorgane des Menschen bezeichnet. Etwa 85 % der Informationen und Reize werden über den visuellen Sinneskanal aufgenommen [4], [5]. Der Konstrukteur wird als Augentier bezeichnet [4], [6]. Deshalb ist der Einsatz der

Eyetracking-Technologie zur Untersuchung des visuellen Verhaltens des Ingenieurs beim Lesen und Verstehen von technischen Darstellungen von großer Bedeutung.

## Vorgehensweise

Das visuelle Verhalten der Studierenden soll mithilfe einer technischen Zeichnung zur Beschreibung der Bauteilansichten untersucht werden. In Bild 1 sind die Vorderansicht und Draufsicht enthalten. Weiterhin sind vier Seitenansichten von links dargestellt. Drei Ansichten davon beinhalten zeichnerische Fehler (Ansicht 1, 3, 4). Die fehlerhaften Darstellungen werden so erzeugt, dass verdeckte Kanten des Bauteils, die durch eine gestrichelte Linie dargestellt sind, durch eine durchgezogene Linie ersetzt werden und umgekehrt. Der Proband sollte bei seiner Lösungsfindung bevorzugt durch eine systematische Vorgehensweise die falschen Ansichten erkennen und die normgerecht dargestellte Ansicht als Lösung finden. Die Versuchszeit für die Lösung der Aufgabe beträgt 60 Sekunden.

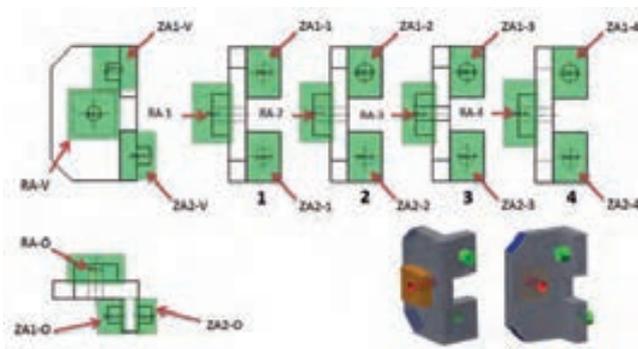


Abb. 1: Areas of Interest

## Probanden

Als Probanden dienen Maschinenbau-Studierende der HSO im Alter von 21 bis 24 Jahren mit einem unterschiedlichen Ausbildungsstand. Gruppe 1, bestehend aus neun Personen (1w+8m) hat als Vorbildung die Vorlesung „Technisches Zeichnen“ besucht. Gruppe 2, bestehend aus 11 Personen (3w+8m), hatte zum Wissen im „Technischen Zeichnen“ zusätzlich das Labor „CAD-Grundlagen“ besucht und somit eventuell Vorteile beim räumlichen Darstellungsvermögen.

## Empirische Ergebnisse

Bei der Lösungsfindung nannten mehr als 60 % der Teilnehmer aus beiden Gruppen die richtige Seitenansicht. Dieses Ergebnis steht jedoch nicht im Mittelpunkt dieser Untersuchung. Konkret geht es vielmehr um die Analyse der gewonnenen Daten im Hinblick auf das Lesen und Verstehen von technischen Zeichnungen. Hierfür bietet das verwendete Eyetracking-System verschiedene Möglichkeiten der Datenauswertung.

Eine besteht darin, die Fixationen in bestimmten Bereichen zu zählen, und die Verweilzeit für diese Bereiche, die sogenannten „Areas of Interest“ (AOI), zu ermitteln. Dafür wurde die Zeichnung in Bereiche eingeteilt, die zur Lösungsfindung auf jeden Fall betrachtet werden mussten. Diese Bereiche sind der rechteckige Absatz (RA) und die beiden zylindrischen Absätze (ZA) (s. Bild 1). Die Betrachtungszeiten der einzelnen AOIs im Schnitt von beiden Gruppen sind in Bild 2 dargestellt.

Auffallend ist, dass die Betrachtungszeit des rechteckigen Absatzes in der Vorderansicht sowie Draufsicht (RA-V u. RA-O) am größten war (s. Bild 2). Des Weiteren war die Betrachtungsdauer der einzelnen AOIs bei den Probanden der Gruppe 1 größer als in der Gruppe 2. Dies könnte an der weniger ausgeprägten Vorstellungskraft von Gruppe 1 infolge der fehlenden CAD-Ausbildung liegen. Diese Erkenntnis wurde durch den Einsatz des Schlauchfigurentests nach Stumpf & Fay 1983 zur Erfassung des räumlichen Vorstellungsvermögens bestätigt.



Abb. 2: Heatmap eines einzelnen Probanden

Mithilfe der Heatmap-Methode in der ET-Software kann man die am häufigsten betrachteten Bereiche ermitteln (s. Bild 2). In dieser werden die häufig betrachteten Bereiche rot schattiert dargestellt. Die Betrachtungsdauer des rechteckigen Absatzes bei den exemp-

larisch präsentierten Blicken einer Person bestätigt die erfassten Daten aus dem Diagramm in Bild 2. Betrachtet man die sich ergebenden Sakkaden (die Blickpfade) zwischen zwei Fixationen über die gesamte Versuchsdauer, so lassen sich aus dem Experiment folgende Aufschlüsse über das tatsächliche Vorgehen der Studenten erzielen.

Zunächst wurden die vorhandenen Einzelheiten des Bauteils in der Vorderansicht verfolgt und mit denen in den vorgegebenen Seitenansichten verglichen. Anschließend wurde eine der Ansichten konkretisiert. Dieses Vorgehen wird als ein systematisches Vorgehen (logisch-analytisch) bezeichnet. Alternativ dazu wurde die zu lösende Aufgabe ganzheitlich betrachtet, um eine Entscheidung für die Auswahl einer Lösungsvariante zu treffen. Dieses Vorgehen wird hier als ein intuitives Vorgehen beschrieben.

## Ausblick

Die Analyse der gewonnenen Daten dieser empirischen Laboruntersuchung erlauben erste Einblicke in die visuelle Wahrnehmung technischer Objekte. Die Fortsetzung dieser Untersuchungen sollen einen Beitrag zur Beschreibung des Denkens und Handelns von Studierenden leisten und die Grundlage eines menschenzentrierten Ansatzes zum Lesen und Verstehen technischer Darstellungen bzw. zur Förderung der Problemlösefähigkeit bieten. Es sollten Ansatzpunkte für die Entwicklung innovativer Ausbildungswege sowie Möglichkeiten für die Einführung von Ausbildungsformen in die Lehre gefunden und weiterentwickelt werden.

### Literaturverzeichnis

- [1] Ehrlenspiel, K.; Meerkamm, H.: Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 5. Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2013. ISBN-978-3-446-43548-3
- [2] Daryusi, A.; Schröder, N.: Neue Wege zur Stärkung der Präsentationskompetenz und Teamfähigkeit in der Technikausbildung. In: lernen & lehren, 28. Jahrgang (2013), Heft 111 (3/2013), S. 127-132, ISSN 0940-7340
- [3] Daryusi, A.; Schröder, N.; Serrer, S.: Micro-Präsentationen in der CAE-Ausbildung, Didaktische Konzeption einer Lernumgebung und erste Erfahrungen. 11. Gemeinsames Kolloquium Konstruktions-technik. KT2013, 12. – 13. September, 2013 in Aachen, Shaker Verlag Aachen 2013, Band 15, S. 271-282, ISBN 978-3-8440-2182-0
- [4] Rutz, A.: Konstruieren als gedanklicher Prozess. Diss. TU München, 1985
- [5] Poitschke, M.: Blickbasierte Mensch-Maschine Interaktion im Automobil. Diss. TU München, 2011
- [6] Klöcker, I.: Produktgestaltung. Springer Verlag 1981. ISBN 3-540-10597-2

### AUTOREN

#### **Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi**

Leiter des CAD/CAE-Labors  
Internet: <https://www.hs-offenburg.de/cax/>  
[ali.daryusi@hs-offenburg.de](mailto:ali.daryusi@hs-offenburg.de)



#### **Sebastian Jung B. Eng.**

Akad. Mitarbeiter des CAD/CAE-Labors  
<https://www.hs-offenburg.de/cax/>  
[sebastian.jung@hs-offenburg.de](mailto:sebastian.jung@hs-offenburg.de)



# Virtuelle Reise nach Amerika mit Alexander von Humboldt

Prof. Dr. Detlev Doherr

Das Humboldt-Portal bietet eine umfassende Zugangsmöglichkeit zu den Werken Alexander von Humboldts, die als Digitalisate in externen Archiven im Internet verfügbar sind. Die Vielschichtigkeit und interne Vernetzung der Werke werden weder in Schriften noch in Digitalisaten sichtbar, sodass das Humboldt'sche Konzept der Wechselwirkungen nur mithilfe moderner Informationstechnologien adäquat abgebildet werden kann. Dazu gehört auch eine automatisierte Identifikation von Ortsnamen aus den Reisebeschreibungen und deren Visualisierung im Google Maps.

The Humboldt Portal opens a comprehensive access to Alexander von Humboldt's writings, no matter if the documents are provided in external archives. Methods are implemented to contribute to the key question, how the Internet and information technology, more than a printed version of his works, can answer to the challenge of complexity and interconnected linkage of information due to the vision of Humboldt: "Everything is interconnectedness". Additionally the portal provides methods to identify travel locations and a dynamic link to Google Maps to visualize those locations together with placemarks and links to the relevant text paragraphs.

## Humboldt im Netz

Die an der HSO entwickelte und frei im Internet zugängliche HDL (Humboldt Digital Library) [1] stellt seit vielen Jahren digitalisierte Werke von Alexander von Humboldt im Internet zur Verfügung, wobei die Funktionen weit über die einfache Bereitstellung der Texte hinausgeht [2]. Dass es zum Verständnis und der angemessenen Dokumentation nicht ausreichend ist, die Werke Humboldts in einer digitalen Form als einzelne Dokumente bereitzustellen, hängt mit dem Bestreben des großen deutschen Naturforschers zusammen, seine Beobachtungen stets im Kontext von Wechselwirkungen dynamischer Prozesse der belebten und unbelebten Natur zu sehen. Damit legte er unter anderem den Grundstein für die sehr moderne Vorstellung von Nachhaltigkeit und nachhaltiger Entwicklung, die in unserer heutigen Gesellschaft eine bedeutende Rolle spielt [3]. So referierte Lucht 2009, es habe sich „Humboldt ... unter anderem gefragt, wie eine Wissenschaft der Erde aussehen müsste, welche die Wechselwirkungen zwischen der Erde, dem Leben und dem Menschen darstellt“ [4].

Weltweit sind bis auf die unselbstständigen Schriften alle Werke Humboldts als Digitalisate online verfügbar, wobei die Qualität der Dokumente manchmal sehr dürftig ist. Deutlich bessere Qualität haben die Dokumente des Deutschen Textarchivs [5], wo alle Werke Humboldts

in der deutschen Ausgabe im für Bibliotheken standardisierten TEI-XML-Format vorliegen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, ein übergreifendes und umfassendes Humboldt-Portal mit den autorisierten digitalen Texten und den in der HDL entwickelten Funktionen zu schaffen und damit den Weg zu einer thematischen und funktionellen Neugestaltung von Textarchiven zu beschreiten, die online verfügbare Datenquellen miteinander verbindet und die Texte miteinander in Bezug setzt [3].

## Humboldt-Portal

Die Vielschichtigkeit und interne Vernetzung der Informationen aus den Werken Alexander von Humboldts werden weder in Schriften noch in dokumentorientierten Digitalisaten sichtbar, sodass das Humboldt'sche Konzept der Wechselwirkungen nur mithilfe moderner Informationstechnologien adäquat abgebildet und nachgezeichnet werden kann [2]. Ziel der Entwicklungen muss es sein, dynamische Informationssysteme und Wissensnetzwerke in einem semantischen Web bereitzustellen, in dem Informationen vom Computersystem dynamisch aggregiert und je nach Suchanforderung verfügbar gemacht werden [6].

Als Basis für eine solche Entwicklung wurden die im Internet verfügbaren Digitalisate in einem Humboldt-Portal (<http://humboldt.hs-offenburg.de>) anhand einer Gesamtliste der

Werke von Alexander von Humboldt zunächst gesammelt und in einer nach verschiedenen Kriterien zu ordnenden Tabelle zusammengefasst (siehe Abb. 1). Wurden unterschiedliche Quellen für ein und dasselbe Dokument identifiziert, so wurde die Quelle genutzt, die nach Textqualität, Serverperformance und Qualität der externen Suchmechanismen am geeignetsten erschien.

Alle im Portal eingebundenen Dokumente wurden mit einem Webcrawler erfasst, analysiert und indiziert, sodass übergreifendes Suchen in allen Dokumenten möglich ist. Die Datenaufbereitung geschieht in mehreren Schritten (siehe Abb. 2), die letztendlich die Funktionalität des Portals überhaupt erst ermöglichen. Dabei spielt die Zuordnung der Textbegriffe zu einzelnen Textobjekten eine große Rolle, weil nur damit eine Zuweisung von Parametern möglich wird, wie z.B. der Zugehörigkeit zu Textdokumenten, der Verfügbarmachung in Autocomplete-Listen oder der Verbindung mit einem anderen Begriff aus dem Wortregister.



**Abb. 1:** Humboldt-Portal mit allen Dokumenten in verschiedenen Sprachen aus externen Archiven nach einem übergreifenden Suchauftrag (=“Chimbo”) inklusive der Analyse der gefundenen Daten in den externen Archiven und dem direkten Link zur Datenquelle

**Abb. 2:** Analyse und Datenaufbereitung der Daten, die über den Webcrawler ins Portal integriert werden. Die Begriffe werden Textobjekten zugeordnet, denen verschiedene Parameter zugewiesen werden. Diese Parameter werden für Autocomplete-Funktionen, Synonymfindung, Identifikation von Übersetzungen und Zuordnung von Lokationen verwendet.



Bei Suchanfragen werden die Ergebnisse analysiert und als Treffer für Begriffe oder Teilstrings in der Tabelle gelistet. Gerade bei den Teilstrings kann es vorkommen, dass diese im Portal korrekterweise erkannt wurden, aber in der externen Quelle über die jeweilige Suchmaschine nicht gefunden werden können. In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, dass die Fundstellen vorhanden sind, aber im externen Archiv nur über indirektes Suchen gefunden werden. Der Suchvorgang des Portals wird mit einer Autocomplete-Funktion unterstützt, die auf einem kompletten Wortregister der Gesamtwerke basiert. In diesem Wortregister sind auch Begriffe enthalten, die in den Originaltexten durch Trennzeichen und Zeilensprung getrennt vorliegen. Schreibfehler und falsche Wortkombinationen infolge mangelhafter Digitalisate können das Wortregister unnötig aufblähen, werden aber durch automatisierte Ähnlichkeitsprüfungen und Visualisierung der Begriffslisten nach Übernahme neuer Datenquellen reduziert.

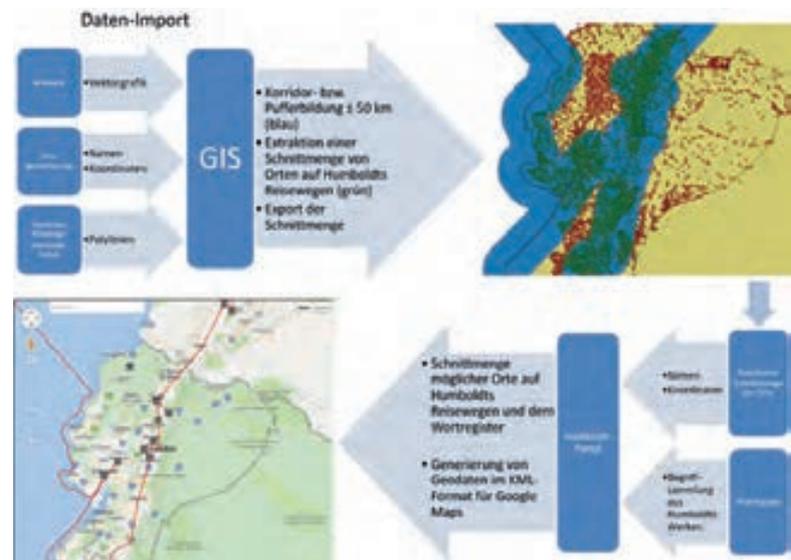
Das Portal findet nur wenige unselbstständige Schriften aus dem Deutschen Textarchiv [5], da ein geeignetes Verfahren zur automatisierten Einbindung dieser Texte fehlt.

## Ortserkennung

Viele Werke von Alexander von Humboldt enthalten Reisebeschreibungen und Ortsangaben. Darunter sind besuchte Orte, Verweise und Vergleiche. Um diese dem Benutzer anschaulich darzustellen, wurde eine dynamische Google-Maps Anwendung implementiert, die Reiserouten und Orte aus den Werken darstellt. Routenpunkte und Orte sind mit der Suchfunktion des Portals verknüpft. Dies ermöglicht dem Benutzer mit einem Klick auf einen Ort, eine Suche nach dem Ortsnamen im Portal durchzuführen. Dieses setzt voraus, dass die Identifikation eines von Humboldt verwendeten Ortsnamens als Lokation gelingt und diese Lokation mit der geographischen Koordinaten im Google Maps dargestellt werden kann.

Humboldts Reiserouten sind bekannt und liegen in nicht sehr exakten Darstellungen als Vektordaten vor [2]. Um die vermuteten Orte seiner Beschreibungen und deren exakte Koordinaten aus den Texten zu extrahieren, wurden zunächst alle Reiserouten in ein Geoinformationssystem (QGIS) importiert. Weiterhin wurden alle Ortsnamen aus der Weltkarte importiert, die online über die geografische Datenbank GeoNames [7] verfügbar ist. Da die Anzahl der Datensätze viel zu groß und die

Ortsnamen nicht eindeutig sind, wurde im GIS zu beiden Seiten des bekannten Reisewegs ein Korridor von je 50 km definiert, der das Suchgebiet für die einzelnen Orte festlegt (siehe Abb. 3). Damit konnte die Anzahl der infrage kommenden Ortsnamen erheblich reduziert werden.



**Abb. 3:** Automatisierte Extraktion von Ortsnamen aus der geografischen Datenbank „GeoNames“ anhand eines Suchkorridors entlang der vektorisierten Reisewege Humboldts

Um die Datenqualität weiter zu verbessern, wurden die identifizierten Ortsnamen mit dem Wortregister des gesamten Humboldt-Portals abgeglichen, sodass damit nur noch die Orte relevant sind, die auch tatsächlich in einem der Werke Humboldts aufgeführt wurden. Gleichzeitig kann über diesen Vergleich die Verlinkung der Ortsmarkierung im Google Maps zur Textstelle im Portal sichergestellt werden. Die verbliebenen Ortsnamen werden inklusive der nun ermittelten Metadaten an Google Maps zur Darstellung der Ortsangaben übergeben. Dieses geschieht über einen XML-Parser, der die Metadaten des Portals in eine virtuelle XML-Datei transformiert, analysiert und an die Google API übergibt [3]. Damit können die Reiserouten, das Kartenmaterial als Overlay Maps und die Ortsbeschreibungen als Ortsmarkierungen definiert werden. Aber auch die Einbeziehung externer Dienste wie z.B. Panoramio (Photo-Sharing-Community) als Erweiterung der visuellen Präsentation von Humboldts Reisezielen in Form von Straßen-, Satellit- oder Geländekarten des Google Maps ist möglich und realisiert [1].

## Ausblick

Das Portal ermöglicht eine bequeme und schnelle Arbeit mit den Humboldt-Texten, wobei die Qualität der Suchmaschinen in den externen Archiven manchmal keine Teiltextsuche zulässt. Anhand der Text-Analyse innerhalb des Portals kann jedoch das Vorkommen eines gesuchten Begriffs festgestellt werden, was das manuelle Aufsuchen erheblich erleichtert.

Fehlerhafte Texte und Zeilenumbrüche in den Archiv-Texten erschweren das Webcrawling und die korrekte Indizierung der Begriffe. Sehr gute Erfahrungen konnten besonders mit den bereinigten Texten aus dem Deutschen Textarchiv gewonnen werden, sodass diese Texte künftig eine wesentliche Basis des Portals sein werden.

Schwierigkeiten gibt es bei der geplanten Aufschlüsselung der zahlreichen Skizzen und Tabellen im Portal, da die Suchmaschinen der externen Archive diese Informationen nicht finden. Anders als in der Humboldt Digital Library, wo schon mit der Aufschlüsselung von Datentabellen begonnen wurde, sind solche Daten bisher nicht verfügbar.

Das Portal kann Synonymbegriffe verwalten und zuordnen. Die Definition solcher Begriffe erfordert allerdings eine wissenschaftliche Textbearbeitung und kann nicht automatisiert per Computer erfolgen. Daher wird in der Zukunft ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, die entsprechenden Arbeiten im System einzubinden und damit das Wissenschaftsnetzwerk über Alexander von Humboldt zu verdichten.

## Referenzen

- [1] Humboldt Digital Library: <http://www.avhumboldt.net> (Letzter Zugriff: 30.01.2015)
- [2] Doherr, D. & Baron, F.: "Humboldt Digital Library and Interconnectedness".- The Environmentalist, ISSN 0251-1088, DOI 10.1007/s10669-011-9369-y, Springer-Verlag, 2011
- [3] Doherr, D.: „Interconnectedness und digitale Texte“. - HiN - Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien (Potsdam - Berlin) XIV, 26, S. 12-18., 2013
- [4] Lucht, W.: Vortrag an HU Berlin zur Nachhaltigkeitswissenschaft.-[http://www.hu-berlin.de/pr/medien/publikationen/humboldt/2008/200905/humboldt\\_200905.pdf](http://www.hu-berlin.de/pr/medien/publikationen/humboldt/2008/200905/humboldt_200905.pdf), 2009 (Zugriff am 30.01.2015)
- [5] Deutsches Textarchiv: <http://www.deutschestextarchiv.de>, (Letzter Zugriff 01.02.2015)
- [6] Brahaj, A., Doherr, D. & Hoxha, J.: "Behavior-Based Information Seeking in Digital Libraries - Search optimization in the Humboldt Digital Library"- 2. International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics IMCIC, Orlando, USA, 2011
- [7] GeoNames- Geographische Datenbank: [www.geonames.org](http://www.geonames.org) (Letzter Zugriff 01.02.12015)

### AUTOR

#### **Prof. Dr. Detlev Doherr**

Leiter des Instituts für Wissenschaftliche Weiterbildung,  
Studien-Dekan VT, Fakultät M+V,  
Lehrgebiete: Informatik,  
Angewandte Informatik,  
Geotechnik, CAD,  
[detlev.doherr@hs-offenburg.de](mailto:detlev.doherr@hs-offenburg.de)



# Sweaty – Ein humanoider Roboter entsteht

Prof. Dr. Ulrich Hochberg, Manuel Scharffenberg B. Eng.

Die Weiterentwicklung des humanoiden Roboters „Sweaty“ soll durch Simulationen unterstützt werden. Hierzu wurde schrittweise ein Prozess entwickelt, der Daten automatisiert von der Konstruktion in die Simulationsumgebung überträgt und die Bewegung des Roboters nach Motion-Capture-Daten ermöglicht. Nun sollen die Ergebnisse der Simulation durch Versuche verifiziert werden.

Further development of the humanoid robot „Sweaty“ is stimulated by simulations. An automated process has been developed to transfer design data to the simulation environment and to study the behavior of the robot according to motion-capture data.

## Hintergrund

Sweaty ist der humanoide Roboter der Hochschule Offenburg, der seit 2013 entwickelt wird. Die aktuelle Version ist 140 cm groß, verfügt über 21 Freiheitsgrade und ist etwa 12 kg schwer. Auf dem RoboCup 2014 [1], der Weltmeisterschaft im Roboterfußball in Joao Pessoa (Brasilien) konnte das Team erste Erfahrungen sammeln und sich mit weiteren Teilnehmern austauschen. Hier war das Team der Hochschule Offenburg als einziges europäisches Team in der „Adult Size League“ qualifiziert. Basierend auf diesen Erfahrungen wird ein neuer Roboter entwickelt. Der Bewegungsablauf des Roboters beim Gehen soll verbessert werden.

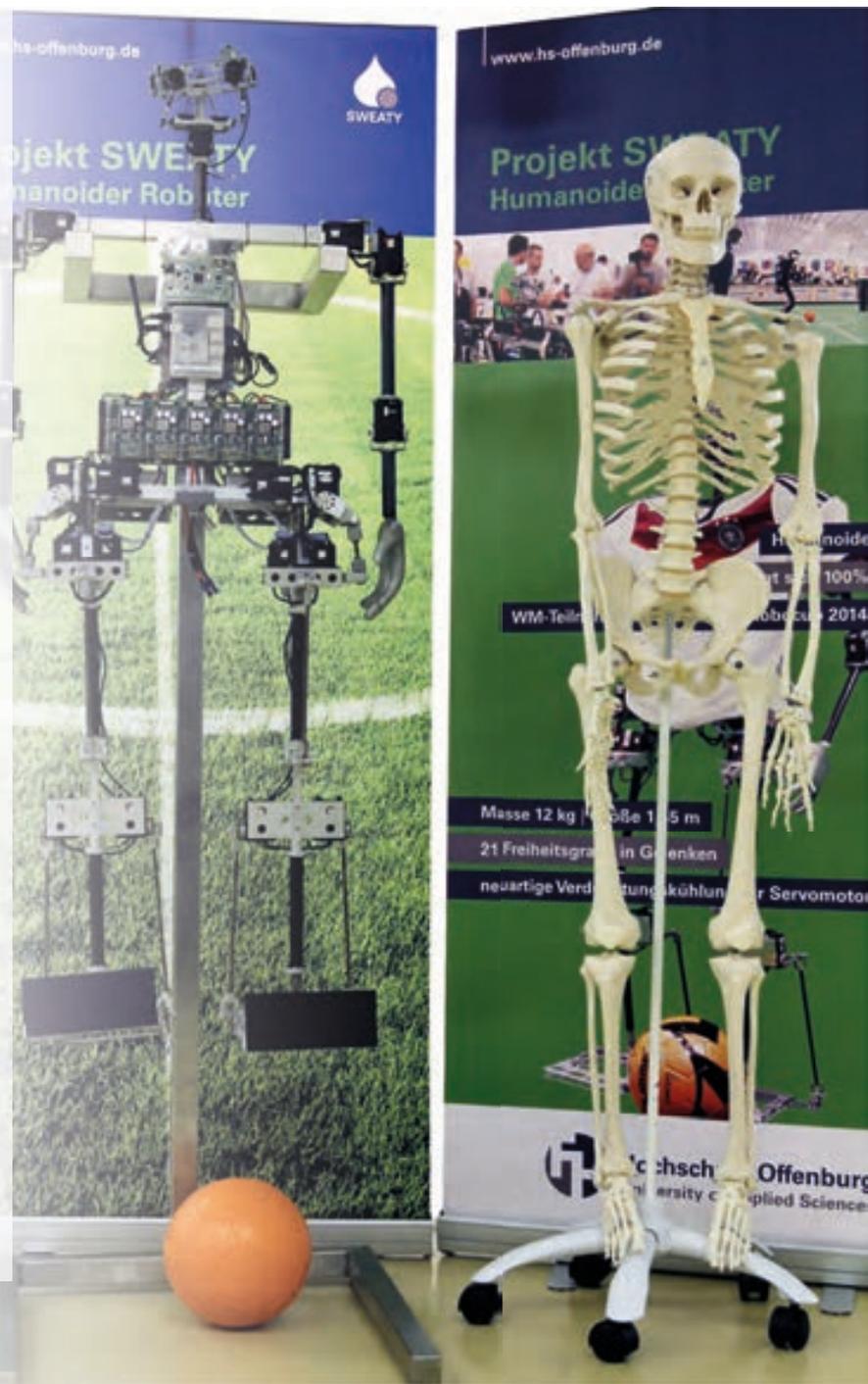
Unser Ziel: *ceterum censemus sewatnyem esse incessurum et non repturum* (Im Übrigen sind wir der Meinung, Sweaty müsse ein Schreitender werden, kein Schleichender) ist aus verschiedenen Gründen noch nicht erreicht.

## Lösungsansätze

Zur Verbesserung soll der neue Roboter zusätzliche Freiheitsgrade im Rücken sowie neue spielarme Präzisionsantriebe mit einem deutlich höheren Leistungsgewicht erhalten. Besondere Bedeutung kommt den Körperproportionen zu: Sie sollen sich zukünftig stärker als bisher am Menschen orientieren (siehe Abbildung 1).

Abb. 1:

Sweaty Modell RoboCup 2014 im direkten Vergleich zum menschlichen Skelett



Die Basis hierfür bildet das Winter-Modell [2], das an verschiedenen Forschungseinrichtungen Grundlage für die Proportionen von humanoiden Robotern ist. Dies erfordert eine Vielzahl von Änderungen der mechanischen und elektrischen Komponenten. Zur Auslegung dieser mechanischen Komponenten werden Informationen über die auftretenden Lasten sowie die minimalen und maximalen Gelenkwinkel benötigt. Für die Auswahl der elektrischen Antriebe werden zusätzliche Informationen wie Geschwindigkeit, Beschleunigung und Drehmoment benötigt. Dabei können die Gelenkwinkel durch Analyse von menschlichen Bewegungsabläufen ermittelt werden. Dies geschieht mithilfe von MotionCapture-Aufnahmen, wie sie auch von der Filmindustrie eingesetzt werden. Das Projekt Koroibot hat hierzu eine Vielzahl menschlicher Bewegungen aufgezeichnet und stellt diese gut sortiert in der Motion-Database-Datenbank [3] zur Verfügung. Wesentlich komplexer gestaltet sich jedoch die Ermittlung der im Betrieb auftretenden Lasten, da diese direkt von der Konstruktion abhängen. An dieser Stelle muss der Konstrukteur viele Annahmen treffen, da noch keine Daten vorliegen. Erst wenn die Konstruktion vollständig vorliegt, kann ein reales Modell gebaut und die Annahmen geprüft werden. Eine Berechnung mit den klassischen Mitteln der Mechanik ist grundsätzlich möglich, aufgrund der komplexen Bewegungen ist der Aufwand jedoch erheblich. Erschwerend kommt hinzu, dass sich das Gleichungssystem qualitativ ändert, wenn der Roboter mit beiden Füßen Bodenkontakt hat: Das Gleichungssystem ist dann zunächst überbestimmt.

## Weg der Simulation

Zur Entwicklung eines verbesserten Roboters sollen die Bewegungsabläufe simuliert werden. Dazu sollen verschiedene Werkzeuge eingesetzt werden.

Die Konstruktionsdaten aus dem CAD-Programm Creo Parametric müssen in die Simulationssoftware SimMechanics (Bestandteil von MATLAB) übertragen werden (siehe Abb. 2). Dafür wurde das Konstruktionsmodell um eine Datenschnittstelle erweitert. Diese Schnittstelle bietet die Möglichkeit, Informationen wie Gewicht, Schwerpunktlage, Gelenkposition und Trägheitstensor automatisiert in eine Excel-Tabelle zu übertragen. Um die Anzahl der zu übermittelnden Werte nicht zu groß werden zu lassen und damit die Übersichtlichkeit zu erhöhen, sind Bauteile, die sich relativ zueinander nicht oder nur sehr geringfügig bewegen, in Unterbaugruppen zusammengefasst. Damit beschränkt sich der Export auf die Informationen der Unterbaugruppen. In der Excel-Tabelle können die Werte vom Benutzer auf Plausibilität geprüft werden. Im Anschluss wird die Excel-Tabelle mit MATLAB eingelesen und für die Simulation bereitgestellt. Zur Visualisierung können zusätzlich 3D-CAD-Dateien eingelesen werden. Diese dienen jedoch lediglich der Darstellung und haben keinerlei Einfluss auf die eigentliche Simulation.

## Nutzung der Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen

Im europäischen Forschungsprogramm Koroibot wird der menschliche Bewegungsablauf von acht Universitäten und Forschungseinrichtungen untersucht [3]. Im Sweaty-Projekt werden die Bewegungsabläufe von dieser Arbeitsgruppe übernommen, sie sind in einer Motion Database veröffentlicht. Zur Verwendung der Daten ist jedoch zunächst eine Konvertierung notwendig. Die am Karlsruher Institut für Technologie entwickelte Software MasterMotorMap [4] ermöglicht die Abbildung der komplexen menschlichen Bewegungen aus den MotionCapture-Aufnahmen auf die reduzierten Freiheitsgrade eines Roboters.

## Referenzen

1. RoboCup. [Online] [Zitat vom: 1. 3 2015.] <http://www.robocup2014.org/>
2. Winter, David A. Biomechanics and motor control of human movement / David A. Winter. s.l. : Wiley, 2009. 978-0-470-39818-0
3. Koroibot. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2015.] <https://koroibot-motion-database.humanoids.kit.edu/list/motions/>
4. Ö. Terlemez, S. Ulbrich et. al. Master Motor Map (MMM) – Framework and Toolkit for Capturing,. 14th IEEE-RAS International Conference on. 18-20. 11 2014
5. Sanitätshaus Kliewer. [Online] [Zitat vom: 05. 3 2015.] <http://www.sanitaetshaus-kliewer.de/ot/messtechnologie-14.html>



**Abb. 2:** Aktueller Stand des Datenflusses und der Werkzeuge für die Simulation des Roboters



Aufgrund der Unterschiede in der Massenverteilung des Menschen und der Massenverteilung in einem Roboter sowie den reduzierten Freiheitsgraden ist es möglich, dass der Roboter mit den so erzeugten Bewegungsdaten nicht stabil läuft. Tritt dieser Fall ein, muss der Bewegungsablauf händisch optimiert werden, bis der Bewegungsablauf befriedigend ist.

Am Ende gibt die Simulation die zeitlichen Verläufe der Gelenkwinkel, Gelenkwinkelgeschwindigkeit, Gelenkwinkelbeschleunigung und Gelenkdrehmoment an. Diese Informationen können anschließend vom Konstrukteur genutzt werden, um die Konstruktion zu optimieren. Ebenso kann geprüft werden, ob die elektrischen Antriebe ausreichend dimensioniert sind. Auswirkungen wie elastisches Verhalten von Bauteilen und Umkehrspiel der Antriebe werden in der Simulation momentan nicht berücksichtigt. Um verwertbare Ergebnisse aus der Simulation zu gewinnen, müssen allen Bauteilen die korrekten Materialien zugewiesen beziehungsweise bei zugekauften Komponenten die entsprechenden Parameter Gewicht, Trägheitstensor und Schwerpunktlage vergeben werden. Zudem müssen alle Bauteile in der richtigen Unterbaugruppe platziert sein.

**Abb. 3:**  
Druckverteilung am Fuß [5]

Eine große Herausforderung ist die Simulation der Kontaktkräfte zwischen Fuß und Boden. Hierfür wird momentan ein Modell ähnlich dem Penalty-Verfahren mit je drei Kontaktpunkten pro Fuß (rote Druckpunkte in Abbildung 3, die Zehen werden momentan nicht berücksichtigt) eingesetzt. Dabei kommt es abhängig von der gewählten Kontaktsteifigkeit zu einer geringen Durchdringung zwischen Untergrund und Fuß. Abhängig von Eindringtiefe und Eindringgeschwindigkeit wird eine Normalkraft erzeugt, die dem Eindringen des Fußes entgegenwirkt. Da der Fuß auch seitliche Kräfte aufzunehmen hat, werden im Modell zusätzlich Reibungskräfte berücksichtigt. Diese sind jeweils abhängig von der Normalkraft des Kontaktpunkts und einem Reibungskoeffizienten. Geeignete Parameter für Kontaktsteifigkeit, Kontaktdämpfung und Reibungskoeffizient müssen experimentell ermittelt werden.

## Ausblick

Im Weiteren soll der Roboter gebaut und sein Verhalten mit dem simulierten Verhalten verglichen werden. Danach ist es möglich, Regelalgorithmen zu entwickeln, um kleinere Störungen im Bewegungsablauf auszuregulieren.

### AUTOREN

**Prof. Dr. Ulrich Hochberg**  
Studiendekan MME,  
Maschinenbau u. Verfahrenstechnik  
Mess- u. Regelungstechnik  
ulrich.hochberg@  
hs-offenburg.de



**Manuel Scharffenberg  
B. Eng.**  
Student MME 2  
mscharffenberg@  
stud.hs-offenburg.de



# ARTHYMES – Einfluss unterschiedlicher Begasungs- techniken auf die biologische Methanisierung von Wasserstoff

Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell, Prof. Dr. Ulrich Hochberg, Manuela Martini cand. B. Sc.

(ARchaea Transforme Hydrogen to Methane for Energy Storage)

Power-to-Gas stellt eine vielversprechende Technologie zur Speicherung von Energie aus erneuerbaren Quellen dar. Elektrolytisch aus Überschussstrom erzeugter Wasserstoff wird dabei zusammen mit Kohlendioxid zu Methan umgesetzt. Die Methanisierung kann auch biologisch durch methanogene Archaeen erfolgen, die diese Reaktion in jedem Biogasprozess katalysieren.

Aufbauend auf die im Vorjahr hier publizierten ersten Versuche zur biologischen Methanisierung von Wasserstoff direkt in Biogasreaktoren, konnte unsere Forschungsgruppe zeigen, dass sich mit verbesserter Begasungstechnik der Wasserstofftransfer in die Flüssigphase von Biogasreaktoren und damit der Methangehalt des entstehenden Biogases weiter steigern lässt.

Power to gas represents a promising technology to store energy from renewable sources. In this process electrolytically generated hydrogen reacts together with carbon dioxide to methane. The methanation can also be carried out biologically by methanogenic archaea catalyzing this reaction in every biogas process.

Based on the results published here last year we could demonstrate that biological methanation of hydrogen directly in biogas reactors can be improved by advanced gassing technologies that enhance hydrogen transfer in the liquid phase of biogas reactors.

## Motivation

Die Förderung der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen stellt neue Herausforderungen an unser Stromnetz. Die fluktuierende Stromproduktion, die vor allem durch den vermehrten Betrieb von Wind- oder Solaranlagen einhergeht, kann zusammen mit dem Strom aus konventionellen Energieträgern zeitweise zu Überschussstrom führen, der exportiert werden muss. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie unterstützt deshalb die Erforschung neuer Speichertechnologien [1], die für mehr Flexibilität in der Stromversorgung sorgen. Neben Pumpspeicherkraftwerken, Druckluftspeichern und Batterien stellt Power-to-Gas (PtG) eine vielversprechende Möglichkeit zur Speicherung von Überschussstrom im Erdgasnetz dar. Dieses ist – derzeitig – der einzige für die Energiewende ausreichende Speicher. Bei PtG wird Überschussstrom zum Betrieb

eines Elektrolyseurs genutzt, der neben Sauerstoff auch energiereichen Wasserstoff produziert. Da dieser jedoch nur zu 5 Vol.-% direkt in das Erdgasnetz eingespeist werden kann, muss zur unlimitierten Nutzung des Erdgasnetzes weiterer Wasserstoff durch externe Zufuhr von Kohlendioxid chemisch oder biologisch methanisiert werden.

Die Forschungsgruppe ARTHYMES verfolgt den bisher noch wenig betrachteten Ansatz, Wasserstoff durch methanogene Archaeen direkt in Biogasanlagen biologisch zu methanisieren. Erste Versuche haben bereits gezeigt, dass durch die Zugabe von Wasserstoff zusätzliches Methan entsteht [2]. Nachfolgend werden die weiterführenden Experimente zur Methanisierung vorgestellt, die sich insbesondere mit der Erprobung verschiedener Möglichkeiten zum Gaseintrag in die Bioreaktoren beschäftigen.

## Referenzen

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2015. Jahreswirtschaftsbericht 2015: Investieren in Deutschlands u. Europas Zukunft
- [2] Montañez, S.N. Methanation of hydrogen and carbon dioxide as a means for direct methane productivity enhancement in a biogas digester. Masterthesis Univ. Appl. Sic. Offenburg, 2014



**Abb. 1:**  
Teststand zur blasen-  
freien Wasserstoff-  
begasung

## Vorgehensweise

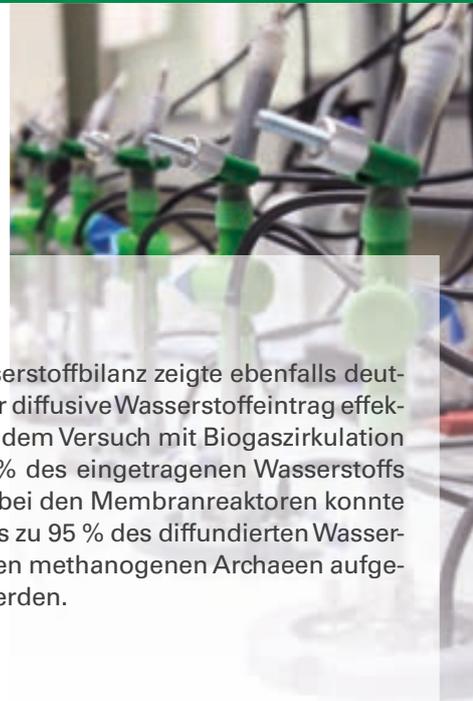
Für die Begasung mit Wasserstoff wurden drei verschiedene Möglichkeiten getestet. Eine Kapillarmembran, wie sie in Herz-Lungen-Maschinen Anwendung findet, eine Silikonmembran und Begasungssteine, wie sie zur Belüftung von Aquarien zum Einsatz kommen.

Aus früheren Versuchen war bekannt, dass bei Verwendung von Begasungssteinen die Verweilzeit der entstehenden Wasserstoffblasen in der Flüssigphase zu kurz ist, um einen ausreichenden Stoffübergang und damit eine angemessene Verfügbarkeit für die Umsetzung durch die methanogenen Archaeen zu gewährleisten. Daher wurden bei diesem experimentellen Ansatz der zugegebene Wasserstoff und das entstehende Biogas kontinuierlich in den Kreislauf gepumpt. Mit Silikonschläuchen und Kapillarmembranen konnte hingegen eine blasenfreie Begasung über Diffusion realisiert werden (Abb. 1).

## Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich mit der Referenz ohne Wasserstoffbegasung zeigte wie erwartet in allen Fällen eine Steigerung des Methangehalts bei gleichzeitiger Reduktion des Kohlendioxidanteils im entstehenden Biogas.

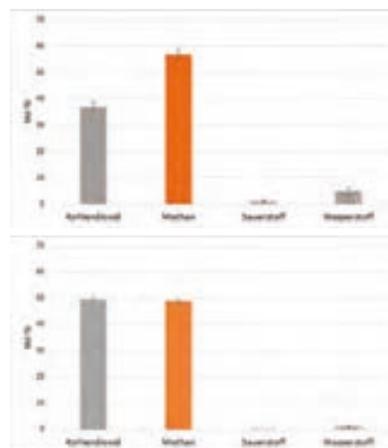
Die deutlichste Verbesserung zeigte sich bei der blasenfreien Begasung mit der Kapillarmembran. Hier konnte das Verhältnis von Methan zu Kohlendioxid um  $37 \pm 9 \%$  gesteigert werden. Die Ergebnisse mit der Silikonmembran waren bezogen auf die zur Verfügung stehende Membranfläche schlechter. Die Versuche mit Begasungssteinen und Biogaszirkulation zeigten lediglich Steigerungen von  $17 \pm 7 \%$ .



Die Wasserstoffbilanz zeigte ebenfalls deutlich, dass der diffusive Wasserstoffeintrag effektiver ist. Bei dem Versuch mit Biogaszirkulation wurden 75 % des eingetragenen Wasserstoffs verbraucht, bei den Membranreaktoren hingegen bis zu 95 % des diffundierten Wasserstoffs von den methanogenen Archaeen aufgenommen werden.

## Ausblick

In nachfolgenden Experimenten soll der Stoffübergang des Wasserstoffs in die Flüssigphase weiter optimiert werden. Dazu sind Begasungsversuche mit weiteren Membranmaterialien und verschiedenen Transmembrandrücken geplant. Eine Untersuchung der am Biogasprozess beteiligten Mikroorganismen soll zudem die Einflüsse der Wasserstoffbegasung insbesondere auf die Populationsdynamik der wasserstoffverwertenden (hydrogenotrophen) Archaeen aufzeigen.



**Abb. 2:**  
Vergleich der Biogaszusammensetzung Referenz- und Membranreaktor mit Kapillarmembran

### AUTOREN

**Prof. Dr. Ulrich Hochberg**  
Studiendekan MME,  
Fakultät M+V  
Mess- u. Regelungstechnik  
ulrich.hochberg@  
hs-offenburg.de



**Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell**  
Prodekanin, Fakultät M+V  
Forschungsgruppe Biogas (IoC)  
Biotechnologie, Bioinformatik,  
Biologische Verfahren  
christiane.zell@hs-offenburg.de



**Manuela Martini**  
cand. B. Sc.  
mmartini@  
stud.hs-offenburg.de



# Werkstoffmechanik für die Bauteilentwicklung im Computer

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert

Die Lebensdauer von Bauteilen ist begrenzt, wenn hohe Einsatztemperaturen die Festigkeit des eingesetzten Werkstoffs auf die Probe stellen. Damit die Funktionstüchtigkeit des Bauteils gewährleistet ist, werden meist zeit- und kostenintensive Prototypenversuche durchgeführt. Die Anzahl an diesen Versuchen kann reduziert werden, wenn in Computersimulationen das mechanische Werkstoffverhalten angemessen abgebildet und die Lebensdauer vorausberechnet werden kann.

The lifetime of components is often limited. This is especially the case when cyclic loading conditions result in fatigue of the used material and at the same time high temperatures test the strength of the material. Generally, the component's operational reliability is proven in time consuming and costly bench tests with prototypes. The number of these tests can, however, be significantly reduced if the service behaviour of the components can be assessed in computer simulations. To this end, the mechanical properties of the used material must be adequately described in the simulations by application of advance material models.

## Einleitung

Der Arbeitstag des Abgaskrümmers im Auto beginnt damit, dass er im Winter auf Minusgrade heruntergekühlt und beim Anlassen des Motors mit bis zu 1050 Grad Celsius heißem Abgas durchströmt wird. Aber auch wenn der Motor dann Betriebstemperatur erreicht hat, bleibt dem Abgaskrümmers die unangenehme Aufgabe die heißen Abgase aus dem Motor zu sammeln und sie zum Katalysator weiterzuleiten. Die Temperaturschwankungen von Minusgraden bis zu den Spitzentemperaturen bei Vollgas macht selbst ein Hochtemperaturwerkstoff auf Dauer nicht mit. Beim Aufheizen dehnt sich das Material aus, beim Abkühlen zieht es sich wieder zusammen. Dieses Hin- und Herformen führt dazu, dass Spannungen im Werkstoff auftreten und sich Risse bilden, die unter dieser zyklischen Belastung wachsen, bis das Bauteil kaputt ist. Dieses Phänomen wird als thermomechanische Ermüdung des Werkstoffs bezeichnet.

Um das frühzeitige Versagen des Abgaskrümmers beim Kunden zu verhindern, wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl an Prototypen in Motorenprüfständen geprüft, bis ein angemessenes Bauteildesign und ein angemessener Werkstoff gefunden wurden. Allerdings ist diese durch Versuch und Irrtum geprägte Bauteilentwicklung sehr zeitaufwendig und kostenintensiv. Um hier Kosten und Zeit einzusparen, werden zunehmend Computersi-

mulationen durchgeführt. So werden die Bauteile, die zu diesem Zeitpunkt im Entwicklungsprozess lediglich virtuell als Konstruktionen im Computer existieren, ebenso virtuell den Betriebsbelastungen ausgesetzt. Es werden entsprechende werkstoffmechanische Modelle verwendet, die eine Aussage erlauben, ob und wie lange der Werkstoff diese Belastung übersteht. Da die Computersimulationen tiefe Einblicke in das Bauteilinnere und die Werkstoffbelastung ermöglichen, kann die Geometrie des Bauteils und der Werkstoffeinsatz im Computer optimiert und neben Kosten- und Zeitersparnis die Lebensdauer und Qualität des Bauteils erhöht werden.

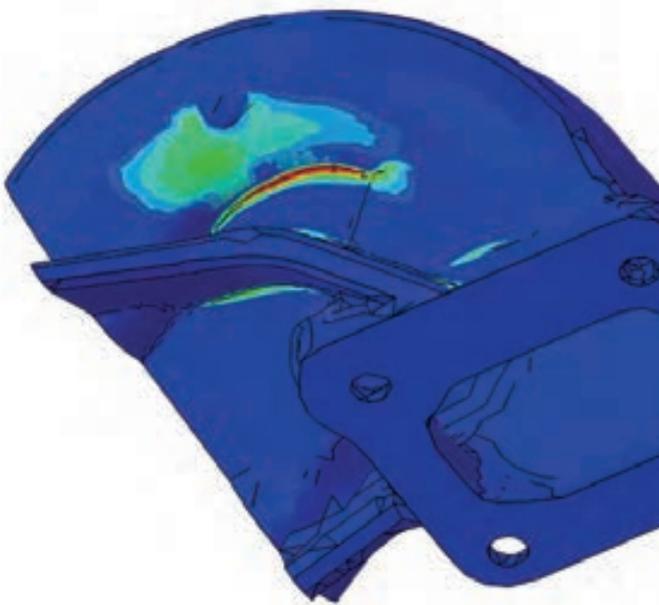
Damit jedoch realistische Lebensdauerprognosen über die Computersimulationen erreicht werden können, muss zunächst verstanden werden, wie ein Werkstoff auf die wechselnden thermischen und mechanischen Beanspruchungen reagiert. So können vorausagekräftige werkstoffmechanische Modelle entwickelt und in entsprechende Simulationsprogramme integriert werden, die dann bei der Bauteilentwicklung eingesetzt werden. In einem gemeinsamen Projekt der HSO mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, ADACS Inc. und John Deere Power Systems wurden Werkstoffmodelle für die computergestützte Lebensdauervorhersage von Abgaskrümmern aus dem Eisengusswerkstoff HiSiMo entwickelt und anhand realer Prüfstandsversuche validiert [1, 2].

## Methodik und Ergebnisse

Die Methodik zur computergestützten Lebensdauerbewertung basiert auf drei Schritten: Im ersten Schritt werden zunächst die zeitlich veränderlichen Temperaturen beim Aufheizen und beim Abkühlen des Bauteils berechnet. Im zweiten Schritt werden diese Temperaturen in einer weiteren Computersimulation zur Berechnung der Werkstoffbelastung vorgegeben. Da sich der Werkstoff bei Temperaturänderungen ausdehnen bzw. zusammenziehen will, die Temperaturänderungen jedoch im Bauteil unterschiedlich sind, kommt es zu thermischen Spannungen im Werkstoff. Diese Spannungen überschreiten in hoch beanspruchten Bereichen jedoch die bei hoher Temperatur abgesenkte Streckgrenze des Werkstoffs, sodass es zu wechselnden plastischen Verformungen des Werkstoffs kommt. Da jedoch der Werkstoff bei hohen Temperaturen ein zeitabhängiges Verhalten aufweist, tritt überlagert Kriechen und Spannungsrelaxation auf. Um diese Effekte in der Simulation berücksichtigen zu können, werden fortschrittliche Plastizitätsmodelle eingesetzt. Die entsprechenden Werkstoffkennwerte für den Eisengusswerkstoff HiSiMo werden auf Basis von Versuchen bestimmt. Hierzu wurden spezielle Versuche an Werkstoffproben durchgeführt, in denen einerseits zyklische Belastungen mit Kriech- und Spannungsrelaxation berücksichtigt wurde. Andererseits wurden spezielle thermomechanische Ermüdungsversuche durchgeführt, in denen möglichst bauteilnahe Belastungen mit zeitlich veränder-

lichen Temperaturen betrachtet wurden. Mit dem fortschrittlichen Plastizitätsmodell und den für HiSiMo bestimmten Werkstoffkennwerten werden schließlich in Computersimulationen mit der Finite-Elemente-Methode die zeitlich veränderlichen Spannungen und plastischen Verformungen des Bauteils unter Betriebsbelastung berechnet.

Im dritten Schritt werden letztendlich die berechneten Spannungen und plastischen Verformungen für eine Lebensdauervorhersage herangezogen. Hierfür wird ein auf duktilem Ermüdungsrisswachstum basierendes Modell verwendet, das für die thermomechanische Ermüdung von Eisengusswerkstoffen entwickelt wurde [3]. Allerdings zeigt der Werkstoff HiSiMo in den Ermüdungsversuchen an Werkstoffproben ein relativ sprödes Verhalten im mittleren Temperaturbereich um 400 °C, das in dem bisherigen Lebensdauermodell nicht abgebildet werden kann. Daher wurde das bisherige Modell weiterentwickelt, indem bruchmechanische Lösungen für Spröbruchverhalten in das Modell integriert wurden. Mithilfe der Modellerweiterung kann die relativ kurze Lebensdauer von einigen Werkstoffproben erklärt werden. Auf Basis der Ergebnisse der Ermüdungsversuche werden die Werkstoffkennwerte des erweiterten Lebensdauermodells bestimmt, sodass das Modell für die Lebensdauerbewertung des Abgaskrümmers aus dem Eisengusswerkstoff HiSiMo eingesetzt werden kann.



**Abb. 1:**

Vergleich der Ergebnisse der Computersimulation (links) und des Prüfstandsversuchs (rechts). Rote Bereiche bei der Computersimulation kennzeichnen die rissgefährdeten Bereiche.

Abb. 1 zeigt das Ergebnis aus der Computersimulation im Vergleich zum Ergebnis aus einem Prüfstandsversuch mit dem realen Bauteil. Der in der Simulation rot dargestellte Bereich ist rissgefährdet, was sich im Prüfstandsversuch bestätigt. In der Computersimulation wird berechnet, dass nach 748 Zyklen ein Riss mit einer Länge von ungefähr 1 mm vorliegt, sodass mit einem baldigen Durchriss gerechnet werden kann. Im Prüfstandsversuch wurde der Durchriss nach 810 Zyklen festgestellt, sodass eine gute qualitative und quantitative Übereinstimmung vorliegt.

#### Referenzen/References

- [1] P. von Hartrott, T. Seifert, S. Dropps, TMF Life Prediction of High Temperature Components Made of Cast Iron HiSiMo: Part I: Uniaxial Tests and Fatigue Life Model, SAE International Journal of Materials and Manufacturing 7(2), 2014, 439-445, doi:10.4271/2014-01-0915
- [2] T. Seifert, R. Hazime, S. Dropps, TMF Life Prediction of High Temperature Components Made of Cast Iron HiSiMo: Part II: Multiaxial Implementation and Component Assessment, SAE International Journal of Materials and Manufacturing 7(2), 2014, 421-431, doi:10.4271/2014-01-0905
- [3] T. Seifert, H. Riedel, Mechanism-based thermomechanical fatigue life prediction of cast iron. Part I: Models, International Journal of Fatigue 32, 2010, 1358-1367

## Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine Methodik für die computergestützte Lebensdauerbewertung von Abgaskrümmern aus dem Eisengusswerkstoff HiSiMo entwickelt, die aus einem zeit- und temperaturabhängigen Plastizitätsmodell und einem auf Ermüdungsrisswachstum basierenden Lebensdauermodell besteht. Das Lebensdauermodell wurde speziell für HiSiMo weiterentwickelt, um die Sprödbruchneigung im mittleren Temperaturbereich abbilden zu können. Die Ergebnisse aus der Computersimulation stimmen gut mit Ergebnissen aus realen Prüfstandsversuchen überein. Damit kann zukünftig mit den entwickelten werkstoffmechanischen Modellen die Bauteilentwicklung verstärkt im Computer durchgeführt und so die Anzahl an Prüfstandsversuchen reduziert werden.

### AUTOR

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert**  
Fakultät M+V  
Werkstofftechnik, Mechanik,  
Finite-Elemente-Methode,  
Schadenskunde  
thomas.seifert@hs-offenburg.de







**GeneSys**  
Sensor & Navigation Solutions

**Automotive Testing Equipment**  
**Sensorik für Baumaschinen & Tunnelling**  
**Neigungs-, Kreisel-, Laser-Messtechnik**  
**Industrielle Bildverarbeitung**

**Studenten sind herzlich willkommen**

GeneSys Elektronik GmbH | In der Spöck 10  
77656 Offenburg | T 0781 969279-0  
mail@genesys-offenburg.de | [www.genesys-offenburg.de](http://www.genesys-offenburg.de)

# Ein neuer Zugang zu mineralischen Dämmstoffen

*Simon Girsch, Prof. Dr. Bernd Spangenberg*

**Hausdämmung spart Heizenergie und schont fossile Energiequellen. Daher wird langfristig jeder Hausbesitzer sein Haus mit einer Volldämmung ausstatten. Bevorzugtes Dämmmaterial ist heute Styropor, geschäumtes Polystyrol. Dieser Stoff wird aus Erdöl gewonnen, ist brennbar, enthält gefährliche Substanzen und macht zudem Probleme bei der Entsorgung. Das Material ist in keinsten Weise nachhaltig! An der HSO werden Dämmplatten entwickelt und erprobt, die aus einem neuartigen, rein mineralischen Polymer mit hoher Dämmwirkung bestehen. Das Material ist nicht entflammbar, enthält keine gefährlichen Stoffe und kann problemlos recycelt werden. Eine Markteinführung ist für das Jahr 2016 geplant.**

Insulating buildings save energy and will extend the range of fossil energy sources. That is the reason why all buildings will be insulated in future. Today styrofoam (chemically described as polystyrene) is mostly used for house insulation purposes. Polystyrene is made from oil. It is flammable, contains hazardous substances and disposing of it causes environmental problems. All in all, polystyrene is not a sustainable construction material! The University of Applied Sciences Offenburg developed and has tested a new inorganic foam material which shows excellent heat-insulation abilities. This material is inflammable, contains no hazardous compounds and can be recycled without any difficulty. Its market launch is scheduled for 2016.

## Problemstellung

In der Zukunft wird die Menschheit nur noch einen stark eingeschränkten Zugriff auf fossile Energieträger haben. Die Konsequenzen spüren wir schon heute in unserem Alltag. Die Energieeinsparverordnung zum Beispiel schreibt dem Bürger vor, in welchem Umfang das eigene Haus gedämmt sein muss. Oft werden dabei problematische Dämmmaterialien wie z. B. Styropor eingesetzt, da sie preiswert sind. Styropor zeigt sehr gute Dämmwerte, ist aber brennbar und wasserundurchlässig, enthält giftige Substanzen und ist schlecht zu entsorgen. Dringend benötigt werden daher neue Dämmstoffe, die die Nachteile des Styropors nicht aufweisen.

Neu entwickelte und eingesetzte Materialien in der Bautechnik müssen der zukünftig angespannteren Rohstoffsituation Rechnung tragen, denn auf knappe Materialien lässt sich keine Zukunftstechnologie aufbauen. Weiter muss ein integraler Bestandteil der Produktentwicklung die Sicherstellung eines einfachen Recyclings sein. Sand als Silikatrohstoff wird dabei eine dominierende Rolle spielen.

Silikate sind mineralische Werkstoffe, deren zentrale Struktur aus einer Silizium-Sauerstoff-Bindung besteht, an der oft auch Aluminium beteiligt ist. Die reinste Silikatstruktur findet man im Quarz, dessen Hauptvorkommen der Sand ist. Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe daher als polymeren Sand. Es gibt Anzeichen dafür, dass Silikatwerkstoffe schon im Altertum als eine Art antiker Beton genutzt wurden. Heute wird die Herstellung neuer Verbundwerkstoffe auf Silikatbasis als Geopolymerisation bezeichnet, da geologisch verfügbare Materialien über eine Polymerreaktion miteinander verbunden werden. Die Rohstoffbasis geopolymerer Strukturen ist Sand, ein Rohstoff, der in den Wüsten quasi unbegrenzt vorhanden ist. Ein zukünftiges Ziel weltweiter Rohstoffpolitik muss sein, die Nutzung von Wüstensand in der Industrie zu fördern. Dieser vielversprechende Ansatz kann einen wesentlichen Beitrag zum Aufbau einer nachhaltigen Bautechnik leisten.

## Schaumsteine aus silikatbasierten Polykondensaten

Der Schlüssel zur vermehrten industriellen Nutzung von Wüstensand ist die Geopolymerstruktur. Diese wird aus wässriger Silikatlösung gebildet. Wasserlösliche Silikate, auch Wassergläser genannt, sind schon heute kostengünstig aus Wüstensand, Soda und Sonnenenergie herstellbar. Sie ermöglichen die Bildung geopolymerer Strukturen aus wässriger Lösung oder wässriger Suspension in einem Temperaturbereich zwischen 0° C und 200° C.

Die Arbeitsgruppe „Nachhaltige Silikاتفorschung“ der HSO arbeitet seit vier Jahren an einer verbesserten Methode, um aus Wasserglas Schaumsteine herzustellen. Es gelang unter ökologischen Bedingungen Steinschäume zu erzeugen, die ähnlich gute Dämmeigenschaften wie Styropor zeigen.

## Beschreibung der Versuche

Eine wässrige Silikatlösung wird mithilfe von Schaumbildnern ohne äußere Wärmezufuhr aufgeschäumt, ähnlich wie ein Polyurethanschaum. Durch Zugabe eines Härters verfestigt sich der Schaum innerhalb von Minuten. Der gebildete Schaumstein ist rein anorganisch und nicht brennbar [1].



Abb. 1: Beispiel eines Zierprofils



Abb. 2: Schaumsteine in unterschiedlichen Größen

Der Schäumvorgang kann in einer Form durchgeführt werden. Die Form des Werkstoffs lässt sich je nach Anwendung variieren z. B. für Zierprofile (Abb. 1) oder zur Herstellung von Schaumsteinen in unterschiedlichen Größen (Abb. 2).

## Struktur der Schaumsteine

Die Wärmedämmfähigkeit eines Schaumsteins hängt von seiner Dichte und seiner Porenstruktur ab. Je geringer die Dichte ist, umso besser isoliert das Material. Allerdings nimmt mit fallender Dichte auch die Materialstabilität ab. So ist es wichtig, möglichst kleine Blasenstrukturen im Stein zu erzeugen, denn in kleinen Luftblasen ist die Konvektion der Luft gehindert. Nur so gelingt es, eine optimale Wärmedämmwirkung zu erzeugen.



Abb. 3:  
16-fache  
Vergrößerung

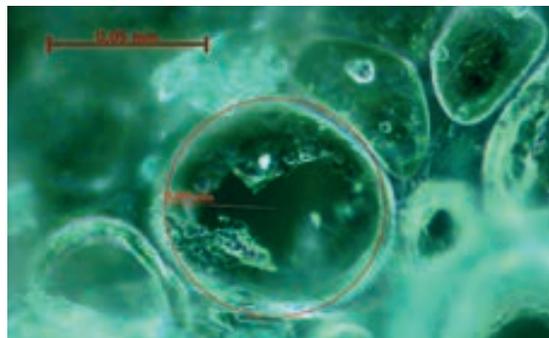


Abb. 4:  
200-fache  
Vergrößerung

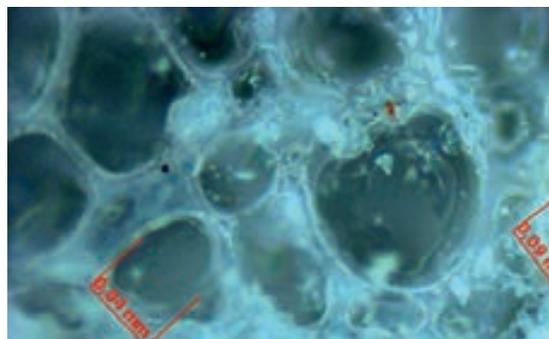
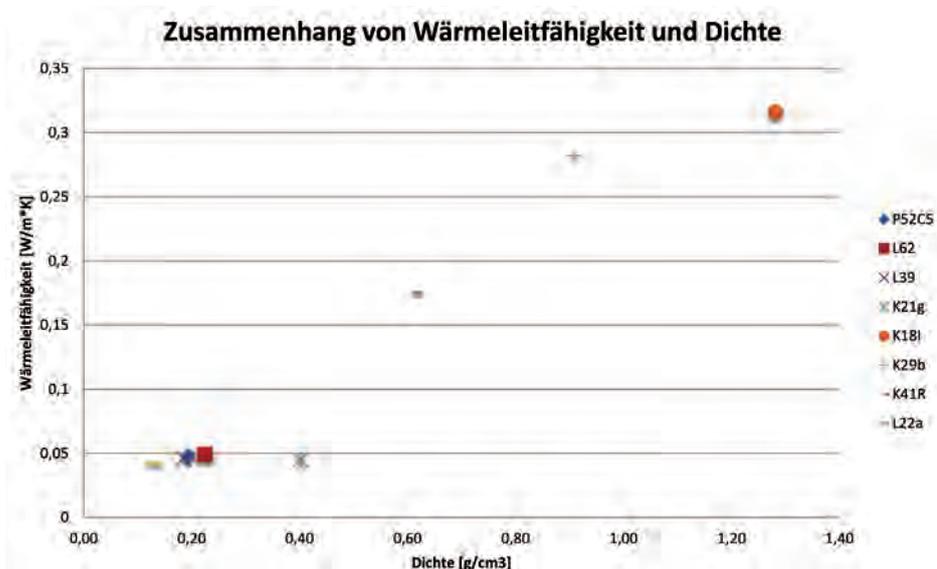


Abb. 5:  
550-fache  
Vergrößerung

In den Mikroskopaufnahmen der Abbildungen 3-5 sind die durch das Aufschäumen entstandenen Blasenstrukturen zu erkennen. Beim Aufschäumen bilden sich sehr kleine Blasen mit Durchmessern in einem Bereich von 50 bis 150 µm.



**Abb. 6:**  
Zusammenhang von Wärmeleitfähigkeit und Dichte einiger Schaumsteine

Abb. 6 zeigt bei ausgesuchten Probekörpern die Abhängigkeit zwischen Dichte und Wärmeleitfähigkeit. Zu erkennen ist, dass Körper mit hoher Dichte eine bessere Wärmeleitfähigkeit haben als Körper niedriger Dichte. Im Bereich der Dichten von unter  $0.4 \text{ g/cm}^3$  kann aus Abb. 6 und den dazugehörigen Daten in Tab. 1 geschlossen werden, dass eine weitere Senkung der Wärmeleitfähigkeit nicht mehr möglich ist. Der Grund liegt in der Bläschenstruktur der Schäume. Kleine Luftblasen stellen ein ausgezeichnetes Wärmeisolationsverhalten sicher. Da Blasendurchmesser  $< 50 \mu\text{m}$  mit der vorgestellten Methode nicht herstellbar sind, lässt sich bei diesen Werkstoffen die Wärmeleitfähigkeit nicht unter  $0.04 \text{ Watt/m}^2\text{K}$  drücken.

## Zusammenfassung

Die vorgestellte Methode erlaubt die Herstellung rein mineralischer Schäume mit Wärmeleitfähigkeiten von etwa  $0.04 \text{ Watt/m}^2\text{K}$ . Es gelang, beliebige Formen unterschiedlichster Größen zu schäumen. Die Werkstoffeigenschaften der Produkte können in einem weit gefassten Rahmen variiert werden. Zudem sind die Schäume säurestabil. Zur Herstellung werden nur nachhaltig verfügbare Rohstoffe verwendet, die vollständig rezyklierbar sind und keinen Zement enthalten.

Probe	Wärmeleitfähigkeit [W/m <sup>2</sup> K]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Festigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
L62	0,049	0,22	0,73
L39	0,046	0,19	0,88
L22a	0,042	0,13	0,13
P52C5	0,048	0,19	0,71
K21g	0,045	0,40	1,74
K18I	0,361	1,28	2,98
K29b	0,282	0,91	25,2
K41R	0,175	0,61	7,29

**Tab. 1:** Werteübersicht einiger Schaumsteinproben

### Literatur

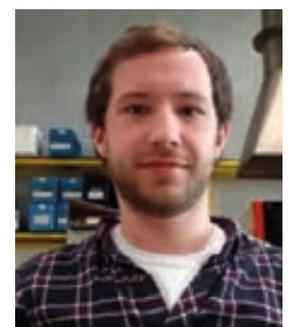
[1] Poröse Massen oder Formkörper aus anorganischen Polymeren und deren Herstellung, Veröffentlichungsnummer des Patentes: WO2014127762 A1 (PCT/DE2014/000076) vom 28. 8. 2014

### AUTOREN

**Prof. Dr. Bernd Spangenberg**  
Forschungsgruppe  
Nachhaltige Silikatforschung  
Lehrgebiete Chemie,  
chemische Analytik, Abfall und  
Recyclingtechnik, Bionik,  
spangenberg@hs-offenburg.de



**Simon Girsch**  
Forschungsgruppe  
Nachhaltige Silikatforschung  
Forschungsgruppe  
Umweltanalytik und  
neue Materialien



...machen Sie **Druck** – und zwar **digital!**

Wir liefern Ihnen alles, was Sie dazu brauchen.

Der digitale Direktdruck wird bereits in vielen Industriezweigen eingesetzt.  
Kennzeichnen und dekorieren auch Sie Ihre Produkte effizienter.

#### SYSTEMHAUS FÜR DIGITALDRUCK UND DIGITALEN DIREKTDRUCK

DP Solutions GmbH & Co. KG | Vogesenstr. 11 | 77871 Renchen  
Tel +49 (0) 78 43 / 99 33-0 | Fax +49 (0) 78 43 / 99 33-333  
info@dp-solutions.de | www.dp-solutions.de



„Den Laden  
schmeißen.“

Jetzt  
beraten  
lassen!

Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

Der **VR-FinanzPlan Mittelstand** zeigt, wie sehr wir dem Mittelstand verbunden sind. Denn mit ihm können Sie für jede unternehmerische Herausforderung die richtige finanzielle Lösung finden. Sprechen Sie persönlich mit unseren Beratern, rufen Sie an (0781 800-0) oder gehen Sie online: [www.volksbank-offenburg.de](http://www.volksbank-offenburg.de)

Wir machen den Weg frei.



*Prof. Dr. rer. pol. Volker Sänger,  
Dekan der Fakultät Medien und Informationswesen*



# Medien und Informationswesen

Das jahrelange Wachstum der Fakultät mit mehreren neuen Studiengängen und entsprechendem Wachstum bei den Studentenzahlen wurde 2014 für das Erste abgeschlossen. Mit den jetzt angebotenen Studiengängen und den dazu berufenen Professor/inn/en hat sich das Themenspektrum der Fakultät deutlich erweitert. Gerade an den ersten beiden W 3-Professuren, die 2014 in der Fakultät besetzt wurden, wird diese Vielfalt sehr deutlich. Auf der einen Seite des Spektrums steht die künstlerische Forschung mit interaktiven Medien. Am anderen, mehr technischen Ende des Spektrums findet man die IT-Sicherheit, deren Aufgabenstellungen aktuell überall in den Medien rege diskutiert werden. Insgesamt soll gerade durch die beiden W 3-Professuren die Forschung in der Fakultät gestärkt und forciert werden.

Gerade in den laufenden Forschungsprojekten ist die Vielfalt der Medienthemen erkennbar. Zudem sind viele Aufgabenstellungen interdisziplinär aufgebaut, sodass in einem Projekt oft mehrere Gebiete gleichzeitig behandelt werden. Wenn also unter dem Titel Competence Center for Cyber-Security ein Curriculum für ein berufsbegleitendes Online-Studium der IT-Sicherheit entwickelt wird, so kommen die Gebiete Medieninformatik und Medienpädagogik zusammen. In das Umfeld der Medientechnik gehört ein Projekt zur 3 D-Vermessung und -Modellierung von Kanalsystemen; genauso wie das Projekt Spektrum Monitoring, in dessen Rahmen zusammen mit der Fakultät E+I ein effektives Spektrum-Management-System entwickelt wird, um die Funkfrequenznutzung zu maximieren. Weiterhin werden in einem Gestaltungsprojekt

gemeinsam mit dem Christlichen Jugenddorf Offenburg visuelle Unterlagen, vor allem Spiele und Animationen, rund um die richtige Berufswahl für Schüler produziert. In den Bereich des Medienmanagements fallen Eytracking- und Usability-Studien mit verschiedenen Unternehmen der Region. Über die Drittmittelprojekte hinaus wird in unterschiedlichen Medienbereichen geforscht und publiziert. Die Artikel auf den folgenden Seiten über aktuelle Arbeiten der Fakultät werfen Schlaglichter auf einzelne Forschungsthemen.

Dass die IT-Sicherheit ein ganz großes Thema in der Angewandten Forschung ist und dass dieses in der Fakultät M+I zentrale Bedeutung erlangt hat, wird in der Kurzvorstellung eines laufenden Projekts im Cloud-Computing-Umfeld dargestellt. Die Interdisziplinarität der Medienthemen wird in einem weiteren Beitrag zur Personalisierung als ein zentrales Marketingsinstrument deutlich, genauso wie im Artikel über die nutzerfreundliche Produktvisualisierung im Online-Shopping. In den originären Bereich des Medienmanagements fällt ein Beitrag über den digitalen Wandel der Zeitungsbranche. Ein weiterer Artikel befasst sich mit dem sehr aktuellen Thema Nachfolgemanagement in einem Unternehmen – bekanntermaßen geht bei solch einem Übergang oft viel Know-how verloren. Die künstlerische Forschung in der Fakultät wird durch drei Beiträge repräsentiert. Zwei behandeln hier Artografie als produktive Form qualitativen Forschens. Der dritte beschreibt eine ethnografische Studie zu Verkorperungstheorien und Wissenspraktiken am Indian Institute of Science.

# Mehr Sicherheit in der Datenwolke – Entwicklung von Sicherheitslösungen für das Cloud Computing

*Johann Betz M. Sc., José López M. Sc., Prof. Dr. habil. Dirk Westhoff*

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt das Forschungsprojekt „ProSeCCo-Promotionsvorhaben zur Erarbeitung von Sicherheitserweiterungen für das Cloud Computing“ im Rahmen der Förderlinie „IngenieurNachwuchs“ des Programms „Forschung an Fachhochschulen“ mit zwei Doktorandenstellen über drei Jahre. Ziel eines ersten Promotionsvorhabens ist es, technische Maßnahmen für eine datenschutzfreundliche Cloud-Auditierung unter Nutzung neuartiger Verschlüsselungstechnologien zu erarbeiten. Ziel eines zweiten Promotionsvorhabens ist es, Gegenmaßnahmen gegen ein u.U. verdecktes Abschöpfen von Daten zwischen Kunden-VMs über hierfür nicht vorgesehene Kanäle wie etwa via Pufferspeicher (Cache) zu erarbeiten.

The Federal Ministry for Education and Research (BMBF) is currently founding the research project „ProSeCCo-Promotionsvorhaben zur Erarbeitung von Sicherheitserweiterungen für das Cloud Computing“ within the category „IngenieurNachwuchs“ in the program „Research at Universities of Applied Sciences“. Two PhD positions are founded over three years. The objective of the first PhD project is to elaborate technical means for a privacy-friendly cloud-auditing by the usage of relatively novel encryption transformations. The second PhD project's objective is to elaborate countermeasures against a data leakage between client-VMs via covert channels (e.g. a cache) which were originally not intended for an exchange of data.

Cloud Computing, d. h. die Bereitstellung von IT-Dienstleistungen über das World Wide Web, ist zurzeit einer der größten Wachstumstreiber in der Informations- und Kommunikationstechnologie. IT-Ressourcen wie Software, Rechenleistung oder Arbeitsspeicher können auf diese Weise bedarfsgerecht aus dem Internet bezogen werden. Die Abrechnung erfolgt dabei nach Verbrauch, nach Funktionsumfang, Nutzungsdauer und Anzahl der Nutzer. Für Unternehmen ergeben sich dadurch wesentliche Einsparungspotenziale, weil Investitionen in den Kauf und Betrieb von Soft- und Hardware entfallen. Da beim Cloud Computing der Speicherort auf einen externen Server ausgelagert wird, spielen die Themen Datensicherheit und Datenschutz eine zentrale Rolle bei der Entwicklung von Cloud-Diensten.

Ausgehend von der Tatsache, dass selbst bei vertrauenswürdigen Cloud-Anbietern immer das Risiko eines Hackerangriffs besteht, arbeiten Wissenschaftler der Fakultät M+I, Hochschule Offenburg an der Entwicklung von datenschutzfreundlichen Lösungen, die bereits in die Grundkonzeption der Cloud-Anwen-

dungen integriert werden. Im Rahmen eines ersten Promotionsvorhabens werden speziell für Cloud-basierte Infrastrukturangebote (z. B. Speicherplatz) sogenannte homomorphe Verschlüsselungsverfahren verwendet und hinsichtlich ihres passgenauen Einsatzes evaluiert. Unter Verwendung eines bestimmten Rechenalgorithmus ist es damit möglich, Daten verschlüsselt auszulagern und direkt auf den verschlüsselten Daten zu arbeiten, ohne dass der Cloud-Anbieter die Klartexte während dieser Verarbeitung je einsehen kann.

In [2] haben wir daher für komplexere, von der Cloud Auditing Data Federation (CADF) [4] ausgewiesene prominente Cloud Audit Use Cases, wie „Auditing access to a controlled resource“ bei dem zugehörige IP-Adressbereiche des Zugriffslog eines Cloud Storage Provider (CSP) analysiert werden, gezeigt, dass der Einsatz von Somewhat Homomorphic Encryption (SHE)-Verfahren, die Operationen auf nahezu beliebigen Additionen und einigen wenigen Multiplikationen ermöglichen, derartige datenschutzfreundliche Cloud-Auditierungsanfragen durch Dritte unterstützen.

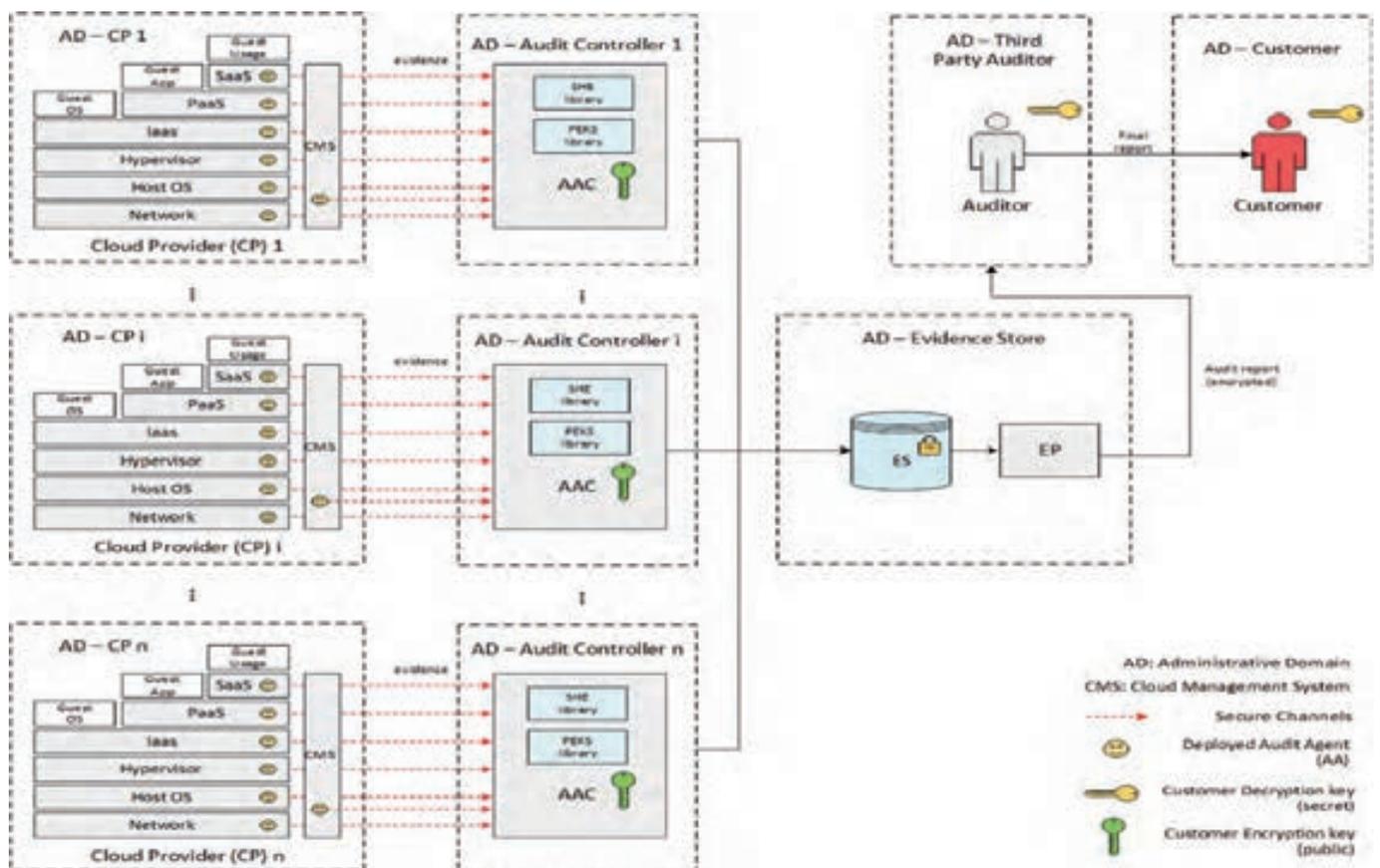
Da solch eine semi-automatisierte Auditierung durch Dritte nicht als zeitkritisch zu bewerten ist, können hierfür auch komplexere Primitive wie Boneh's Public Key Encryption with Keyword Search (PEKS)-Verfahren oder aber Brakerski's und Vaikuntanathan's SHE-Verfahren, basierend auf Ring Learning With Errors (R-LWE), zur Anwendung kommen. Letzteres haben wir im Rahmen einer Masterarbeit [3] umgesetzt und konnten seine Anwendbarkeit auf Suchanfragen im Rahmen einer Auditierung mit ein bis zwei Multiplikationen und bis zu einigen tausend Additionen auf verschlüsselten Daten belegen. Diese auf dem SHE R-LWE-Verfahren von Microsoft beruhende Proof-of-concept-Implementierung zeigt, dass diese unter Nutzung nur weniger Multiplikationen und nahezu beliebiger Anzahl von Additionen durchaus performant genug ist, um für eine datenschutzfreundliche A-posteriori-Auditierung einsetzbar zu sein. Hierbei ist eine ausgewogene Balance zwischen der Privatheit des Kunden und der Beweiskraft der dargelegten Informationen erstrebenswert.

Abbildung 1 visualisiert die Architektur mit denen derartige digitale Beweise zum Zweck einer Auditierung an einer Sammelstelle, dem Evidence Store, anfallen. Besagte Somewhat Homomorphe Verschlüsselung der digitalen Beweise erfolgt an Audit-Agenten, wobei der Evidence Store Anfragen und deren Bearbeitung im Zug einer Auditierung vollständig auf

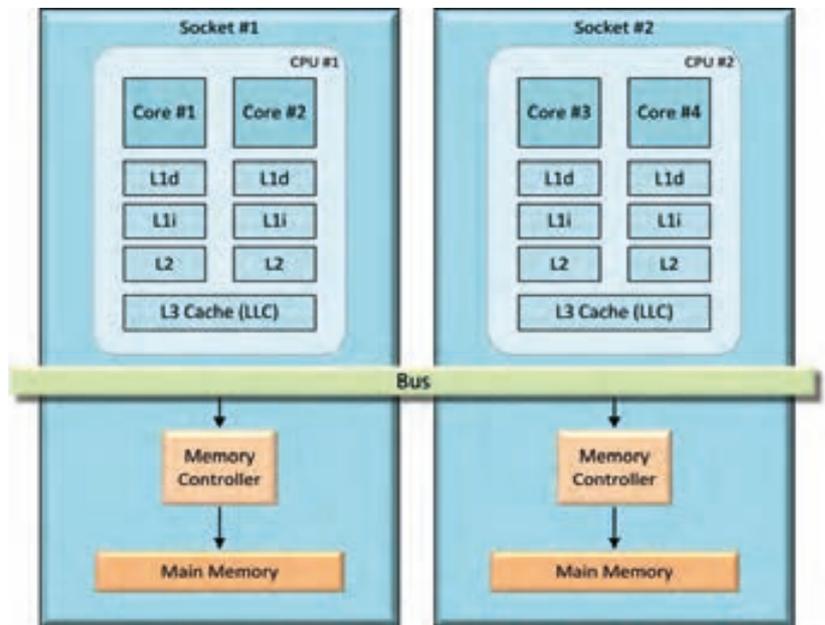
verschlüsselten Daten durchführt, bevor dem Auditor ein Aggregat hiervon übermittelt wird.

In einem zweiten Promotionsverfahren im Rahmen von ProSeCCo wird ein System entwickelt, mit dem der Cloud-Anbieter durch Beobachtung der Informationsflüsse innerhalb seines Cloud-Ökosystems beispielhafte Angriffe über verdeckte Kommunikationskanäle ermitteln und unterbinden können soll. Durch virtuelle Maschinen on demand und dem Mehrbenutzerbetrieb in Cloud-Umgebungen kommt es zu einer Verschiebung von Angreifer-Szenarien. Der „Air Gap“ zwischen physikalischen Servern wird überwunden und Angreifen ist es unter gewissen Vorbedingungen möglich, eine eigene virtuelle Maschine neben ihren Zielen zu betreiben. Die scheinbare Isolation dieser Maschinen durch den Hypervisor wird durch die Wiederverwendung aller auf dem Server verfügbaren Ressourcen zum Teil aufgehoben. Erschwerend kommt hinzu, dass es durch die Verwendung von globalen Vorlagen für virtuelle Maschinen zu einer Kompromittierung des gesamten Systems kommen kann, sollten beispielsweise der Image-Pool (z. B. Amazon Machine Image in Amazon EC2) oder einzelne Vorlagenkomponenten (z. B. RightScripts) Schadsoftware enthalten. Angreifen ist es so möglich, verdeckte Kommunikationskanäle (covert channels - CC) über die Messung von Zugriffszeitschwankungen bei den verschiedensten Serverkomponenten auf-

**Abb. 1:**  
 Architekturüberblick  
 und Hoheitsgebiete  
 nach [2]



zubauen. Verdeckte Kanäle, wie die in [5] beschriebenen, nutzen den CPU Cache, um Daten zwischen virtuellen Maschinen unterschiedlicher Benutzer auszutauschen (cache covert channel-CCC). Da diese Form der Kommunikation keinen Zugriffs- und Überwachungsmechanismen unterliegt, ist eine Gegenmaßnahme schwierig zu realisieren. Der von uns entwickelte und als Erweiterung des Xen Credit Schedulers zu implementierende Cache Covert Channel robust Cloud Computing Scheduler (C3-Sched) [1] bietet eine Möglichkeit, solche Kommunikation ohne nennenswerte Performanz-Einbußen und ohne Kenntnis der genauen Konfiguration der Kommunikation zu verhindern. Hierzu wird die Ausführungsreihenfolge von Prozessen auf einer CPU derartig verändert, dass zwischen der Ausführung von potenziell gefährlichen Benutzerprozessen genügend vertrauenswürdige Systemprozesse ausgeführt werden, um eine unerwünschte verborgene Kommunikation zwischen kooperierenden Benutzerprozessen verschiedener virtueller Maschinen zu unterbinden. Dies wird erreicht, indem jeder der Systemprozesse durch Schreiben des Caches zu einem derartigen Verrauschen des Trägermediums beiträgt, das selbst durch einen empfängerseitigen Einsatz von Fehlerkorrekturverfahren nicht mehr oder nur schwer korrigierbar ist. Abbildung 2 visualisiert eine vereinfachte Darstellung der Cache Struktur des Intel i5, wobei unser C3-Sched Ansatz den L3 Cache (LLC) adressiert.



**Abb. 2:** Vereinfachte Darstellung der Intel i5 Cache-Struktur nach [1] in Anlehnung an [6]

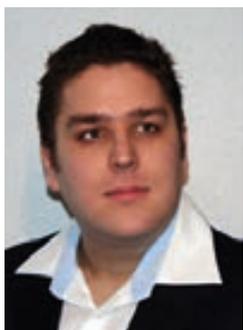
ProSeCCo wird von Ingenieur-Nachwuchs (Förderrunde 2013) im Rahmen des Programms „Forschung an Fachhochschulen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Das Projektvolumen beträgt 432 000 Euro; Projektlaufzeit: 11/2013 -10/2016.

#### Referenzen

- [1] J. Betz, D. Westhoff, C3-Sched - A Cache Covert Channel robust Cloud Computing Scheduler, The 9th Int. Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), Technical Co-Sponsored by IEEE UK/RI Computer Chapter, London, U.K., 2014: pp. 55-61.
- [2] J.M. Lopez, T. Rübsamen, D. Westhoff: Privacy-friendly cloud audits with Somewhat Homomorphic and Searchable Encryption. I4CS, Reims, France, 2014: 95-103
- [3] A. Bieberstein: An Implementation of SomeWhat Homomorphic Encryption Scheme from the Ring Learning with Errors, Master Thesis Hochschule Furtwangen, August 2014.
- [4] Cloud Audit Data Federation (CADF). Data format and interface definitions specification. Distributed Management Task Force, 2012. <http://www.dmtf.org/standards/cadf>
- [5] Wu, Zhenyu and Xu, Zhang and Wang, Haining, Whispers in the Hyper-space: High-speed Covert Channel Attacks in the Cloud, Proceedings of the 21st USENIX Conference on Security Symposium, Security'12, 2012, Bellevue, WA.
- [6] <http://www.ibm.com/developerworks/aix/library/au-aix-multicore-multiprocessor/>

#### AUTOREN

**Johann Betz M. Sc.**  
Akad. Mitarbeiter  
Doktorand, Fakultät M+I  
Bereich Cloud Computing  
Security  
johann.betz@  
hs-offenburg.de



**José López M. Sc.**  
Akad. Mitarbeiter  
Doktorand, Fakultät M+I  
Bereich Cloud Computing  
Security  
jose.lopez@  
hs-offenburg.de



**Prof. Dr. habil. Dirk Westhoff**  
Professur für Sicherheit in  
Informationssystemen, M+I  
Lehrgebiete: Netzwerk Sicher-  
heit, Sicherheit in heterogenen  
Umgebungen, Internat.Security  
Trends, prozedurale u. objekt-  
orientierte Programmierung,  
Sicherheit in Webapplikationen  
dirk.westhoff@hs-offenburg.de



# Personalisierung – Datenschutz – Transparenz

*Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock, Marina Koch B. Sc., Franziska Speck M. Sc.*

**Personalisierung gewinnt in unternehmerischen Marketingstrategien zunehmend an Bedeutung. Diese Methode der individuellen Kundenansprache führt jedoch zu diversen Problemstellungen. Neben grundsätzlichen Fragen zur bestmöglichen Umsetzung wirft die mit Personalisierung einhergehende Erhebung personenbezogener Angaben datenschutzrechtliche Fragen auf. So werden in diesem Beitrag auf Grundlage einer quantitativen Befragung Handlungsempfehlungen für Unternehmen aufgezeigt.**

Personalization is gaining increased importance as a marketing tool for companies. However, this method of individual customer approach leads to various difficulties. Besides essential questions about the optimal implementation, the collection of personal information often raises privacy concerns. On the basis of a quantitative survey, recommendations for companies are shown.

## Einführung

Im heutigen Informationszeitalter ermöglichen neue Computer- und Netzwerktechnologien die Verbreitung, Speicherung, Übermittlung und den Austausch von digitalen Informationen in allen Bereichen der Wirtschaft und Gesellschaft [1]. Damit geht eine stetig steigende Datenmenge einher. So hat das Internet mit der Entwicklung zum Web 2.0 nicht nur sich selbst, sondern auch das entstehende Datenvolumen grundlegend verändert. Aufgrund von zahlreichen E-Commerce-Angeboten und diversen anderen Plattformen werden Internetnutzende regelmäßig hohen Informationsmengen ausgesetzt, die oft nicht einfach zu selektieren oder zu verarbeiten sind. Häufig führt dies zum sogenannten „Information Overload“, einer reizgesteuerten Informationsüberlastung [2].

Aufgrund dieser Entwicklungen sind Unternehmen heute einem immer stärkeren Wettbewerb ausgesetzt. Um diesen Fakten entgegenzuwirken, werden vermehrt Personalisierungsmaßnahmen eingesetzt. Dabei sollen den Verbraucherinnen und Verbrauchern durch die Analyse ihrer Daten ausschließlich interessant und relevant erscheinende Angebote aufgezeigt werden. Unternehmen können damit zielgerichtet die gewünschten Informationen bereitstellen oder Angebote aufzeigen. Somit entfällt eine eigenständige Informationsselektion auf Seiten der Kunden. Dadurch kann die gezielte Kundenansprache verbessert und die Kundenbindung gestärkt werden. Jedoch geht mit der Personalisierung eine kontinuierliche

und automatisierte Erfassung von Daten einher. Dadurch werden datenschutzrechtliche Fragen aufgeworfen, denn Unternehmen setzen für eine zielgerichtete und individualisierte Ansprache personenbezogene Daten voraus. So kann bei der Datengewinnung im Internet grundsätzlich zwischen expliziter und impliziter Informationssammlung unterschieden werden. Personalisierung, die durch implizite Methoden eine Nutzerdatengenerierung vornimmt, wird beispielsweise durch Cookies, Logfiles oder URL-Rewriting erreicht. Bei diesen Vorgehensweisen geben Nutzende ihre Daten nicht bewusst preis. Personalisierte Inhalte, die hingegen auf Basis von expliziten Methoden und somit auf einer freiwilligen Selbstidentifikation der User aufbauen, können durch User IDs, personenbezogene Angaben sowie Feedback beispielsweise mit HTML-Formularen realisiert werden [3].

Dabei wird oftmals ein möglichst vollständiges Kundenprofil angestrebt. Konsumierende befürchten hingegen mit Blick auf den Datenschutz, in allen Alltagsbereichen überwacht zu werden. Bedenken, dass mehrere Kundenprofile aus unterschiedlichen Datenquellen zu einem vollständigen Datensatz vernetzt werden, verstärken dabei das wahrgenommene Risiko von modernen Personalisierungsmaßnahmen [4].

Die nachfolgend vorgestellte Untersuchung widmet sich diesem Zielkonflikt durch eine quantitative Befragung.

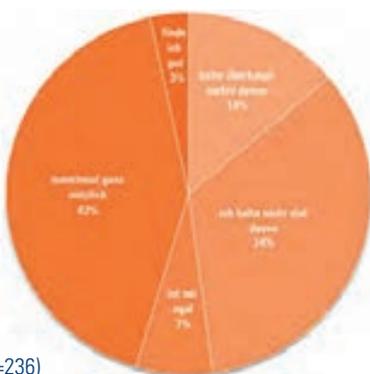
## Untersuchung

Bei der quantitativen Datenerhebung wurden Studierende der Fakultät Medien und Informationswesen (M+I) und der Fakultät Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen (B+W) zum Themenfeld Personalisierung, Datenschutz und Transparenz befragt. Um qualifizierte Antworten zu erhalten, wurden als Zielpopulation bewusst nur die besonders medien- und marketingaffinen Fakultäten aufgenommen. Die Rücklaufquote betrug 10,6 Prozent, insgesamt wurden 236 gültige Datensätze ermittelt.

## Evaluation

Nahezu alle TeilnehmerInnen nutzen das Internet täglich. Hauptsächlich verwenden sie dabei Kommunikationsdienste, soziale Netzwerke und Informationsplattformen. Mit dem Thema Personalisierung ist ein Großteil der Befragten bereits in Berührung gekommen. Nur 2,1 Prozent der Befragten haben bisher noch keine personalisierten Inhalte zur Kenntnis genommen. Am häufigsten wird Personalisierung bei Onlineshops wahrgenommen. Des Weiteren werden personalisierte Inhalte in Social-Media-Plattformen sowie bei Werbung vermehrt bemerkt.

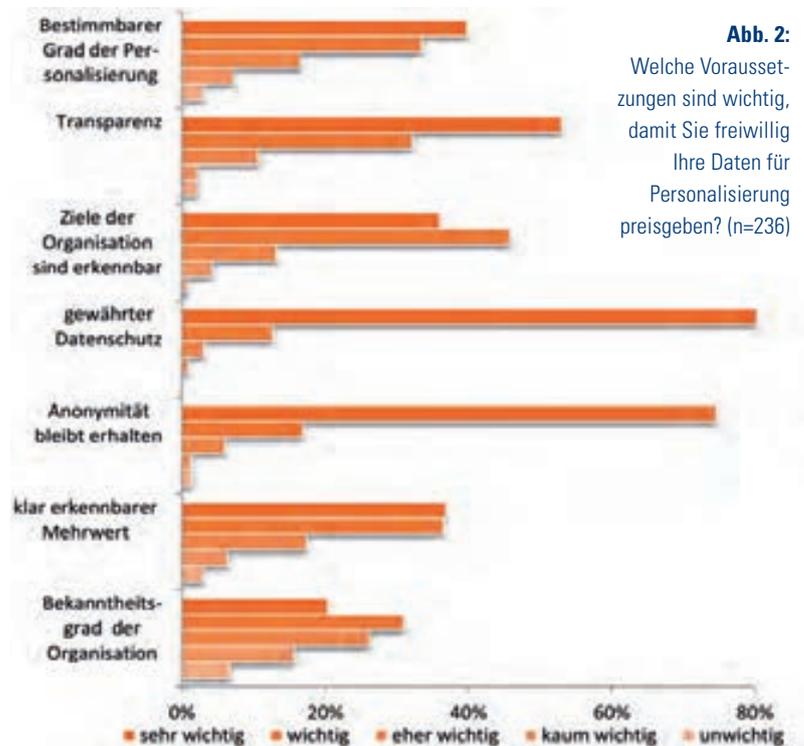
In diesem Zusammenhang divergiert die persönliche Einstellung hinsichtlich Personalisierung innerhalb der homogenen Zielgruppe stark. Abbildung 1 veranschaulicht diesen Sachverhalt anhand konkreter Prozentwerte.



**Abb. 1:**  
Was halten Sie von Personalisierung? (n=236)

Auf der einen Seite bewertet ein großer Anteil der Befragten Personalisierung eher negativ. Eine kleinere Teilmenge lehnt diese sogar komplett ab. Wenigen sind personalisierte Inhalte gleichgültig. Auf der anderen Seite empfindet nur ein sehr kleiner Anteil der Befragten personalisierte Inhalte prinzipiell positiv. Der Großteil der Befragten nimmt Personalisierung jedoch manchmal als ganz nützlich wahr. Eine ähnlich ambivalente Meinungsverteilung

konnte bereits in einer qualitativen Studie, die dieser quantitativen Erhebung vorausging, festgestellt werden. Als konkrete Gründe für eine gleichgültige Einstellung der Befragten wurde in der qualitativen Voruntersuchung der fehlende oder nicht erkannte Nutzen von personalisiertem Content aufgeführt. Dennoch wird Personalisierung unter bestimmten Voraussetzungen von der Mehrheit der Befragten als unbedenklich eingestuft. Entsprechend ist es von Interesse, diese bestimmten Voraussetzungen zu erschließen, zumal sie Erfolg versprechende Gestaltungsparameter für eine zielführende Personalisierung definieren.

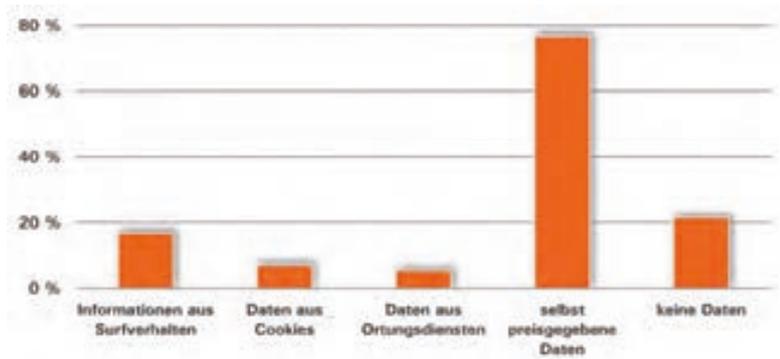


**Abb. 2:**  
Welche Voraussetzungen sind wichtig, damit Sie freiwillig Ihre Daten für Personalisierung preisgeben? (n=236)

Demnach zeigt Abbildung 2 die Wichtigkeit von ausgewählten Faktoren auf, die eine freiwillige Bekanntgabe persönlicher Informationen zum Zweck der Personalisierung unterstützen. Die befragten Studierenden stufen dabei vor allem die Gewährung des Datenschutzes und die Sicherstellung der persönlichen Anonymität als bedeutend ein. IT-Sicherheit ist demnach ein zentrales Kriterium für die Nutzerakzeptanz. Nachgelagertes Erfolgspotenzial beruht auf der Transparenz des Angebots, klar erkennbaren Zielen der Organisation und der Möglichkeit, den Grad der Personalisierung selbst zu bestimmen. Die Wichtigkeit der Transparenz und der Erkennbarkeit der Unternehmensziele machen deutlich, dass viele Befragte tiefergehende Informationen wünschen, bevor sie persönliche Daten preisgeben. Hierdurch kann die andere Partei besser eingeschätzt werden, was das wahrgenommene Risiko einer Daten-

bekanntgabe minimiert. Entscheidend für die Angabe von personenbezogenen Daten sind folglich der gewährte Datenschutz, die Anonymität der Zielperson und die Transparenz des Unternehmens.

Diese drei Kriterien bilden die wesentlichen Grundvoraussetzungen für eine positive Nutzerakzeptanz von Personalisierungsmaßnahmen. Dennoch bevorzugen 97 Prozent der Befragten im Vorfeld der Personalisierung eine aktive Wahlfreiheit. Mit der Möglichkeit, einem Dienst die Personalisierung zu verweigern oder diese zumindest teilweise zu beschränken, könnten auch kritisch eingestellte Nutzende von einem Angebot überzeugt werden. Wie Abbildung 3 außerdem aufzeigt, sind explizit preisgegebene Nutzerinformationen die einzigen Daten, die nach mehrheitlicher Meinung von 77 Prozent der Befragten für Zwecke der Personalisierung verwendet werden sollten. Mit der Nutzung implizit erhobener Daten sind weniger als 20 Prozent der befragten Zielgruppe einverstanden. Ferner ist es für die Befragten wichtig, dass Anbieter keine Daten an Dritte weitergeben und kein unautorisiertes Systemzugriff möglich ist. Diese Aspekte werden häufig unter dem Begriff des Datenschutzes subsummiert. In Kombination mit einer transparenten Informationspolitik kann der Datenschutz als zentraler Erfolgsfaktor identifiziert werden, um das Vertrauen der Nutzenden zu stärken und ihre Grundhaltung mit Blick auf Personalisierungsmaßnahmen positiv zu beeinflussen.



## Handlungsempfehlungen

Um Personalisierung erfolgreich und datenschutzfreundlich realisieren zu können, werden für Unternehmen zentrale Handlungsempfehlungen auf Basis der Untersuchungsergebnisse abgeleitet. Mit Blick auf die Personalisierung eines Angebots sollten Unternehmen den Nutzenden eine aktive Wahlfreiheit anbieten. Die ausschließliche Erhebung von notwendigen persönlichen Informationen, die vornehmlich durch eine explizite Datensammlung erfolgt, ist ebenso empfehlenswert. Zudem sollte der konkrete Mehrwert von Personalisierungsmaßnahmen für alle Nutzenden klar erkenntlich präsentiert werden. Auch sollten beispielsweise der Speicherort oder die Verwendung der Daten transparent kommuniziert werden. Die User wünschen sich außerdem ein deutliches Signal, das die Datenschutzkompetenz eines Unternehmens veranschaulicht. Hier werden vor allem Datenschutzgütesiegel sowie kurze und verständliche Datenschutzbestimmungen als vertrauensförderliches Instrument angesehen.

**Abb. 3:** Welche Daten sollten Ihrer Meinung nach für Personalisierung verwendet werden dürfen? (n=236)

### Referenzen/References

- [1] Redwitz, Gunter (Hrsg.): Die digital vernetzte Wissensgesellschaft – Aufbruch ins 21. Jahrhundert, 1. Aufl., Piper Verlag, München 2010
- [2] Riemer, Kai/Brüggemann, Fabian: Personalisierung der Internetsuche – Lösungstechniken und Marktüberblick, in: Wirtschaftsinformatik, Band 49 (2007), Heft 2, Seite 116-126
- [3] Grabner-Kräuter, Sonja/Lessiak, Christoph: Web-Mining als Ansatzpunkt für personalisiertes Internet-Marketing, in: der Markt, Band 40 (2001), Ausgabe 4, S. 123-141
- [4] Treiblmaier, Horst: Datenqualität und individualisierte Kommunikation – Potenziale und Grenzen des Internets bei der Erhebung und Verwendung kundenbezogener Daten, 1. Aufl., Dt. Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2006

### AUTORINNEN

**Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock**  
Fakultät M+I, Prodekanin M+I,  
Studiendekanin M+I  
Leiterin Labor Medienforschung  
ute.rohbock@hs-offenburg.de



**Franziska Speck M. Sc.**  
Akademische Mitarbeiterin  
Labor Medienforschung M+I  
franziska.speck@  
hs-offenburg.de



**Marina Koch B. Sc.**  
Masterstudentin MuK,  
Wissenschaftl. Hilfskraft  
Labor Medienforschung M+I  
mkoch@  
stud.hs-offenburg.de



# Nutzerfreundliche Produktvisualisierung im Online-Shopping

Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock, Franziska Speck M. Sc., Dr. phil. Martha Jagoda

**Forschungsgegenstand der Studie ist eine vergleichende Usability-Untersuchung, die sich auf nutzerfreundliche Gestaltungsparameter zur Produktvisualisierung im Online-Shopping von Wein und Blumen konzentriert. Dabei galt es neben den Bedürfnissen der Nutzenden, Besonderheiten im Aufmerksamkeitsverhalten durch Eyetracking zu ermitteln. Das Forschungsprojekt wurde vom Labor Medienforschung im Frühjahr 2014 in Kooperation mit der Burda Direkt Services GmbH durchgeführt.**

This applied research is based on a comparative usability study, which focuses on user-friendly design parameters for product visualization in online shops for wine and flowers. Using eyetracking in combination with empirical interview methods, specific user needs and characteristics in the visual perception and attention behavior of customers can be identified. In consideration of the following research results critical success factors and potential for optimization will be explored.

## E-Commerce in Deutschland

Das Internet hat sich in nahezu allen Alters- und Bevölkerungsschichten zu einer etablierten Handelsplattform entwickelt. Aus Nutzersicht hat dies den Vorteil, Waren orts- und zeitunabhängig einkaufen zu können. Gegenüber dem stationären Ladengeschäft ist das Online-Shopping dennoch mit Nachteilen verbunden. So kann die Haptik, der Geruch oder der Geschmack der Ware über das Internet nicht hinreichend vermittelt werden. Demnach ist der Online-Einkauf bis heute als ein rein visuelles Sinneserlebnis anzusehen. Bestimmte Warengruppen wie Blumen oder Wein, bei denen die Kaufentscheidung stark an eine sinnliche Produkterfahrung gekoppelt ist, werden somit vergleichsweise selten über das Internet bezogen. Folglich stellt sich die Frage, wie die beschriebenen Defizite im E-Commerce kompensiert werden können. Um die Kaufwahrscheinlichkeit generell zu erhöhen, bedarf es einer nutzerfreundlichen E-Commerce-Infrastruktur, in die möglichst ansprechende Formen der Produktvisualisierung zu integrieren sind [1]. Dabei leistet eine explorative Usability-Studie zur Ermittlung entsprechender Erfolgsfaktoren und Optimierungsmöglichkeiten einen konkreten Beitrag [6].

## Usability und User Experience

Der englische Begriff der Usability beschreibt nach DIN EN ISO 9241-11 das Ausmaß, in dem eine multimediale und interaktive Webanwendung durch bestimmte User und

Userinnen in einem speziellen Nutzungskontext verwendet werden kann, um eine definierte Aufgabe effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erfüllen. Diese Definition fokussiert mit den beiden Faktoren der Effektivität und Effizienz stark auf objektiv messbare Bewertungskriterien. Der subjektive Faktor der Zufriedenheit darf in diesem Kontext allerdings nicht vernachlässigt werden.

Deshalb sind unter dem Aspekt der User Experience auch emotionale Erlebniszustände wie die individuelle Begeisterung oder Frustration während der tatsächlichen Benutzung eines Systems zu berücksichtigen. Auf dieser Basis kann im E-Commerce nicht nur der funktionale, sondern auch der emotionale Mehrwert einer Webanwendung bestimmt werden [4].

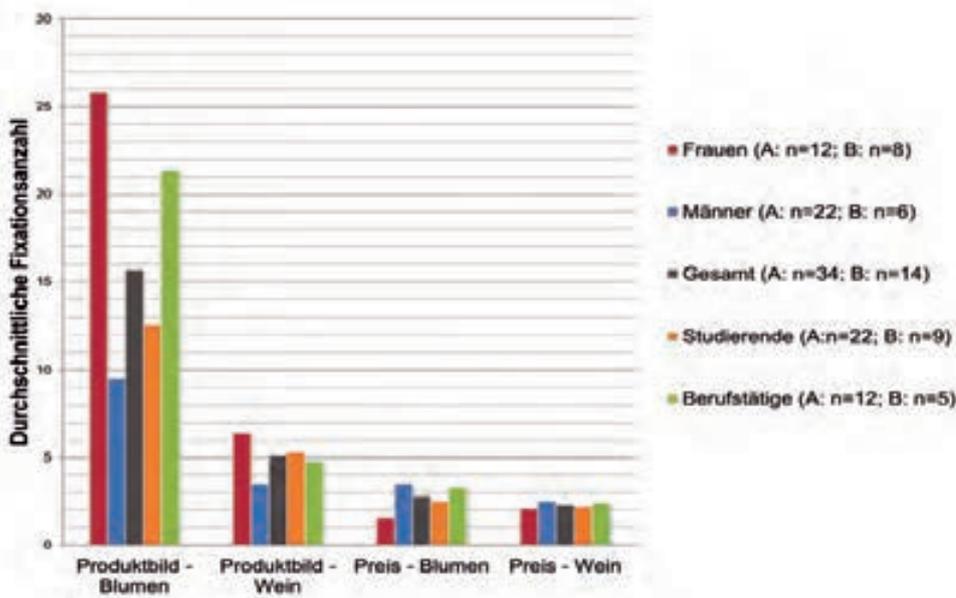
## Forschungsdesign

Um allgemeine Erfolgspotenziale bei der Produktvisualisierung im Online-Handel mit Blumen und Wein ermitteln zu können, wird ein empirischer Methoden-Mix, bestehend aus einer expertenorientierten IST-Analyse, einer nutzerorientierten Laborforschung sowie einer Nachbefragung, gewählt. Als zentrales Verfahren kommt dabei das Eyetracking zur Blickverlaufsmessung im Rahmen der Laboruntersuchung zum Einsatz und wird mit der Think-Aloud-Methode kombiniert. Im Zuge der Forschung wird angestrebt u. a. motorische Augenbewegungen und neurologische Verarbeitungsprozesse aus einer kognitionspsychologischen Perspektive analysieren zu können.



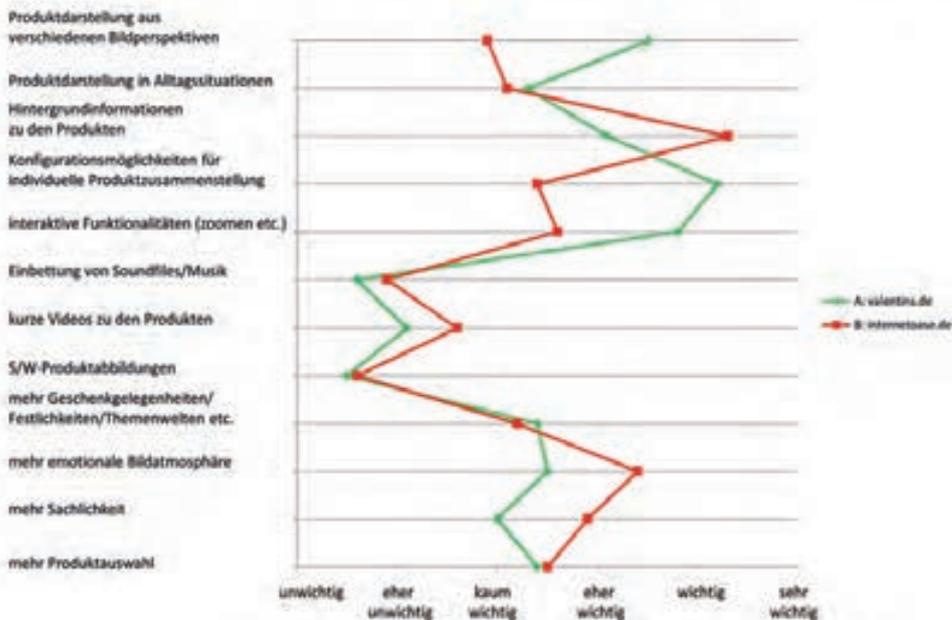
Im Kontext der Produktdetailansicht werden Produktbilder besonders stark von Frauen fixiert. Preisinformationen nehmen bei ihnen daher eine vergleichsweise unterdurchschnittliche Rolle im Rahmen der bewussten Produktwahrnehmung ein. Dies bestätigt sich anhand von Abbildung 3 vor allem im gezielten Kaufprozess von Floristikprodukten. Männliche Testpersonen nehmen den Produktpreis hingegen vor allem beim Online-Kauf von Blumen überdurchschnittlich stark wahr.

Abbildung 4 zeigt zudem die zentralen Nutzerbedürfnisse durch ein Polaritätenprofil auf. Dabei wurde im Rahmen der Nachbefragung die Wichtigkeit ausgewählter Aspekte und Funktionen im Zusammenhang mit der Produktvisualisierung für beide Testobjekte im unmittelbaren Vergleich ermittelt.



**Abb. 3:** Produktdetailseiten im Kaufprozess: Durchschnittliche Fixationen der Produktbilder und Produktpreise im Vergleich

Wie wichtig wären Ihnen im Zusammenhang mit der Visualisierung der Produkte die nachfolgenden Aspekte? (n=37)



**Abb. 4:** Polaritätenprofil

Referenzen/References

[1] Böhringer, J. / Bühler, P. / Schlaich, P.: "Kompendium der Mediengestaltung: Konzeption und Gestaltung für Digital und Printmedien", 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2011  
 [2] Bucher, H.-J. / Schumacher, P.: "Interaktionale Rezeptionsforschung: Theorie und Methode der Blickaufzeichnung in der Medienforschung", 1. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden 2012  
 [3] Feuß, S.: "Auf den ersten Blick: Wie Medieninhalte wahrgenommen und rezipiert werden", 1. Auflage, Springer Fachmedien Verlag, Wiesbaden 2013  
 [4] Mau, G.: "Die Bedeutung der Emotionen beim Besuch von Online Shops: Messung, Determinanten und Wirkungen", 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2009  
 [5] Mayring, P.: "Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken", 11. Auflage, Beltz Pädagogik, Weinheim 2010  
 [6] Nielsen, J. / Pernice, K.: "Eyetracking Web Usability", 1 edition, New Riders Press, Berkeley 2000

Demnach sind unterschiedliche Bildperspektiven sowie interaktive Funktionalitäten wie das Drehen, Hineinzoomen und Vergrößern von Bildelementen vor allem beim Online-Shopping von Blumen aus Sicht der Nutzenden wichtig und insbesondere für Frauen von großer Relevanz. Eine individuelle Produktkonfiguration wird hauptsächlich bei Floristikangeboten als bedeutsam eingestuft und vor allem von jungen Studienteilnehmenden mit einem niedrigen Durchschnittseinkommen gewünscht.

Beim Weinkauf über das Internet ist stattdessen die Bereitstellung von Hintergrundinformationen von hoher Bedeutung, um die Kaufentscheidung angesichts der zuvor identifizierten Problematik zu fördern. Vor allem Frauen zeigen im Rahmen der Studie eine überdurchschnittliche Lesebereitschaft und legen auf textliche Zusatzinformationen entsprechend viel Wert. Diese sollten jedoch erst durch die aktive Nutzung interaktiver Funktionen bei tatsächlichem Bedarf in den visuellen Mittelpunkt gesetzt und ansonsten zurückhaltend präsentiert werden.

Insgesamt wird die Übersichtlichkeit der Gesamtseite beim Online-Shopping von Wein und Blumen in einem angemessenen Verhältnis zur allgemeinen Angebotsvielfalt als sehr wichtig erachtet. Deshalb wünschen sich die Testpersonen prinzipiell kurze Seiten, die Blumen oder Wein als zentrales Hauptprodukt deutlich in den visuellen Fokus rücken.

Des Weiteren kann im Rahmen der Untersuchung ein allgemeines Bedürfnis nach einer konsistenten, qualitativ hochwertigen, aber dennoch realitätsgetreuen Bildsprache bei der nutzerfreundlichen Produktvisualisierung von Blumen und Wein im E-Commerce identifiziert

werden. Aus Sicht der Nutzenden verdeutlichen diese Erfolgsfaktoren die generelle Professionalität des Online-Angebots.

Die Vermittlung einer emotionalen Bildatmosphäre wird dabei mehrheitlich gefordert, aber vor allem von Frauen als sehr wichtig eingestuft. Um bei Männern eine intuitiv höhere Identifikation speziell mit Floristikangeboten zu erreichen, sollten sie als Zielgruppe visuell stärker in die bildliche Motivgestaltung integriert werden. Außerdem wird ein emotionales Einkaufserlebnis nach Meinung der Befragten durch aufdringliche Popup-Fenster und ablenkende Bannerelemente spürbar beeinträchtigt.

Bei einem direkten Vergleich zwischen den beiden Warengruppen lassen sich Emotionen durch die Visualisierung von Blumen nach Aussage der Probanden im E-Commerce somit allgemein besser transportieren als durch die bildliche Darstellung von Weinangeboten. Folglich kann vor allem der Geschmack als wichtigste Produkteigenschaft eines Weines über das Internet visuell nur schwer vermittelt werden. Eine interaktive Präsentation von entsprechenden Zusatzinformationen könnte die eingangs beschriebenen Defizite in Form einer geschmacksbasierten Produktauswahl nach Meinung vieler Befragter jedoch am besten kompensieren.

Angesichts der explorativ ermittelten Untersuchungsergebnisse in Form der zusammengefassten Erfolgsfaktoren werden im Rahmen dieser Usability-Studie somit wesentliche Optimierungspotenziale im Forschungsfeld der nutzerfreundlichen Produktvisualisierung beim Online-Shopping von Blumen und Wein erkennbar. Diese können in der Zukunft für den zielgerichteten Praxiseinsatz genutzt werden.

#### AUTORINNEN

**Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock**  
Fakultät M+I, Prodekanin M+I,  
Studiendekanin M+I  
Leiterin Labor Medienforschung  
ute.rohbock@hs-offenburg.de



**Franziska Speck M. Sc.**  
Akademische Mitarbeiterin  
Labor Medienforschung M+I  
franziska.speck@  
hs-offenburg.de



**Dr. phil. Martha Jagoda**  
Akademische Mitarbeiterin  
Labor Medienforschung,  
Lehrende der Fakultät M+I  
martha.jagoda@  
hs-offenburg.de



# Digitale Unternehmenskompetenzen in der Zeitungsbranche

Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer

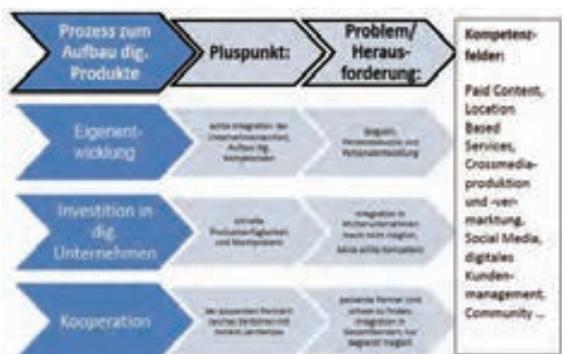
Jahrzehntlang waren Zeitungsverlage Einproduktunternehmen in einem stabilen Markt. Durch die Digitalisierung der Medienmärkte existiert eine Strukturkrise der klassischen Unternehmungen, die eine umfassende Anpassung des Produktspektrums und der Organisationsstruktur erfordert. Digitale Kompetenzen sind dabei als Individualkompetenz auf Mitarbeiterebene und als umfassende Unternehmenskompetenz die Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens.

Newspaper Business is changing dramatically because of new competitors and the continuing substitution of product functions of the printed and digital newspapers. Therefore newspaper companies, as regional media companies, need a strong focus on their core competencies which are now digital media competencies. It is the major challenge of newspaper management to acquire new talents to integrate individual digital know-how and to transform the organization itself to make sure that individual competencies can transform to companies digital competencies. Team building, organizational structures and HR- and organizational development are the major tasks.

Die Zeitungsbranche in Deutschland hat nach der Neuordnung der Eigentümerstrukturen, der Betriebsgrößen und der Verbreitungsgebiete nach 1949 jahrzehntlang davon profitiert, dass der Markt hohe Marktzutrittsbarrieren aufwies und die inhaltlichen und technischen Innovationen so bewältigt werden konnten, dass neue Wettbewerbsmedien in den lokalen und regionalen Märkten in die Unternehmensgruppen integriert werden konnten. Anzeigenblätter, privater Rundfunk, Direktverteilung und Postdienste waren dabei Produktbereiche, die man entweder vom Wettbewerber aufkaufen oder in Eigenregie in den Markt bringen konnte. Die Unternehmen konnten durch Investment, Kooperation oder eigenen Know-how-Aufbau das jeweilige Produktsegment erschließen (vgl. Abb. 1) [in Erweiterung von 1].

Eine neue Qualität der zu integrierenden Medienformen zeigte sich in den neunziger Jahren mit dem Aufkommen des World Wide Web als digitale Querschnittstechnologie, die mit offenen technologischen Standards und Schnittstellen sowie der weltweiten Verbreitung den üblichen Rahmen tiefgreifend veränderte. Entsprechend sind die Kompetenzen für das gesamte Unternehmen auch als digitale Kompetenzen nicht nur ein weiteres Themenfeld, sondern ein Kompetenzfeld, das die gesamte bisherige Organisation infrage stellt. Es geht um Zeitungsverlage als lernende Organisationen, wobei das Lernen im Sinn von Erpenbeck und Sauter [2] die Kompetenzperspektive im Sinn einer „Entwicklung kreativer, selbstorganisierter Handlungsfähigkeit“ statt der Anhäufung eines Wissensvorrats umfasst. Ein Zeitungsverlag, der sich der Entwicklung zum Medienhaus verschrieben hat, muss sich damit auseinandersetzen, welche Unternehmenskompetenzen künftig erforderlich sind, um den digitalen Wandel als Organisation zu bewältigen.

**Abb. 1:** Digitale Produkte im Zeitungsverlag ergeben noch keine digitalen Kompetenzen



Wenn man unter „Kompetenz ... die erlernbare Fähigkeit, situationsadäquat zu handeln“ versteht, d.h. „ein in den Grundzügen eingespielter Ablauf zur Aktivierung, Bündelung und zum Einsatz von persönlichen Ressourcen für die erfolgreiche Bewältigung von anspruchsvollen und komplexen Situationen, Handlungen und Aufgaben“, dann wird deutlich, welche Aufgabe für die Entwicklung persönlicher Kompetenzen im Unternehmen und Kompetenzen des Unternehmens insgesamt entwickelt werden müssen. „Messbar und erlebbar ist nicht die Kompetenz selbst, sondern das Ergebnis kompetenten Handelns, die sogenannte Performanz.“ [3], weshalb in der Praxis viele Verlage sehr spät reagieren, um Defizite in der Kompetenzbilanz zu kompensieren.

## Organisationsentwicklung

Wenn Unternehmen und Organisationen wesentliche Veränderungen vornehmen, weil sich die Unternehmensumwelt verändert und das Leistungsspektrum an neue Gegebenheiten angepasst wird, bedeutet dies im Regelfall auch eine Veränderung der internen Strukturen und Prozesse. Dies sind Kernthemen der Organisationsentwicklung, die notwendig sind, um den Wandel vom Zeitungsverlag als Einproduktunternehmen zum Medienhaus als Mehrproduktunternehmen erfolgreich nachvollziehen zu können.

Im Fall kleinerer lokaler Zeitungsverlage entstanden Stammhauskonzerne, bei denen die Konzernmutter der Zeitungsverlag ist, der das Hauptprodukt herstellt, und die Konzerntöchter beispielsweise Teilfunktionen des Zeitungsgeschäfts ausüben, wie z.B. den Zeitungsvertrieb (in Form von Zustellgesellschaften) oder die Werbevermarktung.

Bei größeren Mediengruppen werden auf der Ebene der Konzernmutter oftmals typische Holdingfunktionen miteinander verbunden.

## Kompetenzen im Management

Das Zeitungsgeschäft war über Jahrzehnte hinweg durch Unternehmensführung in stabilen Märkten geprägt. Durch die deutliche Strukturkrise ist Zeitungsmanagement und damit die Steuerung und strategische Weiterentwicklung von lokalen und regionalen Medienkonzernen ein wesentlich komplexeres Geschäft geworden. Stand früher die „Verwaltungsfunk-

tion“ mit einigen Repräsentativaufgaben im Vordergrund, geht es heute um eine „Gestaltungsfunktion“ und die klare Entscheidungs- und Steuerungsfähigkeit des Unternehmens.

## Kompetenzen bei Inhalten

Die inhaltliche Kompetenz, die beim Einproduktunternehmen „Zeitungsverlag“ bislang auf die redaktionelle Ausgestaltung einer Zeitung fokussiert war, bekommt durch die Diversifikation in unterschiedliche Medienkanäle eine breitere Bedeutung. Im Zeitungshaus muss die Kompetenz vorhanden sein, unterschiedliche Medienkanäle mit ihren jeweiligen inhaltlichen Erfordernissen und Stärken kombiniert einsetzen zu können.

Wie erhält nun aber eine sehr traditionelle Unternehmung der Zeitungsbranche die notwendigen Kompetenzen als Unternehmenskompetenz? Zunächst geht es darum, neben den oben skizzierten Schritten des Zukaufs kompletter Unternehmenseinheiten, eigene Kompetenzen aufzubauen und zu entwickeln. Dies ist für Zeitungsverlage keinesfalls eine einfache Aufgabe, da ihre Attraktivität als Arbeitgeber mit Entwicklungs- und Zukunftsperspektive bei der Generation Y begrenzt ist [4].

Wenn mithilfe der systematischen Personalentwicklung und des Employer Brandings nun in ausreichendem Maß neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei den lokalen und regionalen Medienkonzernen an Bord gehen und somit die notwendigen Qualifikationen und Motivationen vorhanden sind, ist es dennoch nicht so, dass eine einfache Summe der Einzelkompetenzen die erforderliche Unternehmenskompetenz ergeben.

Erst die Art der Zusammenarbeit auf Basis der Organisations- und Unternehmenskultur ermöglicht hier ein sinnvolles Umfeld, um auch eine Kompetenzentwicklung des gesamten Unternehmens zu erzielen. Ein wichtiges Element ist die Teamorganisation [5], die in den jeweiligen funktionalen Teams (Vermarktung, Redaktion etc.) eigenständige Kompetenzfelder ermöglicht.



**Abb 2:**  
Journalistische Aufgaben im digitalen Zeitalter

(vgl. Breyer-Mayländer, T./Flad, H./Jasper, L.T.: Journalist; in: Deutsches Steuerberaterinstitut e.V. (Hrsg.): Steuerberater Branchenhandbuch Erg.-Lfg. November 2013)

**AUTOR**

**Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer**

Professor für Medienmanagement, Fakultät Medien und Informationswesen, Leiter Steinbeis-Beratungszentrum „Leadership in Science and Education“

Lehrgebiete:  
Betriebswirtschaft, Führung und Strategie, Personalführung, Krisenmanagement und -kommunikation, breyer-maylaender@hs-offenburg.de



Um mit den jungen Wettbewerbern aus dem digitalen Sektor mithalten zu können, müssen die Unternehmen insgesamt digitale Kompetenzen aufbauen. Da viele Aufgabenfelder in Unternehmen der Zeitungsbranche durch die jahrzehntelange Erfahrung der erfolgreichen Gestaltung und Vermarktung von Printprodukten geprägt sind, kommt den Crossmedia-Strategien und Crossmedia-Kompetenzen [6] in der Gesamtentwicklung der Unternehmen eine Schlüsselstellung zu.

Referenzen

- [1] Breyer-Mayländer, T.: Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: 50 Jahre Markt- u. Organisationsentwicklung im lokalen u. regionalen Zeitungsmarkt, in: Breyer-Mayländer, Thomas (Hrsg.): Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz, 978-3-658-04099-4, Wiesbaden, 2014, S. 20ff
- [2] Erpenbeck, John/Sautter, Werner: So werden wir lernen!: Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer, kluger Wolken und sinnsuchender Netze, 978-3-642-37180-6, Berlin, Heidelberg, 2013, S VII
- [3] North, J./Reinhardt, K. et. Al., Kompetenzmanagement in der Praxis, 978-3-8349-3696-7, Wiesbaden 2013, S. 43
- [4] Seeger, C.: Neue Produkte erfordern neue Qualifikationen – die Herausforderung des Personalmarketings und der Personalentwicklung, in: Breyer-Mayländer, Thomas (Hrsg.): Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz, 978-3-658-04099-4, Wiesbaden, 2014, S. 29-41
- [5] Hillebrecht, S.: Herausforderung Personalentwicklung im Zeitungsverlag – von der Einzelkompetenz zur Teamkompetenz, in: Breyer-Mayländer, Thomas (Hrsg.): Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz, 978-3-658-04099-4, Wiesbaden, 2014, S. 43-51
- [6] Breyer-Mayländer, T. u.a.: Wirtschaftsunternehmen Verlag, 5. Auflage, 978-3-934054-65-3, Frankfurt 2014, S. 381ff



**Neubau / Umbau /  
Modernisierung**

- schlüsselfertig
- zuverlässig und preisgünstig

Bau-Cooperation  
Beraten und Bauen GmbH  
Badstraße 24a, 77652 Offenburg  
(Im STZ bei der Hochschule)  
Telefon 0781 / 91 91 860  
Telefax 0781 / 91 91 870  
info@bau-cooperation.com

**www.bau-cooperation.com**  
**Gewerbe und Industriebau**  
**Wir schaffen**  
**für Innovationen.**



**Wir machen Ihnen Platz.**

# Nachfolgemanagement im Unternehmen

Prof. Dr. Robert Gücker

Dieser Bericht skizziert das Forschungsprojekt „Nachfolgemanagement“ bei der Papierfabrik August Koehler SE. Vorge stellt wird zunächst das Forschungsanliegen und die Fragestellung, um dann auf die Methodik überzuleiten. Als Ergebnis wird ein eigens für das „Koehler-Nachfolgemanagement“ entwickelte Vorgehensmodell präsentiert, das zukünftig geradewegs in die Praxis umgesetzt werden kann.

Below is a little report about the research project „Expert Debriefing“ carried out in 2014 at Papierfabrik August Koehler SE. We developed several questionnaires and other methods (i. e. critical incident survey) in order to access and preserve vocational expertise. A method of instruction has been developed which can be applied in future.

Wenn Arbeitnehmer, die schon lange im Unternehmen angestellt sind und evtl. auch Führungsaufgaben übernommen haben, das Unternehmen verlassen, so ist mit ihrem Weggang auch ein erheblicher Teil von Handlungs- und Kulturwissen eines Unternehmens verlustig. Wenn sich nun die Personalverantwortlichen aus guten Gründen dafür entscheiden, dieses Wissen im Unternehmen zu behalten und es für die Nachfolge, Einarbeitung und die Unternehmenskultur insgesamt zu nutzen, dann empfiehlt sich eine auf wissenschaftlichen Kriterien basierte Vorgehensweise.

Bei der Analyse wurde schnell deutlich, dass wichtige Aspekte nicht nur in der Wissensexplikation und dem Wissenstransfer zu finden sind, sondern auch wie sehr Bereiche wie Wertemanagement und Innovationsmanagement durch ein geplantes und gut durchgeführtes Nachfolgemanagement profitieren können. Erfahrene Mitarbeiter prägen das Unternehmen mit und verfügen über viel Erfahrungs- und Kulturwissen neben ihrer eigentlichen Aufgabenkompetenz. Betreibt man das Nachfolgemanagement nachhaltig, so ist es stets für das Unternehmen eine Gelegenheit, zu lernen und sich aufmerksam kulturellen Phänomenen innerhalb der Unternehmung zuzuwenden, um einen möglichst reibungslosen Übergang und verlustfreien Transfer von Erfahrungs- und Kulturwissen breit gestreut in das Unternehmen zu ermöglichen.

Um welches Wissen handelt es sich bei langjährig berufserfahrenen Mitarbeitern? Welches Wissen haben sie über die Jahre

angesammelt? Wie haben sie unzählige Probleme gelöst und erfolgreiche Netzwerke geknüpft? Wie haben sie die Kultur des Unternehmens verstanden und mitgeprägt?

Zu Beginn ist es hilfreich sich einen groben Überblick anhand gängiger Kategorien, was langjährige Erfahrung charakterisiert, zu verschaffen. Schlüsselwörter hier sind:

- Fachwissen
- Wissen über Methoden, Verfahren, Techniken
- Wissen über Strukturen und Abläufe
- Netzwerkwissen zu Vertrauenspersonen, Kunden, Lieferanten und Geschäftspartnern
- Wissen über Normen und Werte des Unternehmens
- Problemlösestrategien
- Kennerblick
- Handlungs- und Erfahrungswissen

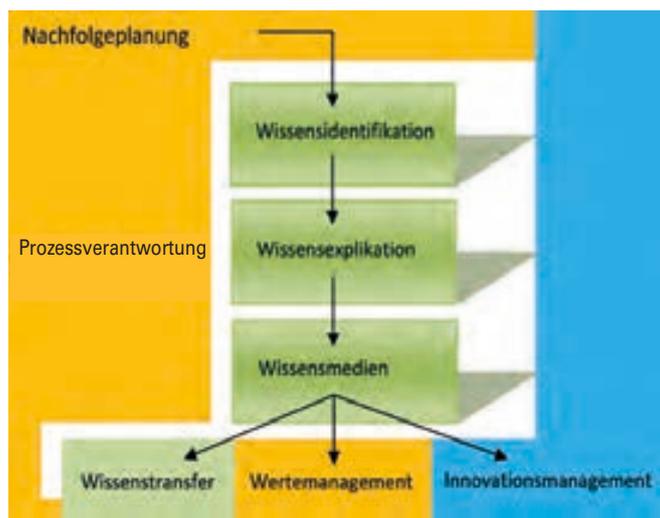
Hinzu kommt, dass implizites Wissen ein wesentlicher Bestandteil des gewandten und kompetenten Handelns erfahrener Berufstätiger ist. Das Können der Experten ist nicht nur das schnelle unbewusste Befolgen gleicher Regeln, die man anfänglich einmal gelernt hat, vielmehr ist eine „Anreicherung des Könnens“ vorhanden. Befragt man aber die Experten danach, fällt auf, dass diese Anreicherung nicht benannt werden kann. Demnach können sie mehr, als sie sagen, wissen – das sogenannte implizite Wissen. Eine Methode, um dieses implizite Wissen und Expertenwissen mit Werten, Normen und Hal-

tungen zu explizieren, wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts mit dem Bereich Personal der Papierfabrik August Koehler SE erprobt und wird im Folgenden dargestellt. Zwei Vorgänge nehmen dabei Schlüsselfunktionen ein:

1. gegenstandsangemessene Erhebung sowie
2. Auswertung und Explikation, d.h. Objektivierung und Vergegenständlichung des erhobenen Wissens.

Zur Erhebung, die den Eigenschaften des Expertenwissens (vgl. oben) angemessen begegnet, bieten sich qualitative Forschungsmethoden an. Konkret wurden in diesem Projekt „das narrative Interview“, „das leitfadengestützte Interview“ und die „Critical Incident Analyse“ angewandt. Durch mehrere zirkuläre Erhebungs- und Auswertungsrunden ergaben sich Wissensmedien wie Wissenskarten, Mindmaps, Erfahrungsgeschichten, Best Practice, Lessons Learned, kulturelle Normen sowie Haltungen und persönliche Werte, die dem Unternehmen im Nachgang zur Verfügung gestellt wurden. Eine Darstellung im Detail kann hier nicht erfolgen.

Wie setzt man nun aber diese Ergebnisse für die sinnvolle Nachfolgeplanung eines Unternehmens ein? Dazu wurde ein Vorgehensmodell entworfen, das den Blick auf andere am Prozess beteiligte Erfolgsfaktoren ausdehnt: Ein erfolgreiches Nachfolgemangement hängt nicht nur vom Wissenstransfer sondern darüber hinaus von einer konkreten Prozessplanung mit allen Beteiligten, der Unternehmenskultur und eines bewussten Wertemanagements im Unternehmen ab. Eine besondere Chance bietet sich durch die Wissensexplikation, so können unausgesprochene Grundannahmen entdeckt und zum Gegenstand der Personal- und Unternehmensentwicklung qualifiziert werden. Auf diesen Überlegungen aufbauend ist das folgende Vorgehen entworfen (vgl. Abb. 1).



Das Nachfolgemangement wird als Prozess gesehen, der die Wissensexplikation fokussiert. Von dort aus werden Wissenstransfer, Wertemanagement und Innovationsmanagement angestoßen. Das Nachfolgemangement braucht zunächst eine Analyse der Ausgangssituation, eine Auftragsklärung sowie einen Einarbeitungs- und Übergabeplan für den Nachfolger. Der Prozess des Wissenstransfers besteht zunächst im Detail aus der Identifizierung und Explikation des Expertenwissens, der Produktion von Wissensmedien und anschließend in der Organisation von sozialen und technischen Prozessen zur konkreten Wissensübertragung vom Vorgänger auf den Nachfolger.

Berufliches Handeln ist zudem stets durch Werte und Emotionen mitbestimmt. Sie sind an vielen Stellen maßgebend, wenn es gilt, besonders achtsam und ausdauernd zu sein. Warum sollte man die Aufgabe gerade jetzt besonders sorgfältig machen? Hier setzt das Wertemanagement mit beispielsweise der Methode des „Storytelling“ an.

Bei einem gewissenhaften Nachfolgemangement lernt auch immer das Unternehmen dazu. Diese offene Grundhaltung ist elementar, da stets zwei Richtungen immanent sind: das Lernen vom Experten wie aber auch ein Lernen von seinem Nachfolger. Dieser hat ebenso seine Sichtweisen und Herangehensweisen, die natürlich nicht unter den Eindrücken des Vorgängers untergehen dürfen und sollen.

Ein bewusstes und sensibel eingesetztes Innovationsmanagement hilft, diese Aspekte im Detail zu berücksichtigen und entsprechend zu gewichten.

#### AUTOR

**Prof. Dr. Robert Gücker**

Fakultät M+I  
 robert.guecker@  
 hs-offenburg.de



**Abb 1.:**  
 Vorgehensmodell  
 Nachfolgemangement  
 (eigene Darstellung)

# Steps towards an A/R/Tography of Sound in Media – A/rt as Practice, R/eflection in Action, T/eaching & Transmission

*Prof. Dr. Hans U. Werner*

Angewandtes Forschen an Hochschulen ist vor allem „Probleme lösen und Innovation“. Dies lässt sich im Sound- und Medienbereich durch die wenig bekannte künstlerische Forschung ergänzen. Sie ist in angelsächsischen Ländern verbreitet und hat eine Nähe zur qualitativen Sozialwissenschaft. Im Folgenden werden Motive aus der integrativen A/R/Tography von der kanadischen UBC (University of British Columbia in Vancouver) vorgestellt und für ihren Transfer zum Sound für Medien veranschaulicht. Drei „Rollen, Aktivitäten, Studios“ als „Artist, Researcher sowie Teacher“ wirken nicht auf getrennten Bahnen, sie vertiefen eher das dynamische, interdisziplinäre Wissen. Am Beispiel der Soundscape-Forscher und der Tradition elektronischer Musik am WDR Köln lassen sich Denkweisen für Analyse und Medienproduktion als Modell verbinden.

Applied research in Universities of Applied Sciences is based primarily on “problem solving and innovation“. In the field of sound and media we complement those concepts with a worldwide, mostly anglo-saxon artistic research, which is related to qualitative social sciences. In this broad stream of very different forms, the A/R/Tography out of the Vancouver University of British Columbia, offers a model, where Art, Research and Teaching is well combined. The roles “activities and studio situations” appear in context to each other, they deepen in the dynamic and interdisciplinary knowledge. With the example of the Canadian Soundscape Project in Vancouver and the famous Studio of Electronic Musik in WDR, Cologne, we experiment with a new model for analysis, media work and applied media theory in the field of sound.

Akustische Kommunikation - Im Sonic Studio des Komponisten Barry Truax an der SFU



„Westward Reach“, a vivid piano composition by Stu Goldberg, was my key theme in an former radio series for German Broadcasting about jazz at the Westcoast. This journey brought me to Vancouver as well and I came to know a new paradigm for sound and music. The influential World Soundscape Project of Canadian composer R Murray Schafer developed new methods of listening and composing with other disciplines and cultures, today in the World Forum of Acoustic Ecology. This sonic dimension of our environment and the practical Acoustic Design for daily life, art, music, science and education became prototypes for the new Inter-Discipline of today's Sound Studies [1]. Schafer's eminent book from 1977, „The Tuning of the World“ [2], is now revised in the German edition as a key and tool for many soundscapers and musicians [3]. Schafer and his team worked as radiomakers, composers, architects, ethnographers and teachers, sensitizing audiences often simultaneously in education, ecology and media. Barry Truax continued their mission with his enormous oeuvre of electro-acoustic compositions, in ongoing education within the sonic studio and as interdisciplinary research and broadly accepted „Acoustic Communication“ [4].

Now in the Vancouver of today I found a third stream for a tentative synthesis, as steps towards an A/R/Tography of soundscape, design and media. This wordplay is as well a metaphor for an interdisciplinary and intercultural art, research and teaching at UBC, the University of British Columbia in Vancouver. The encounter with such a group is a catalyst, similar to the World Soundscape Project from nearby Fraser University. I combine Acoustic Communication and Soundscape Studies with islands and streams of artistic or practice-based research, in anglo-saxon areas mostly, from Canada and USA through UK down to Australasia. This new research is often visual, still seldom in Sonic Arts, about artists in practice, reflective in action, in „the laboratory of emotion“, as radio director and researcher Detlev Ihnken writes about his „Hörspielstudio“ [5]. In such projects, we find an overlapping with qualitative social science, action research and participative methods [6]. Graeme Sullivan, artist-teacher as well: „The image of the artist as creator, critic, theorist, teacher, activist, and archivist partly capture the range of art practice today“ [7].

Inspired by such a constellation I project ‚art-based-research‘ into an audio-based perspective. Promoters like Robert Dean in Australia and Henk Borgdorff in Holland represent such a sonic point of view [8]. And Borgdorff is as well a keen observer of the new trends in Artist-Research, where he distinguishes three forms of art and knowing [9]:

- Research above the art means traditional reflection and interpretation, mostly in the cultural sciences, as an abstract discourse and analysis, often without own practice, even out of distance and sometimes long after a work has become real.
- Research for the Arts is applied science and training, that supports the unfolding of an artistic project, as research to material, historic-musical interpretation and scores in the search for original instruments. These studies, so Borgdorff, are functional to the practice, as an „instrumental perspective“ and often done before the art work appears.
- Research in the art and as art relates to Donald O Schön and his „reflection in action“, which indicates an immanent, performative perspective. Doing and knowing, practice and concept are coincident. Material, time and space correspond actively: „Artistic practice - as well the art object and the creative process - embodies implicit knowledge, that will be opened articulated with help of experiments and interpretations“ [10].

Widening studio-based perspectives is typical for the potential of A/R/Tography in Vancouver. The concept and the group have an obvious influence, a palette of well done studies and a network of professionals in Art, Research and Teaching. So the trias is never static, but a symbol for exchange [11]. Practice enhances theory building and mediation into other fields. Research nourishes teaching. Teaching and learning influence studio work as a rehearsal place for experimental practice, and as model for next generations of artists to come. So this trias functions as a catalyst in creativity and context. Our colleague Ralf Lankau in Offenburg in his recent book: „Design and Art Making as a form understanding and knowing“ [12].

#### References

- [1] Werner, Hans-Ulrich: Soundscape-Dialog, Göttingen 2006
- [2] Schafer, R Murray: The Tuning of the World. New York 1977
- [3] Übersetzung/ Herausgeberin: Breitsameter, Sabine: Die Ordnung der Klänge. Mainz 2011
- [4] Truax, Barry: Acoustic Communication. New York 2000
- [5] Ihnken, Detlev: Labor der Emotionen. Tübingen 1998
- [6] Vgl. Cole, Ardra L., Knowles J. Gary (Eds.): Handbook of the Arts in Qualitative Research. Thousand Oaks 2008
- [7] Sullivan, Graeme: Art Practices as research. Thousand Oaks 2010:156
- [8] Smith, Hazel; Dean, Roger T. (ed.): Practiced research, Research-Practice. Edinboro 2010
- [9] Borgdorff, Henk: Die Debatte über Forschung in der Kunst. In: Z hdk: Künstlerische Forschung. Positionen und Perspektiven. Subtexte 03. Zürich 2009:29-30
- [10] Donald A Schön: The Reflective Practitioner. Think in Action. Basic Books 1983 Haywood: Arts-Based Research. New York 2013
- [11] Giesecke, Michael: Die Entdeckung der kommunikativen Welt. Frankfurt 2007
- [12] Lankau, Ralf: Gestalten als Form des Erkennens. München 2014
- [13] Rolling Jr, James Haywood: Arts-Based Research. NY 2013
- [14] Rolling Jr: 2013:19 2004:21

A different point of view is offered by James Haywood Rolling Jr, teacher, artist and researcher at Syracuse University [13]. In his well done primer on arts-based research he understands A/R/Tography as a niche, with many experts, cooperation of peers and followers, but with distance to partial streams in artistic research: „The most obvious limitation of a/r/tography is that its conception as a singular, although pluralistic methodology works to limit discourse on the variation of the larger arts-based research paradigm“ [14]. I found another quality: influencing the context around it. The quality of finished dissertations is impressive. The process as a core of ideas in a fluid mind idiom is well done. Rolling mentions the „in between“; for me an imperative for dialogue and crossover.



Peter Gouzouasis is an experienced and experimental musician. He transfers the key word of tonality from music making into teaching and in variable research processes [16].

Interdisciplinary theory and educational methods are connected with artistic research, reflection and mediation, mirroring each other. Rita Irwin: „We begin with these three roles and three forms of thought, not only as separate entities, but also as connected and integrated identities that remain ever present in our work“ [17].

Artistic research encounters the designers directly, in their productions, studios and their own worlds, with ideas from qualitative social research and cultural science. Educational mediation unfolds as another stream of design and inquiry: as Aural History, audio analysis, participating and listening, and with new, experimental ideas. Through those forms new transitions are possible, where, as Anselm Strauss often says, the scientist touches ground near artistic workflows“ [18].



Rita L Irwin, art- and music educator by training, is one of the early discoverers and developers of the concept, obvious networker and editor, balancing the strengths of other contributors, refining and redefining even a special mind idiom, in a fluid and flexible, rhizomatic way. There is even an artographic dialect, by inserting slashes or find rhythmic extension, beyond the words, in sound or „Klanguage“; (as Chicago poet und teacher George Drury called): „In the slashes between the a/r and /...the space between one role and the others, are spaces of possibility, sites of radical openness/ „the third space invites movement“ [15].



Carl Leggo, poet and writer, works with all media, pictures, performance, creative and live writing. So A/R/Tography is a very productive form of qualitative research in action. There is a self-similarity, research as art, like Anselm Strauss put in an aphorism.

[15] Irwin, Rita L; Cosson, Alex de; a/r/tography. Rendering Self Through Arts-Based-Living Inquiry. Pacific Educational Press

[16] Gouzouasis, Peter (Ed.): Pedagogy in a New Tonality. Sense Publishers 2011

[17] Irwin, Rita L; De Cosson, Alex: a/r/tography. Rendering Self Through Arts-Based Living Inquiry, UBC 2004:28

[18] Strauss, Anselm: Grundlagen qualitativer Sozialforschung, München 1994:13

# Electronic sound and music within the Media – An a/r/tographic case study - Composer Paulo C Chagas

*Prof. Dr. Hans U. Werner*

**Das bisher wenig bekannte Modell der A/R/Tography aus Kanada im Kontext der stark wachsenden Artistic Research bietet Verbindungen zur praktischen Medienarbeit und zur angewandten und anwendbaren Medientheorie an. Am Beispiel des Komponisten Paulo C. Chagas werden verschiedene Aspekte des Konzepts konkretisiert.**

The artistic research model of A/R/Tography from the UBC in Canada offers interesting connections and patterns for practical media work and towards the building an applied, and applicable Sound - Media - Research. The example of Artist-Researcher Paulo C Chagas from UCRiverside in California will describe and analyse aspects of the concept.

The Brazilian composer Paulo C. Chagas lives and synthesizes many roles for musical communities and scientific dialogues in a rich a/r/tographic way, as artist, researcher and teacher. He examines cultures, forms, traditions and sound sources through complex compositional methods. His origin from Brazil and a life through many countries and languages formed deep intercultural knowledge. Chagas interplay of reflection with theory, analysis with composition, learning and teaching converges into a today digital creative composition, as a worldwide collaboration with musicians, performers and media artists.

In summer 2014, with the generous support of our University of Applied Sciences here in Offenburg, I found a way from the Music Department at University in Riverside/LA, up to Berkely, Vancouver and back. In Riverside, 10 years ago, Paulo C Chagas arrived as professor for Digital Composition, integrating art, theory and education in his new PhD-program. The former Sound Director of Electronic Music Studio at WDR Broadcast in Cologne brought with him the experience of a large palette of composers and pieces. He is writing precise articles in several languages about the studio as a place for producing culture, not only music, and to reach out into the community with concerts and innovative compositions. As instruments, equipment, studios, people, tools and cooperations were based in public radio since the

50ies, and before in the French radio system of the 40ies, this music is a complex representation of Radio Art as electronic tonalities: Sound, music and voice become material, live or on air, in visual and inter-media. So Chagas is in multiple action, with 100 compositions and his new book „Unsayable Music“ [20].



Artist: The music of Paulo C. Chagas is versatile and prolific with a broad scope of genres, methods, techniques and collaborations. The works range from chamber music to dense orchestration, from analog electronic works to contemporary digital composition, reflecting his phases of study and production. He emphasizes intricate and unconventional ensembles, with Afro-American rhythms and multi-stylistic traditions, as part of sophisticated mixed media productions like his Techno-opera RAW premiered in Bonn in Germany. A lot of cooperations with Brazil and text-based works from his home culture appear like a bourdon. A central experience is Chagas' ten years continuity as Sound Director and composer in the Studio for Electronic Music of WDR Radio in Cologne, Germany, as an eminent partner for a wide spectrum of artists in residence.

Before arriving there he studied with Henri Pousseur in Belgium, an European mastermind, influential mentor and co-composer in

successful works and a catalyst for his growing scientific research. Paulo C. Chagas' work in the WDR Studio embraces all forms of process and workflow – technical, organizational and artistic – from the creative idea to the public performance. He transfers these experiences into his own work, developing a body of more than 100 compositions, dozens of recordings, concerts and multi-media performances as in the long time cooperation with BEC (Bonner Entwicklungswerkstatt für Computerkunst / Bonn Research Workshop Computer Art). An important dimension of those works is the connection of music and sound with visual image, performance and intermedia configurations, those influence even today his recent work at UCR with international students. In our publication „Montage Collage Komposition“ (University of Siegen 2014) we brought together a group of artists and writers, working with text, image, sound and music composition [21].

Paulo C. Chagas komponiert und unterrichtet an der UCR, der University of California in Riverside. Dort hat er den PhD-Studiengang „Digital Composition“ aufgebaut und so seine große Erfahrung mit elektronischer Musik und audiovisuellen Stücken integriert. Er stammt aus Brasilien und hat lange im Kölner WDR-Studio für Elektronische Musik als Klangregisseur mit namhaften Komponisten gearbeitet. Für ihn ist dieser einmalige Klangkörper nicht ein Funktionsraum für künstlerische Komplexität, sondern ein Ort von Kultur, Kommunikation und Begegnung. In dicht vernetzten Essays beschreibt er seine Entdeckungen und verbindet sie mit ästhetischer, medialer und gesellschaftlicher Analyse. Von dem Weltbürger Flusserborgt er sich den Begriff der Bodenlosigkeit als Metapher des eigenen Werdegangs und seiner interkulturellen Erfahrung. Die Reise durch die analogen und digitalen Studios ist für Paulo C. Chagas Lebensweg und Medium - Immer zugleich Kunst, Pädagogik und forschendes Lernen.

 Hochschule Offenburg  
University of Applied Sciences

 Medien und Informationswesen

 Verein der Freunde  
Hochschule Offenburg

 UNIVERSITÄT  
SIEGEN

 UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
**UCRIVERSIDE**  
Department of Music

MUK 190/191

# MUK 190/191 MASSEN MEDIEN UND KOMMUNIKATION

**Digital Composition:**  
Von der Klangregie Elektronischer Musik zur  
intermedialen Ästhetik bei Paulo C. Chagas.

**Paulo C. Chagas**  
zusammen mit:  
**Hans-Ulrich Werner**  
(Konzeption und Realisation)

Digital Composition

R/esearcher: Reflectively Paulo C. Chagas is an accomplished, critical researcher in musicology and music analysis, open for other disciplines and systems, with deep insights in the projection of a paradigm from one field into the other. Influenced by mentor and dialogue partner Henri Pousseur, he developed the core of his PhD dissertation on the evolution of polyphony, from medieval to contemporary music, sound art, and electronic music. He analyzes this through a useful, comprehensive and complex fusion of autopoiesis and system theories, based on and extending the social theory of Niklas Luhmann. As in Chagas' other texts, this is not a theory for itself, rather a synthesis of practice and reflection melting into composition. He integrates influences like Saramago's famous novel about blindness as a metaphor for existence, a motive that incorporates own life experience. He continuously developed both a group of works and a „Blindness Paradigm“ as a concept, combining system theory with reflection on technology, human performance and existence. His own biography led him to compose „Migration“, a work that I experienced in many versions as live and electronic music. It was the first piece exploring of circular sound rotating in the 12-channel configuration of the Electronic Music Studio Cologne. He combines spatial composition with „sound migrations on the level of both sound objects and structures.“The important part was, as in „Blindness“, the combination of metaphoric meaning and personal experience in different cultures. Keywords from several languages play a role in his intercultural process, which at the same time is rooted in experimental research and reflection on his future artistic concepts.

Paulo C. Chagas recent book „Unsayable Music“ and maybe „midlife harvest“ (as Friedrich Gulda once said), unites critical thinking and extended reflections on Musical Semiotics, Electroacoustic and Digital Music. This comes out of decades of his deep thinking, writing and composing. He integrates and applies theories of philosophers such as Wittgenstein, Luhmann and Heidegger. With Villem Flusser he shares the experience of belonging to several cultures at the same time, as well as critical thinking about technology, media and meaning, often with the shared keyword of „Bodenlosigkeit“. Both Flusser and Chagas expand the telematic dialogue towards sound and music in the digital age. Chagas' complex Spectral Semiotics is a fruitful expression of this thinking, as the aspect of meaning in music is analyzed through parameters of sound,

music listening and making. Particularly, he reflects on the electronic music studio as a model and place of culture and creativity, which is understood as a collaboration between members of this art world, connected to society and in general.

T/eaching and studies: Prof. Chagas has successfully mastered several academic experiences, at UCR but as well intensively in Liège (Belgium), Germany and Russia, in workshops and presentations all over the world. This is due to his broad cultural growth and the fluent ability in languages, which allows him to read original texts in German, Spanish, English, French and Portuguese. He benefits too from being an intercultural journalist and communicator of rank, including the longtime collaboration with Radio Deutsche Welle (The Voice of Germany) and residences in musical, cultural and technical centers.

Finally the studio for Chagas is a constellation of coincident spaces, technical, musical, communicative, creative and educational, within, and out of and for society. Studio and cooperative processes of a work form a space and place, reflecting and transforming contemporary culture. For him the pioneer studio of WDR was a metaphor of the changes in music and society, which he reflects in a broad scope of approaches with thinking and innovative compositions. In the concluding article of his book „Unsayable Music“ Chagas combines an overview about his works with, unfolding the possibilities of audiovisual and multimedia composition, based again on Luhmann and his distinction of medium and form. This text part reveals Chagas' bandwidth of composing, reflection and research, as integration of music and sound into technology and society today [22].

#### References

- [19] cf. Werner, Hans-Ulrich; Chagas, Paulo C.: Montage Collage Komposition. University of Siegen 2014  
 [20] Paulo C. Chagas: Unsayable Music. Leuven University Press 2014  
 [21] Werner, Hans-Ulrich; Chagas Paulo C.: Montage Collage Komposition. Universität Siegen Reihe MuK 2014  
 [22] Chagas, Paulo C.: Unsayable Music. Leuven University Press 2014

*Beide vorangegangenen Artikel erstellte:*

#### AUTOR

**Prof. Dr. Hans-Ulrich Werner**  
 Audiowerkstatt,  
 Künstlerisches Forschen,  
 Medien/Hochschuldidaktik  
 hans-ulrich.werner@  
 hs-offenburg.de



# BUZZ – Ethnographie einer parasitären Ökologie

Prof. Daniel Fetzner, Dr. Dr. Martin Dornberg

**BUZZ ist ein medienökologisches Projekt zur Frage der Umweltbildung bei Insekten und Menschen. Der transdisziplinäre Forschungszyklus untersucht Beobachtungspraktiken und verkörperte Wissensformen in der Interaktion von Wissenschaftlern, Wespen und Ameisen in einem südindischen Insektenlabor. Künstlerische Interventionen, ethnographische Dokumentationen, Performances und Workshops hinterfragen und erweitern den anthropozentrischen Grundsatz von Wissenschaft.**

BUZZ is a media-ecological project on the issue of environmental entanglements in insects and humans. The transdisciplinary research cycle is focusing on observation practices and forms of tacit knowledge in the interaction of scientists, wasps and ants in a South Indian insect laboratory. Artistic interventions, ethnographic documentaries, performances and workshops question and extend the anthropocentric principles of science.

Der Forschungszyklus BUZZ untersucht medienökologische Gefügebildungen zwischen Menschen, Tieren und Maschinen. Ausgangspunkt ist eine dreiwöchige künstlerische Intervention und Feldstudie im Sommer 2014 in einem Insektenlabor am Indian Institute of Science, Bangalore. Die dabei entstandenen ethnographischen Beschreibungen, die das Eigene durch und mit dem Fremden zu verstehen versuchen, sollen durch eine Techno-Ethno-Ethnographie erweitert werden. Als theoretische Referenz dient die Philosophie des französischen Wissenschaftstheoretikers Michel Serres, im Besonderen dessen Konzept des Parasiten. BUZZ ist wie die frühe Kybernetik von Norbert Wiener auf der Suche nach „Kontrolle und Kommunikation im Tier und in der Maschine“, mit der Betonung auf das Tier. Es will zugleich die Kybernetik erweitern.



„Netzwerkmodell als Tensegrity mit Hornissennest“

## Technische Medien und das Tier

*„The animals hold a mirror to us. It should allow you to reflect on yourself.“*

Raghavendra Gadagkar im Interview mit Daniel Fetzner (2013)

<http://gadagkar.metaspaces.de>

Techniken können auch von Nicht-Menschen entwickelt und angewendet werden. Biber bauen Dämme, Termiten errichten fantastische Bauten und Algorithmen interpretieren unser Verhalten. Diese Wissenspraktiken entwickeln sich fortlaufend auf mannigfaltige Art und Weise, finden auf unterschiedlichsten Wegen Verbreitung und werden als „erweiterte Phänotypen“ (Dawkins 1982) Teil von

kollektiven Gedächtnissen. Von besonderer Bedeutung ist die Frage, in welchen Momenten und in welcher Form Wissen überhaupt entsteht, wie es als solches klassifiziert wird, um schließlich doch auch gleichzeitig medial vermittelt zu werden. Eine Herausforderung für die Beforschung dieser Prozesse liegt in der Evidenz bzw. Sichtbarmachung nicht nur von expliziten, sondern besonders auch von impliziten Prozessen der jeweiligen Übertragungen.

Das Tier war als irrationales, triebhaftes und instinktgesteuertes Wesen in den Technowissenschaften und deren Fixierung auf Appa-

rate über viele Jahrzehnte hinweg zur Hintergrundfigur geworden. Erst aktuell rückt es in Form eines Ethological Turn wieder verstärkt ins Bewusstsein medientheoretischer Diskurse (u.a. Johach 2011, Werber 2011). Insbesondere in der Beforschung der sozialen Medien und des Internets sind in der vergangenen Dekade immer wieder Übertragungsphänomene und emergente Wissensformen beim Menschen mit denen von Vogel- und Fischeschwärmen, aber auch mit denen von staatenbildenden Insekten wie Wespen, Ameisen und Bienen verglichen worden. Seit Medien weniger als Objekte und als Technologien, sondern als resonante Milieus verstanden werden, spielen bei deren Verständnis ›tierische‹ Dimensionen wie Resonanz und Rhythmus, atmosphärische, umweltbildende und situative Faktoren eine deutlich wichtigere Rolle.

Ein Tier muss eine Ab-Stimmung mit seiner Umwelt (Uexküll 1983) finden, und auch Technologien müssen ihre Rhythmen anpassen. Aber auch parasitäre und mikrobische Strategien (Serres 1980) können zum besseren Verständnis medialer Prozesse und deren Interaktion mit den Menschen und ihrer Umwelt dienen. So wurde die digitale Kultur beispielsweise als virale Maschine beschrieben, welche Codes als nicht-humane Akteure in eine „allgemeine Medienökologie der Netzwerkkultur“ einführt (Parikka 2010).

In diesem Sinn können insbesondere soziale Medien als koevolutionär und parasitär betrachtet werden. Pull-Technologien sind hungrige Kreaturen, die ihren Wirt verändern – mit den Apps, die als Ektoparasiten auf und unter unserer Haut leben. Nur gelegentlich sind sie für ihren Wirt lästig. Die Grenze zwischen symbiotischen und parasitären Medien ist fließend. In jedem Fall sind Medien von tierischer Qualität.

So betont der Medienphilosoph Mark Hansen insbesondere die Gefügebildungen mit den technischen Geräten und plädiert für eine radikal umweltliche Sichtweise, eine der Verwicklung des Körpers in eine größere, vollkommen umweltliche Handlungsmacht, ausgeübt durch die Empfindungen, die von und mit unseren digitalen Geräten erzeugt werden. Diese Geräte sind imstande, „Körper und Umweltdaten für unsere begrenzte, kognitive und affektive Handlungsmacht aufzuzeichnen.“ (Hansen 2011, 408)

Im Zeitalter des Anthropozän und den dazugehörigen kulturwissenschaftlichen Werkzeugen wie der Akteur-Netzwerk-Theorie (Latour 2014) geht das Interesse an ethologischen und ökologischen Fragestellungen weit über transkategoriale Analogiebildungen hinaus, sondern beschreibt einen radikalen Umbruch gerade im menschlichen Selbstverständnis und von dessen ›agency‹.

In unseren Natur-Kultur Hybriden erwerben ›weltlose Dinge‹ (Heidegger 2004) wie CO<sub>2</sub>, HIV und Smartphones immer stärker Handlungsmacht in Form von ›Quasi-Objekten‹ (Latour 2014) und ›Cyborgs‹ (Haraway 1991). Ökologien werden nicht mehr als Natur gedacht (Morton 2007), vielmehr werden die Sinnkultur und das Denken insgesamt einer allgemeinen Ökologisierung unterworfen (Gibson 1977, Baecker 2007, Hörl 2013). Die Gegensätze von Mensch, Tier und Technik, von Natur und Kultur werden als weniger dichotom empfunden. Umweltbildung, Embeddedness und Verkörperung werden zentrale Kategorien (Uexküll 1973, Fetzner/Dornberg 2015).

## Künstlerische Forschung BUZZ

*„Das Hintergrundrauschen ist der Grund des Seins, das Parasitentum ist der Grund der Beziehung.“*

Michel Serres (1980, 83)

BUZZ ist ein künstlerisch-philosophisches Projekt von Daniel Fetzner und Martin Dornberg. Bei dem Forschungsansatz handelt es sich um eine erkenntnistheoretische Suchbewegung – gleich dem Flug einer Wespe durchs Feld, die ständig seine Richtung wechselt. Wie auch der griechische Begriff παρά (para = neben; nahe, gegen) zum psycho-geografischen Konzept des situationistischen Umherschweifens passt, folgt BUZZ keiner streng wissenschaftlichen Methodik. Der Wespenflug folgt vielmehr einer Logik der Serendipität, die davon ausgeht, dass man nicht mehr strikt danach sucht, was man doch zu finden hoffen kann. So der Soziologe Dirk Bäcker: „Unsere Suche findet immer dort statt, wo wir genügend Licht haben; sie orientiert sich an den Ordnungsprinzipien, die es uns erlauben einzuordnen, was wir zu finden glauben.“ (2007, 226)



**Forschungsgeräte  
und Theorie-  
referenz**

Zum Auftakt von BUZZ fand im Sommer 2014 auf Einladung des Entomologen Raghavendra Gadagkar ein dreiwöchiger Forschungsaufenthalt am Indian Institute of Science (IISc) in Bangalore statt. Gegenstand der künstlerischen Intervention war die Untersuchung von Beobachtungspraktiken und Wissenskulturen der dortigen Wissenschaftler. Verschiedene Formate wie Screenings, Vorträge, wissenschaftliche Experimente, Diskussionen, kleinere Exkursionen, aber auch Performances bildeten dabei die Schnittstelle zwischen Theorie und Praxis, zwischen Kunst und Wissenschaft, dem deutschen Forscherteam und den indischen Wissenschaftlern am Center for Environmental Studies. Die Intervention schuf ein „Experimentalsystem“ (Rheinberger 2001) in einem alten Wespenlabor, das transdisziplinär verschiedene Formen philosophischer, wissenschaftlicher, künstlerischer sowie anwendungsbezogener Komplexitätsreduktion einerseits und Komplexitätsherstellung andererseits beobachtbar und gestaltbar machen sollte.

Das Projekt entsteht in Zusammenarbeit mit der Hochschule Offenburg, dem Zentrum für Anthropologie und Gender Studies der Universität Freiburg, dem Indian Institute of Science in Bangalore, der Srishti School of Art, Design and Technology in Bangalore, der Forschungsgruppe mbody sowie dem Freiburger Filmforum. Die Arbeitsergebnisse werden in Kooperation mit dem ethnographischen Filmforum Freiburg im Mai 2015 in den Galerieräumen des Kulturwerks T66 in Form eines künstlerischen Experimentalsystems zur Diskussion gestellt.

**Interviewsituation  
auf dem Dach des  
Centre for Eco-  
logical Sciences**

*Weiterführende Projektinformationen unter:  
<http://buzz.metaspaces.de>*





Benjamin Schnitzer und Prof. Daniel Fetzner in einer Skypeperformance

#### Literatur

- Bäcker, Dirk (2007): Studien zur nächsten Gesellschaft. Frankfurt/M.
- Dawkins, Richard (1982): The Extended Phenotype. Oxford
- Fuller, Matthew (2007): Media Ecologies. Boston
- Fetzner, Daniel/Dornberg Martin (2015): Einleitung, in dies.: Intercorporeal Splits. Künstlerische Forschung zur Medialität von Stimme, Haut, Rhythmus. Leipzig, 18-53
- Gibson, James (1979): The Ecological Approach to Visual Perception. Boston
- Hansen, Mark (2011): Medien des 21. Jhd. Frankfurt/M.
- Haraway, Donna (1991) A Cyborg Manifesto. Routledge
- Heidegger (2004): Die Grundbegriffe der Metaphysik. Frankfurt/M.
- Hörl, Erich (2013): Tausend Ökologien. Berlin
- Latour, Bruno (2014): Existenzweisen. Frankfurt/M.
- Morton, Timothy (2007): Ecology without Nature. Harvard
- Johach, Eva (2011): Insektengesellschaften und die Suche nach den Medien des Sozialen. Zürich
- Parikka, Jussi (2010): Insect Media. Minneapolis
- Rheinberger, Hans-Jörg (2001): Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Göttingen
- Serres, Michel (1980): Der Parasit. Frankfurt/M.
- Uexküll, Jakob von/Kriszat Georg (1983): Streifzüge durch die Umwelt von Tieren und Menschen. Frankfurt
- Werber, Niels (2011): Ameisengesellschaften. Frankfurt/M.

#### AUTOREN

##### Prof. Daniel Fetzner

Fakultät M+I  
Gestaltung und Künstlerische  
Forschung  
daniel.fetzner@  
hs-offenburg.de



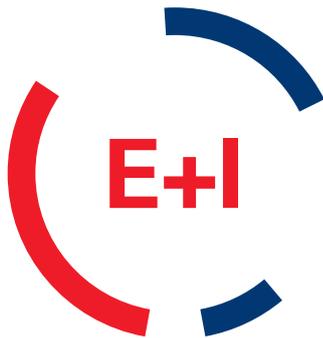
##### Dr. Dr. Martin Dornberg

Zentrum für Psychosomatik  
und Psychotherapie FB,  
Philosophisches Seminar,  
Universität Freiburg  
dornberg.freiburg@  
t-online.de





# Forschung & Entwicklung an der Fakultät



## Elektrotechnik und Informationstechnik

Im zurückliegenden Jahr wurden in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik (E+I) die bislang schon umfangreichen Forschungsaktivitäten mit unverminderter Intensität fortgeführt. Die Schwerpunkte waren weiterhin die Kommunikationstechnik, Informatik, Medizintechnik, Avionik und die elektrische Antriebstechnik. Im Bereich der elektrischen Energietechnik, die als strategische Weiterentwicklung für die Fakultät E+I erschlossen wurde und wo im Zuge dessen zum Wintersemester 2012/13 der Bachelor-Studiengang Elektrische Energietechnik / Physik<sup>plus</sup> (EP-plus) und zum Wintersemester 2014/15 der Bachelor-Studiengang Elektrische Energietechnik / Physik (EP) eingerichtet wurden, gab es 2014 mit Prof. Dr. Michael Schmidt die erste Energietechnik-spezifische Berufung in der Fakultät. Im März 2015 ist die zweite erfolgt. Damit wird zukünftig auch die elektrische Energietechnik in den Forschungsaktivitäten der Fakultät E+I eine gewichtige Rolle spielen.

Als finanzielle Basis der Forschung in der Fakultät E+I kann neben einer rudimentären hochschulseitigen Grundversorgung das „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie angesehen werden. Von den im Jahr 2013 in der Fakultät bearbeiteten 12 ZIM-Projekten wurden zwei inzwischen abgeschlossen und fünf neue kamen 2014 hinzu. Weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte werden im Rahmen von Industriekooperationen ohne öffentliche Förderung bearbeitet. Projekte, die

von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Europäischen Union (EU), vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg finanziert werden, runden die Palette der in Anspruch genommenen Projektförderungen ab. 2014 wurden von Professor/inn/en der Fakultät E+I Drittmittel in Höhe von ca. einer Million Euro eingeworben. Dadurch konnten u. a. 28 akademische Mitarbeiter zur Bearbeitung der anfallenden Aufgaben beschäftigt werden. Auch ist zu erwähnen, dass im Zuge der Forschungsthemenbearbeitung in Kooperation mit Universitäten 2014 drei Promotionen mit Hauptreferenten aus dem Kreis der Professor/inn/en der Fakultät E+I abgeschlossen wurden und eine stattliche Anzahl auf den Weg gebracht werden konnte.

Diese 18. Ausgabe vom „fif“ spiegelt die oben skizzierten Forschungsschwerpunkte in der Fakultät E+I wider. So werden im aktuellen Exemplar die Themen Multi-Core-Prozessoren, Smart Building, kardiale Resynchronisationstherapie, Spektrum Monitoring, Verkehrskontrolle und Drehzahlvorsteuerung behandelt. Weitere Beiträge über die Forschungstätigkeiten aus dem Kollegium der Fakultät E+I finden Sie auf den Institutsseiten.

Ich wünsche den Lesern beim Studium der Beiträge vielfältige Einblicke sowie zahlreiche Anregungen für neue Projektideen.

# Automatische Funkfrequenzüberwachung

*Christian Weber M. Eng., Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer, Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele, Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ*

**Eine zunehmend dichtere Belegung des Funkspektrums durch neue Funkdienste stellt nationale Regulierungsbehörden bei der Verwaltung der Spektrumsnutzung vor komplexe Herausforderungen. Um die interferenzfreie Nutzung der einzelnen Funkdienste zu gewährleisten, ist eine flächendeckende Funküberwachung essentiell. Diese detektiert und identifiziert einzelne Funkemissionen und kann somit die Plandaten des Spektrum-Managements verifizieren oder unerlaubte Spektrumsnutzungen erkennen und melden.**

In line with the increasing demand of wireless communication networks the radio spectrum is becoming congested and its value is increasing. An efficient spectrum management is the key to maximize the use of frequencies. Therefore a ubiquitous monitoring network that permanently scans the spectrum to identify and locate unused, underused frequencies, as well as interference is essential. The monitoring system should offer the capability to automatically identify different parameters of the detected signals. The results of this intelligent analysis are stored in a database which offers to spectrum regulators the possibility to manage frequencies more efficiently.

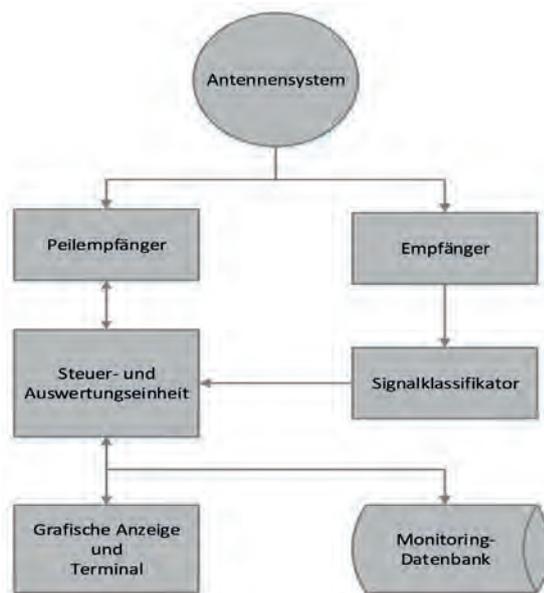
## Einleitung

Smartphones, Tablets oder Radios sind aus unserem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Mit dem rasanten Zuwachs dieser Geräte in den vergangenen Jahren ist gleichzeitig der Bedarf an drahtloser Kommunikation gestiegen. Gerade im Bereich des Mobilfunks ist dies für jeden augenscheinlich. Aber auch im Bereich der Notrufdienste oder anderen staatlichen Diensten ist der Bedarf an Funkfrequenzen in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Ein effizientes Frequenz- bzw. Spektrum-Management ist daher gefragt, um die weder vermehrbare noch transportierbare Ressource Frequenz optimal zu nutzen und allen Anfragen nach Frequenznutzung gerecht zu werden [1]. Das wichtigste Element des Spektrum-Managements ist hierbei eine konsistente Senderdatenbank, in der zu jeder Funkstation bzw. zu jedem Sendegebiet die zugehörigen Parameter der Funkemission gespeichert sind. Eine Funküberwachung mit einem Spektrum-Monitoring-System kann dabei die Effizienz des Spektrum-Management-Prozesses steigern, indem es die aktuelle örtliche Frequenzbelegung misst und automatisch auswertet. Ziel des automatischen Spektrum-Monitorings ist es, Funksignale zu identifizieren und parametrisch mit der Spektrum-Management-Datenbank abzugleichen, um Datenbank-

einträge zu verifizieren bzw. unautorisierte Funkemissionen zu erkennen [2]. Die übertragene Information, sprich der Nachrichteninhalt, der einzelnen Funkemissionen ist hierbei für das Spektrum-Management uninteressant.

## Forschungsansatz

Eine umfassende Funksignalanalyse ist eine große nachrichtentechnische Herausforderung und deckt hierbei ein breites Forschungsfeld von der Signaldetektion über die Peilung bis hin zur Bitstromanalyse ab. Abb. 1 zeigt den allgemeinen Aufbau eines solchen Funksignalanalysesystems. Im Systemblock der Signalklassifikation erfolgt eine umfangreiche Analyse der detektierten Funkemission. Dieser mehrstufige Analyseprozess kann von der Schätzung der Signalbandbreite bis hin zur Bitstromanalyse und Entschlüsselung der gesendeten Nachricht reichen. Für ein Spektrum-Monitoring im Rahmen des Spektrum-Management-Prozesses ist jedoch der Inhalt der übertragenden Nachricht völlig uninteressant, lediglich die Signalparameter wie z.B. Signalbandbreite oder Modulationsart sollen erfasst und mit den zugrunde liegenden Plandaten verglichen werden.

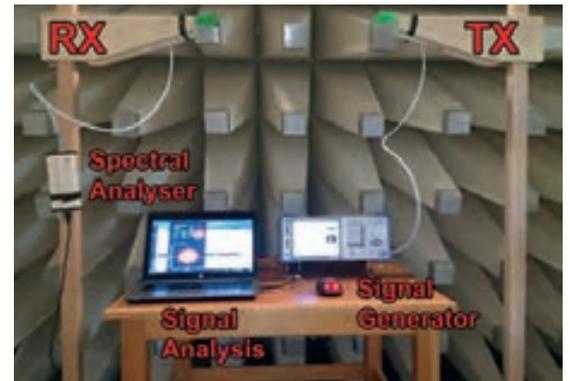


**Abb. 1:**  
Allgemeiner Aufbau  
eines Systems zur  
Funksignalanalyse [3]

Ziel des hier vorgestellten Projekts ist es, einen automatischen Abgleich von Feldmessung und Spektrum-Management-Datenbank an einer lokalen Monitoring-Station zu realisieren und somit ein umfassendes Abbild des elektromagnetischen Spektrums zu erstellen. Die resultierende Spektrum-Monitoring-Datenbank enthält somit in sehr kompakter Form die einzelnen Signalparameter der detektierten Funkemissionen und insbesondere deren Kanalbelegungsstatistik. Viele der zu gewinnenden Signalparameter wie z.B. die Signalbandbreite können aus dem Leistungsdichtespektrum geschätzt werden. Auch bestimmte Modulationsarten wie z.B. OFDM können über eine Ähnlichkeitsanalyse anhand ihrer Spektrumsmaske erkannt werden. Für die Unterscheidung von digitalen Modulationsarten wie PSK oder QAM ist eine Analyse im Zeitbereich jedoch unumgänglich, da diese keine Unterschiede im Frequenzspektrum aufweisen. Hierzu wurde in diesem Forschungsprojekt ein Verfahren entwickelt, das schon bei einem geringen Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) zuverlässig die Modulationsart der empfangenen Funkemission automatisch detektiert. Dieser Teilbereich des Forschungsprojekts wird im Folgenden in aller Kürze vorgestellt.

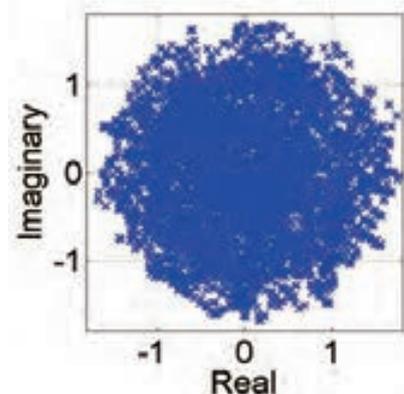
## Automatische Modulationsartenerkennung

Abb. 2 zeigt den verwendeten Versuchsaufbau bestehend aus einem Signalgenerator und einer Sendeantenne (TX), sowie einer baugleichen Empfängerantenne (RX), einem Spektralanalysator zur Aufzeichnung der Messdaten und einem Computer zur Auswertung.



**Abb. 2:**  
Testaufbau zur automatischen Modulationsartenbestimmung von Funksignalen

Der Signalgenerator sendet auf einer festgelegten Frequenz  $f_{TX}$  modulierte Symbole  $x(T) = a(T)e^{j\varphi(T)}$  mit einer bestimmten Samplerate  $R_{TX} = 1/T$  an den Empfänger. Hierbei bedient sich der Signalgenerator aus einem a priori festgelegten Pool von Modulationsarten. Dieser Modulationsartenpool wurde auf die am häufigsten verwendeten Modulationsarten begrenzt: BPSK, 4 PSK/QAM, 8 PSK, 16 QAM und 64 QAM. Der empfängerseitige Spektralanalysator zeichnet auf der Frequenz  $f_{RX} = f_{TX}$  mit einer Samplerate  $R_{RX} > R_{TX}$  das Empfangssignal  $y(t) = x(t) + w(t)$  auf, wobei  $t = 1/R_{RX}$ . Das sogenannte überabgetastete Empfangssignal  $y(t)$  ist in Abb. 3a dargestellt und besteht aus dem Sendesignal  $x(t)$  sowie zusätzlichem Rauschen  $w(t)$ .



**Abb. 3a:** Überabgetastetes Empfangssignal  $y(t)$

Bevor eine automatische Modulationsartenklassifikation im Empfänger durchgeführt werden kann, ist eine mehrstufige Vorverarbeitung des Empfangssignals  $y(t)$  notwendig. Diese besteht aus der Bestimmung des optimalen Abtastzeitpunkts (Timing-Recovery) und einer Frequenz-Offset-Schätzung. Zur Timing-Recovery wird ein Non-Data-Aided-Verfahren (NDA) nach Oerder [4] eingesetzt. Die hieraus gewonnenen und normierten Empfangssequenz  $y(T)$  ist in Abb. 3b dargestellt.

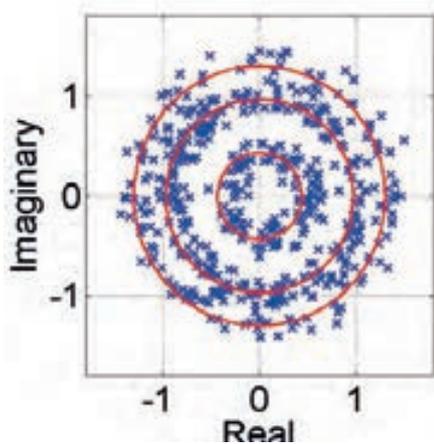


Abb. 3b: Empfangssignal  $y(T)$  nach NDA-Timing-Recovery

Zur Veranschaulichung der Darstellung ist in Rot der Betrag der gesendeten Symbole  $x(T)$  eingezeichnet. Da aufgrund von nicht baugleichen Komponenten im Sender und Empfänger die Frequenzen  $f_{TX}$  und  $f_{RX}$  nicht identisch sind, ergeben sich im Konstellationsdiagramm in Abb. 3b konzentrische Kreise. Zur Schätzung des Frequenz-Offsets  $\Delta f = f_{TX} - f_{RX}$  wurde ein NDA-Verfahren entwickelt, das anhand der Winkelhäufigkeit und der höheren Momente von  $y(T)$  automatisch den Frequenz-Offset bestimmt. Die Detektionskurven mit einer Toleranz von  $\pm 5$  Hz sind in Abb. 4 gegeben und das Empfangssignal  $y(T)$  ist in Abb. 3c nach der Vorverarbeitung dargestellt.

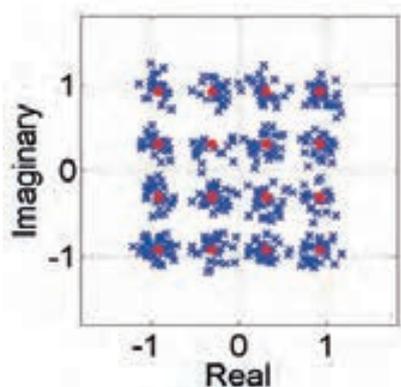


Abb. 3c: Empfangssignal nach NDA-Frequenz-Offset-Schätzung

Zur abschließenden Klassifikation des Empfangssignals  $y(T)$  zu einer der a priori festgelegten Modulationsarten wird eine Merkmalsextraktion durch Cluster-Analyse durchgeführt. Die hier gewonnenen Merkmale werden mit einer Kostenfunktion ausgewertet. Zur Bestimmung der Detektionsraten für die einzelnen Modulationsarten bei unterschiedlichem SNR wurden entsprechende Messreihen durchgeführt. Das für eine Modulationsart benötigte SNR, um eine Detektionsrate von 95 % zu erreichen, ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Liegt z.B. 16 QAM als Modulationsart vor, kann das entwickelte Verfahren bei einem SNR von 10 dB diese Modulationsart mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % bestimmen.

BPSK	4PSK/4QAM	8PSK	16QAM	64QAM
-11 dB	0 dB	8 dB	10 dB	18 dB

Tab. 1:

SNR für die Modulationsartenklassifikation mit einer Detektionsrate von 95 %

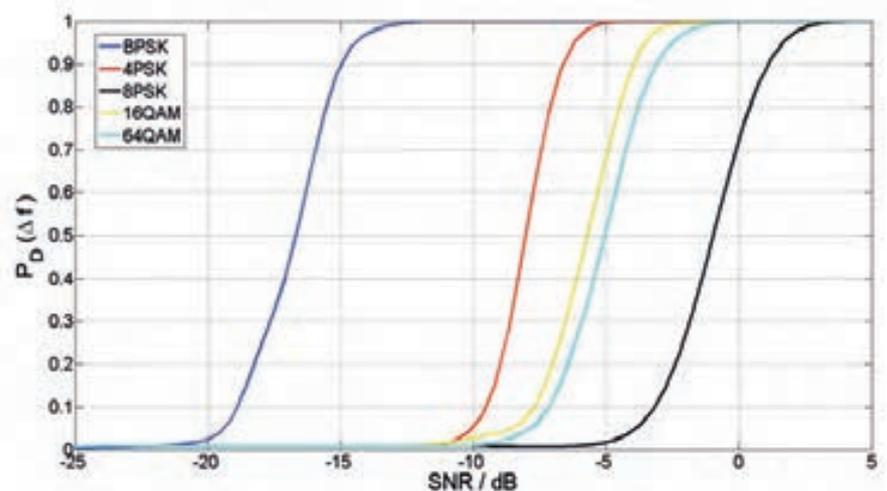


Abb. 4:

Detektionsraten für eine erfolgreiche Frequenz-Offset-Schätzung mit einer Toleranz von  $\pm 5$  Hz

## Zusammenfassung und Ausblick

Mit den im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelten und evaluierten Algorithmen von der Signaldetektion über die Kanalsegmentierung bis hin zur Modulationsartenerkennung wird eine sehr kompakte Abbildung des vorliegenden elektromagnetischen Spektrums an einer Monitoring-Station ermöglicht. Aus Sicht einer Regulierungsbehörde ermöglicht diese automatisch generierte Monitoring-Datenbank eine detaillierte Aussage über die Kanalbelegung und insbesondere über die effiziente Nutzung der Resource Frequenz an einem gewissen Standort. Der hier beschriebene Teilbereich zur Bestimmung der Modulationsart und insbesondere deren Alphabetsgröße trägt zur Beurteilung der aktuellen Spektrumsnutzung bei. Nur ein detailliertes Abbild des elektromagnetischen Spektrums ermöglicht den Regulierungsbehörden eine noch effizientere und gleichzeitig interferenzfreie Zuteilung von Frequenzen zur Funkkommunikation. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts sind deshalb noch weitere Messreihen an verschiedenen Standorten in Deutschland geplant.

## Dank

Die Autoren danken der LS telcom AG Lichtenau als Kooperationspartner für die erfolgreiche Zusammenarbeit.

### Literatur

- [1] Cave, M.; Doyle, C.; Webb, W.: „Essentials of Modern Spectrum Management,“ Cambridge Wireless Essentials Series, 2007
- [2] International Telecommunication Union, ITU-R Study Group 1: „Handbook Spectrum Monitoring,“ ITU Radiocommunication Bureau, Vol. 5, 2011
- [3] Jondral, F.: “Funksignalanalyse,“ Teubner Studienbücher Elektrotechnik, 1991
- [4] Oerder, M.; Meyr, H.: “Digital Filter and Square Timing Recovery,“ IEEE Transactions on Communications, Vol 36, No. 5, May 1988

## AUTOREN

**Christian Weber M. Eng.**  
Wissenschaftl. Mitarbeiter  
Fakultät E+I, IAF  
Forschungsgruppe  
Kommunikationstechnik  
christian.weber@  
hs-offenburg.de



**Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer**  
Prodekan, Wiss. Leiter Labor  
Telekommunikationstechnik  
Fakultät E+I, IAF  
Forschungsgruppe Kommuni-  
kationstechnik  
Lehrgebiete: Telekommuni-  
kationstechnik, Funknetze,  
Zellulare Mobilfunknetze,  
Advanced Channel Coding  
felhauer@hs-offenburg.de



**Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele**  
Leiter Labor Hochfrequenztechnik  
und EMV, GF Kuratorium der HSO,  
Fakultät E+I, IAF  
Forschungsgruppe Hochfrequenz-  
u. Mikrowellentechnik, Radar, EMV  
Lehrgebiete: Hochfrequenz-  
technik, Theoretische Elektro-  
technik, Grundlagen  
l.schuessle@hs-offenburg.de



**Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ**  
Prorektor, Wiss. Leiter Labor  
Mobile Kommunikation und  
Wellen  
Fakultät M+I, IAF  
Forschungsgruppe  
Kommunikationstechnik  
Lehrgebiete: Mikrowellen-  
technik, Mobilkommunikation  
christ@hs-offenburg.de



# Elektrische ventrikuläre Desynchronisation bei Vorhofflimmern mit und ohne kardiale Resynchronisationstherapie

*Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Dr. med. Gudrun Dannberg, Priv.-Doz. Dr. med. habil. Helmut Kühnert*

**Die elektrische ventrikuläre Desynchronisation und die Lage der linksventrikulären Elektrode sind bei Patienten mit Herzinsuffizienz und reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion von Bedeutung für die kardiale Resynchronisationstherapie. Das Ziel der Studie besteht in der Evaluierung der elektrischen interventrikulären und linksventrikulären Desynchronisation bei Vorhofflimmern mit und ohne kardiale Resynchronisationstherapie.**

Cardiac resynchronization therapy with biventricular pacing is an established therapy in heart failure patients with electrical ventricular desynchronization, optimal left ventricular electrode position and reduced left ventricular ejection fraction. The aim of this study was to evaluate electrical interventricular and left ventricular conduction delay in atrial fibrillation with and without cardiac resynchronization therapy.

## Einleitung

Bei Patienten mit permanentem symptomatischem Vorhofflimmern, medikamentös therapierefraktärer Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse III und IV, reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion kleiner gleich 35 Prozent und QRS Dauer größer gleich 120 Millisekunden handelt es sich nach den neuen europäischen Leitlinien für Herzschrittmacher- und kardiale Resynchronisationstherapie um eine IIa B Indikation zur kardialen Resynchronisationstherapie beim Erreichen von nahezu 100 Prozent biventrikulärer Stimulation. Bei incompletter biventrikulärer Stimulation kleiner gleich 95 Prozent sollte eine AV-Knoten-Ablation durchgeführt werden [1, 2]. Das Ziel unseres Projekts besteht in der Evaluierung der elektrischen ventrikulären Desynchronisation mithilfe der nichtinvasiven Bestimmung des elektrischen interventrikulären und linksventrikulären Delays mit der fokussierten transösophagealen linksventrikulären Elektrokardiographie bei Patienten mit Vorhofflimmern mit und ohne kardiale Resynchronisationstherapie.

## Methoden

### DGK 2014 und BMT 2014

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Methoden und Forschungsergebnisse zur elektrischen ventrikulären Desynchronisation bei Vorhofflimmern wurden auf der 80. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung DGK 2014 in Mannheim [3] und auf der 48. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik DGBMT BMT 2014 in Hannover [4] vorgestellt und sind Bestandteil dieses Forschungsberichts.

### Linksventrikuläre Elektrokardiographie bei Vorhofflimmern

Bei fünfzig Patienten mit Vorhofflimmern und therapierefraktärer Herzinsuffizienz erfolgte die fokussierte transösophageale linksventrikuläre Elektrokardiographie mit TO Osypka Elektroden zur Bestimmung der elektrischen interventrikulären und linksventrikulären Desynchronisation. Die ventrikuläre Desynchronisation bei Vorhofflimmern wurde als interventrikuläres Intervall zwischen dem Beginn des QRS-Komplexes im Oberflächen-EKG und Beginn des linksventrikulären Signals im

linksventrikulären EKG und als linksventrikuläres Intervall zwischen Beginn und Ende des linksventrikulären Signals im linksventrikulären EKG ermittelt. Die elektrische ventrikuläre Desynchronisation wurde als Verhältnis zwischen QRS Dauer und interventrikulärem Delay [3] und als Verhältnis zwischen interventrikulärem Delay und linksventrikulärem Delay bestimmt [4].

## Ergebnisse

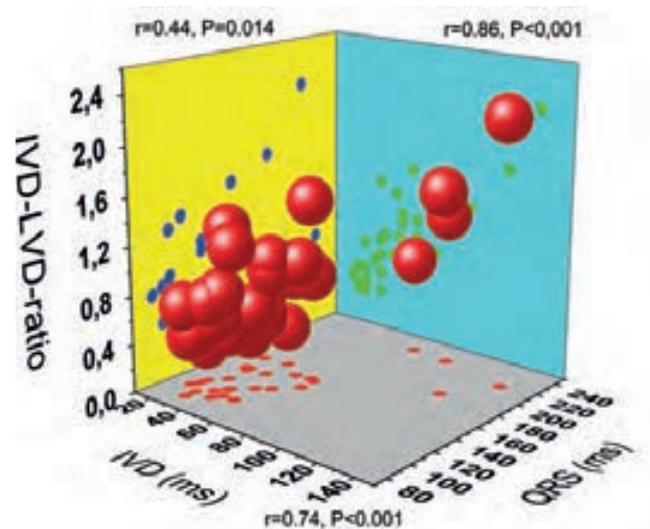
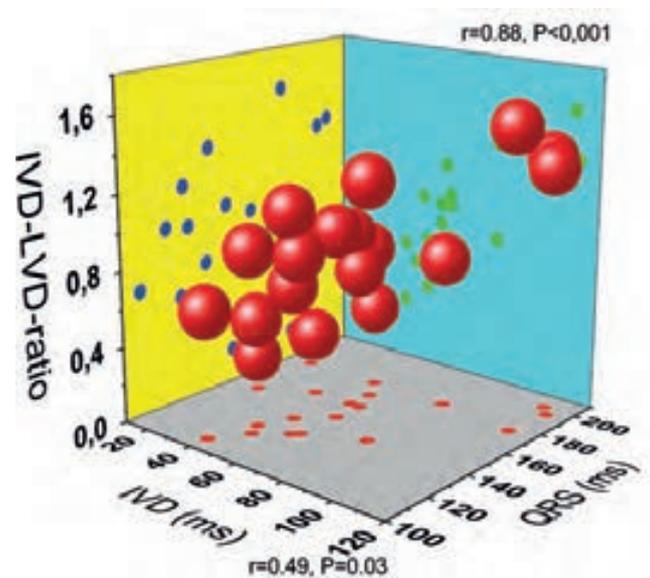
### Kardiale Resynchronisationstherapie bei Vorhofflimmern

Bei der in Mannheim vorgestellten Studie [3] erhielten 18 von 49 Patienten mit Vorhofflimmern, Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse 2,9 ± 0,4, 26,03 ± 7,99 % linksventrikuläre Ejektionsfraktion und 143,69 ± 35,62 ms QRS Dauer eine kardiale Resynchronisationstherapie. Dreizehn kardiale Resynchronisationstherapie-Responder verbesserten sich in der NYHA-Klasse von 3 ± 0,2 auf 2,2 ± 0,3 (P<0,001) während 15,3 ± 13,1 Monaten biventrikulärer Stimulation. Fünf kardiale Resynchronisationstherapie-Non-Responder verbesserten sich nicht in der NYHA-Klasse von 3 auf 3,3 ± 0,97 (P=0,529) während 18,8 ± 20,7 Monaten biventrikulärer Stimulation. Bei der in Hannover vorgestellten Studie [4] wurden bei 19 Patienten mit Vorhofflimmern kardiale Resynchronisationstherapie-Systeme implantiert.

### Elektrische ventrikuläre Desynchronisation bei Vorhofflimmern

Die elektrische ventrikuläre Desynchronisation bei Vorhofflimmern und Herzinsuffizienz ohne kardiale Resynchronisationstherapie zeigte Korrelationen zwischen 49,55 ± 26,38 ms interventrikulärem Delay, 135,48 ± 38,78 ms QRS-Dauer (r=0,75, P<0,001) und 3,12 ± 1,11 QRS-Dauer – interventrikulärem Delay – Verhältnis (r=-0,67, P<0,001) [3]. Das interventrikuläre Delay – linksventrikuläre Delay – Verhältnis korrelierte mit der QRS-Dauer, dem interventrikulären Delay und dem linksventrikulären Delay [4] (Fig. 1).

Die elektrische ventrikuläre Desynchronisation bei Vorhofflimmern und Herzinsuffizienz mit kardialer Resynchronisationstherapie ergab 60,79 ± 26,61 ms interventrikuläres Delay, 155,21 ± 26,31 ms QRS Dauer (r=0,75, P<0,001), 3,10 ± 1,84 QRS-Dauer – interventrikuläres Delay – Verhältnis und 0,84 ± 0,40 interventrikuläres Delay – linksventrikuläres Delay-Verhältnis [4] (Fig. 2).



## Schlussfolgerungen

Die fokussierte transösophageale linksventrikuläre Elektrokardiographie ermöglicht bei Patienten mit Herzinsuffizienz und Vorhofflimmern die Evaluierung der elektrischen ventrikulären Desynchronisation. Die Desynchronisationsparameter interventrikuläres Delay, linksventrikuläres Delay, Verhältnis der QRS-Dauer zum interventrikulären Delay und Verhältnis interventrikuläres Delay zum linksventrikulären Delay ermöglichen eine Lokalisation der elektrischen ventrikulären Desynchronisation vor kardialer Resynchronisationstherapie.

## Literatur

- [1] Kuck KH, Tönnis T: Neue europäische Leitlinien für die Herzschrittmacher- und die kardiale Resynchronisationstherapie, Was hat sich geändert? Herz 39, 2014: 941–951, DOI 10.1007/s00059-014-4179-x
- [2] The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA): 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy European Heart Journal (2013), 1–49, doi:10.1093/eurheartj/eh150
- [3] Heinke M, Dannberg G, Kühnert H: Nicht-invasive Evaluierung des elektrischen interventrikulären Delays bei Vorhofflimmern mit und ohne kardiale Resynchronisationstherapie. Clin Res Cardiol 103, Suppl 1, April 2014, V165, DOI 10.1007/s00392-014-1100-9
- [4] Heinke M, Dannberg G, Heinke T, Kühnert H: Ventricular desynchronization with electrical interventricular delay to left ventricular delay ratio in atrial fibrillation heart failure patients. Biomed. Tech 59, (Suppl. 1) 2014, 410, S227-S229, DOI 10.1515/bmt-2014-410

## AUTOREN

### **Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke**

Fachingenieur der Medizin, Praktikantenamtsleiter Medizintechnik, Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik, (CardioLabor), Lehrgebiete: Biosignal Processing, kardiale Elektrophysiologie, Device-Therapie bei Herzinsuffizienz und Herzrhythmusstörungen, Häodynamik, Telemedizin, Medizinische Statistik, Qualitätssicherung  
matthias.heinke@hs-offenburg.de



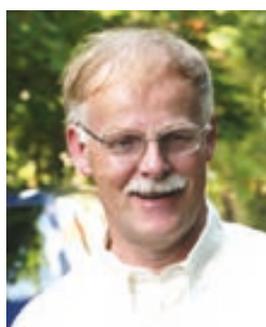
### **Dr. med. Gudrun Dannberg**

Oberärztin Kardiologie, Klinik für Innere Medizin I, Universitätsklinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena,  
gudrun.dannberg@med.uni-jena.de



### **Dr. med. habil. Helmut Kühnert**

Privatdozent, Lehrgebiete: Kardiologie, Elektrophysiologie, Innere Medizin, Universitätsklinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena  
helmkue@gmail.com



# Elektro- und Impedanzkardiographie in der hämodynamisch optimierten kardialen Resynchronisationstherapie und Kontraktilitätsmodulation

*Jonas Tumampos B. Sc., Cyrus Haschemi B. Sc., Dipl.-Ing. Norbert Wulf, Dr.-Ing. Olaf Solbrig, Dipl.-Ing. Jürgen Quereggässer, Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke*

Die kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) gilt als etablierte Methode bei Patienten mit symptomatischer Herzinsuffizienz, verlängertem QRS-Intervall, Sinusrhythmus, Linksschenkelblock und reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion. Die kardiale Kontraktilitätsmodulation (CCM) ist eine neue Therapie bei Patienten mit Herzinsuffizienz bei nicht verlängertem QRS-Intervall und reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion. Das Ziel der Studie besteht in der Optimierung des atrioventrikulären und interventrikulären Delays bei CRT und CCM mit Elektro- und Impedanzkardiographie.

Cardiac resynchronization therapy (CRT) is an established therapy in symptomatic heart failure patients with prolonged QRS interval, left bundle branch block and reduced left ventricular ejection fraction. Cardiac contractility modulation (CCM) is a new therapy in symptomatic heart failure patients without prolonged QRS interval and reduced left ventricular ejection fraction. The aim of this study was to evaluate optimal atrioventricular and interventricular delay in CRT and CCM with electro and impedance cardiography.

## Einleitung

Bei Patienten mit breitem QRS-Komplex und Sinusrhythmus, medikamentös therapierefraktärer Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse III, IV, reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion und Linksschenkelblock kann die kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) mit atrioventrikulärer und interventrikulärer Delay optimierter-biventrikulärer Stimulation eine Verbesserung der Herzinsuffizienz bewirken [1, 2]. Bei Patienten mit schmalen QRS-Komplex und Sinusrhythmus, medikamentös therapierefraktärer Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse III und IV und reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion kann die kardiale Kontraktilitätsmodulation (CCM) mit nicht-exzitatorischer rechtsventrikulärer Stimulation eine Verbesserung der Herzinsuffizienz bewirken

und mit implantierbaren Defibrillatoren und CRT-Systemen kombiniert werden. Die individuelle hämodynamische Optimierung des atrioventrikulären und interventrikulären Delays kann mit der Elektro- und Impedanzkardiographie erfolgen.

## Methoden

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Methoden und Forschungsergebnisse zur Elektro- und Impedanzkardiographie in der hämodynamisch optimierten kardialen Kontraktilitätsmodulation und Resynchronisationstherapie wurden auf der 48. DGBMT-Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik BMT 2014 in Hannover [3] und in Bachelor-Arbeiten der Hochschule Offenburg 2014 [4, 5] vorgestellt und sind Bestandteil dieses Forschungsberichts.

## Kardiale Resynchronisationstherapie

Bei der in Hannover vorgestellten Studie [3] erhielten fünfzehn Patienten mit Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse 3,1  $\pm$  0,4, 21,3  $\pm$  7,8 % linksventrikuläre Ejektionsfraktion und 176,1  $\pm$  31,7 ms QRS-Dauer ein kardiales Resynchronisationstherapie-System mit hämodynamischer Optimierung des atrioventrikulären und interventrikulären Delays mit transthorakaler Impedanzkardiographie mit Medis Cardio Vascular Lab®. Das atrioventrikuläre Delay nach atrialem Sensing wurde bei zehn Patienten mit lateraler, drei Patienten mit posterolateraler, einem Patient mit anterolateraler linksventrikulärer Elektrode und das atrioventrikuläre Delay nach atrialem Pacing bei je einem Patienten mit lateraler und posterolateraler linksventrikulärer Elektrode hämodynamisch optimiert. Das optimale interventrikuläre Pacing Delay wurde in drei Stimulationsimpuls-Konfigurationen evaluiert: 1. simultane biventrikuläre Stimulationsimpulse, 2. linksventrikuläre vor rechtsventrikuläre Stimulationsimpulse und 3. rechtsventrikuläre vor linksventrikuläre Stimulationsimpulse.

## Kardiale Kontraktilitätsmodulation

Die kardiale Kontraktilitätsmodulation ist ein Therapieverfahren gegen chronische Herzinsuffizienz. Im Gegensatz zur kardialen Resynchronisationstherapie (CRT) werden nicht Patienten mit einer Desynchronisation der Ventrikel behandelt, sondern Patienten mit schmalen QRS-Komplex. Die CCM-Therapie ermöglicht durch Impulsabgaben in der Refraktärphase eine Erhöhung der intrazellulären Kalziumkonzentration aufgrund von Potenzialänderungen der Zellmembran. Es kommt zu keinem Aktionspotenzial und zu keiner Veränderung des Herzrhythmus wie bei der Schrittmachtherapie. Die Veränderung der Kalziumkonzentration führt zu einer stärkeren Kontraktionskraft und einer erhöhten Ejektionsfraktion im linken Ventrikel. Daraus folgt eine bessere Sauerstoffsättigung und Blutversorgung des Körpers.

## Intrakardiale Elektrokardiographie

Die implantat-basierte Elektrokardiographie ermöglicht die Analyse intrakardialer und transthorakaler Elektrokardiogramme von Boston Scientific Herzschrittmachern, Defibrillatoren und kardialen Resynchronisationstherapie-Systemen im Zeit- und Frequenzbereich. Nach

Ableitung der intrakardialen Elektrokardiogramme über rechtsatriale und rechtsventrikuläre Schrittmacherelektroden erfolgt eine Stör-signalverbesserung durch Signal-Averaging Technik zur Erfassung von Fernpotenzialen des linken Herzens und fraktionierter atrialer und ventrikulärer Potenziale. Die hoch aufgelöste implantat-basierte Elektrokardiographie bietet neue Möglichkeiten zur Messung der elektrischen ventrikulären Desynchronisation über Herzschrittmacherelektroden vor kardialer Resynchronisationstherapie.

## Ergebnisse

### Atrioventrikuläres und interventrikuläres Delay bei CRT

In der in Hannover vorgestellten Studie wiesen vierzehn Patienten normofrequenten Sinusrhythmus mit vorhofgetriggelter biventrikulärer Stimulation mit atrioventrikulärem Sensing Delay von 108  $\pm$  20,3 ms auf. Bei zwei Patienten mit bradykardem Sinusrhythmus und vorhofstimulierter biventrikulärer Stimulation betrug das atrioventrikuläre Pacing Delay 190  $\pm$  14,1 ms. Bei fünfzehn kardialen Resynchronisationstherapie-Patienten korrelierte die QRS-Dauer mit dem transösophagealen interventrikulären Delay ( $r=0,7297$ ,  $P=0,002$ ) und mit der linksventrikulären Ejektionsfraktion ( $r=0,666$ ,  $P=0,00673$ ). Das transösophageale interventrikuläre Delay korrelierte mit der linksventrikulären Ejektionsfraktion ( $r=0,518$ ,  $P=0,0479$ ) (Abb. 1). Das hämodynamisch optimale interventrikuläre Pacing Delay betrug  $-12,3 \pm 25,9$  ms linksventrikuläre Stimulation vor rechtsventrikulärer Stimulation. Der Cardiac-Index verbesserte sich unter biventrikulärer Stimulation gegenüber rechtsventrikulärer Stimulation von  $1,8 \pm 0,64$  l/min/m<sup>2</sup> auf  $2,4 \pm 0,78$  l/min/m<sup>2</sup> ( $p<0,001$ ). Während  $34 \pm 26$  Monaten biventrikulärer Stimulation verbesserte sich die NYHA Klasse von  $3,1 \pm 0,4$  auf  $2,1 \pm 0,4$  ( $p<0,001$ ).

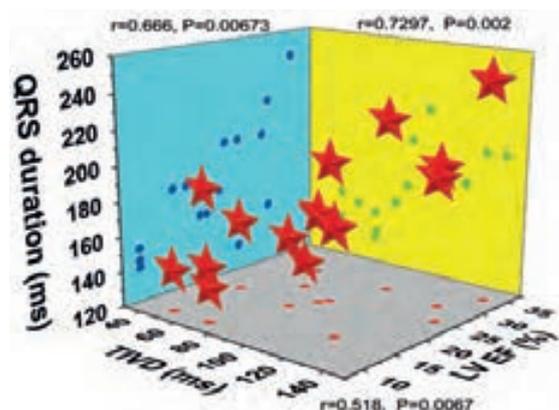


Abb. 1:

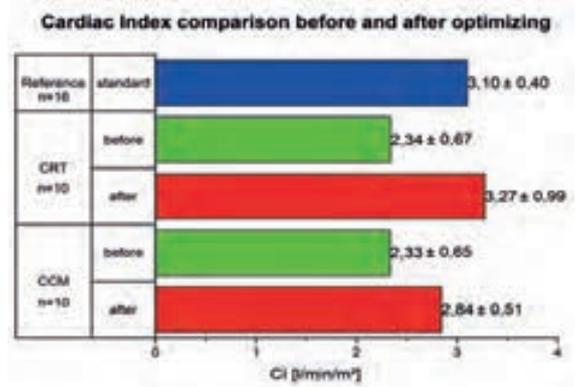
Kardiale Resynchronisationstherapie Herzinsuffizienz-Patienten mit Korrelation zwischen QRS-Dauer und transösophagealem interventrikulärem Delay und linksventrikulärer Ejektionsfraktion. TIVD – transösophageales interventrikuläres Delay, LV EF – linksventrikuläre Ejektionsfraktion, r, P – Pearson Korrelationskoeffizient

## Impedanzkardiographie bei CCM

Eine Auswertung bestehender und gemessener Daten wurde mit der Software „Cardiovascularlab“ der Firma „medis. Medizinische Messtechnik GmbH“ realisiert. Mit der Impedanzkardiographie wurden bestimmte Parameter wie der Cardiac-Index berechnet und Aussagen über die automatische Erkennung der Biosignale getroffen (Abb.2). Nach Betrachtung einzelner Herzaktionen ließen sich Verbesserungen der Hämodynamik nach Optimierung der Implantate feststellen (Abb.3). CRT-Patienten wiesen eine Verbesserung von  $0,93 \pm 0,73$  l/min/m<sup>2</sup> und CCM-Patienten eine Verbesserung von  $0,51 \pm 0,29$  l/min/m<sup>2</sup> auf. Während der Messung der CCM-Patienten waren die CCM-Implantate ausgeschaltet. Sie verfügen jedoch über zusätzliche Implantate wie CRT und ICD, die optimiert wurden.

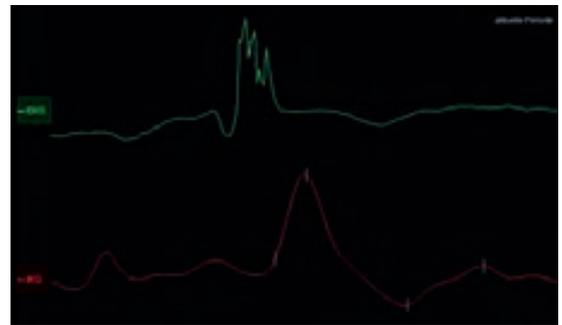
## Herzrhythmusanalyse mit LabVIEW

Die Herzrhythmusanalyse mit LabVIEW im Zeitbereich ermöglicht die telemetrische Vermessung der elektrischen Herzaktivität über Schrittmacherelektroden. Dabei können elektrische rechtsatriale, interatriale, rechtsventrikuläre, interventrikuläre und atrioventrikuläre Leitungszeiten bei Sinusrhythmus, Vorhofflattern, AV-Blockierungen und anderen Herzrhythmusstörungen vermessen werden (Abb. 4). Die Herzrhythmusanalyse im Spektralbereich stellt die elektrischen Herzsignale als 3D-Abhängigkeit von Zeit, Frequenz und Amplitude durch Spekro-Temporale-Mapping und Fast Fourier Transformation dar und ermöglicht die Evaluation atrialer und ventrikulärer fraktionierter Potenziale und anderer kardialer Mikro-potenziale (Abb. 5).



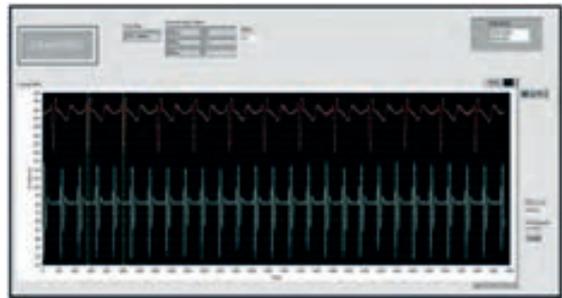
**Abb. 2:**

Vergleich des Cardiac-Index zwischen CRT-, CCM- und Referenzpatienten vor und nach Optimierung der Implantate



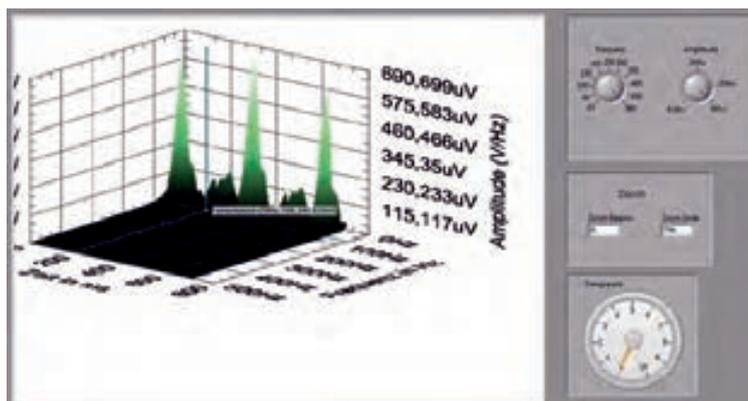
**Abb. 3:**

Elektro- und Impedanzkardiographie eines CCM-Patienten mit eingeschaltetem Implantat - automatische Triggerpunkte gut erkennbar



**Abb. 4:**

Herzrhythmusanalyse im Zeitbereich mit atrialem Elektrokardiogramm (Signal unten) und ventrikulärem Elektrokardiogramm (Signal oben) bei Vorhofflattern mit einer 2 zu 1 atrioventkulären Überleitung und einer ventrikulären Periodendauer von 444 ms



**Abb. 5:**

Analyse fraktionierter kardialer Potenziale im Spektralbereich mit Spekro-Temporalem-Mapping bei Vorhofflattern

## Schlussfolgerung

Die transthorakale Elektro- und Impedanzkardiographie ermöglichen bei Patienten mit Herzinsuffizienz die hämodynamische Optimierung des atrioventrikulären und interventrikulären Delays bei kardialer Resynchronisationstherapie und Kontraktilitätsmodulation. Die implantat-basierte digitale Elektrokardiographie mit LabVIEW ermöglicht die Rhythmusanalyse intrakardialer Elektrokardiogramme im Zeit- und Spektralbereich bei CRT und CCM.

## Literatur

- [1] Gold M. R., Birgersdotter-Green U., Sing J. P., Ellenbogen K.A., Yu Y., Meyer T.E., Seth M., Tchou P. J.: The relationship between ventricular electrical delay and left ventricular remodeling with cardiac resynchronization therapy. *European Heart Journal* 32 (2011), 2516-2524
- [2] Heinke M., Ismer B., Kühnert H., Dannberg G., Figulla H.R.: Prä- und postoperative Bestimmung des elektrischen linksventrikulären Delays bei kardialen Resynchronisationstherapie Respondern und Nonrespondern. *Clin Res Cardiol* 102, Suppl. 1 (2013), April 2013, P1635
- [3] Heinke M, Dannberg G, Solbrig O, Querengässer J, Kühnert H: Optimization of atrioventricular and interventricular pacing delay in biventricular pacing with different left ventricular electrode position. *Biomed Tech* 59, (Suppl. 1) 2014, 4109, DOI 10.1515/bmt-2014-4109
- [4] Tumampos J: Transthorakale Impedanz und Elektrokardiographie bei Kardialer Kontraktilitätsmodulation (CCM), Hochschule Offenburg, 2014
- [5] Haschemi C: Implantat-basierte Elektrokardiographie mit Boston Scientific Herzschrittmacher und Defibrillatoren, Hochschule Offenburg, 2014

## AUTOREN

### Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke

Fachingenieur der Medizin, Praktikantenamtsleiter Medizintechnik, Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik, (CardioLabor), Lehrgebiete: Biosignal Processing, kardiale Elektrophysiologie, Device-Therapie bei Herzinsuffizienz u. Herzrhythmusstörungen, Hämodynamik, Telemedizin, Medizinische Statistik, Qualitätssicherung  
matthias.heinke@hs-offenburg.de



### Jonas Tumampos B. Sc.

Akademischer Mitarbeiter  
Labor Kardiovaskuläre  
Gerätetechnik  
jonas.tumampos@hs-offenburg.de



### Cyrus Haschemi B. Sc.

Master-Student  
Medizintechnik  
chaschemi@stud.hs-offenburg.de



### Dipl.-Ing. Norbert Wulf

Produkt und Therapie  
Entwicklungsmanager,  
Impulse Dynamics  
Germany GmbH Stuttgart  
n.wulf@impulse-dynamics.com



# Geo-Replikation in Verkehrskontrollinfrastrukturen

Prof. Dr. Erwin Mayer, Viktor Mayer M. Sc.

**Moderne Verkehrskontrollsysteme verwalten Daten autonomer mobiler Akteure (Vehikel) mithilfe einer räumlich verteilten Infrastruktur und kooperierender Kontrollzentren. Aus Sicherheits-, Effizienz- und rechtlichen Gründen werden die Stamm- und Bewegungsdaten der überwachten Vehikel redundant gespeichert. In einem Projekt an der Hochschule Offenburg wird ein spezielles Geo-Replikationsverfahren zur redundanten Datenhaltung für den Bereich Air Traffic Control realisiert.**

Modern Traffic Control manages the states of autonomous vehicles like aircraft, ships, trains or cars by means of a geographically distributed infrastructure and cooperating control centers. Due to efficiency, reliability and legal reasons, the static and dynamic data of the supervised vehicles need to be stored redundantly. In a project at the HSO a geo replication scheme for air traffic control scenarios is being implemented, taking into account the geographical arrangement of control centers and the changing geo-positions of vehicles.

## Einführung

Der europäische Luftraum ist vertikal und horizontal fragmentiert in Verantwortungsbe- reiche, die i.d.R. an nationale Flugsicherungs- behörden delegiert sind. En-Route-Center (für den oberen Luftraum), Approach- Control (für den Luftraum um Großflughäfen) und Tower-Instanzen begleiten einen Flug von Geo-Lokation A über mehrere aneinander grenzende Lufträu- me zu Geo-Lokation B [1].

Aus IT-Sicht sollte jeder Flug idealerweise über einen einzigen gemeinsamen Datensatz verwaltet werden (Flight Object; FO) [2], der zentral gespeichert ist. Auf physikalischer Ebene ist es jedoch zwingend, die Vehikeldaten nicht zentral, sondern redundant an mehreren der beteiligten Kontrollzentren abzulegen [3]. Gründe hierfür sind Fehlertoleranz, (Lese-) Effizienz und operative Verfügbarkeit (das jeweils verantwortliche Kontrollzentrum benötigt aus rechtlichen Gründen eine Kopie mit uneinge- schränktem Zugriff). Dieses für die Flugsicher- ung typische Anforderungsprofil lässt sich problemlos auch auf andere Bereiche der Ver- kehrskontrolle, z.B. im Bereich Schifffahrt, Zug- oder Straßenverkehr, übertragen.

In einem an der HSO zusammen mit dem Industriepartner COMSOFT durchgeführten Forschungsprojekt unter Förderung des BMWi wird ein Replikationskontrollverfahren reali- siert, das eine spezielle, geografieabhängige Form der redundanten Datenhaltung realisiert.

Das Verfahren adaptiert bereits existierende Geo-Replikationsansätze, die zum größten Teil aus den Bereichen Content Distribution und Cloud Storage Anwendungen [4][5] stammen. Der Schwerpunkt ist dort häufig in der client- nahen redundanten Platzierung von Server- inhalten angesiedelt, um die Leseeffizienz, z.B. für Kunden auf unterschiedlichen Kontinenten, zu erhöhen. Das Anforderungsprofil unter- scheidet sich vom Verkehrskontrollbereich im Niveau der geforderten Sicherheit und Feh- lertoleranz sowie insbesondere in der unter- liegenden Dynamik des Datenzugriffs.

Im Folgenden wird ein allgemeines Geo-Replikationmodell eingeführt, Platz- ierungsanforderungen für Replikate abgeleitet und auf Probleme der Replikatsynchro- nisation eingegangen.

## Geo-Replikationsmodell

Abbildung 1 beschreibt das allgemeine semantische Modell der Georeplikation für Verkehrskontrollinfrastrukturen, das im Pro- jekt verwendet wird. Trajektorien (zeitliche Ab- folgen von 3D-Geopositionen) durchqueren Geo-Subräume (Kontrollbereiche). Die Vehikel- Stati werden in DataStores (Kontrollzentren) abgespeichert, deren physikalische Platzierung (Geo-Placement) unter anderem durch die jeweilige Trajektorie und Geoposition eines Flugs bestimmt werden kann.

Weiterhin umschließt das Modell ein Primärkopieverfahren [9] mit angepassten dynamischen Elementen. Ein Nutzer der Daten (Actor) schreibt immer auf einer Primärkopie, die die Updates an eine Menge von Sekundärkopien weiterleitet. Die Leseoperationen können sowohl auf der Primär- als auch auf Sekundärkopie stattfinden, wobei die Unterscheidung in Primär- oder Sekundärkopie dynamisch ist und ebenfalls einem anwendungsabhängigen Geo-Placement unterliegt.

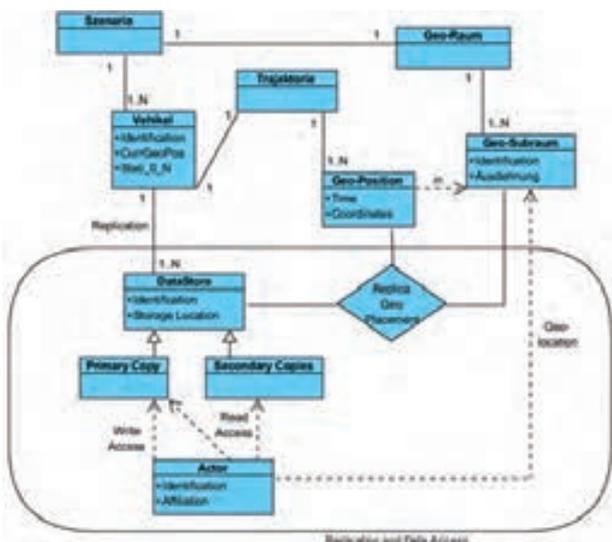


Abb. 1: Geo-Replikationsmodell

## Geo-Placement

Im Projekt DDS-ATC (Data Distribution System for Air Traffic Control) wird das oben beschriebene Modell auf ein Flugsicherungs-szenario angewandt. Wesentliche Entwurfsentscheidungen basieren hierbei auf den im europäischen und internationalen Kontext ablaufenden Standardisierungsanstrengungen [6][7][8]. Akteure sind Fluglotsen und (halb-) automatisierte Flight Data Processing Systems (FDPS), die, räumlich verteilt, während der Dauer eines Flugs Lese- und Schreiboperationen auf einem Flight Object durchführen. Das Geo-Placement der Abbildung 1 wird dabei in folgender Weise konkretisiert:

1. Zum Zeitpunkt der Flugplanbereitstellung werden Replikate proaktiv in allen Geo-Subräumen platziert, die die jeweilige Trajektorie eines Flugs tangieren.
2. Optional können (on request) weitere Replikate in angrenzenden Geo-Subräumen platziert werden.

3. Findet während des Flugs ein Routenwechsel statt, so werden die Replikatplatzierungen entsprechend der neuen Route angepasst.
4. Die Primärkopie-Rolle folgt dynamisch der Geo-Position des Flugs, d.h., der DataStore im aktuellen Geo-Subraum beherbergt jeweils die Primärkopie und gibt diese Rolle weiter, sobald der Flug die Sektorgrenze zum nächsten Geo-Subraum überschreitet.
5. Nach der Landung werden Replikate für einen Flug an allen Standorten gelöscht.

Insbesondere stellen die Anforderungen „3.“ und „4.“ eine erhebliche Herausforderung an den Replikationskontroll-Mechanismus dar, da in jedem Fall sichergestellt werden muss, dass die Kopienkonsistenz gewährleistet ist.

## Replikatkonsistenz

Eine Hauptquelle für Dateninkonsistenz bei Replikation in einem verteilten System sind nebenläufig ausgeführte Schreiboperationen. Werden zwei zeitgleich initiierte Operationen A und B über Layer-7-Multicasts (1:N-Nachrichten) an die Replikate verschickt, erreichen diese aufgrund unterschiedlicher Nachrichtenlaufzeiten die Replikate ggf. in unterschiedlicher Reihenfolge. Die Operationsausführung (A-B, B-A) führt dann i.d.R. zu unterschiedlichen Resultaten, d.h. inkonsistenten Replikatzuständen.

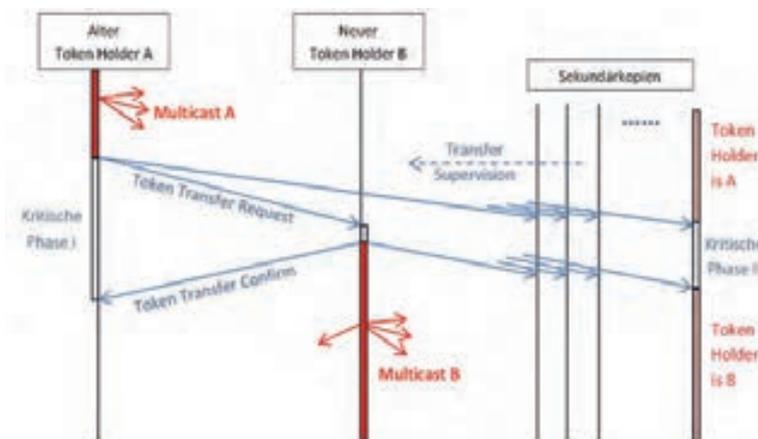
Solange die Operationen von der gleichen Instanz ausgehen, ist Replikationskonsistenz relativ einfach zu erreichen: Multicast-Nachrichten werden vom Sender mit jeweils inkrementierten Sequenznummern versehen, und auf der Empfangsseite werden Operationen nur in der Reihenfolge dieser Sequenznummern durchgeführt. Trifft ein Multicast mit einer höheren als der als nächstes erwarteten Nummer ein, so wird dieses zunächst verzögert, bis die Nachricht mit der vorigen passenden Sequenznummer eingetroffen ist.

Das Primärkopieverfahren [9] macht sich diese Eigenschaft zunutze: Alle Updates werden zunächst an eine Primärkopie gelenkt, die als einzige Instanz Multicasts an die Replikate verschicken darf. Sie sequenzialisiert die Nachrichten und ermöglicht eine einheitliche Ordnung der Operationsausführung bei den Empfängern.

## Dynamisches Primärkopieverfahren

Leider erfüllt ein Standard-Primärkopieverfahren mit fester Primärkopie nicht die Anforderungen der Geo-Replikation, wie sie für die Verkehrskontrolle benötigt werden: insbesondere die weiter oben postulierte Anforderung „4“ zwingt zu einem dynamischen Wechsel der Primärkopierolle. Hierzu wird ein Token-Konzept verwendet.

Als Teil eines anwendungsabhängigen Protokolls wird, wie Abbildung 2 beschreibt, in dem Augenblick, in dem ein Flugzeug den Geo-Subraum wechselt, d.h. seine operative Verantwortung an ein neues Flugkontrollzentrum übergeht, mit einer Token-Transfer-Request (TTR-)Nachricht ein Wechsel der Primärkopierolle angestoßen. Die TTR-Nachricht beinhaltet die Identität des neuen Token-Holders und wird als Multicast versandt, so dass sowohl der neue Rolleninhaber als auch alle Knoten mit Sekundärkopien über den bevorstehenden Wechsel informiert werden. Über eine ebenfalls als Multicast versandte Token-Transfer-Confirm (TTC-)Nachricht, schließt der neue Token-Holder den Vorgang ab.



**Abb. 2:** Die Token-Übergabe ist eine für die Konsistenz der Daten kritische Phase:  
Wechsel der Primärkopier-Rolle

1. Wie verhält sich der alte Token-Holder während der kritischen Phase I bezüglich noch an ihn gerichteter eintreffender Update Requests? Werden diese zugelassen (d.h. mit Multicasts verteilt), gepuffert, verworfen (Fehlermeldung an Initiator) oder an den neuen Token-Holder weitergeleitet (Forwarding)?

2. Wie verhält sich ein Nutzer, der bei einer Sekundärkopie angesiedelt ist, in der kritischen Phase II: Schickt er seine Requests an den alten Token-Holder (da der Token-Übergang noch nicht vollzogen ist) oder bereits an den neuen (der von seiner neuen Rolle aufgrund von Nachrichtenlaufzeiten möglicherweise selbst noch nichts weiß)?
3. Wie wird sichergestellt, dass die beiden Multicast-Operationen bei allen Replikaten in der gleichen Reihenfolge realisiert werden, obwohl sie von unterschiedlichen Sendern stammen?

Als Teil des DDS-ATC-Projekts wurden, basierend auf den Standardvorschlägen und Randbedingungen in [6][7][8], unterschiedliche Varianten der Token-Übergabe evaluiert und teilweise prototypisch realisiert.

## Ergebnisse

Zunächst wurde untersucht, inwieweit Eigenschaften des im Projekt eingesetzten DDS (Data Distribution Service) [10] Transportdienstes nutzbar sind, um Multicast-Ordnungseigenschaften zu realisieren. DDS hat ein „Destination Order“ – QoS – Attribut, das hierfür infrage kommt. Mit Unterstützung einer Simulations- und Monitoringumgebung und weiterführender Analyse wurde das Ordnungsverhalten von DDS am Beispiel von OpenSplice [11] eruiert und als nicht ausreichend befunden. Die Realisierung des QoS-Parameters ist ausschließlich zeitstempelbasiert und deswegen abhängig von einer genauen Uhrensynchronisation und einer hinreichend feinen Granularität der Time-Ticks auf der jeweiligen Plattform. Darüber hinaus ist die Ordnungssemantik an sich nicht hinreichend. DDS puffert keine Nachrichten zwischen, um eine bestimmte Ordnung zu erzwingen, sondern löscht Nachrichten mit alten Sequenznummern bzw. Zeitstempeln. Ein solches Verhalten ist angemessen, z.B. für Sensoranwendungen, in denen neuere Sensorwerte die alten Werte substituieren, jedoch nicht für den hier gebrauchten Anwendungstyp, mit einer zuverlässigen Ordnungssemantik.

Für die Tokenübergabe (Punkt „3“ des vorigen Kapitels) wurde eine erweiterte sequenznummernbasierte Lösung realisiert. Die Token-Übergabe selbst enthält als Nutzdaten die

Sequenznummer des alten Token-Holders. Der neue Token-Holder übernimmt diese als seine eigene Startnummer und stempelt alle nachfolgenden Nachrichten entsprechend. Durch diese Protokollerweiterung sind gemeinsame Empfänger weiterhin in der Lage, die gleiche Ordnung auf Operationen sicherzustellen.

Für die kritische Phasen I und II der Token-Übergabe (Abbildung 2) wurden mehrere Varianten analysiert. Prototypisch wurde ein Token-Transfer realisiert, der in der Phase I eintreffende Update-Requests an den neuen Token-Holder weiterleitet und diese jedoch gleichzeitig zwischenspeichert, falls der neue Token-Holder ausfallen sollte. In der kritischen Phase II werden zunächst alle Updates an den alten Token-Holder weitergeleitet bis der neue Token-Holder die Übernahme bestätigt.

Zusätzlich überwachen sowohl der alte Token-Holder als auch die Sekundärkopie-Instanzen den Token-Transfer und übernehmen, priorisiert nach ihrer Geo-Lokation entlang der jeweiligen Flugtrajektorie und einer angepassten Anwendungslogik folgend die Kontrolle für den Fall, dass Instanzen ausfallen.

## Fazit

Als Teil eines Forschungsprojekts an der HSO wird aktuell ein Geo-Replikationssystem für die Flugkontrolle implementiert. Es greift europäische Standards aus diesem Bereich auf und verallgemeinert diese zu einem konzeptionellen Modell für Verkehrskontroll-

infrastrukturen. Ein angepasstes, dynamisches Geo-Placement von Replikaten sorgt dafür, dass die operative Kontrolle der Trajektorie eines Vehikels folgen kann, ohne Effizienz oder Zuverlässigkeit einzubüßen. Insbesondere wird sichergestellt, dass auch bei nebenläufigen Schreiboperationen in kritischen Phasen der Kontrollweitergabe die Konsistenz der Replikate gewährleistet wird.

## Referenzen

- [1] Mesen: Moderne Flugsicherung, Springer Verlag, ISBN 3-540-20581-0, 2004
- [2] Mayer, E., Fröhlich, J.: A DDS-Based Middleware for Cooperation of Air Traffic Service Units, Proceedings Nets4Cars/Nets4Trains/Nets4Aircraft Springer Lecture Notes on Computer Science, 2014
- [3] Mayer, E., Fröhlich, J., Shakeri, M.: Realtime Traffic Control using Publish/Subscribe Distribution Technology, Forschung im Fokus, Hochschule Offenburg, 2014
- [4] SPANStore: Cost-Efficient Geo-Replicated Storage Spanning Multiple Cloud Services: Wu et al., SOSP 13, 2013
- [5] Mesa: Geo-Replicated, Near Real-Time, Scalable Data Warehousing, Gupta et al, VLDB, 2014
- [6] Sesar (Single European Sky ATM Research) Programme: Joint Undertaking Site, <http://www.sesarju.eu> 2013
- [7] EUROCAE: Flight Object Interoperability Specification, ED-133, 2009
- [8] Eurocontrol: On-Line Data Interchange (OLDI), DPS-ET1.ST06-STD-01-01, Ed. 2.3, 2001
- [9] Tanenbaum, A. Van Steen, M: Distributed Systems, Principles and Paradigms, Prentice Hall International, pp. 273-320, 2007.
- [10] OMG: Data Distribution Service for Real-time Systems, Standards Document V 1.2, 2007
- [11] PrismTech: OpenSplice, <http://www.prismttech.com/dds-community>

## AUTOREN

### Prof. Dr. Erwin Mayer

Fakultät E+I  
Lehrgebiete: Computernetze,  
Verteilte Systeme,  
Systemprogrammierung,  
[erwin.mayer@hs-offenburg.de](mailto:erwin.mayer@hs-offenburg.de)



### Viktor Mayer M. Sc.

Fakultät E+I  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
[viktor.mayer@hs-offenburg.de](mailto:viktor.mayer@hs-offenburg.de)



# Integration von Begrenzungsmaßnahmen in die Vorsteuerung bei Drehzahlreglern

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß

Der vorliegende Beitrag beschreibt eine einfache und zugleich effektive Maßnahme, um bei Vorsteuerungen in Drehzahlreglern von elektrischen Antrieben die Strom- und Spannungsbegrenzung berücksichtigen zu können, ohne dadurch die Vorsteuerdynamik einzuschränken oder die Gesamtdynamik des Drehzahlregelkreises negativ zu beeinflussen.

The presented paper describes a simple and, at the same time, an actual method for considering current and voltage limits in precontrol paths of speed controllers in electrical drives without reducing the precontrol dynamic or the total dynamic of the speed control circuit.

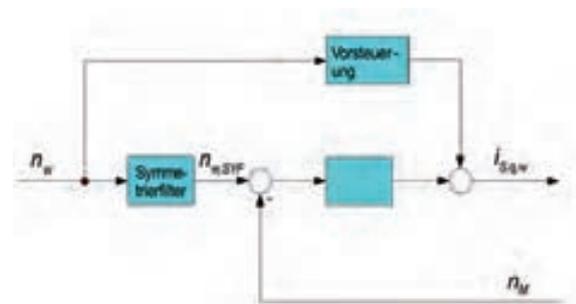
## Einführende Übersicht

Der Einsatz von Vorsteuerungen bei der Drehzahlregelung von elektrischen Antrieben ist ein weit verbreitetes, effektives Mittel zur Optimierung des Führungsverhaltens, ohne den eigentlichen Drehzahlregler am Dynamiklimit betreiben zu müssen. Überschreitet hierbei der Drehmomentsollwert bzw. der dazu proportionale Sollwert der drehmomentbildenden Stromkomponente bei Beschleunigungs- oder Verzögerungsvorgängen seinen Maximal- bzw. Minimalwert, dann wird er auf diesen begrenzt mit der Folge, dass die Beschleunigung bzw. Verzögerung länger dauert als ursprünglich vorgesehen. Damit hierbei der Integrator im Drehzahlregler nicht auf unnötig hohe Werte hochläuft, ist es zweckmäßig, den Drehzahlsollwert auf einen an die Begrenzung angepassten Wert zu korrigieren [1 – 4]. Diese Maßnahme ist ausgereift und hat sich schon seit vielen Jahren bewährt. Allerdings wurden bislang eventuelle Vorsteuerungen im Drehzahlregler nicht in derartige Begrenzungsmaßnahmen einbezogen. Vielmehr wurde das Profil der Drehzahlsollwerttrampe stets so vorgegeben, dass die Drehmoment- bzw. Strombegrenzung in keinem regulären Betriebsfall erreicht wird. Dieses Ziel ist zwar weiterhin anzustreben. Dennoch sollte zugleich gewährleistet sein, dass sich die Dynamik des Drehzahlreglers bei Verletzung dieser Bedingung, z. B. bei einem Schnellhalt oder bei Überlast, nicht verschlechtert. Auch sollte das Wirksamwerden der Spannungsbegrenzung das angestrebte Drehzahleinschwingverhalten nicht nennenswert beeinflussen. Wie diese Forde-

rungen erreicht werden können, wird in den nachfolgenden Ausführungen erläutert.

## Beschreibung der zugrundeliegenden Drehzahlreglerstruktur

Als Drehzahlregler wird ein zeitdiskreter klassischer PI-Regler oder ein zeitdiskreter Drehzahlzustandsregler (Abtastzeit  $T$ ), jeweils ergänzt um eine Vorsteuerung und um ein sogenanntes Symmetriefilter, eingesetzt [2 – 5]. Abbildung 1 zeigt die Grundstruktur dieser Regleranordnung am Beispiel eines Drehzahl-PI-Reglers. Allerdings sind darin die Begrenzungs- und Führungsgrößenkorrekturmaßnahmen zur Erhöhung der Übersichtlichkeit noch nicht eingezeichnet.



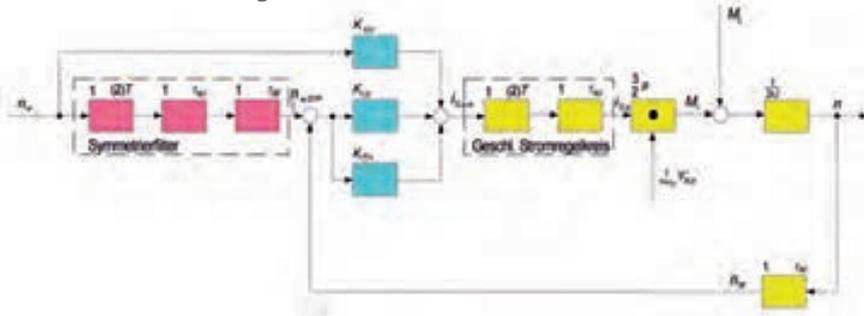
**Abb. 1:** Grundstruktur eines Drehzahl-PI-Reglers mit Vorsteuerung und Symmetriefilter (ohne Berücksichtigung von Begrenzungs- und Führungsgrößenkorrekturmaßnahmen)

$n_w$  bezeichnet darin den vorgegebenen Drehzahlsollwert,  $n_{w,SYF}$  die Ausgangsgröße des Symmetrierfilters,  $n_M$  den Drehzahlmesswert und  $i_{S,q,w}$  die Drehzahlreglerausgangsgröße. Bei Drehstromantrieben ist  $i_{S,q,w}$  zugleich die drehmomentbildende Statorstromkomponente des in einem rotierenden Koordinatensystem dargestellten Statorstromsollwertraumzeigers.

Das Ziel der dargestellten Vorsteuerstruktur besteht darin, bei Drehzahlsollwertänderungen die Drehzahlreglerausgangsgröße ausschließlich über den Vorsteuerpfad zu ermitteln. Der eigentliche Drehzahlregler soll keinen Beitrag dazu liefern. Dadurch kann das Führungsverhalten unabhängig von der Reglereinstellung gestaltet werden, wodurch ein reglerparameter- oder -strukturbedingtes Überschwingen vermeidbar ist. Damit das ermöglicht wird, muss der Sollwerteingang  $n_{w,SYF}$  des Drehzahlreglerkerns den gleichen Verlauf aufweisen wie der Drehzahlmesswert  $n_M$ , sodass der Drehzahlregler nicht angeregt wird.

Bei einem elektrischen Antrieb mit starrer Mechanik existiert zwischen der drehmomentbildenden Stromkomponente  $i_{S,q}$  und dem Drehzahlwert  $n$  über das Gesamtträgheitsmoment  $J$ , den streuzifferkorrigierten Rotorflussbetrag  $\Psi'_{R,d}(1+\sigma_R)$  und die Polpaarzahl  $p$  ein integraler Zusammenhang. Zu dessen Kompensation enthält der Vorsteuerpfad einen zeitdiskreten Differenzierer. In der gesamten Wirkungskette zwischen dem Drehzahlsollwert  $n_w$  und dem Drehzahlwert  $n$  verbleibt dann bei Vernachlässigung von Begrenzungen nur noch die resultierende Verzögerung des geschlossenen Stromregelkreises, die sich zeitkontinuierlich näherungsweise als PT1-Glied mit der Verstärkung 1 und der Zeitkonstante  $\tau_{W,I}$  approximieren lässt, je nach Anwendungsfall noch ergänzt um ein Totzeitglied mit der einfachen oder doppelten Abtastzeit  $T$  als Totzeit sowie ebenfalls der Verstärkung 1. Die Abbildung 2 verdeutlicht diese Struktur am Beispiel eines Drehzahlregelkreises mit PI-Regler – der Übersichtlichkeit wegen mit zeitkontinuierlichen Übertragungsgliedsymbolen gezeichnet. Zusätzlich ist in Abbildung 2 noch das auf den Antrieb einwirkende Lastmoment  $M_L$  und die üblicherweise vorhandene Glättung des Drehzahlwertes über ein PT1-Glied mit der Verstärkung 1 und der Zeitkonstante  $\tau_M \approx 0,5 \text{ ms}$  eingezeichnet. Darüber hinaus kennzeichnen  $K_{P,n}$  in Abbildung 2 den Proportionalbeiwert und  $K_{I,n}$  den Integralbeiwert des Drehzahl-PI-Reglers sowie  $K_{V,n}$  den Vorsteuerfaktor. Um die Forderung der Nichtanregung des Drehzahlreglers

bei Sollwertänderungen zu erfüllen, muss das Symmetrierfilter bei zeitkontinuierlicher Betrachtungsweise als Reihenschaltung aus zwei PT1-Gliedern mit den Zeitkonstanten  $\tau_{W,I}$  bzw.  $\tau_M$  und der jeweiligen Verstärkung 1 sowie aus einem Totzeitglied mit der oben beschriebenen Parametrierung aufgebaut sein [3]. Bei zeitdiskreter Modellierung ist die genannte Reihenschaltung noch um einen Mittelwertbildner zweiten Grades zu ergänzen.



**Abb. 2:** Strukturbild des geschlossenen Drehzahlregelkreises im Fall eines starren mechanischen Systems und Drehzahl-PI-Reglers mit Vorsteuerung und Symmetrierfilter (ohne Berücksichtigung von Begrenzungs- und Führungsgrößenkorrekturmaßnahmen)

## Beschreibung des Begrenzungsverfahrens

Da die Regel- und Begrenzungsalgorithmen von einem Prozessor abgearbeitet werden und weil als Stellglied ein pulsweitenmodulationsbasierter Stromrichter vorausgesetzt werden soll, der seine Ausgangsgrößen jeweils nur zweimal pro Schaltperiode ändern kann, erfolgt die Beschreibung des betreffenden Regelgesetzes in zeitdiskreter Form. Außerdem ist diese Darstellungsweise für das Verständnis der vorzustellenden Begrenzungsstrategie günstiger. Zur Kennzeichnung der Abtastwerte der für die Regelung verwendeten Größen erhalten diese den Zeitindex  $k$  bzw.  $k+1$  oder  $k-1$ . Während  $k$  den aktuellen Abtastzeitpunkt repräsentiert, beschreibt  $k+1$  den nachfolgenden und  $k-1$  den vorausgehenden. Mit dieser Nomenklatur lautet das Regelgesetz für den Kern eines Drehzahl-PI-Reglers einschließlich des Vorsteuerpfads (1):

$$i_{S,q,w} = K_{V,n} \cdot (n_{w,SYF,k} - n_{M,k}) + K_{P,n} \cdot v_{S,q,w} + K_{I,n} \cdot \frac{n_{w,SYF,k} - n_{w,SYF,k-1}}{T}$$

Gl. (1) beschreibt das Regelgesetz für den Fall, dass die Drehzahlreglerausgangsgröße  $i_{S,q,w}$  nicht in die Begrenzung gerät. Wenn dagegen der nachfolgend mit  $\pm i_{S,q,max}$  bezeichnete Grenzwert erreicht oder überschritten wird, dann muss  $i_{S,q,w}$  auf den betreffenden Extremwert begrenzt werden. Zur Unterscheidung vom unbegrenztem Wert  $i_{S,q,w}$  wird der begrenzte nach-

folgend  $i_{S,q,w,beg}$  genannt. Damit das lineare Regelgesetz (1) in seiner Grundstruktur weiterhin gilt, muss hierzu anstatt des ursprünglichen Drehzahlsollwerts  $n_w$  der korrigierte Drehzahlsollwert  $n_{w,korr}$  verwendet werden. Interpretieren lässt sich das so, dass bei Wirksamwerden der Strombegrenzung derjenige (korrigierte) Drehzahlsollwert ermittelt wird, der den jeweiligen Stromgrenzwert gerade berührt, aber nicht überschreitet. Das über  $n_{w,korr}$  angeregte System befindet sich dann gar nicht in der Begrenzung, und somit behält es seine dynamischen Eigenschaften bei. Beachtet man darüber hinaus, dass der Drehzahlreglerkern auch im Begrenzungsfall nicht angeregt werden soll, dann muss  $n_{w,SYF}$  bei fehlenden Störgrößen weiterhin mit  $n_M$  übereinstimmen. Zum selben Zeitpunkt gilt daher analog zum unbegrenzten Regelgesetz (1) der die Begrenzung berücksichtigende Zusammenhang (2):

$$i_{S,q,w,beg} = K_{VF,n} \cdot (n_{w,SYF} - n_{w,k}) + K_{i,i} \cdot v_{i,i} + K_{i,s} \cdot \frac{n_{w,k} - n_{w,k-1}}{T}$$

Hierbei ist anzumerken, dass zum Zeitpunkt des Berechnens von  $i_{S,q,w,k}$  aus Gl. (1) der vorangehende Drehzahlsollwert  $n_{w,k-1}$  auch schon begrenzt gewesen sein könnte und deshalb genau genommen durch  $n_{w,korr,k-1}$  ersetzt werden müsste.

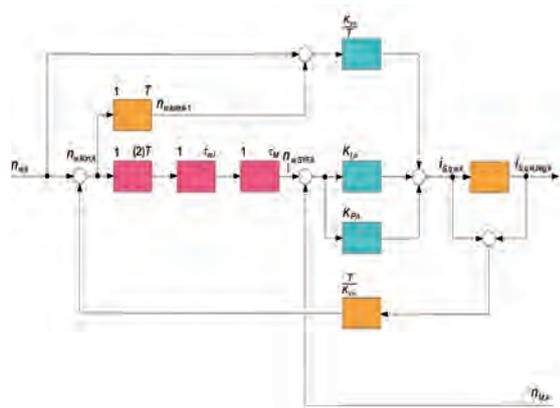
Da sowohl Gl. (1) als auch Gl. (2) zum gleichen Zeitpunkt gelten, können sie voneinander subtrahiert werden. Mit  $n_{w,korr,k-1}$  anstatt  $n_{w,k-1}$  in Gl. (1) folgt daraus die Bestimmungsgleichung (3):

$$n_{w,korr,k} = n_{w,k} - \frac{T}{K_{VF,n}} \cdot (i_{S,q,w,k} - i_{S,q,w,beg,k})$$

für den korrigierten Drehzahlsollwert. Dieser wird nun zum einen dem Symmetrierfilter als Eingangsgröße zugeführt und zum anderen im nachfolgenden Abtastzeitpunkt im Term  $K_{V,n} (n_{w,k} - n_{w,korr,k-1})$  verwendet. Das daraus hervorgehende Reglerstrukturbild ist in Abbildung 3 dargestellt. Zur besseren Übersicht sind darin die enthaltenen PT1-Glieder und das Integrierglied wiederum in zeitkontinuierlicher Form dargestellt.

**Abb. 3:**

Strukturbild eines Drehzahl-PI-Reglers mit Vorsteuerung und Symmetrierfilter (mit vereinfachter Berücksichtigung von Begrenzungs- und Führungsgrößenkorrekturmaßnahmen)



Bisher wurde ausschließlich der Fall betrachtet, dass nur der Motorstrom in die Begrenzung geraten kann. Bei hohen Stromsollwertänderungen kann – wenn in der Regel auch nur kurzzeitig – aber ebenso die maximal zulässige Ausgangsspannung erreicht werden. Ihre systematische Berücksichtigung in der Vorsteuerung wäre allerdings zu aufwendig. Da das Erreichen der Spannungsgrenze in der Regel allenfalls wenige Millisekunden dauert, bietet es sich an, im Vorsteuerpfad ein PT1-Glied mit der Verstärkung 1 und einer ähnlich großen, nachfolgend  $T_{F,n}$  genannten Zeitkonstante zu implementieren. Dadurch soll das Auftreten entsprechend hoher Stromsollwertänderungen vermieden werden, die zu einem Erreichen der Spannungsgrenze führen könnten. Fasst man dieses PT1-Glied mit dem Differenzierglied zur Kompensation des Streckenintegrierglieds zusammen, dann entsteht für den Vorsteuerpfad im z-Bereich die Übertragungsfunktion (4):

$$G_{VF,n}(z) = \frac{1-z_{F,n}}{z-z_{F,n}} \cdot \frac{z-1}{T} \cdot K_{VF,n} = \left(1 - \frac{1-z_{F,n}}{z-z_{F,n}}\right) \cdot \frac{1-z_{F,n}}{T} \cdot K_{VF,n}$$

mit  $z_{F,n} = e^{-\frac{T}{T_{F,n}}}$ . Sie lässt sich entsprechend der rechten Gleichungsseite nach deren Multiplikation mit dem z-transformierten Drehzahlsollwert als Differenz zwischen dem Drehzahlsollwert und dem aus der Ausgangsgröße des PT1-Glieds zur Drehzahlsollwertglättung, jeweils verstärkt mit  $(1-z_{F,n}) K_{VF,n}/T$ , darstellen. Mit der Bezeichnung  $v_{F,n}$  für die Ausgangsgröße des PT1-Glieds lautet dann das zu Gl. (1) analoge Regelgesetz im Fall einer nicht aktiven Begrenzung (5):

$$i_{S,q,w,k} = K_{VF,n} \cdot (n_{w,SYF} - n_{w,k}) + K_{i,i} \cdot v_{i,i} + \frac{1-z_{F,n}}{T} \cdot K_{VF,n} \cdot (n_{w,k} - v_{F,n,k})$$

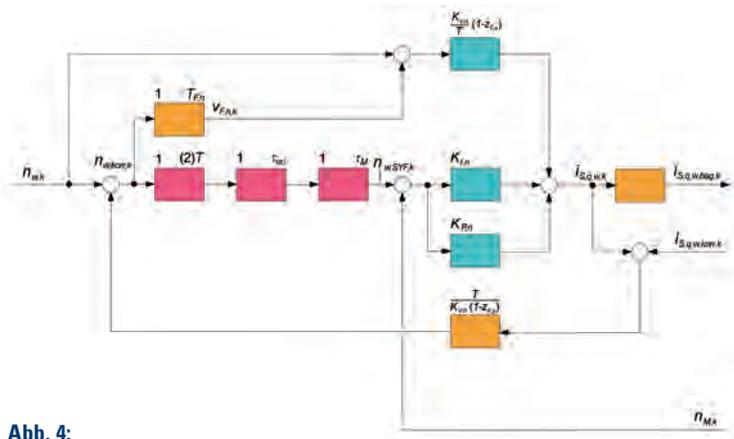
Für den Begrenzungsfall ergibt sich analog zu Gl. (2) dagegen (6):

$$i_{S,q,w,beg,k} = K_{VF,n} \cdot (n_{w,SYF} - n_{w,k}) + K_{i,i} \cdot v_{i,i} + \frac{1-z_{F,n}}{T} \cdot K_{VF,n} \cdot (n_{w,k} - v_{F,n,k})$$

Beide Gleichungen können nun wieder voneinander subtrahiert werden, was durch Auflösen nach dem korrigierten Drehzahlsollwert  $n_{w,korr,k}$  auf dessen dann gültige Bestimmungsgleichung führt. Beachtet man schließlich noch, dass bei Erreichen der Spannungsgrenze vom unterlagerten Stromregler  $i_{S,q,w}$  bzw.  $i_{S,q,w,beg}$  ebenso korrigiert werden kann wie  $n_w$  beim Erreichen der Stromgrenze, dann kann dieser nachfolgend mit  $i_{S,q,w,korr}$  bezeichnete Stromsollwert als aktueller Begrenzungswert für die Drehzahlreglerausgangsgröße herangezogen werden. Als Bestimmungsgleichung für  $n_{w,korr,k}$  folgt dann endgültig die Beziehung (7):

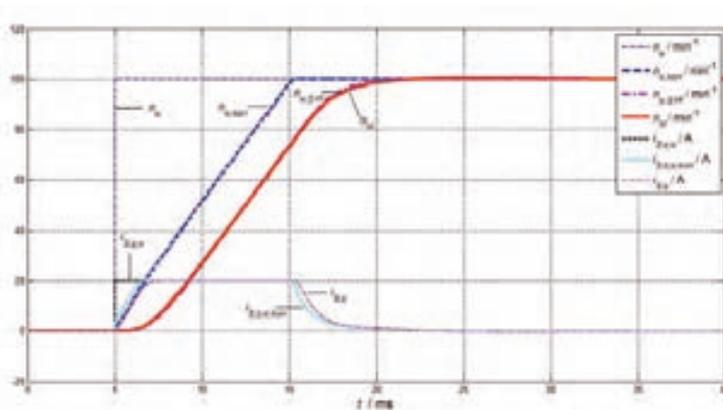
$$n_{w,korr,k} = n_{w,k} - \frac{1}{1-z_{F,n}} \cdot \frac{T}{K_{VF,n}} \cdot (i_{S,q,w,k} - i_{S,q,w,beg,k})$$

Dieser Wert wird dem Symmetrierfilter und dem oben beschriebenen PT1-Glied als Eingangsgröße zugeführt. Abbildung 4 zeigt die damit erreichte Struktur des Drehzahl-PI-Reglers.



**Abb. 4:** Strukturbild eines Drehzahl-PI-Reglers mit Vorsteuerung und Symmetrierfilter (mit weiterentwickelten integrierten Begrenzungs- und Führungsgrößenkorrekturmaßnahmen)

Zur Veranschaulichung, dass die zuletzt beschriebene Begrenzungs- und Führungsgrößenkorrekturmaßnahme wie gefordert bei Beschleunigungen und Verzögerungen lediglich zu einer Verlängerung der betreffenden Bewegungsphase führt, aber nicht zu einem ungewollten Drehzahlüberschwinger, zeigt die Abbildung 5 die Zeitverläufe von  $n_w$ ,  $n_{w,korr}$ ,  $n_{w,SYF}$ ,  $n_M$ ,  $i_{s,q,w}$ ,  $i_{s,q,w,beg}$  und  $i_{s,q}$  bei einem frequenzumrichter gespeisten 5,5 kW-Asynchronantrieb, wenn dieser im Extremfall gänzlich ohne Drehzahl Sollwerttrampe, d. h. sprungförmig einen Drehzahl Sollwert von  $100 \text{ min}^{-1}$  bei zuvor stillstehender Maschine erhält und als maximale drehmomentbildende Statorstromkomponente  $i_{s,q,max} = 20 \text{ A}$  zugelassen wird.



**Abb. 5:** Relevante Zeitverläufe bei sprungförmiger Anregung des Drehzahlregelkreises eines frequenzumrichter gespeisten 5,5 kW-Asynchronantriebs bei ausgeschalteter Drehzahl Sollwerttrampe u. Drehzahl-PI-Regler mit Vorsteuerung u. Symmetrierfilter u. weiterentwickelten integrierten Begrenzungs- u. Führungsgrößenkorrekturmaßnahmen

Wie aus der Abbildung 5 anhand des Verlaufs von  $n_{w,korr}$  hervorgeht, erzeugt die Vorsteuerung mit integrierter Begrenzung und Führungsgrößenkorrektur selbsttätig eine Drehzahl Sollwerttrampe. Sie bewirkt gerade die maximal mögliche drehmomentbildende Stromkomponente während der Beschleunigungsphase. Da der Drehzahlreglerkern praktisch nicht angeregt wird –  $n_{w,SYF}$  und  $n_M$  sind nahezu gleich groß –, erfolgt die Reglerausgangsgrößenbildung wie gewünscht nahezu ausschließlich über den Vorsteuerpfad, und zwar weitestgehend im Einklang mit dem Wirksamwerden von Begrenzungen.

## Zusammenfassung

Es wurde beschrieben, wie der Vorsteuerpfad eines Drehzahlreglers für einen elektrischen Antrieb so erweitert werden kann, dass trotz Drehzahlreglerausgangsgrößenbegrenzungen das nahezu bestmögliche Drehzahl ein-schwingverhalten erzielbar ist. Die Wirksamkeit der vorgestellten Methode wurde anhand von Zeitverläufen der relevanten Größen untermauert.

### AUTOR

**Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß**  
 Dekan der Fakultät E+I,  
 Leiter des Labors Elektrische  
 Antriebe und Leistungselektronik  
 Mitglied des IAF  
 Lehrgebiete: Elektrische  
 Antriebstechnik, Leistungs-  
 elektronik, Regelungstechnik,  
 uwe.nuss@hs-offenburg.de



### Referenzen

- [1] Nuß, U.: Eine allgemeine Methodik zur Modellbildung und Reglersynthese für stromrichter gespeiste Antriebe auf Basis der zeitdiskreten Zustandsraumdarstellung. Habilitationsschrift Uni. Karlsruhe (TH) 1994
- [2] Schröder, D.: Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen, 3. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 2009
- [3] Nuß, U.: Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe. ISBN 978-3-8007-3218-0. Berlin, Offenbach: VDE-Verlag 2010
- [4] Nuß, U.: Begrenzungsstrategien von Antriebsregelkreisen – eine Stabilitätsanalyse. Tagungsband SPS/IPC/Drives, N, 2012, S. 359 - 370
- [5] Groß, H.; Hamann, J.; Wiegärtner, G.: Elektrische Vorschubantriebe in der Automatisierungstechnik, 2. Aufl., Erlangen, Siemens, 2006

# Thermal Driven Scheduling for Homogeneous Multicore Processors

*Daniel Jäckle M. Sc., Sebouh Toumassian M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora*

**Zusammenfassung** – Die zunehmende Anzahl von Transistoren und die hohen Taktfrequenzen führen in modernen Mikroprozessoren zu einer zunehmenden Leistungsaufnahme. Ein aktives, dynamisches thermisches Management (DTM) wird immer wichtiger. In einem Forschungsprojekt im Labor „Embedded Systems und Kommunikationselektronik“ wird ein Linux-Scheduler mit einem Prädiktionsregler so erweitert, dass er bei der Prozessverwaltung thermische Einflüsse und Echtzeitanforderungen berücksichtigen kann.

The increasing number of transistors being clocked at high frequencies of modern microprocessors lead to an increasing power consumption, which calls for an active dynamic thermal management. In a research project in the lab „embedded systems and communication electronics“ of the Offenburg University of Applied Sciences, a Linux scheduler is enhanced with a prediction controller, which takes thermal conditions and real-time requirements into account.

## ch.1 Introduction

Today, the domains for embedded systems are uncountable and many applications require modern high performance microprocessors to accomplish increasingly complex tasks. One major problem of high performance microprocessors, especially of multi-core processors, is the high power dissipation [1, 2]. Processors directly convert consumed electrical power into thermal heat [3]. High operation temperatures may have negative influence on the chip reliability, processor performance, storages abilities of memories and leakage power consumption [3, 4, 5, 6]. Legacy processors come with an emergency shut-off, which reacts at a given temperature threshold.

Active Dynamic Thermal Management (DTM) deals with mechanisms to profile, model and regulate operation temperatures of microprocessors. The described project focuses thermal microprocessor modeling, thermal process and thread classification. The closed loop control architecture is based on a predictive controller using Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) as thermal enhancement to the Completely Fair Scheduler (CFS) and the Real-Time Scheduler of Linux. The general goal of the project is to maximize the computational power, especially of real-time processes and threads under all temperature constraints [7].

The remainder of the paper is organised as follows. In chapter 2, a short overview of the thermal properties, flow and reduction of the heat in multicore processors is given. The implementation and time consumption is discussed in chapter 3. In chapter 4, the frequency scaling mechanism in the Linux kernel and the current state of the developed software are explained. Finally a summary of the project with future work suggestion is discussed in chapter 5.

## ch.2 Thermal Measurements

In general, factors which influence the operation temperature of the processor do not only depend on the power dissipation and the architectural structure, but also on the surrounding environment. Amongst others, this can be the temperature of the environment, the thermal spreading abilities of the printed circuit board (PCB) or the utilization of active and passive heat sinks [7].

A precondition for the successful integration of active DTM methods is a well-engineered, configurable thermal model of processor to effectively enable the DTM to apply closed loop control actions. A major challenge in the derivation of a thermal model is the difference of microprocessors with respect to the power dissipation and architectural structure. Every microprocessor type has individual thermal specifications [7]. Currently, the project con-

concentrates on one microprocessor for research and algorithm developments into account - the i.MX6 Quad Core from Freescale running on a Linux kernel version 3.0.35.

The fundamental thermal model in the project is based on the analogy of temperature to an electrical Resistor-Capacitor (RC) circuit. Within this model, equation  $T_c = T_s \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + T_o$  describes increases of temperature, and equation  $T_c = T_s \left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + T_o$  describes temperature reductions. The variable  $T_c$  defines the actual chip temperature, the variable  $T_s$  the maximum chip temperature, the variable  $T_o$  the offset temperature and the variable  $\tau$  - in analogy to the electrical RC circuit - the time constant. The parameters of the thermal model of the i.MX6 Quad Core were derived from temperature measurements of the microprocessor with different parameterization with respect to the ambient temperature, number of active processors, computational loads, operation voltages and core frequencies.

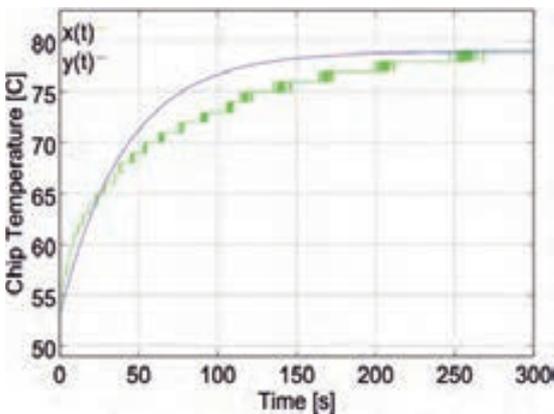


Fig. 1: i.MX6 temperature development under 20°C ambient temperature, three active, fully loaded processor cores each running at 792MHz and 1,15V [7]

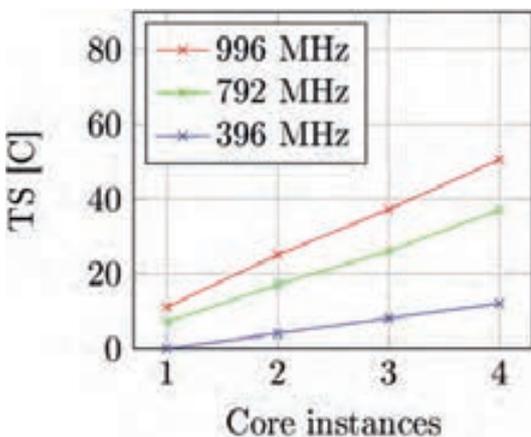


Fig. 2: Results for temperature risings  $T_s$  at 20°C ambient temperature [7]

For example, the curve  $x(t)$  in Figure 1 represents a temperature measurement of the i.MX6Q microprocessor under defined parameters. The function  $y(t)$  squares fitting of equation  $T_c = T_s \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + T_o$  to the chip temperature  $x(t)$  and the parameter  $T_s$ , the least squares method leads to the results in figure 2 - nearly linear maximum temperatures with respect to the operation frequency and the number of fully loaded, active cores [7].

The example above shows that it is possible to derive thermal RC models of microprocessors from detailed temperature measurements with different parameters, which can be applied for real software implementations and for simulation purposes. The results can also be used to predict average or maximum temperature reductions per time. The temperature of a microprocessor is always a combination of heat generation and heat disposal [7], thus, thermal characteristics which define the total heat a microprocessor generates are on focus.

### ch.3 Characteristics of Closed Loop Control

This basic model is used for a PID-Controller to predict and to control the thermal behavior of the microprocessor under load condition. The PID and the Predictive controllers are integrated into the Linux base scheduler and precisely into its "Schedule" function. The entrance point for the adaptation is a context switch of processes, as it is shown in Figure 1, which also allows the extension with the prediction algorithm. The predictive controller performs speed scheduling and assigns operation frequencies to processes, in order to ensure that a process runs with a specific frequency. This frequency must be set when the process starts the execution. Other implementations cannot ensure that no frequency switch occurs during the process runtime [7].

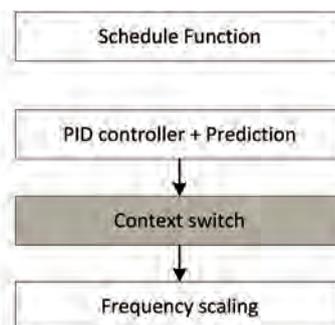


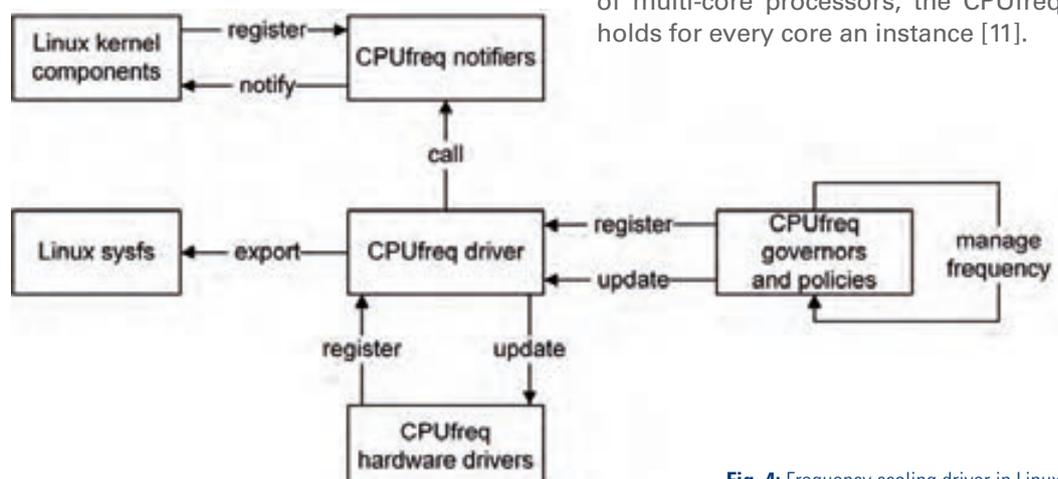
Fig. 3: The implementation of PID and Predictive controllers inside the Schedule function

All implementations of the controllers cost time, which is added to the Linux base scheduler code. For this reason, detailed measurements took place to determine the runtime for each step of the PID & the Predictive controllers in addition to the frequency scaling function. The "Schedule" function typically consumes around ~12250ns runtime. The controller function of the PID and the prediction add approximately ~33307ns on the original runtime of the "Schedule" function can be divided into 7 sub-functions where each function's runtime is mentioned in Table 1:

Sensors measurements	~ 15000 ns
Profile	~ 1700 ns
Controller - Error calculations	~ 520 ns
Controller – Proportional	~ 500 ns
Controller – Integral	~ 600 ns
Controller - Derivative	~ 530 ns
Controller - Prediction	~ 13000 ns

**Table 1:**  
Time consumption of the PID and the Prediction controllers

It is obvious in Table 1 that the "sensors measurements" function consumes most of the runtime. This function contains three sub-functions, where the temperature and the frequency are read. The function "Read temperature", which is one of the three sub-functions consumes 78.87% of the "Sensor measurements" function. This consumption is, due to the "Analog to Digital Converters" (ADCs), where some processors use ADCs to calculate the temperature (e.g. the IMX6Q processor). Table 2 shows the runtime of the three sub-functions' divided from the "Sensor measurements" function.



**Fig. 4:** Frequency scaling driver in Linux kernel [7]

Read temperature	~ 13700 ns
Read frequency	~ 1700 ns
Calculations	~ 1970 ns

**Table 2:** Time consumption of the Sensor measurements

The "Frequency scaling" function is called from inside the "Schedule" function in the kernel, repeated after each successful scheduling process after the PID and the Predictive controllers. The runtime of "Frequency scaling" function is ~31592 ns and can be divided to 4 sub-functions. The runtime of each sub-function is written in Table 3.

Get policy	~ 1350 ns
Compute relation	~ 500 ns
Apply frequency	~ 29262 ns
Update frequency	~ 480 ns

**Table 3:** Time consumption of the Frequency Scaling

## ch.4 Software Tools

„Figure 4 illustrates the frequency scaling mechanism in the Linux kernel - the CPUfreq driver [8]. It is responsible for providing an interface for processor related hardware drivers and for CPUfreq governors, policies and notifiers [8, 9, 10]. Furthermore, the CPUfreq driver exports information of the operation frequency and control interfaces to the sys virtual file system [8].

A CPUfreq hardware driver is a processor specific (or processor familyspecific) driver to change operating frequencies and corresponding operating voltages of the processor. Once it has registered itself with to the CPUfreq driver, the CPUfreq driver can use it to apply frequency changes to the processor. In case of multi-core processors, the CPUfreq driver holds for every core an instance [11].

The Linux kernel related components which are responsible for managing frequency changes are CPUfreq governors and policies [8]. Basically, the policies consist of a lower and upper frequency. This is important for processors, which contain an inbuilt frequency scaling mechanism to change operating frequencies on the fly [8], which is not further regarded in this work. If a processor does not support such a feature, a CPUfreq governor performs frequency changes. A CPUfreq governor registers itself to the CPUfreq driver - in multicore processors for all cores [8]. Every CPUfreq governor applies an operating frequency for a core according to a strategy at runtime.

Since the CPUfreq driver exports information and control mechanisms to user space and provides an interface for kernel space, it is possible to apply DVFS with a user application, a Loadable Kernel Module (LKM) and from kernel space in general. In order to achieve this, a LKM is developed" [7] to make the profiling and apply DVFS. The LKM enables and disables the PID controller, the predictive controllers.

Besides the LKM, an Application Program Interface API is getting developed. The application gives the user the possibility to register processes and set their parameters such as the name of the process, the priority, the affinity and the execution mode (whether the process can run in periodic mechanism or normal continuous mechanism). Running a process in a periodic mechanism (e.g. 30 seconds running time and 10 seconds sleep time) gives the time to the cores to cool down and hence gain more time to reach the temperature threshold.

At the end by using this application, the user can set manually the maximum temperature threshold, the desired governor (Ondemand, Interactive, etc.), the operation frequency and the process's run duration.

## ch.5 Summary and Outlook

This work characterizes the thermal characteristics of a high-performance microprocessor (i.MX6Q quad-core) with regard to total generated heat in dependence of operation frequencies and computational load. It also presents thermal characteristics for cooling mechanisms, which depend on the ambient temperature. In addition, it implements DTM technique into the Linux Operating System for the given microprocessor. The predictive controller is able to prioritize one real-time process on every core.

The predictive controller supports DVFS for one periodical RT process on each core in a multi-core environment, where the time period is known. Future work will extend the support for multiple periodical RT processes with variable period. In such an implementation, the predictive controller must know the upcoming RT process. Thus, a mechanism is necessary, which tracks RT processes on a core, and a data structure which permits the controller to store process references, and to select or search for the next RT process. The Linux scheduler uses RBTs as data structures to handle processes in the kernel. RBTs are also a possibility to hold references to all available RT processes on a core [7].

## References

- [1] D. Brooks, M. Martonosi: "Dynamic Thermal Management for High-Performance Microprocessors", IEEE Computer Society, 2001, pp. 171-182
- [2] M. D. Powell, M. Goma, T. N. Vijaykumar: "Heat-and-Run: Leveraging SMT and CMP to manage power density through the operation system", In Proceedings of the 11th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, 2004, pp.260-270
- [3] K. Skadron, M. R. Stan, W. Huang, S. Velusamy, K. Sankaranarayanan, D. Tarjan: "Temperature-Aware Microarchitecture", IEEE Computer Society, 2003, pp. 2-13
- [4] S. Wang and J. - J. Chen: "Thermal-Aware Lifetime Reliability in Multicore Systems", IEEE Society, 2010, pp. 399-405
- [5] A. Kumar, L. Shang, L. - S. Peh, N. K. Jha: "HybDTM: A coordinated hardware-software approach for dynamic thermal management", ACM, 2006, pp. 548-553
- [6] Freescale Semiconductor: "i.MX 6Dual/6Quad Application Processors for Industrial Products (rev 2.3)", 07/2013
- [7] D. Jäckle: "Dynamic Voltage and Frequency Scaling under temperature and soft real-time constraints", Master-Thesis Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, 26.05.2014
- [8] Linux Cross Reference, "Linux/ documentation/cpu-freq/user-guide.txt", Web.[Online]. Available: <http://lxr.free-electrons.com/source/Documentation/cpu-freq/user-guide.txt?v=3.11>
- [9] Linux governors, "Linux/ documentation/cpu-freq/governors.txt" Web. [Online]. Available: <http://lxr.free-electrons.com/source/Documentation/cpu-freq/governors.txt?v=3.11>
- [10] Linux core, "Linux/documentation/cpu-freq/core.txt" Web. [Online]. Available: <http://lxr.free-electrons.com/source/Documentation/cpu-freq/core.txt?v=3.11>
- [11] Linux cpu-drivers, "Linux/ documentation/cpu-freq/cpu-drivers.txt" Web. [Online]. Available: <http://lxr.free-electrons.com/source/Documentation/cpu-freq/cpu-drivers.txt?v=3.11>

## AUTOREN

### Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.

#### Axel Sikora

ist seit 2011 Professor für Embedded Systems und Kommunikationselektronik an der Hochschule Offenburg. Seine Interessengebiete liegen im Bereich der Embedded-Plattform- und Protokollentwicklung für sichere und zuverlässige drahtgebundene und drahtlose Kommunikation.



### Daniel Jäckle M. Sc. B. Eng.

Entwicklungsingenieur, Stackforce GmbH, daniel.jaeckle@stackforce.de



### Sebouh Toumassian

#### M. Sc. B. Eng.

Laborassistent, HSO-Labor Embedded Systems und Kommunikationselektronik, sebouh.toumassian@hs-offenburg.de





**MEHR ... als nur eine Top-Adresse.  
Nämlich zwei.**

## Das duale Master-Studienprogramm mit Abschluss Master of Arts (m/w) bei ALDI SÜD

**Beste Startchancen für Ihre Managementkarriere – mit einer Kombination von Praxis und Theorie.**

ALDI SÜD bereitet Sie mit dem berufsbegleitenden Master-Studienprogramm mit dem Abschluss „Master of Arts International Retail Management“ bestens auf herausfordernde Managementaufgaben vor. Die theoretischen Phasen absolvieren Sie an der „ESB Business School“ in Reutlingen. Während Ihrer Praxisphasen durchlaufen Sie ein intensives

Training on the Job zum Regionalverkaufsleiter in einer unserer Regionalgesellschaften. Dabei erwartet Sie kein Sprung ins kalte Wasser – Sie profitieren von Anfang an von einer intensiven und persönlichen Betreuung. Kurzum: Gemeinsam verwandeln wir Ihr theoretisches Wissen in maßgeschneidertes Know-how.

### WAS SIE TUN

- Teilnahme an Vorbereitungskursen für die Abschlussprüfung an der „ESB Business School“ in Reutlingen
- parallel dazu intensive Praxisausbildung in unserer ALDI SÜD Regionalgesellschaft in Mahlberg
- nach vier Semestern international anerkannter Abschluss „Master of Arts International Retail Management“

### WAS SIE MITBRINGEN

- Interesse für den Handel
- erfolgreich abgeschlossenes Studium zum Bachelor of Arts oder Bachelor of Science mit 210 ECTS-Punkten
- Begeisterung für unternehmerisches Handeln
- viel Eigeninitiative und den Wunsch nach Eigenverantwortung
- gute Englischkenntnisse und analytisches Denkvermögen
- Teamgeist, Fairness und Respekt im Umgang mit anderen Menschen
- Kontaktfreude und Kommunikationstalent
- Bereitschaft zur Mobilität

### WAS WIR IHNEN BIETEN

- ein intensives Training on the Job
- speziell entwickelte Vorbereitungskurse für die Abschlussprüfung
- hervorragende Karriereperspektiven als Regionalverkaufsleiter
- ein abwechslungsreiches Aufgabengebiet in einem dynamischen Umfeld
- ein überdurchschnittliches Gehalt und einen privat nutzbaren Firmenwagen

### WANN ES LOSGEHT

Studienbeginn: 1. Oktober 2015 / 1. April 2016

### WIE SIE SICH BEWERBEN

Mehr online, weniger schriftlich: Bewerben Sie sich bitte bevorzugt online unter **[karriere.aldi-sued.de](http://karriere.aldi-sued.de)**, schriftliche Bewerbungen sind an  
ALDI GmbH & Co. KG,  
Rotackerstraße 19 – 51,  
77972 Mahlberg  
zu richten.

**Ihre Perspektiven**

Wir bieten Ihnen die Chance, als Diplomand/in wertvolle praktische Erfahrungen in einem weltweit agierenden Unternehmen zu sammeln. Sie arbeiten bei uns an einer konkret mit Ihnen abgestimmten Projektaufgabe / Bachelor Thesis, beginnende bei der Analyse, bis zur Umsetzung und Dokumentation.



Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Bitte senden Sie Ihre Bewerbungsunterlagen an untenstehende Anschrift, gerne auch per E-Mail. Wir freuen uns darauf, Sie kennen zu lernen!

m-tec mathis technik gmbh  
Frau Daniela Reiner  
Otto-Hahn-Str. 6  
79395 Neuenburg

**Arbeiten bei m-tec** ...die gute Zukunftsperspektive!  
m-tec bietet aktuell folgende Studiengänge an:

- Betriebswirtschaft
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Maschinenbau
- Verfahrenstechnik

www.m-tec.com  
personal@m-tec.com  
07631 709-130



Seit über 35 Jahren steht m-tec für die Entwicklung und Produktion innovativer Lösungen für Herstellung, Logistik und Verarbeitung moderner Baustoffe. m-tec ist ein weltweit agierendes Industrieunternehmen mit hohem technologischen Anspruch. Um diesem Anspruch gerecht zu werden setzen wir auf Mitarbeiter/innen mit Engagement und know-how. Eine hohe Unternehmenskultur, leistungsgerechte Vergütung und ständige Weiterbildung sind nur einige Aspekte, die das Arbeiten bei m-tec auszeichnen.

**GEBÄUDEAUTOMATION**

**REGELUNGSTECHNIK**



**PHOTOVOLTAIK**



Gesamtplanung technischer Gewerke

**baumgartner**  
GmbH

Baumgartner GmbH · Westendstraße 19 · 77971 Kippenheim · info@baumgartner-gmbh.de · Tel: +49 (0) 78 25/87 08 46 · Fax: +49 (0) 78 25/87 08 47

**Ich weiß, was ich will!**



Mit ERNST durchstarten  
- in allen technischen und kaufmännischen Bereichen.

**Wir bieten:**

- **Praktikum**
- **Ausbildung**
- **DH-Studium**
- **Abschlussarbeiten (Bachelor & Master)**

Jetzt bewerben und dabei sein:  
karriere@ernst.de | www.ernst.de

**ERNST**

Ernst Umformtechnik GmbH  
Am Wiesenbach 1 | D-77704 Oberkirch-Zusenhofen  
Telefon +49 7805 406-0 | Telefax +49 7805 406-100

# Forschung und Entwicklung an der Fakultät



## Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen



*Prof. Dr. Philipp Eudelle, Dekan der Fakultät Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen*

Die Fakultät Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen (B+W) befindet sich im ehemaligen Benediktinerkloster in Gengenbach. Im Wintersemester 2013/2014 hat die Fakultät zudem den neuen Bildungscampus in Gengenbach bezogen, der sich nur wenige Minuten vom Kloster entfernt befindet und Raum für zusätzliche Hörsäle, PC-Pools, Labore und Seminarräume bietet. Die Fakultät B+W bietet derzeit circa 1400 Studenten vier fachspezifische Bachelor-Studiengänge, zwei kombinierte Bachelor-Studiengänge in Kooperation mit den Fakultäten Elektrotechnik und Informationstechnik / Medien- und Informationswesen sowie vier Master-Studiengänge an. Allen Studiengängen gemeinsam ist eine interdisziplinär ausgerichtete Lehre – eine Kombination von Fächern aus Wirtschaft, Technik und Informatik. Aktuelle, praxisorientierte Inhalte, die individuelle Betreuung durch die Dozenten, eine internationale Ausrichtung, die enge Verzahnung mit Unternehmen der Region sowie Kontakte zu zahlreichen Partnerhochschulen weltweit sind die zentralen Bausteine für ein erfolgreiches Studium an der Fakultät B+W.

Aktuelle und anwendungsorientierte Forschung prägen die Fakultät B+W. An der Fakultät gibt es für die jeweiligen Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte insgesamt acht Labore, die die Bereiche Virtual Engineering, Rapid Prototyping, Lean Manufacturing, Finite-Elemente-Methode, Marktorientiertes Innovationsmanagement, Mechatronische Systementwicklung, Elektrotechnik/Elektronik und EDV umfassen. Die sechs Hauptforschungsfelder sowie die entsprechenden Forschungsschwerpunkte der Fakultät widmen sich den Bereichen:

► Wirtschaft, Handel und Logistik [Betriebswirtschaft, Handelsmanagement, Marktorientier-

tes Innovationsmanagement, Transportlogistik, Wirtschaftsrecht, Materialflussoptimierung]  
► Wirtschaftsinformatik [Business Intelligence, Business Process Management, E-Commerce] ► Informationstechnologie, Automation und Telekommunikation [Embedded Systeme, Virtuelle Produktentwicklung/Simulation, Mikroelektronik/Mikrosystemtechnik]  
► Functional Safety Management (FSM), sichere und robuste drahtlose Kommunikationstechnik, Drahtlos-Technologie, Industrie 4.0  
► Manufacturing [Additive Manufacturing, Fabrikplanung (CAD, CAE, CAM), Produktionstechnik/Lean Manufacturing, Virtuelles Engineering] ► Medien [Usability im E-Commerce]  
► Werkstofftechnologie [Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung].

Aktuell wurde beispielsweise ein Forschungsprojekt von Prof. Dr. Stefan Junk vom Beirat des Karl-Steinbuch-Forschungsprogramms für positiv befürwortet. Das Projekt „DiMa - Digital Manufacturing für die Kreativwirtschaft“ setzt sich gezielt mit Umsetzungsproblemen im Rahmen von Digital-Manufacturing-Verfahren auseinander. Hierbei werden verschiedene Digital-Manufacturing-Verfahren auf ihre Anwendbarkeit sowie ihre Kostenstruktur speziell in Bezug auf die Kreativwirtschaft hin untersucht. Wichtige Parameter wie die Anwendbarkeit, Kostenstruktur und die Abläufe innerhalb der verschiedenen IT-Werkzeuge sollen evaluiert und vereinfacht werden. In den Bereichen Design, Medien, Werbung und Architektur werden derzeit meist noch teure konventionelle Verfahren eingesetzt. Mit diesem Projekt sollen die bestehenden Hürden beim Einsatz von Digital-Manufacturing-Verfahren überwunden und ein breiterer kostengünstigerer Einsatz forciert werden.

# Umgang mit Mitarbeitern in Lebenskrisen

Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann

**Untersucht wird, welche Art der Bewältigung einer Lebenskrise die Wahrscheinlichkeit einer persönlichen Reifung vergrößert. Die quantitative Auswertung einer Befragung von 515 Personen identifiziert die flexible Zielanpassung als vorteilhaften Bewältigungsstil. Da mit einer persönlichen Reifung regelmäßig neue Fähigkeiten erworben werden und diese für Unternehmen interessant sein können, sollten Personalmanager die Einrichtung eines Unterstützungsprogramms erwägen. Konkrete Empfehlungen dazu werden gegenwärtig noch erarbeitet.**

Which coping strategy increases the probability for personal growth in the case of a profound crisis? To answer this question a quantitative analysis of a questionnaire filled in by 515 people identifies flexible goal adjustment as an effective coping strategy. This has practical implications because in personal growth people usually develop new capabilities which may be interesting for corporations. Therefore, personnel managers should consider implementing an employee assistance program.

Im menschlichen Leben treten immer wieder Krisen auf; das ist unvermeidlich. Private Ursachen hierfür sind Todesfälle, Partnerschaftsprobleme oder auch schwere Krankheiten. Aber auch berufliche Phänomene wie der Verlust des Arbeitsplatzes, Burn-out oder Mobbing Erfahrungen kann eine Lebenskrise auslösen. Ist dies für Personalmanager ein relevantes Thema? Augenscheinlich schon, denn die Leistungsfähigkeit betroffener Mitarbeiter lässt regelmäßig nach. Wie sollte man damit umgehen? Sollte man sich vom Mitarbeiter trennen oder sollte man die Krisenbewältigung unterstützen? Letzteres klingt gut, aber wie rechtfertigt man die Kosten einer solchen Unterstützung? Mit Moral? Oder gibt es eine ökonomische Überlegung dergestalt, dass eine erfolgreiche Krisenbewältigung den Mitarbeiter reifen lässt, was wiederum zu einer besseren Leistungsfähigkeit und zu einer Rechtfertigung der Unterstützungskosten führt?

Das Forschungsprojekt widmet sich dem letztgenannten ökonomischen Aspekt, der sich in zwei Teile gliedern lässt: Wie sollen Mitarbeiter mit einer Lebenskrise umgehen, und wie soll ein Unternehmen diesen Umgang unterstützen? Beide Teile werden im Forschungsprojekt untersucht. Zum ersten Teil liegen bereits Ergebnisse vor, die im Weiteren kurz dargestellt werden.

Nach einer Sichtung des relevanten Schrifttums wurde deutlich, dass die Frage, wie Mitarbeiter mit einer Lebenskrise umgehen sollen,

schon Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Unter den Überschriften „Lebenskrise“ und „Reifung“ wurden insbesondere auch positive ökonomische Auswirkungen einer erfolgreichen Krisenbewältigung referiert. Die Voraussetzung ist allerdings, dass ein Mitarbeiter im Zug der Krisenbewältigung reift.

Um den Begriff der Reifung besser zu fassen, wurde im Forschungsprojekt auf das Zwei-Prozess-Modell der Entwicklungsregulation zurückgegriffen, das Brandtstädter und Renner bereits 1990 entwickelt haben. Dieses gut eingeführte Modell lässt sich um Überlegungen zu Persönlichkeits- und Verhaltenseigenschaften wie Hartnäckigkeit und Flexibilität ergänzen, sodass konkreter untersucht werden konnte, welche Persönlichkeits- bzw. Verhaltenseigenschaften die Reifung fördern. Insbesondere wurden zwei Hypothesen formuliert:

1. In einer Lebenskrise hat eine rigide Zielverfolgung einen positiven Einfluss auf die persönliche Reifung.
2. In einer Lebenskrise hat eine reflektierte Zielanpassung einen positiven Einfluss auf die persönliche Reifung.

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde eine empirische Untersuchung in der Form einer Online-Befragung durchgeführt. Bei einer Bruttobeteiligung von 1386 Personen füllten insgesamt 516 Teilnehmer den Online-Fragebogen vollständig aus und wurden somit in die

Ergebnisauswertungen einbezogen. Dies entspricht einer Beendigungsquote von 37 %, die sich angesichts des sensiblen Befragungsthemas als positiv bewerten lässt. Von diesen 516 Personen waren 411 (80 %) weiblich und 105 (20 %) männlich. Das Alter der Teilnehmer variierte zwischen 18 - 75 Jahren; der Altersdurchschnitt betrug 38,9 Jahre bei einer Standardabweichung von 12,3 Jahren. Es gab 161 (30 %) ledige Personen, 261 (51 %) Personen waren verheiratet oder lebten in einer Partnerschaft, 70 (14 %) Personen waren geschieden oder lebten getrennt und 24 (5 %) waren verwitwet.

Das Bildungsniveau der Stichprobe setzte sich wie folgt zusammen: 156 (30 %) der befragten Personen hatten ein Hochschulstudium beendet, 142 (27 %) hatten das (Fach-)Abitur, 167 (32 %) die mittlere Reife, 46 (8 %) einen Haupt- bzw. Volksschulabschluss und 5 (1 %) Personen hatten keinen Schulabschluss. Mit 278 Personen war mehr als die Hälfte (53 %) der Stichprobe berufstätig, 64 (12 %) Personen befanden sich noch im Studium und 19 (3%) waren in einer beruflichen Ausbildung. 55 (10 %) der Befragten waren arbeitssuchend, 40 (7 %) im Haushalt tätig und 60 (11 %) in Rente bzw. im Vorruhestand.

Die statistische Auswertung der Daten legt die Vermutung nahe, dass die Bewältigung von Krisen die persönliche Reifung tatsächlich fördert. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse, dass die beiden Bewältigungsstile eine unterschiedliche Bedeutung hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Reifung haben. Hypothese eins wurde nicht bestätigt; Hypothese zwei konnte bestätigt werden. Der flexibel-anpassende Bewältigungsstil erzielt - mit anderen Worten - eine größere Wirkung auf die Reifung als der hartnäckig-verfolgende Bewältigungsstil.

Wenn man nun dieses Ergebnis mit Forschungsergebnissen aus dem Schrifttum kombiniert, dass im Zug der Reifung neue Eigenschaften erworben werden, dann gewinnt das Ergebnis für Unternehmen an Relevanz, sofern den neuen Eigenschaften ein positiver Einfluss auf die Leistungsfähigkeit zugesprochen wer-

den darf. Beispiele hierfür werden im Schrifttum beschrieben. Aus diesem Grund lässt sich begründen, warum Unternehmen betroffene Mitarbeiter unterstützen sollten. Die Begründung stellt nicht auf Moral ab, sondern auf positive Wirkungen für das Erreichen der Unternehmensziele.

Vor diesem Hintergrund lassen sich drei allgemeine Aufgaben für Führungskräfte erkennen, deren Bearbeitung dazu dienen soll, die angestrebten positiven Wirkungen auszulösen:

1. ERKENNEN einer Lebenskrise bei Mitarbeitern.
2. UNTERSTÜTZEN bei der Krisenbewältigung, indem auf eine reflektierte Zielanpassung bzw. einen flexiblen Bewältigungsstil hingewirkt wird.
3. FESTSTELLEN des faktisch gewählten Bewältigungsstils, sodass die Führungskraft begründet auf Reifung schließen kann.

Im Forschungsprojekt wird derzeit untersucht, welche Empfehlungen für die Bearbeitung dieser Aufgaben erarbeitet werden können.

#### AUTOREN

**Prof. Dr. rer. pol. habil.  
Matthias Graumann**  
Fakultät B+W  
Lehrgebiete: Unternehmens-  
führung, Organisation  
matthias.graumann@  
hs-offenburg.de



# Preis- und Qualitätsbenchmark von Dienstleistern für das 3D-Drucken

*Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk, Steffen Schrock B. Eng.*

**In den letzten Jahren haben sich viele Dienstleister für 3D-Drucke etabliert. Um die Auswahl zu erleichtern, wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts ein Benchmark erstellt. Dabei wurden zunächst Musterteile entwickelt und angefragt. Anschließend wurden diese Teile mit verschiedenen Prüfmethoden untersucht und bewertet. Die umfangreichen Ergebnisse ermöglichen nun die Auswahl von geeigneten Dienstleistern für den 3D-Druck anhand von technischen und wirtschaftlichen Kriterien.**

This publication aims at providing an overview of the market for service industry in additive manufacturing. The focus lays on the market for 3D-printing, because it offers a large scope of applications. First, an extensive market analysis provides an overview of the available manufacturing capacities and range of feasible product sizes. Next, several sample components were developed. In addition, extensive testing was conducted to determine the quality of the components. The results support the user in the selection and appraisal of service providers according to technical and economic criteria.

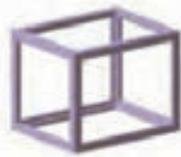
Um kleinen und mittleren Unternehmen der Kreativwirtschaft den Einsatz von Digital Manufacturing-Technologien näherzubringen, hat das Forschungsprojekt „DiMa – Digital Manufacturing für die Kreativwirtschaft“ zum Ziel, aktuell bestehende Hürden abzubauen. Hierfür erfolgt zunächst eine Auswahl geeigneter Verfahren für die Kreativwirtschaft, unter Bewertung technischer und wirtschaftlicher Kriterien. Anhand dieser Kriterien können die Unternehmen neben der technischen Umsetzbarkeit ihrer Projekte auch die Wirtschaftlichkeit der zu fertigenden Modelle prüfen.

Heute existieren auf dem Markt zahlreiche Verfahren, die mithilfe der Technologie des Additive Manufacturing in der Lage sind, Modelle für verschiedenste Anwendungsgebiete zu generieren. Das Spektrum der dazu eingesetzten Anlagen reicht von Selbstbaukästen für den Heimwerker- und Hobbybedarf bis hin zu Großgeräten, die ihren Einsatz in der Industrie finden. Als bedeutende Technik hat sich das Verfahren des 3DP (3D-Printing) etabliert. Es bietet die Möglichkeit, Modelle in Vollfarbe herzustellen. Mittlerweile bieten auch einige Dienstleister an, das 3D-Drucken im Auftrag ihrer Kunden auszuführen. Allerdings liegen bisher kaum verlässliche Analysen zu den Kosten- und Leistungsstrukturen dieser Anbieter vor.

Im Rahmen eines Benchmarks wurden anhand von Anfragen an diese Dienstleister

bestehende Preisdifferenzen ermittelt und die gelieferten Modelle hinsichtlich qualitativer und quantitativer Kriterien bewertet und verglichen. Die gewonnenen Ergebnisse dienen im Projekt DiMa zur Unterstützung der Auswahl von geeigneten Verfahren in der Kreativwirtschaft. Durch eine Marktrecherche war es möglich, 28 Dienstleister zu ermitteln, die eine Modellfertigung mit 3DP-Verfahren anbieten. Neben dem Standort von nationalen und internationalen Anbietern wurde auch der von den Dienstleistern eingesetzte Druckertyp und somit die maximal herstellbare Modellgröße dokumentiert.

Um aussagekräftige Preisspannen ermitteln zu können, wurde bei den Anbietern ein Angebot über fünf Modelle angefragt (Abbildung 1). Die Auswahl der Modelle erfolgte gezielt im Hinblick auf nachfolgende Prüfverfahren. Nachdem ausreichend Angebote vorlagen, konnten anhand dessen Aussagen über die Dauer der Angebotserstellung, den Preis und die angegebene Lieferzeit getroffen werden. Um die erhaltenen Angebote hinsichtlich deren Leistungen untersuchen zu können, wurden zehn Anbieter damit beauftragt, jeweils das gleiche Modell zu fertigen. Infolge der Analysen ergaben sich Messgrößen, die Auskünfte über die Qualität der Dienstleister geben. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, erfolgte eine Ermittlung des jeweiligen Klassenbesten (Best in Class)



specimen number	1	2	3	4	5
price range (1 pc.) [€/cm <sup>3</sup> ]	0,57- 2,97	0,57- 2,75	0,57- 2,76	0,60- 4,21	0,56- 2,15
av. price (1 pc.) [€/cm <sup>3</sup> ]	1,47	1,34	1,35	2,16	1,16
price range (20 pc.) [€/cm <sup>3</sup> ]	0,57- 2,77	0,19- 2,75	0,48- 2,76	0,56- 3,64	0,48- 1,59
av. price (20 pc.) [€/cm <sup>3</sup> ]	1,14	0,92	0,96	1,60	0,88
av. discount (20 pc.) [%]	22,4	31,3	28,9	25,9	24,1
volume [cm <sup>3</sup> ]	110,9	96,1	125,8	44,7	208,8
volume: enveloped volume	1:19,4	1:2,0	1:5,1	1:6,2	1:15,5

\*source: thingiverse.com

**Abb. 1:**  
Musterteile für die Anfragen im Rahmen des 3D-Druck-Benchmarks

innerhalb der Kriterien. Diese Werte dienen als Maßstab für die Gegenüberstellung der untersuchten Wettbewerber. Aufgegliedert wurden diese Kriterien in einen kundenspezifischen und einen produktspezifischen Ansatz. Der kundenspezifische Ansatz umfasst all jene Faktoren, die im Verlauf eines Bestellprozesses auftreten. Beginnend mit dem geforderten Endpreis, der alle Zusatzkosten – wie zum Beispiel auftretende Verpackungskosten – enthält, wurden anschließend die angebotenen Zahlungsmöglichkeiten ausgewertet. Zudem konnten Abweichungen zwischen angegebener und tatsächlich benötigter Lieferzeit analysiert werden. Im produktspezifischen Ansatz tritt das erhaltene Modell in den Fokus. Hierbei wird das gelieferte Produkt insbesondere auf seine technischen Eigenschaften untersucht. Im Labor der Hochschule Offenburg wurden verschiedene Prüfungen durchgeführt, um die

Modelle nach definierten Prüfnormen zu testen.

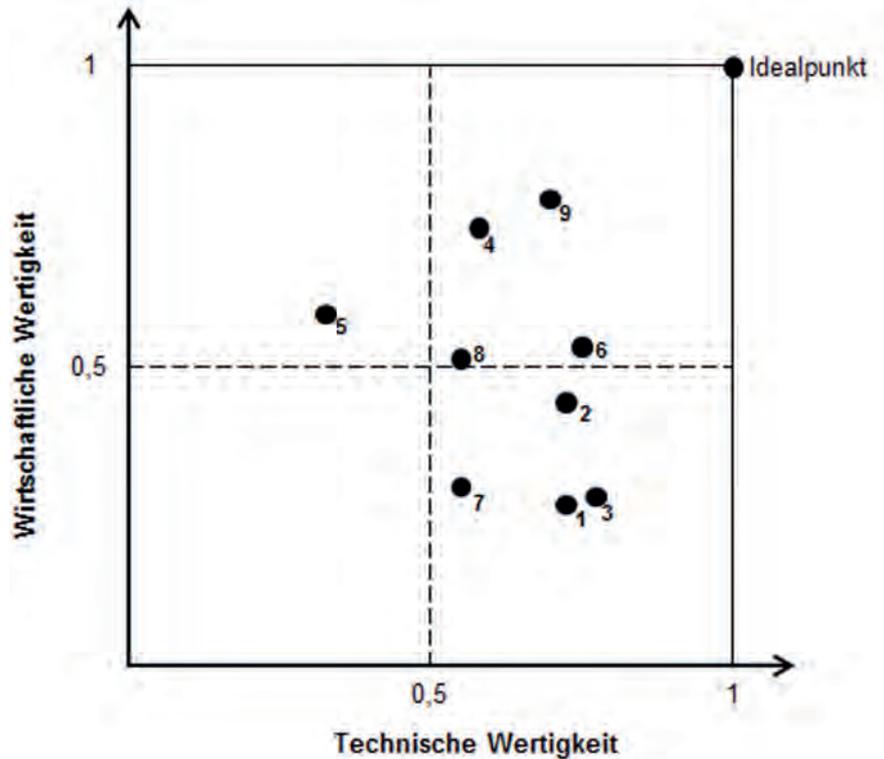
Zu Beginn erfolgte die Auswahl möglicher Dienstleister. Dabei mussten die Anbieter gefunden werden, die das geforderte 3DP-Verfahren in ihren Leistungen führen. Die in dieser Arbeit ausfindig gemachten nationalen und internationalen Anbieter, welche Modelle mit 3D-Pulverdruck erzeugen, wurden um eine Angebotsabgabe gebeten. Der Umfang der geforderten Leistung beinhaltete die Herstellung einzelner Modelle mit unterschiedlicher Geometrie. Hierbei wurden einige Objekte selbst konstruiert und andere aus Open-Source-Datenbanken für 3D-Modelle bezogen. Mit Hilfe der Modelle wurden die Anbieter aufgefordert, ein Angebot abzugeben. Auf diese Weise konnten die Preise der einzelnen Dienstleister ermittelt werden. Im Lauf der Analysephase wurde ermittelt, welche Drucker die Dienstleister verwenden. Bei 15 Dienstleistern

gelang es, den verwendeten Gerätetyp in Erfahrung zu bringen. Als populärster Drucker wurde der Typ ZPrinter 650 identifiziert. Er wird von mehr als der Hälfte der Dienstleister verwendet. Neben marginalen Unterschieden wie Druckgeschwindigkeit und Detailwiedergabe ist die Baukammer die elementarste Differenz zwischen den Geräten.

Während der Modellanfrage konnten drei unterschiedliche Anfragearten der Dienstleister identifiziert werden. Hierzu zählen der direkte Upload der STL-Datei, die Anfrage über ein Online-Formular sowie die Anfrage via E-Mail. Nach dem Bestellvorgang bis zur Lieferung der geordneten Modelle wurden Lieferzeiten von drei bis zu fünfzehn Werktagen festgehalten. Lediglich ein Anbieter hatte auch nach 22 Werktagen noch nicht geliefert. Anschließend wurden die Modelle folgenden Prüfungen unterzogen: Sichtprüfung, Prüfung auf Maßhaltigkeit und Härteprüfung.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es sogar ohne CAD-Kenntnisse möglich ist, ein Modell mit dem 3DP-Verfahren fertigen zu lassen. Ist der Kunde im Besitz einer Kreditkarte oder eines PayPal-Kontos, lassen sich zudem internationale Dienstleister mit einbeziehen. Bei diesen handelt es sich oft um größere Dienstleistungsunternehmen, die in der Lage sind, attraktive Preise und eine breite Materialvielfalt anzubieten. Sie richten sich vor allem an Privatanwender, die wenig Wert auf eine zeitnahe Lieferung legen.

Die geforderten Preise der Anbieter lassen sich vereinfacht durch die Kosten pro Modellvolumen ausdrücken. Dabei ergaben sich deutliche Preisspannen zwischen 0,56 € und 4,21 € pro Kubikzentimeter. Die Dienstleister haben unterschiedliche Druckertypen zur Fertigung der Modelle. Abhängig vom verwendeten Drucker haben sie unterschiedlich große Baukammern zur Verfügung. Bei größeren Modellen wird dadurch die Auswahl der potenziellen Dienstleister weiter eingegrenzt. Besonders das Kriterium der Lieferzeit könnte für viele Anwender ausschlaggebend sein. Für entwicklungsbezogene Aufträge gilt es zwischen dem billigsten Anbieter und Anbietern mit günstigen Konditionen und kurzen Lieferzeiten abzuwägen.



**Abb. 2:** Technisch-Wirtschaftlicher Vergleich verschiedener Dienstleistungsanbieter

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die benötigte Stückzahl. Zieht es ein Auftraggeber in Erwägung, Modelle in höherer Stückzahl fertigen zu lassen, verhalten sich die Preisstrukturen entscheidend anders. Aus Rücksprache mit den Anbietern ging hervor, dass diese bei Einzelbestellung einen Zuschlag für die Einrichtung der Anlage berechnen. Allerdings nehmen nicht alle Anbieter eine Preisstaffelung vor. Deshalb gilt es bei Bestellungen in größeren Stückzahlen auf eine Staffelung zu achten.

Qualitative Unterschiede lassen sich nicht aus den Preisstrukturen ablesen. Jedoch konnte durch eine technisch-wirtschaftliche Bewertung festgestellt werden, dass sich vier von den neun getesteten Anbietern im starken wirtschaftlichen und technischen Bereich platzieren (Abbildung 2). Bei der Ermittlung des idealen Kostenziels wurden Vergleichswerte verwendet, die aus der Literatur [1] bzw. aus den Informationen von Anlagenherstellern entnommen wurden [2].

Die hier dargestellten Forschungsergebnisse wurden im Projekt „DiMa – Digital Manufacturing für die Kreativwirtschaft“ erarbeitet. Das Projekt ist Teil des Karl-Steinbuch-Forschungsprogramms, das im Rahmen der Zukunftsoffensive III des Landes Baden-Württemberg finanziert wird. Projektträger ist die MFG-Stiftung Baden-Württemberg. Weitere Projektpartner sind BCT, Willstätt, das Architekturbüro falk&kremer, Karlsruhe und Prof. Dipl.-Designerin Hirtes (Fakultät Medien und Informationswesen).

#### Referenzen

- [1] N.N., Whitepaper Zcorporation, 2009  
 [2] www.projekt-3d-drucker.de (aufgerufen am 2. April 2014)

#### AUTOREN

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk**  
 Laborleiter  
 Rapid Prototyping  
 stefan.junk@  
 hs-offenburg.de



**Steffen Schrock B. Eng.**  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt DiMa  
 steffen.schrock@  
 hs-offenburg.de





**m-eXchange**

## Der eProcurement Experte

[www.m-eXchange.de](http://www.m-eXchange.de)

Die m-eXchange bietet ihren Kunden branchenübergreifende, ganzheitliche Beschaffungs-, Handels- und Kommunikationsplattformen. Die Kombination aus eProcurement-Portal, eShops und operativen Einkaufsdienstleistungen wie Sonderbeschaffung (Spot Buy), Freitextbestellung, vorverhandelter Katalog und Outsourcing von Warengruppen für indirektes Material sind einzigartig am Markt.

### Für unseren Ausbau des IT- und Rechenzentrumsbetriebs Haslach im Kinzigal suchen wir einen

- **Systemadministrator & Applikationsbetreuer**  
 Betreuung und Sicherstellung des täglichen Betriebs sowie der laufenden Anwendungen, Mitarbeit in Projekten sowie konzeptionelle Weiterentwicklung unserer Applikationen.
- **eCatalog Manager**  
 Betreuung Applikation Catalog Importer und Sicherstellung fristgerechter Datenim- und exporte, Abstimmung mit Kunden und Lieferanten hinsichtlich des Kataloginhalts, Mitarbeit in Projekten sowie konzeptionelle Weiterentwicklung unserer Applikationen.
- **eProcurement Administrator/ Kundenbetreuer/ Anwendungsberater**  
 Beratung, Betreuung und Konfiguration unserer eProcurement Plattformen, 2nd Level Support für Kunden & Schulungen, Prozess- und Plattform Testing, Mitarbeit in Projekten sowie konzeptionelle Weiterentwicklung unserer Applikationen.

Sie passen zu uns, wenn Sie bereits Kenntnisse in der Anwendungsbetreuung von eProcurement und Webshop Systemen haben sowie sich in einem oder mehreren Technologie- Bereichen wie z.B. VMWare ESX, XML, XSLT, Java, Tomcat7, Oracle12 auskennen. Von Vorteil, aber kein Muss sind Kenntnisse im Umgang mit SAP idocs.

Sind Sie gerade oder demnächst fertig mit der Uni oder Fachhochschule?  
 Oder haben Sie bereits 5-10 Jahre Berufserfahrung und suchen die nächste Herausforderung?

Dann kommen Sie zu uns und gestalten Sie mit uns die eProcurement Zukunft! Es erwartet Sie ein motiviertes Team, eine spannende und abwechslungsreiche Tätigkeit mit viel Raum für Entwicklungsmöglichkeit.

Bitte senden Sie Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen an  
 m-eXchange AG, Am Helgenberg 15, 77716 Haslach iK.  
 ausschließlich per Mail an [jobs-in-haslach@m-exchange.de](mailto:jobs-in-haslach@m-exchange.de)

# Wireless in Safety Critical Applications – Benchmarking of Long Range (LoRa™) Communication at 2.45 GHz

*Prof. Dr. Ing. Thomas M. Wendt, Franziska Volk B. Eng., Prof. Dr. Ing. Elke Mackensen*

---

Der Trend der letzten Jahre zeigt, dass drahtlose Funktechniken mehr und mehr in industrielle Applikationen zum Einsatz kommen. Erste Schritte sind somit getan, um Funktechniken zu einem Standard für industrielle Anwendungen werden zu lassen. Jedoch gibt es gerade im industriellen Umfeld Herausforderungen an den Einsatz von drahtlosen Funktechniken, die derzeit noch nahezu ungelöst sind. Eine dieser Herausforderungen sind die sehr hohen Anforderungen nach Sicherheit (Safety) in industriellen Anwendungen. Lösungsansätze für diese Herausforderung sind alle recht ähnlich. Die direkte Verbindung von einem Funknetzwerkteilnehmer zu einem anderen wurde bisher recht spärlich untersucht. Eine neue Funktechnik namens LoRa™ könnte als mögliche Lösung gesehen werden, dieses Defizit an Sicherheit (Safety) innerhalb von Drahtlosverbindungen zu beheben.

The demand of wireless solutions in industrial applications increases since the early nineties. This trend is not only ongoing, it is further pushed by developments in the area of software stacks like the latest Bluetooth Low Energy Stack. It is also pushed by new chip-designs and powerful and highly integrated electronic hardware. The acceptance of wireless technologies as a possible solution for industrial applications, has overcome the entry barrier. The first step to see wireless as standard for many industrial applications is almost accomplished. One highly challenging and demanding requirement is still unsolved: The aspect safety and robustness. Those topics have been addressed in many cases but always in a similar manner. So far the pure peer to peer link is rarely investigated and there are less safety solutions available. One product called LoRa™ can be seen as one possible solution to address this lack of safety within wireless links.

---

## INTRODUCTION

LoRa™ is a Trademark and the developed modulation is patented by the Semtech Corporation for the frequency range 860 MHz to 1020 MHz. LoRa™ can be taken into account as an adequate solution to solve safety topics in the 868/915 MHz frequency band (e.g. chip SX1272/73 [6]). Nevertheless, when focusing on the 2.45 GHz ISM frequency band we have to pick the latest development from the company EM Microelectronic. EM Microelectronic developed a LoRa™ – modulation chip so called EM9101 for the 2.45 GHz frequency band, which is based on the Semtech technology. This transceiver-modem-design provides an ultra-long range spread spectrum communication and also high interference robustness. The spread-spectrum technology is not new but

implemented into a 2.45 GHz frequency based chip which can be taken as add on modem to a standard transceiver chip (EM9203 [4;5]). The gain for the air-link-budget which is more than 20 dBm can be either be utilized to obtain a huge communication distance or it can help to improve the safety/robustness of the wireless link [1].

The specific spread spectrum modulation and a coding method is used to transmit data with a low transmit power over long distance. The spread spectrum modulation transmits each symbol by several bits, called chips. A spreading factor indicates the ratio between the chip rate and symbol rate.

The modulation chip EM9101 works with the standard transceiver of EM Microelectronics (EM9203) and can reach a link budget of 126 dBm. With this combination a LOS (line of sight) distance of over 10 km is possible, with a data rate of 1.7 kbit/s. Due to the very low power consumption, it allows new system designs and applications where only “energy harvesting” as energy source is available [7].

The user can set the bandwidth (BW), spreading factor (SF) and the error correction rate (CR) for maximum flexibility. Therefore each user can find an optimum trade-off (depending on the application) between link budget, interference immunity, spectral occupancy and data rate.

A general performance analysis of a LoRa™ – modulation chip for the 2.45 GHz will be presented in the following. The system, which has been evaluated, will be described. Followed by a short overview about power consumption and briefly described selected measurements. A crosslink to safety applications is discussed in chapter VI. A short summary completes this survey.

## LORA™ SYSTEM

The off-the-shelf hardware from EM Micro-electronic was used as basis for the test and measurement system. In Figure 1 is given the LoRa™ system hardware.

The corresponding system overview is depicted in Figure 2. To be able to evaluate the safety and robustness of real data, each transmitter was equipped with temperature sensors. A star topology for the sensor-network set-up was selected to investigate the peer-to-peer link and also obtain data to qualify the link quality of the wireless connection link [2].

## POWER CONSUMPTION

When looking at safety application it is mandatory that the wireless sensors respectively the whole wireless system should further operate reliable even in the event of an energy undersupply. Due to this the systems should be energy efficient or even energy autarkic. For the safety perspective it is important to prevent errors or missing data due to empty batteries.

With a maximum transmit power of 3 dBm, LoRa™ has a power consumption of only 0.79 mJ for transmitting a packet with the size of 28 bytes (21 bytes of user data). Table 1 shows the results of these measurements [3].

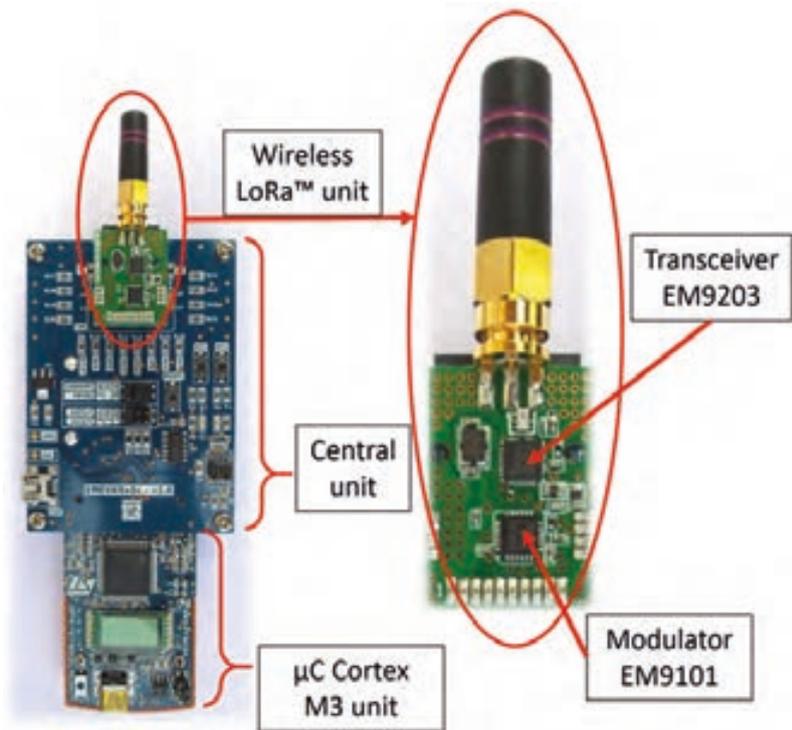


Fig. 1: LoRa™ System Hardware

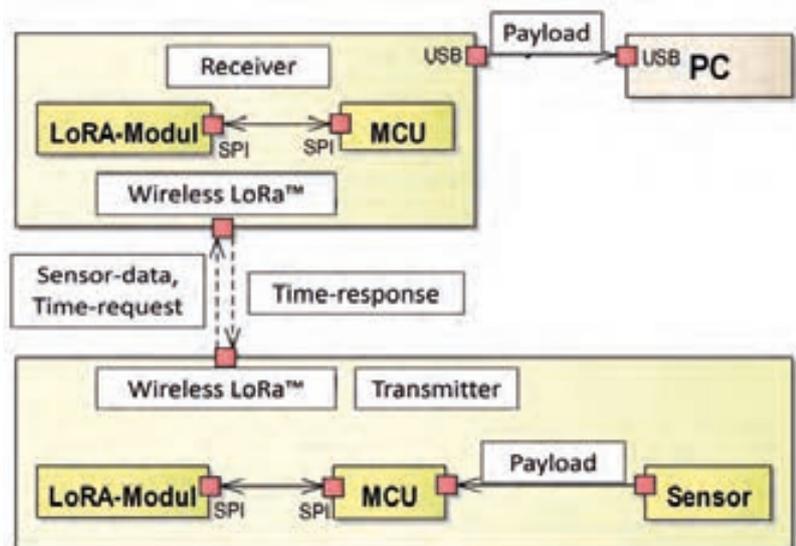


Fig. 2: LoRa™ System Overview

Evaluated RF module modes and phases		spreading factor 7	spreading factor 9	spreading factor 12
Transmit mode	Phase Transmitting of a data packet	0.79 mJ	1.7 mJ	18.6 mJ
	Phase no transmission	16.4 mJ	16.9 mJ	28,5 mJ
Receive mode	Phase continuous receive	59.7 mJ	61.4 mJ	61.8 mJ

Table 1: Power consumption RF module during different phases in Joule

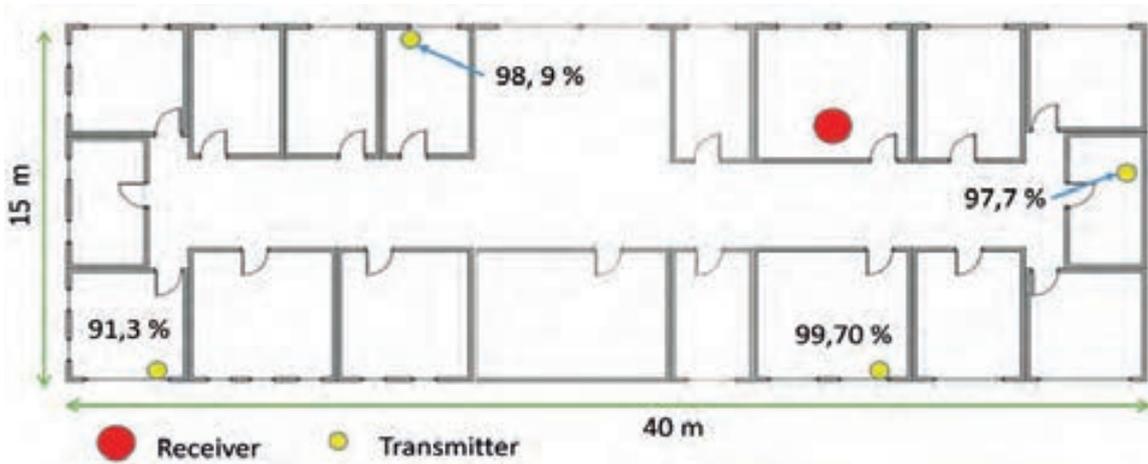


Figure 3:  
Floor set-up

## MEASUREMENTS

Several measurement scenarios have been chosen to show the performance of the modulation and also of the LoRa™ Module.

### A. Scenario 1: Communication on a complete building floor

In this scenario it was tested if it is possible to cover a complete building floor with only one receiver and transmitter placed on the windows in each room. This scenario may be important for monitoring purposes. To estimate the quality of the system, the error rate has been monitored. Even outside the building most of the transferred data could still be received. The set-up and significant error rate numbers of selected receivers are depicted in Figure 3.

### B. Scenario 2: Long-distance measurement (line of sight)

One transmitter was placed on the roof of a building and transmits permanent data packets. The receiver was on the lookout tower of a mountain (Schauinsland). The line of sight is 9.75 km. The measurement was carried out with the highest spreading factor 12 and the error coding correction was set to 4. (Weather conditions: Temperature: 18 °C, Humidity: 55 %, pressure: 1013.3 hPa). During the test, 81.58 % of data packets were received correctly. Even if the receiver faces another direction which means that the antennas were miss lined, still more than 50 % where received correctly.

### C. Scenario 3: influences of materials

One experiment of a series of tests is briefly described in the following. The test was carried out with salty water (not Saltwater). The transmitter was immersed in a container with a salty water mixture to evaluate the influence of salty water. The set-up of the test is shown in Figure 4 (Room and water temperature: 26 °C, salt concentration: 0.77%).

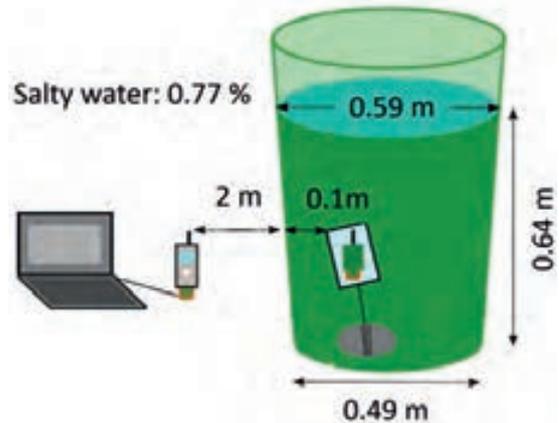


Figure 4:  
Salty-water test

The correct reception rate of the data packets was 94.5%. But this applies only for an approximately width of the water layer between 10 – 12 cm. If the width of the water between the transmitter and receiver increases, the communication is abruptly aborted. There was no increase of the packet error rate before the communication is aborted; like observed in other measurements. The salt-water experience shows that the transmitter is immediately insulated from a certain thickness of the mixture.

The same experiment was carried out with a Bluetooth module. The transmitter has not received a data packet, even after the reduction of the water layer between transmitter and receiver to less than one centimeter.

## RELEVANCE FOR SAFETY APPLICATIONS

All measurements have clearly shown that the technology of LoRa™ can help to address safety aspects in industrial applications. The robustness and the effective degrees of freedom during the configuration of the wireless link (modulation method) are one of the outstanding benefits. The user can adapt the system to its requirements. If considering the IEC61508 [9] which is basically the Functional Safety standard of Electrical/Electronic/Programmable and Electronic Safety-related Systems [8]. We can address two mandatory requirements di-

## References

- [1] Wendt, T M: Design and Evaluation of Wireless Sensor Nodes Implementing Wake-Up Strategies, In Reindl, L.M. (Pub): RF MEMS and Applications, Vol. 1. Tönning: Der Andere Verlag, 2009 ISBN 9783899599619
- [2] Mackensen, E.: Analyse, Simulation und Entwurf intelligenter, autarker Mikrosysteme für drahtlose Sensor-Aktor-Netzwerke. Freiburg, University of Freiburg: Der Andere Verlag, 2006. ISBN 978-389959537-6
- [3] Volk, F.: Entwicklung und Untersuchung eines drahtlosen Kommunikationsnetzwerkes, basierend auf einer Übertragung mittels eines „Long Range“ Modulationsverfahrens. Offenburg, University of Applied Sciences Offenburg: Bachelor Thesis, 2014
- [4] EM Microelectronic. (25th February 2014). Module LoRa™ Fully integrated Contoller EM9101 and EM9203 RF Transceiver - Datasheet-. Downloaded at 16th. July 2014 from [www.emmicroelectronic.com](http://www.emmicroelectronic.com)
- [5] EM Microelectronic-Marin SA. (28th April 2014). EM9203: 1Volt, 2Mbps, 2.4GHz GFSK Transceiver - Datasheet- Version 2.2. Downloaded at 07/10/2014 from [www.emmicroelectronic.com](http://www.emmicroelectronic.com)
- [6] Semtech Corporation. (06/01/2013). Semtech\_sx1272 Datasheet- Ref. 1.0. Downloaded at 03/27/2014 from [www.semtech.com](http://www.semtech.com)
- [7] Mackensen, E.; Wendt, T. M. : Energy-Harvesting-basierte Energieversorgungen für drahtlose Sensor-Systeme: Analyse kommerziell verfügbarer Lösungen und daraus abgeleitete Design-Konzepte. In: WEKA Fachmedien GmbH (Hrsg.): 1. Elektronik energy harvesting congress 2012, Tagungsunterlagen. München: WEKA Fachmedien GmbH, 2012. – ISBN 978-3-645-50076-0
- [8] Standard IEC 61508-1:2010 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- [9] Standard IEC 60601-1:2005 + Cor. :2006 + Cor. :2007 + A1:2012 Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance

versity and redundancy to obtain a safe system. When looking at the standard it is not clearly elaborated which safety integration level (SIL 1-4) is achievable when operating a wireless link. Therefore only a rough concept will be described in the following.

A redundant communication link can be seen as established if considering the LoRa™ as a safe solution as for the 2.45 GHz frequency band as well for the 860 MHz Frequency band. Assuming both technologies and frequencies are in use at the same time in a system. More precisely one frequency is used as master communication link and the other link is used as control link to verify the transmitted signals or data. It can be assumed that it will happened extremely rarely, or it seems to be even impossible that the data in both communication links will be corrupted at the same time, at the same byte or bit and in the same manner. This approach can also be used in 1oo2, 2oo2, or even 2oo3 (e.g. 1oo2 means “one out of two”) Systems where the signals are equally rated. For instance in a 2oo2 system the signals are more or less connected in a parallel manner. An action (e.g. valve open, motor torque off, power off) will be carried out even if one link is inoperative [8].

Furthermore the concept can be seen as diverse because of the use of different frequency bands, manufacturing processes, manufacturing companies and different silicon technologies. On these grounds, two main aspects of the IEC 61508 are met towards a safe wireless system.

## SUMMARY

In this paper the results of a benchmark analysis of the new Long Range (LoRa™) wireless modulation technology has been presented. The benchmark analysis have been carried out with LoRa™ transmitters and receivers. The outstanding features of LoRa™ based wireless sensor system which has been exposed during the benchmark analysis are:

- Worldwide toll-free ISM frequency band.
- Robust to signal cancellation due to fading. Because of the large bandwidth is only a part of the spectrum affected usually.
- Due to the fact, that the original signal can only be recovered when the spreading code is known, the signal is protected against unwanted eavesdroppers. By distributing the transmit power on a wider range of frequencies, the spectral power density in noise and is not visible for outsider, more robust against disturbances in the transmission band. The transmission power is distributed to a wide range by spreading. The disrupt signal gets a lower signal level and carries less weight.
- Resistance to echo in the radio channel. Only the signal from the „synchronized path“ is demodulated. The echoes are not retrograde spread and are thus negligible.

## AUTOREN

**Prof. Dr. Ing. Thomas M. Wendt**  
Fakultät B+W  
Verantwortung Labor  
Elektrotechnik/Elektronik  
Forschung: Funktionale  
Sicherheit IEC61508, drahtlose  
Mikrosysteme, Automatisierung  
Safety-Solutions mit FPGAs



**Prof. Dr. Ing. Elke Mackensen**  
Fakultät E+I, Fakultätsrat E+I,  
Mitglied IAF, Verantwortung  
Labor Mikroelektronik und  
Schaltungstechnik  
Forschung:  
Mikroelektronikentwurf,  
Verteilte Sensorsysteme,  
Autarke, drahtlose Mikrosys-  
teme



**Franziska Volk B. Eng.**  
Akad. Mitarbeiterin  
Betreuung Labor Schaltungs-  
technik (E+I), Bachelorthesis:  
Entwicklung u. Untersuchung  
eines drahtlosen Kommunika-  
tionsnetzwerkes, basierend  
auf einer Übertragung mittels  
eines „Long Range“ Modula-  
tionsverfahrens





## Institut für Energiesystemtechnik

*Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, Leiter der Institute INES und IAF*

Seit 2012 ist das INES in den Büro- und Laborräumen auf dem Campus Nord im Ortsteil Bohlsbach auf dem ehemaligen Dietrich Speditionsgelände untergebracht. Als geschäftsführender Leiter zeichnet ist Prof. Elmar Bollin für insgesamt 19 Institutsmitglieder, davon sechs Professoren, verantwortlich. Stellvertretender INES-Leiter ist Prof. Dr. Jens Pfafferott .

Heute bietet das INES ein Dach für Forschung und Entwicklung im Bereich der Gebäude- und Energiespeichertechnik, des Energiemanagements und dem Steuern, Regeln und Monitoring von Energiesystemen, der PV-Produktionstechnik, der Elektromobilität, energiewirtschaftliche Fragestellungen sowie der Smart-Grid-Technologie. Die interdisziplinäre Zusammensetzung des INES-Teams ermöglicht die Teilnahme an zahlreichen öffentlichen Ausschreibungen, bei denen gerade eine umfassende Sicht auf das Energiethema gefordert ist. Aktuell haben sich folgende fünf Forschungsgruppen mit breit gefächerten Themenspektren herausgebildet:

- *Forschungsgruppe NET* – Nachhaltige Energietechnik unter Leitung von Prof. Elmar Bollin mit derzeit sechs wissenschaftlichen Mitarbeitern
- *Forschungsgruppe ABT* – Advanced Building Technology unter Leitung von Prof. Dr. Jens Pfafferott mit derzeit zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern
- *Forschungsgruppe EES* – Elektrische Energiespeicher unter Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Bessler mit derzeit vier wissenschaftlichen Mitarbeitern

- *Forschungsgruppe NEW* – Nachhaltige Energiewirtschaft unter Leitung von Frau Prof. Dr. Anke Weidlich mit derzeit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter
- *Forschungsgruppe PVT* – PV-Technologie unter der Leitung von Prof. Dr. Daniel Kray

2014 trug das INES mit insg. 1,75 Mio. € zum Drittmittelaufkommen (neu eingeworben) bei. Im Vergleich zu 2013 konnte so das INES seine Einnahmen um ein Vielfaches steigern.

Auch wurde das hybride INES Smart Grid mit großem Eigenaufwand weiter aufgebaut. Seit 2013 steht den Hochschulmitgliedern ein E-Mobil für den alltäglichen Gebrauch zur Verfügung, das seine Energie aus dem u.a. mit Sonnen- und Windenergie gespeisten INES Smart Grid erhält. Über ein Online-Buchungssystem können die Hochschulmitglieder das Fahrzeug am Tag vor der Nutzung reservieren, und das intelligente Ladesystem sorgt selbstständig für die Beladung mit grünem Strom aus dem INES Smart Grid. 2015 soll die bereits installierte Wasserstoffsystemeinheit, bestehend aus Druckelektrolyseur und Brennstoffzelle, verstärkt in das Energiemanagement des INES Smart Grids sowie in der Lehre an der Hochschule mit einbezogen werden. Damit verfügt das INES über eine weitere wichtige Komponente einer nachhaltigen Energieversorgung, die sowohl im Rahmen von Forschungsarbeiten als auch in der Lehre zum Einsatz kommen kann.

# Drei Jahre INES am Standort Bohlsbach – Campus Nord

# Ein E-Mobil Lademanagement für eine CO<sub>2</sub>-freie Mobilität

Jonas Meßmer M. Sc., Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Ein Elektroauto hat in einer dezentralen Stromversorgungsstruktur eine Doppelfunktion. Einerseits ist ein E-Mobil ein Energieabnehmer und andererseits kann die Antriebsbatterie als Energiespeicher in einem Smart Grid genutzt werden. Das INES entwickelt ein Lademanagement, das am institutseigenen E-Mobil erprobt wird. In Abhängigkeit des Mobilitätsbedarfs und des lokalen Energieangebots soll eine möglichst CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität garantiert werden.

In a decentralized electric supply structure, electric cars have a dual function: On the one hand, they are electric consumers; on the other hand, their traction battery can be used as energy storage mediums as part of a smart grid. Offenburg University's Institute for Energy Systems Technology (INES) is developing a charge management system and testing it on its electric car. One major aim of the system is to guarantee mobility in an as CO<sub>2</sub>-neutral way as possible, depending on the respective mobility need and local energy supply. The electric car is part of INES's smart grid, which also consists of a wind turbine, a photovoltaic plant, an electrolyzer with hydrogen storage, a fuel cell, and an accumulator.

Der Betrieb eines E-Mobils ist zunächst frei von CO<sub>2</sub>-Emissionen, der verbrauchte Strom kann aber bei der Bereitstellung erhebliche Mengen an Treibhausgasen verursachen. Der deutsche Strommix hatte 2013 beispielweise einen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 559 g CO<sub>2</sub>/kWh.

Mit Unterstützung des Ökologie- und Innovationsfonds des E-Werk Mittelbadens wurde am Institut für Energiesystemtechnik (INES) ein Elektrofahrzeug beschafft. Das Projekt „E-Mobility meets urban services“ hatte zum einen das Ziel, ein Lademanagement für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Betankung eines Elektroautos zu entwickeln. Zum anderen wird durch ein Monitoring die Mobilität mit einem E-Fahrzeug untersucht. Dazu wird das E-Mobil als Systemkomponente des INES Smart Grids, bestehend aus einem Windgenerator, einer Photovoltaikanlage, einem Elektrolyseur mit Wasserstoffspeicher, einer Brennstoffzelle sowie einem Batteriespeicher, betrieben

In einer dezentralen Netzstruktur wie dem INES Smart Grid [1] kommt einem Elektrofahrzeug eine Doppelfunktion zu. Das E-Mobil ist im Smart Grid zum einen ein Energieverbraucher und kann zum anderen auch als Energienutzer genutzt werden. Für einen Mobilitätsdienst, z.B. einer Fahrt zwischen dem Campus Nord und dem Hauptcampus Offenburg, wird elektrische Energie in mechanische Energie umgewandelt, die dann bei der Beladung dem

Netz entzogen wird. Zur Speicherung überschüssiger Energie, z.B. aus der lokalen Photovoltaikanlage, kann die Kapazität der Fahrzeugbatterie genutzt werden, um später für einen Mobilitätsdienst genutzt zu werden. Eine Rückspeisung der Energie aus der Traktionsbatterie in das INES Smart Grid ist derzeit noch nicht möglich. Im Folgenden soll die Infrastruktur und das Lademanagement vorgestellt werden.

## Das INES E-Mobil

Das INES E-Mobil ist ein für den Straßenverkehr zugelassenes Fahrzeug des Mittelklasse-segments mit fünf vollwertigen Sitzplätzen. Es ist ein LEAF aus dem Jahr 2013 des japanischen Automobilherstellers Nissan. Der Antriebsmotor hat eine Nennleistung von 80 kW und bei 0 – 3000 U/min ein Drehmoment von 254 Nm. Die Nennreichweite nach dem `Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)` ist mit 199 km angegeben. Im Alltag wie hier als Institutsfahrzeug kann je nach Strecke, Fahrweise und Komfortanspruch mit einer Reichweite zwischen 80 km und ein Drehmoment von 254 Nm bei 0-3000 U/min. Die Fahrbatterie, 196 Lithium-Ionen Zellen, hat eine Nennkapazität von 24 kWh bei 360 V. Zur elektrischen Beladung des Fahrzeugs ist am INES-Solar-Carport eine Wand-Ladestation mit einem Ladecontroller angebracht. Über den Ladecontroller, ein EV Charge Control der Firma Phoenix Contact, lässt sich der einphasige

Ladevorgang per Fernzugriff (Modbus TCP) steuern. Es kann u.a. der Beginn der Ladung als auch die Ladeleistung im Bereich von ca. 1,4 kW bis ca. 3,3 kW festgelegt werden.

Auf die Fahrzeugdaten wie z.B. der Batterie-Ladezustand wird über die On-Board-Diagnosesystem-Schnittstelle des Fahrzeugs zugegriffen. Mithilfe einer Anwendungssoftware auf einem Tablet-PC werden die fahrzeuginternen Messdaten über einen Bluetooth-Adapter ausgelesen. Per WLAN werden die Daten zur Speicherung auf einen Server am INES übertragen.

Zur Bestimmung des Mobilitätsbedarfs wurde ein Online-Buchungssystem entwickelt. Mit dem Buchungssystem kann der/die MobilitätsnutzerIn das E-Mobil reservieren. Dabei muss der/die NutzerIn auch die Anzahl der geplanten Kilometer sowie die Art der Nutzung angeben. Aus den beiden letzten Informationen berechnet das Lademanagement den Energiebedarf für die gebuchte Fahrt. Bei der Nutzung wird zwischen einer Stadt-, Überland- und Autobahnfahrt unterschieden, die mit einem unterschiedlichen spezifischen Energieverbrauch einhergehen. Die Buchungsdaten werden auf eine MySQL-Datenbank geschrieben. Das Online-Buchungssystem ist als TYPO3-Extension, Version: TYPO3 6.0.8, umgesetzt und in das Content-Management-System der Hochschule Offenburg eingebunden; derzeit auf einem Testsystem. Erreichbar ist die Seite unter <http://emob.hs-offenburg.de>.

## Lademanagementkonzept

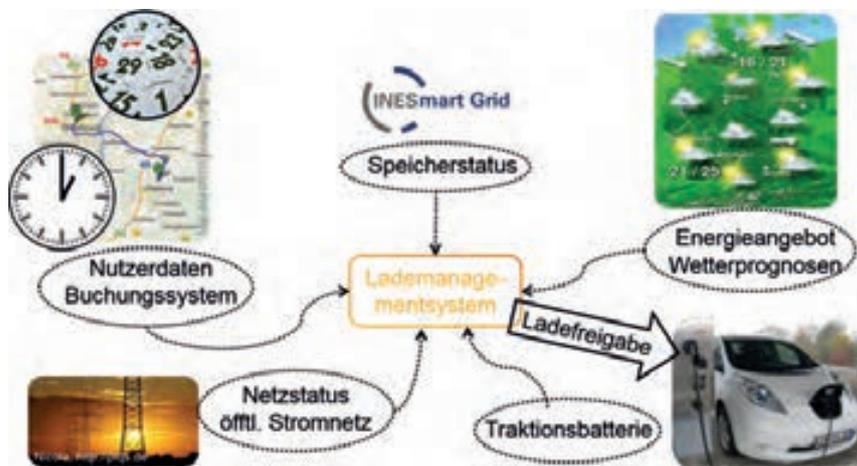
Das Lademanagement des E-Mobils hat primär das Ziel, Mobilität zu garantieren. Das bedeutet, das E-Mobil mit ausreichend elektrischer Energie zu beladen, damit eine geplante Fahrt mit einer definierten Entfernung durchgeführt werden kann. Dabei sollen die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:

- Der Strom für die Batteriebeladung soll vornehmlich von den lokalen Generatoren auf Basis regenerativer Energiequellen (Sonne und Wind) stammen oder aus den Energiespeichern des INES Smart Grids.
- Für die Fahrzeugnutzung wird eine Buchung mit Datum, Dauer und Entfernung geführt.
- Überschüssiger Strom im Smart Grid kann im INES E-Mobil gespeichert werden.
- Wetterprognosen (Solarstrahlungs- und

Windstärke) sollen helfen, die Beladung des Fahrzeugs zu optimieren.

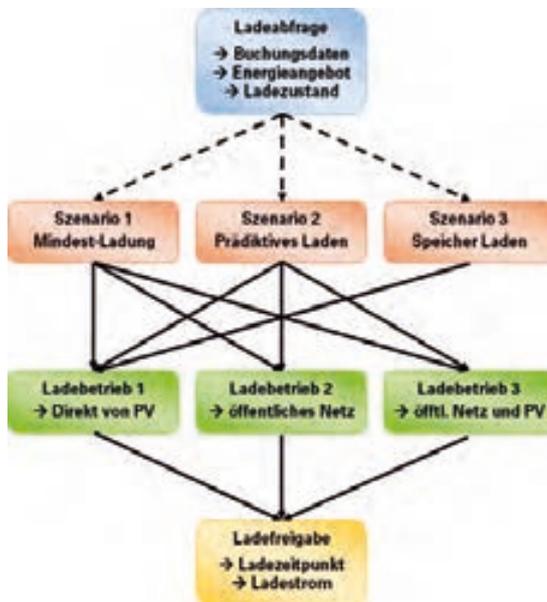
- Bei Überschüssen im öffentlichen Stromnetz kann elektrische Energie zur Entlastung im INES E-Mobil gespeichert werden.

Abbildung 1 zeigt das Lademanagementkonzept für das INES E-Mobil. Die Ladefreigabe, also das elektrische Laden des E-Mobils, erfolgt aufgrund der Nutzungsanfrage aus dem Online-Buchungssystem, dem Speicherstatus im INES Smart Grid, dem Ladezustand der Fahrzeugbatterie, dem Energieangebot und ggf. dem Netzstatus.



**Abb. 1:**  
Schema des E-Mobil-Lademanagements

Für das Lademanagement wurden zum einen Ladeszenarien und zum anderen Lade-Betriebsarten definiert (siehe Abbildung 2). Dem Szenario 1 liegt zugrunde, dass das Fahrzeug einen Mindestladezustand nicht unterschreiten soll. Dies schont zum einen die Batterie und dient als Puffer für spontane Kurzfahrten oder bei Verlängerung einer geplanten Fahrtstrecke. Szenario 2 beschreibt das prädiktive Laden, das die Buchungsanfrage und das zukünftige Energieangebot berücksichtigen soll. Szenario 3 bedeutet, dass überschüssiger Strom aus dem INES Smart Grid in die Fahrzeugbatterie gespeist wird. Aus dem jeweiligen Szenario ergibt sich dann eine der drei Ladebetriebsarten in Abhängigkeit der verfügbaren bzw. zu nutzenden Quellen. Ein Beispiel: Wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie unter einem Mindestwert ist, soll der Akkumulator sofort geladen werden (Szenario 1). Wenn ausreichend PV-Energie vorhanden ist, wird mit dieser Energiequelle geladen (Ladebetrieb 1). Abbildung 2 zeigt vereinfacht die Ladelogik des E-Mobil-Lademanagements. Für den Betrieb des gesamten INES Smart Grids kommen weitere Betriebsszenarien hinzu.



**Abb. 2:**  
Vereinfachte  
Ladelogik des  
E-Mobil-  
Lademanagements

Das Lademanagement wird auf Basis von LabVIEW realisiert. Das heißt, auf dem Programmiersystem werden die Messwerte eingelesen, verarbeitet und die Steuersignale ausgegeben. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer Speicherladung (Szenario 3) mit PV-Energie. Der Stromüberschuss ergibt sich bei einer positiven Differenz zwischen dem Verbrauch dreier Büros am INES (hier ein Lastprofil) und der momentanen Energie aus der INES-Photovoltaikanlage (hier Minutenwerte). Die Fahrzeugladeleistung wird dann entsprechend des solaren Energieangebots gesteuert. Das bedeutet, dass zu diesem Zeitpunkt das Fahrzeug mit regenerativen Energien geladen und die Einspeisung ins öffentliche Netz minimiert wurde.

## Ausblick

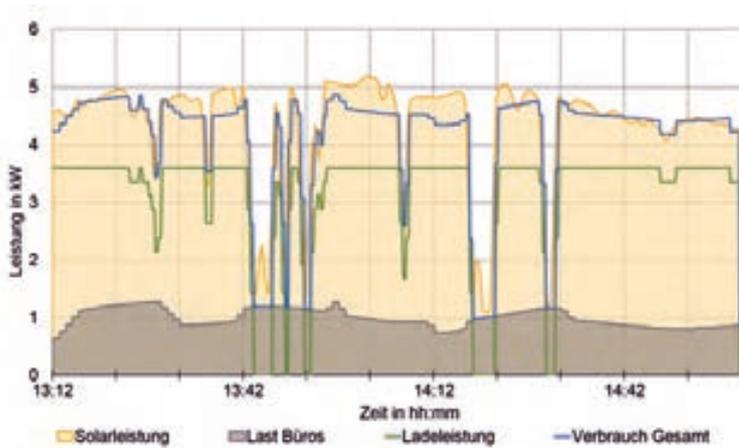
Um unter anderem auch die Speichersysteme wie Batterie und Wasserstoffsystemeinheit zu berücksichtigen, ist als nächster Schritt die Einbindung des Lademanagements in die Energiesteuerung des INES Smart Grid geplant. Das Energiemanagement des Smart Grids wird auf Basis einer Speicherprogrammierbaren Steuerung SPS (IEC-61131-Standard) realisiert. Um auch die Fahrzeug Batterie als vollwertigen Speicher nutzen zu können, wäre die Integration eines bidirektionalen Ladesystems wünschenswert, sodass nicht nur überschüssiger Strom gespeichert werden kann, sondern auch in Zeiten von z.B. hoher Stromnachfrage Energie wieder ins Netz rückgespeist werden kann. Derzeit befinden sich solche Systeme in der Pilotphase.

## Dank

Die Autoren danken dem E-Werk Mittelbaden für die Unterstützung des Projekts im Rahmen des Ökologie- und Innovationsfonds.

## Referenz

[1] Meßmer, Jonas; Bollin, Elmar (2014): Das INES Smart Grid, ein Labornetz für Forschung und Lehre. In: Hochschule Offenburg (Hg.): forschung im fokus. Institut für Angewandte Forschung. Offenburg (17), S. 80–82



**Abb. 3:**  
Fahrzeuginladeszenario 3 in Betriebsart 1 mit einem Verbraucher (Büro) und einer Quelle (PV), vom 1.10.2014

## AUTOREN

**Jonas Meßmer M. Sc.**  
INES-Mitarbeiter  
jonas.messmer@  
hs-offenburg.de



**Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin**  
Institutsleitung IAF und INES,  
Leitung Forschungsgruppe net  
Lehrgebiete: Solarthermie,  
Nachhaltige Energietechnik,  
Gebäudeautomation  
bollin@hs-offenburg.de



# Passivseminargebäude E der Hochschule Offenburg als Demonstrationsgebäude in der Forschung

*Martin Schmelas, Thomas Feldmann, Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott, Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin*

**Das seit September 2014 bezogene Seminargebäude E wurde im Passivhausstandard errichtet und kommt ohne Heizkörper und Klimaanlage aus. Zur Heizung und Kühlung wird hauptsächlich die Betonkerntemperierung (BKT) genutzt. Das Gebäude bietet nicht nur zusätzliche Nutzfläche, sondern dient ebenfalls als Demonstrationsgebäude in der Forschung. Neue adaptive und prädiktive Berechnungsverfahren zur Steuerung der BKT werden hier ab Sommer 2015 unter realen Bedingungen untersucht.**

The new building E was built in passive house standard and comes without radiators and air conditioner. For heating and cooling the concrete core activation is mainly used. The building not only provides additional floor space, but also serves as a demonstration building in research. New adaptive and predictive algorithms for controlling the concrete core activation will be examined under real conditions from the summer of 2015.

## Einleitung

Das im September 2014 bezogene Seminargebäude E der Hochschule Offenburg (Abb. 1) wurde im Passivhausstandard gebaut und ist somit besonders gut isoliert und energieeffizient. Die mit dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) durchgeführten Berechnungen ergaben einen spezifischen Jahres-Heizenergiebedarf von voraussichtlich 19 kWh/m<sup>2</sup>. Der spezifische Jahres-Kühlenergiebedarf liegt rechnerisch bei 66 kWh/m<sup>2</sup>. Diese hohe Kühllast ergibt sich vorrangig aufgrund der hohen inneren Lasten der PC-Pool-Räume, Seminar- und Serverräume. Mit ungefähr 2500 m<sup>2</sup> neuer Nutzfläche bietet das Gebäude zusätzlichen Raum für 53 Mitarbeiter, 540 Seminar- und Vorlesungsplätze sowie 189 Plätze in PC-Pools.

Das Besondere an diesem Gebäude ist, dass es weder Heizkörper noch eine Klimaanlage hat. Die Beheizung der Räume erfolgt über eine Flächenheizung durch die sogenannte Betonkerntemperierung (BKT). Sie gehört zur Gruppe der thermoaktiven Bauteilsysteme (TABS). Hierbei wird die Gebäudestruktur über Rohrschlangen geheizt und gekühlt. TABS haben vergleichsweise niedrige Investitionskosten bei Neubauten und eine hohe Wirtschaftlichkeit aufgrund der hohen Energieeffizienz dieser Systeme. Geringe Übertemperaturen bzw. Untertemperaturen und die große Übertragungsfläche lassen die Nutzung von Um-

weltenergien (Erdreich, Grundwasser, Außenluft) zu. Besonders interessant für Architekten ist die Eigenschaft, dass TABS unsichtbar sind.

Im Gebäude E wird zur Deckung des Heizenergiebedarfs die Energiezentrale der Hochschule Offenburg genutzt. Die dort vorhandenen Wärmeerzeuger liefern über eine Fernleitung die erforderliche Wärme an das Heizungsnetz des Seminargebäudes. Bei erhöhtem Heizbedarf kann zusätzlich über die Lüftungsanlage geheizt werden. Die Deckung des Kühlenergiebedarfs wurde über eine Brunnenwasseranlage mit Schluck- und Saugbrunnen realisiert. Für die Spitzenlastdeckung im Sommer kommen in den PC-Pool-Räumen Kühlbalken zum Einsatz.

Einer der großen Nachteile von TABS sind die niedrigen Heiz- und Kühlleistungen, da die Vorlauftemperatur aufgrund von Kondensation und Unbehagen in Bürogebäuden auf minimal 16 °C und maximal 30 °C begrenzt sind. Zudem ermöglicht die große thermische Trägheit dieser Systeme keine schnelle Reaktion auf Raumtemperaturänderungen. Konventionelle Steuer- und Regelstrategien können nur sehr schlecht mit dieser großen thermischen Trägheit umgehen. Dieser Problematik nimmt sich das am Institut für Energiesystemtechnik (INES) an der Hochschule Offenburg angesiedelte Forschungsprojekt „Prädiktive Algorithmen in komplexen Systemen der Gebäudeautomation–

**Abb. 1:**  
Seminargebäude E der  
Hochschule Offenburg

PAkoGa“ an. Parallel zum Forschungsprojekt wird ein Langzeitmonitoring im Auftrag vom Land Baden-Württemberg durchgeführt. Das im Januar 2015 gestartete Projekt „Netzfrequenter Betrieb von thermoaktiven Bauteilsystemen durch selbstlernende und vorausschauende Anlagensteuerung – Netz-TABS“ nutzt ebenfalls die Infrastruktur des INES sowie das Gebäude.

## Projektbeschreibung

Im Forschungsprojekt „PAkoGa“ sollen unter anderem neue Berechnungsverfahren zur Steuerung und Regelung der BKT entwickelt werden, die sich an jedes Gebäude und deren Nutzer adaptieren können und zudem Wetterprognosen einbeziehen. Eines dieser neuartigen Verfahren soll nach einer einjährigen Inbetriebnahme und Testphase von Gebäude E in dessen Gebäudeautomation implementiert und mit den davor aufgezeichneten Messdaten verglichen werden. Die derzeitige Regelung der BKT findet auf Grundlage von Heiz- und Kühlkurven und einer speziellen Applikation namens DESIGO TABS Control der Fa. Siemens statt.

Um die Funktionalität der neuen Algorithmen hinreichend belegen zu können, wurde bereits vor der Bauphase ein Simulationsmodell des Gebäudes auf Grundlage der Planungs- und Auslegungsdaten erstellt, an dem unterschiedliche Algorithmen getestet werden können. Zur Erstellung des Modells werden die Geometriedaten in Google Sketchup abgebildet (siehe Abb. 2) und in die Anlagen- und Gebäudesimulationssoftware TRNSYS übertragen. Außerdem steht dem INES eine Laborumgebung für die Validierung der Algorithmen zur Verfügung. Diese besteht aus einer begehbaren Klimakammer und zwei thermisch schweren Testkammern mit der Größe von typischen Büroräumen. Die begehbare Außenklimakammer stellt Temperaturen zwischen - 40 und +80 °C bei einer variablen Luftfeuchte zur Verfügung. Zwischen Außenklimakammer und den beiden Testkammern können unterschiedliche Fassadensysteme (auch mit fassadenintegrierter Klima- und Lüftungstechnik) eingesetzt werden. In der Betondecke der Testkammern sind unterschiedliche Flächentemperierungssysteme eingelassen.

Zur Evaluierung des thermischen Komforts werden im Gebäude neben Messdaten ebenfalls gezielte Nutzerbefragungen durch einen Psychologen im Rahmen des Projekts „Netz-TABS“ durchgeführt.

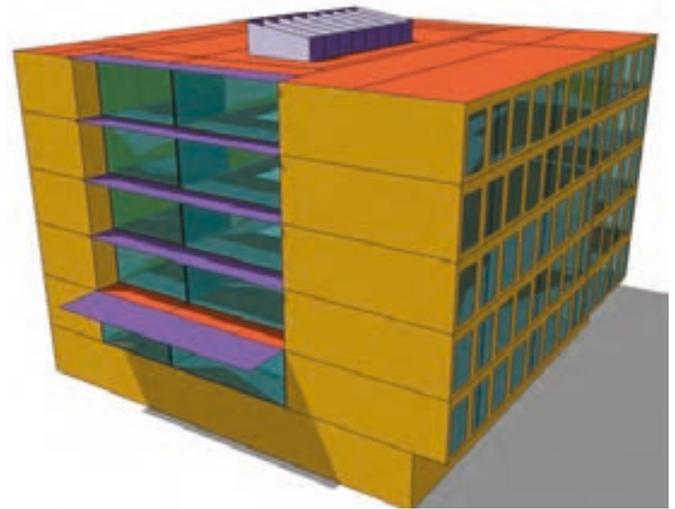


Abb. 2:

Google-SketchUp-Modell des Seminargebäudes E der HSO zur Weiterverarbeitung in der Gebäude- und Anlagensimulationssoftware TRNSYS

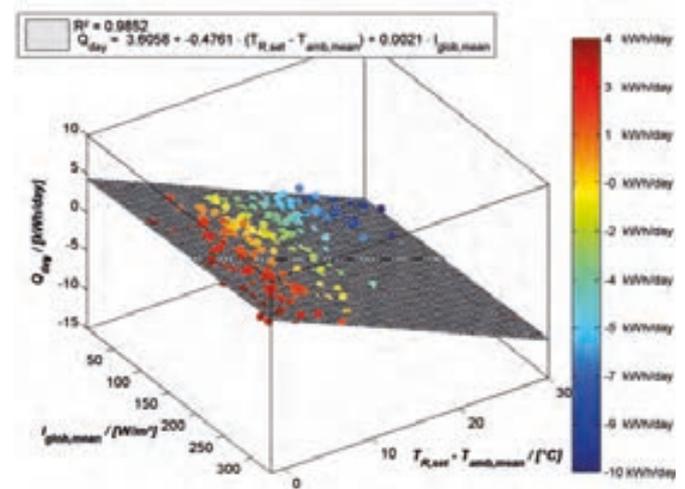


Abb. 3:

Beispielhafte Regressionsebene für Wochentage zur Ermittlung eines zonenspezifischen prognostizierten Energiepakets

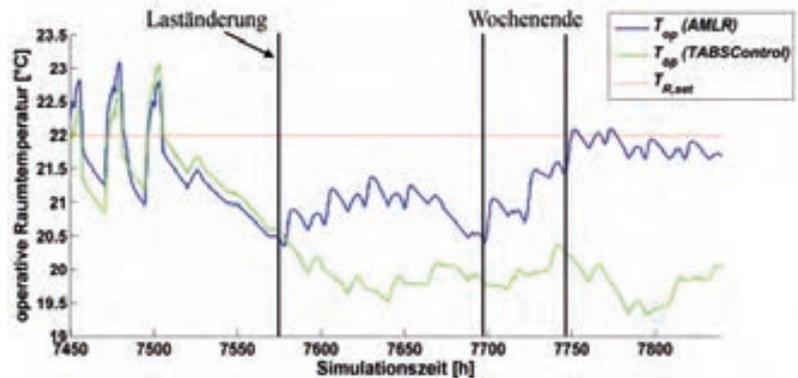
## Berechnungsverfahren

Die adaptive und prädiktive Regelung, die im Gebäude zum Einsatz kommen soll, basiert auf einer adaptiven multiplen linearen Regression (AMLR). Der Algorithmus nutzt die Erkenntnis, dass der tägliche Energiebedarf einer Zone (Zusammenfassung mehrerer gleichgenutzter Räume) zur Einhaltung einer mittleren täglichen Raumtemperatur abhängig von der Nutzung des Raums, der mittleren täglichen Außentemperatur und der mittleren täglichen globalen Einstrahlung ist. Diese Abhängigkeit wird in Abb. 3 dargestellt. Dabei entspricht jeder Punkt den Daten eines Tages.

Durch Raum- und Vorlauftemperaturmesswerte, Angaben von BKT-spezifischen Konstruktionsdaten sowie den Typ des nächsten Tages (Wochentag/ Wochenende/ Feiertag) berechnet ein im Programmcode hinterlegtes Widerstands-Kapazitäten-Modell sowie eine

multiple lineare Regression ein zonenspezifisches Energiepaket, das der BKT-Zone im Lauf des nächsten Tages zugeführt werden muss, um eine mittlere Sollraumtemperatur zu erreichen und damit den thermischen Komfort sicherzustellen.

Im Vergleich zur konventionell eingesetzten BKT-Strategie „außentemperaturgeführte Vorlauftemperaturregelung“ bietet die AMLR die Möglichkeit der eigenständigen Anpassung, und damit entfällt die bisher langwierige Parametrierungsphase von Heiz- und Kühlkurven. Der Algorithmus reagiert auf interne Laständerung, was bei der konventionellen Strategie eine Nachparametrierung zur Folge hätte. Beispielhaft ist die Anpassungsfähigkeit in Abb. 4 dargestellt. Hier werden alle internen Lasten spontan deaktiviert. Die Standardstrategie kann auf diese Laständerung nicht reagieren, die AMLR passt sich jedoch innerhalb von einer Woche an. Ein weiterer Vorteil durch die Einbeziehung von Wettervorhersagen ist, dass auf Wetterumschwünge frühzeitig reagiert werden kann und somit besser der thermische Komfort eingehalten wird. Dies kann in besonderen Fällen dazu führen, dass Zusatzsysteme zum Heizen und Kühlen in Verbindung mit der AMLR nicht mehr notwendig sind, was wiederum zu Einsparungen in den Investitionskosten führt. Durch Simulationen konnte eine immense Einsparung an Hilfsenergie für Pumpen nachgewiesen werden. Bei einer falschen Auslegung der Heiz- und Kühlkurven kann zudem durch die Vermeidung von Überhitzungen und Unterkühlungen thermische Energie eingespart werden.



## Fazit und Ausblick

Es wurde ein neuer adaptiver und prädiktiver Algorithmus basierend auf einer multiplen linearen Regression zur Steuerung einer BKT vorgestellt und mit der konventionellen Strategie „außentemperaturgeführte Vorlauftemperaturregelung“, die bisher im Seminargebäude E und den meisten anderen Gebäuden zum Einsatz kommt, verglichen. Der neuartige Berechnungsansatz hat im Vergleich zu konventionellen Ansätzen viele Vorteile. Er passt sich an das Gebäude und deren Nutzer an und kann auf Wetterumschwünge reagieren. Weiterhin hat der AMLR-Algorithmus die Möglichkeit, eine Sollvertraumtemperatur zu definieren, was bei der hier vorgestellten Standardstrategie nicht möglich ist. Investitions- und Energiekosten können bei gleichzeitiger Steigerung des thermischen Komforts eingespart werden. Durch Mittelwertbildungen verspricht der AMLR-Algorithmus besonders robust gegen Vorhersageungenauigkeiten in der Wetterprognose sowie unterschiedlichen internen Lasten zu sein. Ab Sommer 2015 soll die Praxistauglichkeit des neuen Berechnungsverfahrens am Seminargebäude E gezeigt werden.

**Abb. 4:**

Vergleichssimulation einer spontanen Laständerung mit dem AMLR- und dem Standardalgorithmus

## AUTOREN

### Martin Schmelas

Doktorand  
am Institut für  
Energiesystemtechnik,  
martin.schmelas@  
hs-offenburg.de



### Thomas Feldmann

Akademischer Mitarbeiter  
am Institut für  
Energiesystemtechnik,  
thomas.feldmann@  
hs-offenburg.de



### Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung IAF und INES,  
Leitung Forschungsgruppe net  
Lehrgebiete: Solarthermie,  
Nachhaltige Energietechnik,  
Gebäudeautomation  
bollin@hs-offenburg.de



### Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth

Institut INES, Forschungs-  
gruppe Advanced Building  
Technologies  
Lehrgebiete: Thermodynamik,  
Mess- und Regelungstechnik,  
Technische Gebäudeausrüs-  
tung, Planung und Betrieb  
energietechnischer Anlagen  
jens.pfafferoth@  
hs-offenburg.de



# Produktentwicklung für die Photovoltaik-Branche

Prof. Dr. rer. nat. Daniel Kray

**Die Photovoltaik führt ihren Siegeszug trotz des politischen Gegenwinds in Deutschland weltweit fort. Dramatisch gesunkene Kosten erlauben eine konkurrenzfähige Stromerzeugung und bieten ein enormes Wachstumspotenzial in Produktion und Zulieferindustrie. Am Institut für Energiesystemtechnik [INES] forschen wir für die Produktentwicklung der PV-Branche. Unser Ziel ist es, neue Produkte und innovative Verfahren für und mit unseren Partnern aus der Industrie zu entwickeln.**

Photovoltaics is continuing its success story globally despite negative political climate in Germany. Costs have fallen dramatically over the last years so that the levelized cost of PV electricity has reached a competitive level. Strong market growth in production and supply industry will thus persist on long term. At the Institute for Energy System Technology [INES], we are conducting research and development of products for the PV industry. Our goal is to develop new products and innovative processes for and together with our partners from industry.

Die Energiewende ist in vollem Gange. Mehr als ein Viertel der Stromproduktion in Deutschland stammt bereits aus Erneuerbaren Energien. Der Photovoltaik kommt eine besondere Bedeutung zu, da sie einerseits ein enormes Potenzial hat, andererseits Doppelnutzung von Flächen ermöglicht. Außerdem kann sie durch die einfachen und wartungsarmen Komponenten sehr schnell in großem Umfang ausgebaut werden. Zusammen mit der Markteinführung von Kurzzeit- und Saisonalspeichern entsteht ein robustes und nachhaltiges Energiesystem.

Im März 2014 sagte E.ON-Chef Teyssen im SPIEGEL-Interview: „Ich gehe nicht davon aus, dass mit der konventionellen Stromerzeugung künftig noch nennenswert viel Geld verdient werden kann.“ Kurze Zeit später trennte erstmals ein großer deutscher Stromversorger seine konventionellen Kraftwerkskapazitäten in eine Art „Bad Bank“ ab. Gleichzeitig sind die Marktaussichten für die Erneuerbaren Energien sehr positiv: In einer Studie von Frost & Sullivan [1] wird bspw. erwartet, dass der Markt für Stromerzeugung aus solarer Strahlungsenergie in den nächsten 10 Jahren um einen Faktor 7 anwächst.

Die politischen Rahmenbedingungen wurden in den letzten zwei bis drei Jahren in Deutschland kontinuierlich verschlechtert, sodass die deutsche PV-Industrie eine starke Konsolidierung erfahren hat. Weltweit übernehmen nun andere Länder die Führung, z.B.

die USA, China und Japan. Auch dort werden in großem Umfang Produktionsmaschinen, Zulieferteile und Messgeräte benötigt. Darin liegen die Chancen für den Technologiestandort Deutschland.

Unterstützt werden die positiven Prognosen durch die kontinuierlich sinkenden Kosten für Strom aus PV-Anlagen: Vishal Shah, Analyst bei der Deutschen Bank rechnet damit, dass bereits Ende 2017 für den Großteil der Erde selbst produzierter PV-Strom günstiger als der Bezug von Haushaltsstrom sein wird [2]. Damit kann ein Großteil der Weltbevölkerung aus rein wirtschaftlichen Überlegungen PV-Anlagen bauen – selbst ohne Förderung. Dies wird die Marktentwicklung unabhängiger von lokaler Förderpolitik machen.

Am INES unterstützen wir unsere Industriepartner, am globalen PV-Markt mit konkurrenzfähigen Produkten zu partizipieren. In der Forschungsgruppe „Photovoltaik-Technologie“ (PVT) unter der Leitung von Prof. Daniel Kray entsteht aktuell ein Labor mit der notwendigen Ausstattung.

## „Wie wird aus einer guten Idee ein gutes Produkt?“

Diese Frage muss im Detail und konsequent beantwortet werden, damit eine erfolgreiche Produktentwicklung stattfinden kann. Dabei müssen verschiedene Stufen der Technologiereife abgebildet werden. Für die strategische

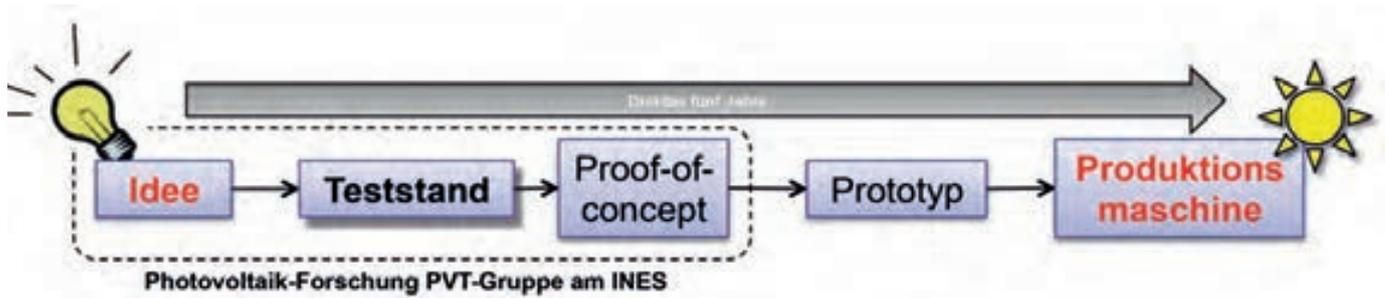


Abb. 1: Konzeption der PV-Forschung der PVT-Gruppe am INES

Entscheidung zur Bereitstellung eines Entwicklungsbudgets braucht es mehr als eine gute Idee und ein einzelnes Experiment im Labor. Unser Anspruch an die Teststände im Labor sind dabei wie folgt:

- Reproduzierbarkeit
- Skalierbarkeit
- Alle wesentlichen Elemente einer Produktionsmaschine in kritischen Prozess-Schritten

Damit sind mit überschaubarem Aufwand wichtige Erkenntnisse erreichbar, die für den Schritt in die Phase der Prototypen-Konzeption notwendig sind. Wird diese angestrebt, stehen wir beratend zur Seite und können die Markteinführung begleiten.

## Kostensenkung und Steigerung der Effizienz

Forschung und Entwicklung im PV-Bereich hat die Senkung der Kosten im Bereich des Verbrauchsmaterials als auch die Steigerung des Wirkungsgrads im Blick. In der PVT-Gruppe arbeiten wir dazu in vier Bereichen:

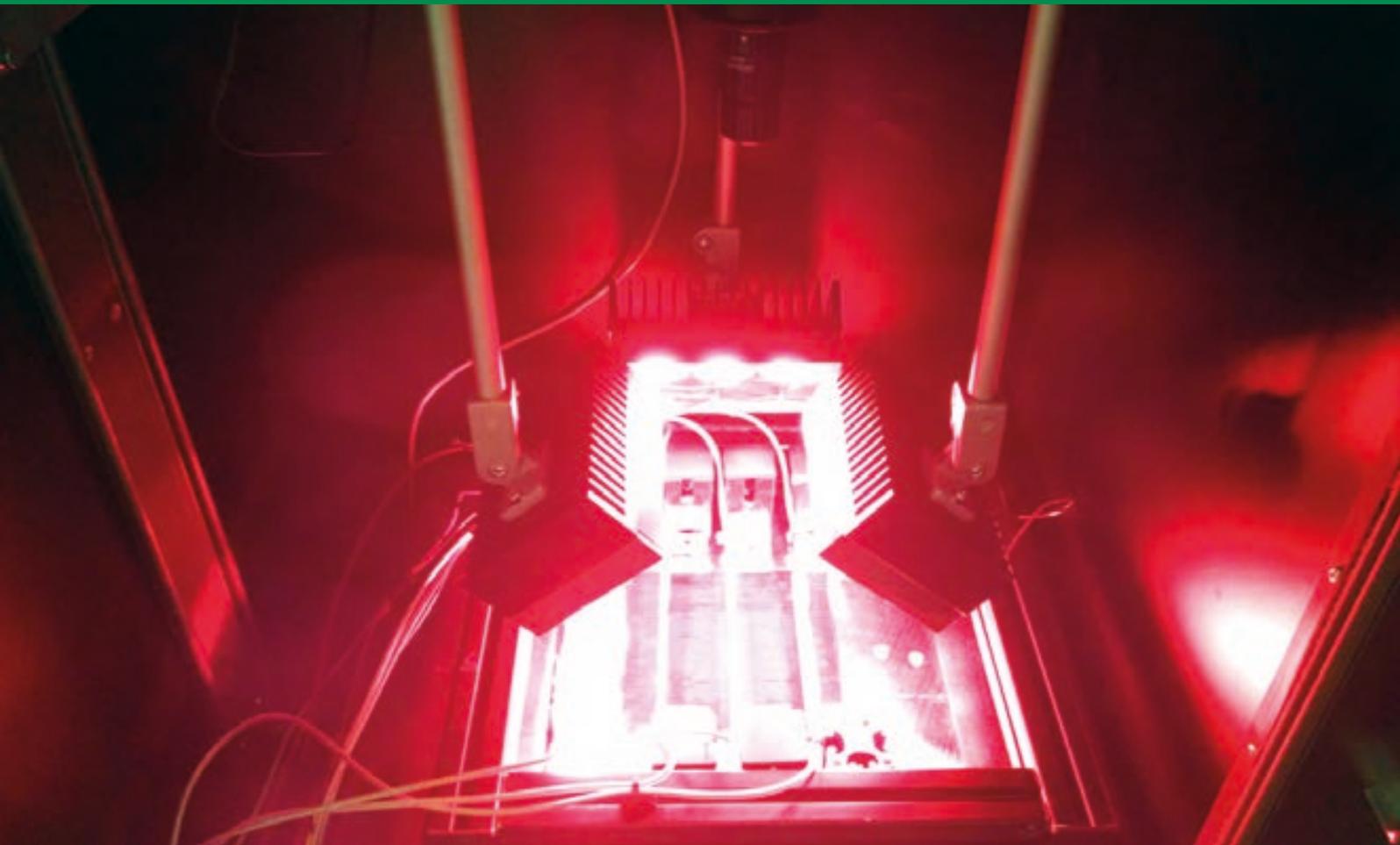
1. Nasschemische Textur
2. Galvanische Metallabscheidung
3. Modulbau mit Drahtelektroden
4. Optimierte Charakterisierung von Solarzellen

Diese Bereiche spiegeln unsere Vision wider, Produktions-Verfahrenstechnik für silberfreie Solarmodule auf Basis von hoch effizienten Silicium-Wafer-Solarzellen als neue Produkte für europäische Maschinenbauer zu entwickeln.

Aktuell ist ein Teststand für die nasschemische Textur von monokristallinen Silicium-Wafern aufgebaut und im Rahmen einer Bachelor-Arbeit in Betrieb genommen worden [3].

Abb. 2: Nasschemischer Teststand zur Entwicklung neuer Verfahren im Bereich Textur von monokristallinen Siliciumwafern



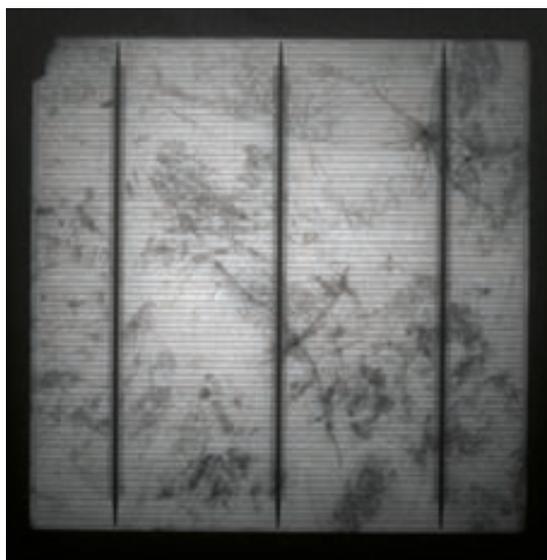


**Abb. 3:** Charakterisierungssystem im Modus Photolumineszenz-Messung

Außerdem entwickeln wir ein Charakterisierungssystem, das einige wichtige Messmethoden mit einfacher, ergonomischer Bedienung verbindet und dabei zu geringen Kosten produziert werden kann. In Abbildung 3 und 4 ist das System in der Konfiguration für Photolumineszenz sowie die Aufnahme einer multikristallinen Solarzelle zu sehen. Lokale Verlustfaktoren können so binnen Sekunden sichtbar gemacht werden.

#### Referenzen

- [1] <http://ww2.frost.com/news/press-releases/erneuerbare-energien-photovoltaik-wind-und-energie-aus-wasserkraft-sind-laut-frost-sullivan-top/> abgerufen am 5.2.2015
- [2] <http://reneweconomy.com.au/2015/solar-grid-parity-world-2017> abgerufen am 5.2.2015
- [3] Florian Binder, „Proof-of-Concept des Canyoning-Verfahrens zur Textur von monokristallinen Si-Wafern“, Bachelor-Thesis, HSO 2014



**Abb. 4:** Photolumineszenz-Aufnahme einer multikristallinen Solarzelle. Dunkle Bereiche zeigen erhöhte Verluste, z.B. durch Korngrenzen, Materialverunreinigungen oder Metallkontakte

#### AUTOR

**Prof. Dr. rer. nat. Daniel Kray**  
 Institut INES,  
 Forschungsgr. Photovoltaik-  
 Technologie PVT, Lehrgebiete  
 Erneuerbare Energien, Physik,  
 Projektmanagement,  
[daniel.kray@hs-offenburg.de](mailto:daniel.kray@hs-offenburg.de)



# Regelung und Fernüberwachung von solarbetriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen

Rebecca Schwantes M. Sc., Marcel Wieghaus M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott

Für viele dezentral gelegene Gebiete ist neben der Knappheit an sauberem Trinkwasser eine fehlende Infrastruktur und damit ein Mangel an Energieträgern kennzeichnend. Hier bietet sich die Nutzung von Solarenergie zum Betreiben von Wasseraufbereitungsanlagen und Entsalzungssystemen an. Dazu ist eine robuste Regelung und Fernüberwachung erforderlich, auf deren Basis eine Aussage über die Wasserqualität, den Anlagenbetrieb oder anstehende Wartungen gemacht werden kann.

In many remote areas, there is a significant shortage of clean drinking water. Missing infrastructure and few energy sources raise the challenge to provide clean water sources for everyday life consumption and hygiene. In such regions the use of solar energy for the powering of water treatment systems is a valuable option. However, in order to ensure reliable monitoring of water quality and plant operation or to foresee and trigger necessary maintenance actions, robust control and remote data monitoring systems are essentially important and must be developed or optimized.

Die SolarSpring GmbH (Freiburg) entwickelt solarbetriebene Wasseraufbereitungsanlagen. Ziel ist es, vollkommen energieautark operierende Systeme zu entwickeln, die in infrastrukturschwachen Gebieten aufgestellt werden können, um aus versalztem oder kontaminiertem Rohwasser sauberes Trinkwasser zu gewinnen.

Begründet durch die sich überschneidenden und ergänzenden Kompetenzfelder des Instituts für Energiesystemtechnik (Prof. Pfafferott) und der wasseranalytischen Expertise der Arbeitsgruppe Umwelttechnik (Prof. Spangenberg) mit dem Forschungs- und Entwicklungsbedarf der SolarSpring GmbH, wurde das Projekt **ReSoWas** (Regelung und Fernüberwachung von dezentralen, solarbetriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen) innerhalb der Förderlinie des BMBF „FHprofUnt“ beantragt und im Oktober 2014 erfolgreich gestartet. Ziel des Projekts ist die Weiterentwicklung und Standardisierung der Regelung und Fernüberwachung sowie die Optimierung von solarbetriebenen Trinkwasseranlagen auf Basis von akquirierten und analysierten Betriebsdaten. Weiterer Projektpartner ist das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Im Rahmen des Projekts ReSoWas wird am Institut für Energiesystemtechnik eine kooperative Promotion an der Technischen Universität Dresden (Prof. Clemens Felsmann) durchgeführt.

In den Anlagen der SolarSpring GmbH werden Verfahren der Membrandestillation, der Ultrafiltration und Umkehrosmose eingesetzt, die zur Konservierung des Produktwassers mit einer eigens entwickelten UV-Desinfektionseinheit gekoppelt werden können. Das Projekt ReSoWas konzentriert sich auf die beiden Verfahren Membrandestillation und Ultrafiltration, wobei das Promotionsvorhaben „Optimierung von dezentralen Wasseraufbereitungsanlagen auf Basis von Daten aus der Fernüberwachung“ einen Schwerpunkt auf die Membrandestillation legt.

In der *Membrandestillation* trennt eine mikroporöse Membran zwei flüssigkeitsführende Kanäle voneinander. Die Membran hat hydrophobe Eigenschaften, ist also wasserundurchlässig, aber permeabel für Dampf. Aufgrund dieser Eigenschaft und ihrer porösen Struktur ist die Membran der Dampfraum dieses Destillationsverfahrens. Wird den beiden Kanälen eine Temperaturdifferenz aufgeprägt, ergibt sich durch das temperaturabhängige Verhalten des Dampfdrucks eine Dampfdruckdifferenz über den Membrangrenzflächen. Diese Dampfdruckdifferenz entspricht einer Konzentrationsdifferenz (über die thermische Zustandsgleichung für ideale Gase), infolge derer sich diffusive Dampftransportprozesse in Richtung der kalten Seite mit geringerem Dampfdruck einstellen.



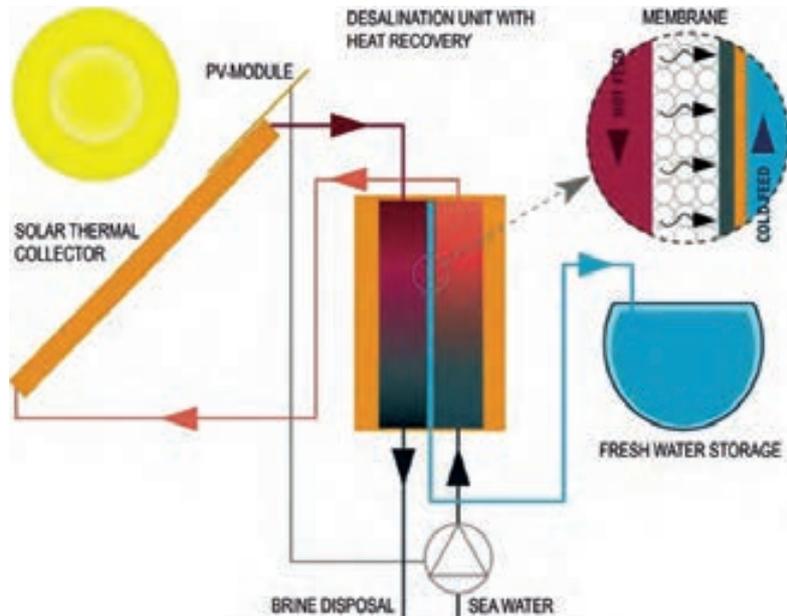


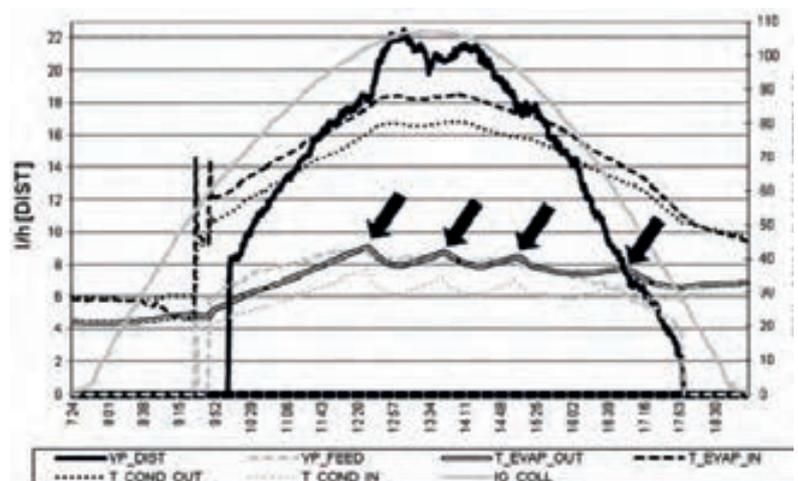
Abbildung 1 zeigt das grundlegende Prinzip der Membrandestillation für eine ORYX-Anlage (Produktname) mit solarthermischer Prozesswärmezufuhr und deren Aufstellung in Teneriffa. Falls keine Kollektoren zur Verfügung stehen, die dem entsprechenden Feedwasser gegenüber chemisch und thermisch beständig sind, wird ein Wärmetauscher benötigt, um Wärme- und Feedwasserkreis zu trennen. Der Hauptstrom in der Anlage besteht aus dem Feedwasser, das durch die Feedpumpe in den Kondensatoreinlass des Moduls gepumpt wird. Durch die interne Wärmeübertragung des Moduls nimmt das Wasser thermische Energie aus dem anliegenden Verdampfer auf und verlässt vorgewärmt das Modul. Im solarthermischen Kollektor wird die Temperatur anschließend einstrahlungsabhängig erhöht und fließt im Verdampfer wieder in das Modul hinein. Das Retentat verlässt das Modul am Verdampferauslass und wird in den Vorlagetank zur Wiederverwendung geleitet oder wahlweise aus der Anlage abgeführt.

Die Umsetzung von Regelalgorithmen und Datenfernübertragung (z.B. über SIM-Module) für Membrandestillationsanlagen ist zwar in einem Embedded System bereits gelungen, kann aber wegen der hohen Komplexität der Programmierung (Forschungsanlage) und der fehlenden Standardisierbarkeit (individuelle Programmierung) in der Serienproduktion nicht eingesetzt werden.

Abbildung 2 zeigt eine SO entstandene Datenanalyse aus der Ferndatenübertragung einer bereits installierten Forschungsanlage auf Gran Canaria [1].

Anhand des Verlaufs der Globalstrahlung IG\_Coll kann der Start der Feedpumpe bei einer Einstrahlung von ca. 550 W/m<sup>2</sup> festgestellt werden. Mit einsetzender Durchströmung der Kollektoren steigt die Verdampfereinlasstemperatur T\_EVAP\_IN rapide auf bis zu über 85 °C während des Tagesverlaufs an. Durch die Modulgeometrie bedingt; steigt die Kondensatorauslasstemperatur T\_COND\_OUT ebenfalls parallel an, die Differenz der beiden Temperaturen ergibt die treibende Temperaturdifferenz des Prozesses. Auf der kühleren Seite des Moduls pendeln sich die beiden Temperaturen T\_COND\_IN und T\_EVAP\_OUT zwischen 30 und 42 °C ein. Durch die spiralförmig gewickelte Modulbauweise und bei einer gleichmäßigen Durchströmung der Kanäle ist die Differenz der Temperaturen auf der kühlen Seite – dem Temperaturprofil eines Gegenstromwärmeübertragers entsprechend – identisch mit der Differenz

**Abb. 1:** Grundschemata einer Membrandestillationsanlage (li.) und ORYX-Anlage auf Teneriffa (re.)

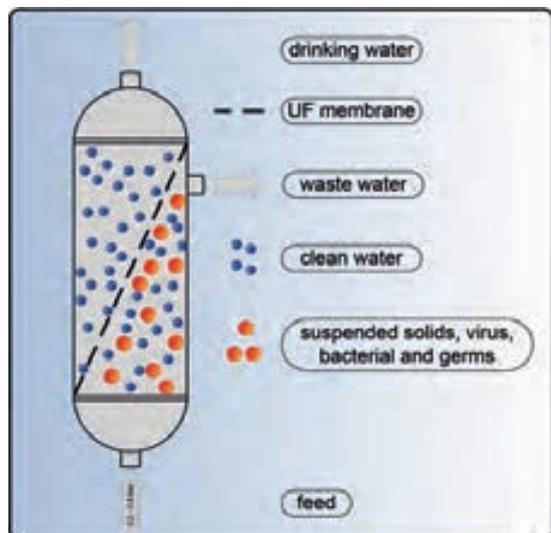


**Abb. 2:** Tagesverlauf einer ORYX-Membrandestillationsanlage auf Gran Canaria [1]

auf der heißen Seite. Die schwarzen Pfeile indizieren einen Befüllvorgang des Vorlagentanks (hier: VP\_DIST bzw. VP\_FEED), der durch einen einfachen Füllstandsensoren ausgelöst wird. Somit gelangt frisches Speisewasser in das System, das ebenfalls eine Abkühlung der Kondensatoreinlasstemperatur zur Folge hat.

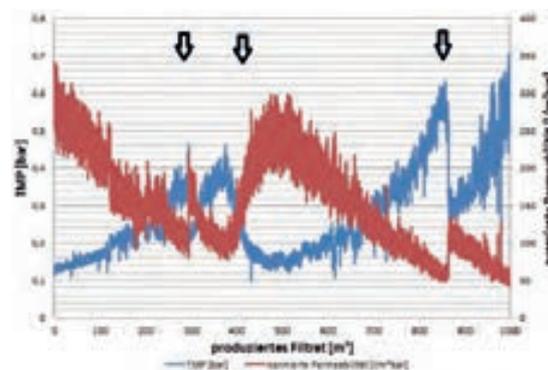
Aus den Informationen des Tagesverlaufs werden wichtige Kenngrößen zur Bewertung der Produktivität der Membrandestillationsanlage und des Wartungsbedarfs abgeleitet. Diese sollen in Zukunft durch eine automatisierte, kennzahlengestützte Auswertung generiert und z.B. für die Betreiber oder zu Forschungszwecken auf einem Webserver, per E-Mail oder per SMS zur Verfügung gestellt werden können.

Im Gegensatz zur thermisch getriebenen Membrandestillation ist *Ultrafiltration* ein druckgetriebener Membranprozess, bei dem das zu filtrierende Rohwasser die Membran teilweise oder vollständig passiert. Die Triebkraft für den Prozess ist die Druckdifferenz zwischen Feed- und Permeatseite der Membran. Typische Porengrößen von Ultrafiltrationsmembranen liegen zwischen 10 bis 40 nm. Somit ist die Membran für alle Teilchen, die größer als der Porenradius sind, eine selektive Barriere. Durchlässig ist eine Ultrafiltrationsmembran neben Wasser auch für gelöste Stoffe, Ionen und niedermolekulare organische Stoffe wie Pestizide, Pharmazeutika und Huminstoffe [2]. Die SolarSpring GmbH setzt die Ultrafiltration als Dead-End-Verfahren ein, bei dem die gesamte Flüssigkeit die Trennmembran durchdringt, Abbildung 3 zeigt das Funktionsprinzip.



**Abb. 3:**  
Vereinfachtes Funktionsschema einer Ultrafiltrationseinheit

Die abgetrennten Stoffe lagern sich als sogenannte Deckschicht auf der Membranoberfläche ab, wodurch der Durchfluss durch die Membran bis zu mehreren Größenordnungen reduziert werden kann. Ab einer gewissen Dicke muss die Schicht abgereinigt werden. Diese Abreinigung wird in der Regel durch eine Rückspülung mit Filtrat und in größeren Abständen auch mit Chemikalien durchgeführt. Dazu muss der Filtrationsprozess für die Rückspülzeit unterbrochen werden. Das Betriebsverhalten ist also diskontinuierlich. Bleibt die Abreinigung aus, wächst die Deckschicht kontinuierlich, bis hin zur Verblockung der Membran an. Wird auf chemische Reinigungssubstanzen verzichtet, lässt sich die volle Durchsatzleistung der Membranen nicht wieder herstellen. Die Durchführung der Rückspülung ist zwar durch die entsprechende Programmierung der Regelung per Fernwartung möglich, die Definition des optimalen Spülzeitpunkts erfordert jedoch eine zuverlässige Übermittlung akkurater Daten zum momentanen Zustand der Anlage. Abbildung 4 zeigt den Einfluss der graduellen Deckschichtbildung auf die beiden typischen Kenngrößen in der Filtration, Transmembrandruck (TMP) und normierte Permeabilität.



**Abb. 4.:**  
Verlauf des Transmembrandrucks (TMP) und der normierten Permeabilität im Verhältnis zum gesamten produzierten Filtratvolumen

Während der Transmembrandruck wiederholt kontinuierlich steigt, ist der Verlauf der normierten Permeabilität durch die entsprechende Einheit [Liter pro m<sup>2</sup> Membranfläche und bar Transmembrandruck] gegenläufig. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die automatisch ausgeführten Rückspülintervalle, nach denen der Druck sprunghaft sinkt und die Permeabilität ansteigt.

## Zusammenfassung

Ein Ziel des Projekts ReSoWas ist die optimierte Steuerung der Rückspülvorgänge: Wird zu häufig gespült, steigt der Energiebedarf der Anlage. Bei zu seltener Spülung sinkt der Ertrag, und eine chemische, nicht in-Situ durchführbare Reinigung ist häufiger erforderlich.

Um die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Datenübertragung zu erhöhen, soll die Fernwartung zukünftig über einen OpenVPN-Zugang in einer Webserver-Struktur realisiert werden, um die Kommunikation zwischen Betreiber und der SolarSpring GmbH zu vereinfachen. Als einfache Kommunikationsschnittstelle vor Ort kommen Trendkurven auf einem Touchscreen infrage. Neu ist zudem ein flexibler Aufbau der Regelung / Datenfernübertragung, um auf einem Plattformkonzept die Anforderungen unterschiedlicher Wasseraufbereitungssysteme integrieren zu können.

Das Projekt ReSoWas hat eine Laufzeit von 36 Monaten und wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb der Förderleitlinie FHprofUnt (Förderkennzeichen 03FH009PX4) finanziert.

## Referenzen

- [1] R. G. Raluy and R. Schwantes: „Operational experience of a solar membrane distillation demonstration plant in Pozo Izquierdo-Gran Canaria Island (Spain)“, *Desalination* 290 (2012) 1–13, doi:10.1016/j.desal.2012.01.003
- [2] Steffen Krause: „Ultrafiltration für kleine Trinkwasseraufbereitungsanlagen: Empfehlungen zu Planung und Betrieb“, ISBN 3835633341, Verlag Deutscher Industrie, 2012

## AUTOREN

**Rebecca Schwantes M. Sc.**  
 Institut für Energiesystem-  
 technik INES  
 Forschungsgruppe Advanced  
 Building Technologies  
 rebecca.schwantes@  
 hs-offenburg.de



**Marcel Wieghaus M. Sc.**  
 Geschäftsführer SolarSpring  
 GmbH  
 contact@solarspring.de



**Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott**  
 Institut INES, Forschungs-  
 gruppe Advanced Building  
 Technologies  
 Lehrgebiete: Thermodynamik,  
 Mess- und Regelungstechnik,  
 Technische Gebäudeausrüs-  
 tung, Planung und Betrieb  
 energietechnischer Anlagen  
 jens.pfafferott@  
 hs-offenburg.de



# Power-to-Gas optimiert einsetzen

Prof. Dr. Anke Weidlich, Prof. Dr. Ulrich Hochberg, Prof. Dr. Wolfgang Bessler

**Einen Beitrag zum Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage kann die Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff leisten. Das hier vorgestellte Projekt entwickelt und erprobt Algorithmen für die optimierte Einbindung eines Elektrolyseurs in zwei unterschiedlichen Szenarien. Im Industriegebiet Freiburg-Nord wird die Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz getestet, während in Offenburg der Betrieb eines H<sub>2</sub>-Systems zur lokalen Optimierung im Microgrid im Fokus steht.**

Generating hydrogen through water electrolysis and using it for different applications can provide a contribution to balancing demand and supply of electricity in a future energy system. The research project presented in this article has the objective to develop and test algorithms for an optimized integration of an electrolyser in two different scenarios. In the industrial park "Freiburg-Nord" the injection of hydrogen into the natural gas grid is tested; in Offenburg, the focus lies on operating the hydrogen system for local optimization within a microgrid.

## Einleitung

Das Jahr 2014 war ein Jahr der Rekorde der erneuerbaren Energien. Am 17. August erreichte der Anteil des eingespeisten Stroms aus Wind- und Wasserkraft sowie Solarenergie und Biomasse zeitweise drei Viertel des zeitgleichen Stromverbrauchs – so viel wie nie zuvor. Auch die absolute Einspeisung an Windenergie kletterte am 12. Dezember auf bisher unerreichte Höhen von über 34 GW. Im Energiesystem der Zukunft werden solche Situationen, in denen sehr viel Strom aus fluktuierenden Quellen im Netz ist, zunehmen. Mit ihrem weiteren Ausbau werden die Wind- und Solarkraftwerke zeitweise sogar die Nachfrage übersteigen. Zeiten von Strom im Überfluss werden sich jedoch mit solchen, in denen Flaute herrscht und die Sonne nicht scheint, abwechseln. Eine Möglichkeit, jederzeit einen Ausgleich zwischen Stromangebot und -nachfrage zu schaffen, sind Stromspeicher. Doch auch die Überführung von Energie aus dem Elektrizitätssystem in ein anderes Energiesystem ist eine sinnvolle Option, so beispielsweise die Umwandlung von Strom in Wasserstoff, der in das Erdgasnetz eingespeist und dort weiterverwendet werden kann.

## Vorgehensweise

Beide Aspekte, die Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz und die lokale Nutzung zur Rückverstromung in einer Brennstoffzelle, sind Gegenstand des Forschungsprojekts „Kommunaler Energieverbund Freiburg“. Das Vorhaben, das durch das Landesprogramm BWPLUS gefördert wird, wird unter Federfüh-

rung des Freiburger Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) gemeinsam mit badenova AG und der Hochschule Offenburg (HSO) durchgeführt. Die beiden Varianten Einspeisung und Speicherung werden an den Standorten Freiburg und Offenburg auch in einem Demonstrationsbetrieb umgesetzt.

Im Freiburger Projektteil wird im Industriegebiet Freiburg-Nord eine Einspeiseanlage für den durch einen großen Elektrolyseur erzeugten Wasserstoff geplant und in die bestehende Infrastruktur integriert. Das Industriegebiet nimmt bereits heute viele dezentrale Stromerzeuger in die dort verlaufenden Stromnetzstränge auf, so z. B. einen Windpark, eine große und mehrere kleine Photovoltaikanlagen, zwei Mikrogasturbinen zur Verstromung von Deponiegas sowie mehrere Erdgas- und Biogas-Blockheizkraftwerke. Des Weiteren sind im Industriegebiet neben einer Erdgastankstelle bereits eine Wasserstofftankstelle und das Elektrolyse-Testzentrum des Fraunhofer ISE vorhanden. Die HSO war im Rahmen des Projekts an der Konzeption der Einspeiseanlage maßgeblich mit beteiligt. In Absprache mit dem Betreiber des Gasnetzes, bnNETZE (badenova AG), wurden verschiedene Möglichkeiten durchdacht, wie die Einspeisung technisch gelingen kann. Dabei musste berücksichtigt werden, dass die Versorgungssicherheit jederzeit gewährleistet wird und die zulässigen Grenzen für den Volumenanteil an Wasserstoff sowie die Abweichung des Heizwerts in dem Gasgemisch aus der Einspeiseanlage eingehalten werden. Anders als bei vielen anderen Versuchsanlagen wird hier nämlich der Einsatz im echten Betrieb untersucht, also die Einspei-

sung in das öffentliche Netz mit all seinen praktischen Herausforderungen.

Im Offenburger Projektteil wird das am Institut für Energiesystemtechnik INES entstehende Smart Grid Labor mit seiner Wasserstoffsystemeinheit zum Einsatz gebracht. Dieses Demonstrationsnetz umfasst eine Photovoltaikanlage, einen großen Batteriespeicher sowie das Wasserstoffsystem, bestehend aus einem Elektrolyseur (mit 6 kW elektrischer Anschlussleistung), einem Wasserstofftank und einer Brennstoffzelle. Auch ein Teil der Stromverbraucher in den Büros sowie ein vorhandenes Elektrofahrzeug sind Teil des INES Smart Grids. Das Demonstrationsnetz soll stellvertretend für größere Verbraucher stehen, deren Energieversorgung zukünftig nicht nur über den Bezug von Energie aus dem Netz, sondern auch über verschiedene interne, in einem dezentralen „Microgrid“ integrierte Eigenerzeuger (Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke etc.) realisiert wird. Das Ziel der Steuerung im Microgrid ist ein optimierter Betrieb aller beteiligten Anlagenkomponenten mit dem Resultat einer größtmöglichen Unabhängigkeit vom Energieversorger und einem planbaren Austausch zum allgemeinen Stromnetz.

Um den energiewirtschaftlich optimierten Betrieb des Elektrolyseurs in beiden Anwendungsfällen zu ermöglichen, werden im Rahmen des Projekts geeignete Steuerungsalgorithmen entwickelt, validiert und getestet. Dafür muss zunächst ein brauchbares Modell der jeweiligen Energiesysteme erstellt werden, mit dem die Komponenten anhand von Simulationen analysiert werden können. Ein

für die beiden Anwendungsfälle entwickeltes Programm zur Lösung eines Optimierungsproblems soll dann den idealen Anlagenbetrieb berechnen. Im Fall der Wasserstoffeinspeisung muss dieses die Preise für Strom und Biogas berücksichtigen, im Fall des Microgrid-Betriebs spielen der lokale Verbrauch und die aktuelle Einspeisung aus der Photovoltaikanlage die entscheidende Rolle. In beiden Fällen müssen die technischen Restriktionen, die den Elektrolyseur und weitere Komponenten charakterisieren, angemessen berücksichtigt werden, damit die errechnete Fahrweise auch tatsächlich technisch möglich ist.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die entwickelten Modelle und Steuerungsalgorithmen werden im Lauf des Jahres 2015 nach und nach im echten Systembetrieb getestet und evaluiert. Ziel ist es, neben den theoretischen Erkenntnissen zur möglichen und optimierten Fahrweise in dem betrachteten Energiesystem auch Erfahrungen im konkreten Demonstrationsbetrieb zu sammeln, damit die Ergebnisse auf den Realbetrieb übertragen werden können. So kann zum Ende des Projekts eine fundierte Abschätzung getroffen werden, welchen Beitrag die Wasserstoffherzeugung durch überschüssige Strommengen in der Praxis eines Energiesystems mit immer größeren Anteilen an erneuerbarer Stromerzeugung haben kann. Wirtschaftliche Betrachtungen sollen außerdem dazu dienen zu ermitteln, wo ggf. Förderbedarf besteht, um der Power-to-Gas-Technologie die Etablierung im Markt zu ermöglichen.

### AUTOREN

**Prof. Dr. Anke Weidlich**  
Studiendekanin Energiesystemtechnik, Mitglied am INES, Forschungsgruppe Nachhaltige Energiewirtschaft  
Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Smart Grids, Operations Research, Mathematik, BWL  
anke.weidlich@hs-offenburg.de



**Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg**  
Mitglied am INES  
Lehrgebiete: Regelungstechnik, Messtechnik, Mathematik Grundlagen EDV, Thermodynamik, Simulation dynamischer Systeme  
ulrich.hochberg@hs-offenburg.de



**Prof. Dr. habil. Wolfgang Bessler**  
Mitglied am INES, Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung  
Lehrgebiete: Batterie- und Brennstoffzellentechnik, Prozesssimulation, Chemie,  
wolfgang.bessler@hs-offenburg.de





## Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation

*Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, Institutsleitung POI*

Das von Professor Bruno Ismer geleitete Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI) besteht seit Juni 2011. Es wurde auf Initiative von Prof. Dr. Ing. Peter Osypka, dem Begründer der Hochfrequenz-Katheterablation, ins Leben gerufen. Seine Forschungsaufgaben liegen im Bereich der Entwicklung und Vervollkommnung diagnostischer und therapeutischer Verfahren in der Kardiologie. Es widmet sich insbesondere der Entwicklung von Methoden und Equipment zur individualisierten Therapie der Herzinsuffizienz mit hämodynamisch wirksamen Implantaten sowie des Vorhofflimmerns.

Es pflegt enge Kooperationen mit medizintechnischen Firmen und medizinischen Einrichtungen – regional insbesondere mit dem Herzzentrum Lahr/Schwarzwald und dem Offenburger Klinikum, international mit der Saitama Medical School in Japan sowie der Universität Bratislava. Diese Kooperationen ermöglichen eine an den Bedürfnissen der Praxis orientierte Grundlagen- und Anwendungsforschung. Das POI verfügt über eine Vielzahl diagnostischer, therapeutischer und Mess-Apparaturen. Hierzu gehören Stimulatoren, Mess- und Programmiergeräte für implantierbare Herzschrittmacher und Defibrillatoren, eine stattliche Anzahl elektrophysiologischer Messplätze und Hochfrequenzablatoren sowie drei dreidimensionale elektroanatomische Mappingsysteme.

Am Institut wurden unter anderem zwei Teachingsysteme aufgebaut, eins zur Therapie mit implantierbaren Herzschrittmachern, Defibrillatoren und kardialen Resynchronisationssystemen, ein weiteres zur Physik der Hochfrequenzablation. Sie ermöglichen jeweils 12 Teilnehmern ein realitätsnahes praktisches in-vitro-Training. Ziel ist dabei die Vertiefung der Kenntnisse beim Umgang mit den aktuell in den Kliniken zur Verfügung stehenden Geräten, bei der Durchführung der Messungen sowie bei der Programmierung von Implantaten. Für das Training stehen eine Vielzahl implantierbarer Herzschrittmacher und Defibrillatoren und unterschiedlichste Elektrodenkatheter bereit. Medizintechnikstudenten können in den Laboren zur Kardiologie, Elektrostimulation, Programmierung von elektronischen Implantaten sowie im Labor Pacing und Ablation in zahlreichen Versuchen ihre in den Vorlesungen und Seminaren erworbenen Kenntnisse beim „Studieren durch Experimentieren“ vervollkommen.

Eine besondere Rolle für die Forschung spielen die am POI betreuten Promovenden, darunter junge Medizinstudenten und Ärzte. Sie bilden zusammen mit Projektstudenten, Praktikanten, Bachelor- und Master-Studenten das Bindeglied zwischen Theorie und Praxis und übernehmen Grundlagen- und Anwendungsforschung. Großer Wert wird auf rege Vortrags- und internationale Publikations-tätigkeit gelegt.

Weiterbildung für junge Assistenzärzte des Offenburger Klinikums gestaltet durch OA Dr. med. Dirk Müller und Prof. Dr. Bruno Ismer (hinten von links) am Peter Osypka Institute

# Physics of Radiofrequency Ablation in-vitro Teaching System for Physicians and Medical Engineering Students

*Tobias Haber, Burcu Selman, Stephanie Altmann, Oberarzt Johannes Härtig, Prof. Dr. med. Juraj Melicherčík, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer*

Die Hochfrequenz-Katheterablation ist die Methode der Wahl bei einer Vielfalt tachykarder Herzrhythmusstörungen. Sie erfordert ein umfangreiches Instrumentarium. Dessen Bedienung setzt für die behandelnden Ärzte, Assistenzpersonal und unterstützende Medizintechniker Erfahrungen und entsprechendes Training voraus. Dabei sind neben den medizinischen auch die physikalischen Aspekte der verschiedenen Ablationsprozeduren zu beachten. Für praktische Übungen zur Physik der Hochfrequenzablation wurde darum ein in-vitro Teachingsystem geschaffen, das auch für die Ausbildung der Studierenden im Medizintechnik-Studiengang zur Verfügung steht.

Radiofrequency (RF) ablation is a highly effective procedure for curative treatment of different types of tachycardias. It requires a complex set of different devices. Handling of such systems needs intensive training of electrophysiologists, specialized medical technicians and biomedical engineering students. To master the equipment and becoming familiar with the different aspects of various RF ablation procedures is a challenge. Therefore, in-vitro teaching system was established to enable detailed hands-on trainings in RF ablation.

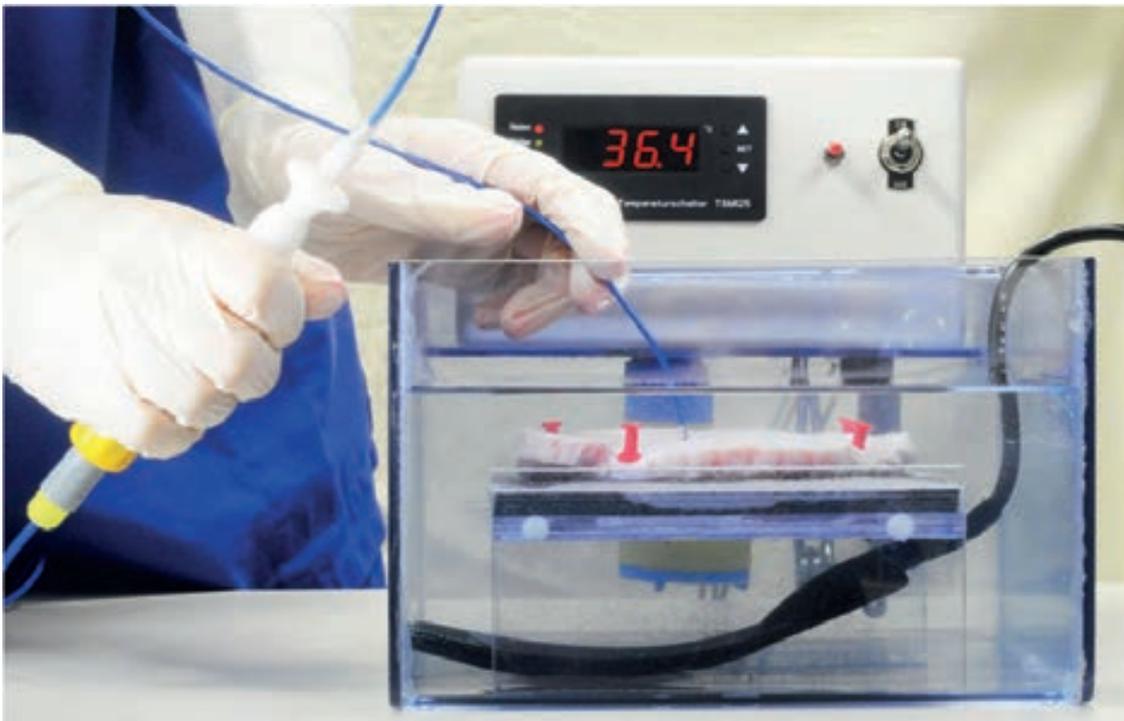
## Introduction

RF ablation is the most popular method in the treatment of supraventricular reentrant and focal tachyarrhythmias, atrial fibrillation and an increasing number of ventricular tachycardias. Therefore, an electrode catheter is guided to the area of the heart which is responsible for the arrhythmia. Computer-controlled RF current is applied via the catheter's tip electrode in order to heat the tissue markedly below the tip in order to produce a scar. Depending on the arrhythmia, one or a lot of ablation points are necessary to stop the pathological excitation permanently. As result of the procedure, tachycardia is cured. However, this application requires a complex set of different devices, including the standard equipment of a cardiac catheterization lab with X-ray, a complete electrophysiological recording station with cardiac stimulator, multi-channel ECG recording system, electroanatomical mapping system as well as a RF ablation generator with irrigation pump for irrigated ablation. For treatment of the various arrhythmias – besides the medical aspects – complex technical interactions between desired lesion size, catheter geometry as well as temperature and power settings have to be considered [1-5]. Des-

pite lots of developments in the last years, RF ablation is still a complex procedure requiring the physician's electrophysiological experience and expertise, as well as physical science basics knowledge. Thus, there is a need of in-vitro essays to explain several effects observed during clinical application.

## Methods

To enable in-vitro RF ablation experiments on pork in small learning groups, 6 workstations were equipped with computer-controlled RF ablation generators. A connection box was prepared to allow ablations with catheters of different make and model. Special wetlabs (Fig. 1) were established combining a basin containing physiological saline solution with a thermostat and a pump to simulate an adjustable blood flow. Continuous graphical (Fig. 2) and tabular recording of all relevant ablation parameters is helpful for learning different factors, affecting the results of the in-vitro ablations (Fig. 4). Screenshot software was installed to document the graphical course of temperature, power and impedance. Any workstation's screen can also be displayed on additional large scale monitors for discussions of the observed effects.



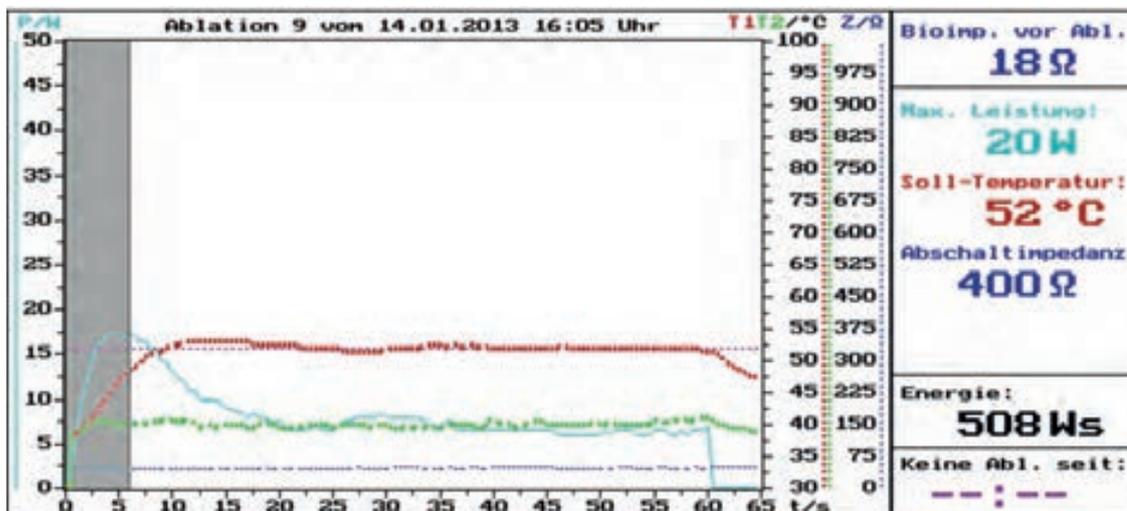
**Fig. 1:** In-vitro RF ablation experiments on pork in the wetlab containing physiological saline solution, heated to body temperature and simulating the cooling influence of the blood flow

## Results

The RF Ablation Teaching System was successfully used to demonstrate the differences in lesion size and geometry between standard 4 mm and 8 mm tip electrodes with single or dual sensor technology. Effects of larger and deeper lesion size were studied using open /1-4/ and closed irrigated tip RF ablation /4/. Furthermore, prevention of so called pops (audible bursting vapour bubbles within the hearts tissue), the influences of blood flow as well as the position of tip electrode with a specific angle and contact pressure to the myocardium could be clearly demonstrated.

The teaching system was also used to demonstrate the influence of different catheter tip materials on lesion size. For example, we compared geometrical lesion size of identical catheters (Fig. 3), differing in 8 mm massive gold and platinum-iridium tip, only. Results of such experiments can also be used to reproduce industrial in-vitro tests of new RF ablation catheters.

Usually, 8 mm catheter tip will be applied to ablate isthmus-dependent right atrial flutter. Compared to platinum-iridium, gold tip



## References

- /1/ Petersen HH, Chen X, Pietersen A, Svendsen JH, Haunso S (1998) Temperature-controlled irrigated tip radiofrequency catheter ablation: comparison of in vivo and in vitro lesion dimensions for standard catheter and irrigated tip catheter with minimal infusion rate. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology* 9: 409–414
- /2/ Nakagawa H, Yamanashi, WS, Pitha JV, Arruda M, Wang X., Ohtomo K et al. (1995) Comparison of in vivo tissue temperature profile and lesion geometry for radiofrequency ablation with a saline-irrigated electrode versus temperature control in a canine thigh muscle preparation. *Circulation* 91: 2264–2273
- /3/ Reddy VY, Neuzil P, Taborsky M, Ruskin JN (2003) Short-term results of substrate mapping and radiofrequency ablation of ischemic ventricular tachycardia using a saline-irrigated catheter. *Journal of the American College of Cardiology* 41: 2228–2236
- /4/ Kumar P, Mounsey JP, Gehi AK, Schwartz JD, Chung EH (2013) Use of a closed loop irrigated catheter in epicardial ablation of ventricular tachycardia. *J Interv Card Electrophysiol*, 38(1): 35-42
- /5/ Linhart M, Mollnau H, Bitzen A, Wurtz S, Schrickel JW, Andrie R, Stockigt F, Weiß C, Nickenig G, Lickfett LM, Lewalter T (2009) In vitro comparison of platinum-iridium and gold tip electrodes: lesion depth in 4 mm, 8 mm, and irrigated-tip radiofrequency ablation catheters. *Europace* 11: 565–570

## Fig. 2:

Demonstration of dual sensor in-vitro RF ablation for atrial flutter. All relevant parameters are presented as diagrams: the courses of power output, the two sensors temperatures and impedance. Furthermore, the applied energy as well as the tissue impedance before and after delivery of RF energy is displayed.



**Fig. 4:** Comparison of lesions generated with 8 mm massive gold (left) and platinum-iridium electrode (right) at the same settings using the RF ablation generator Osypka HAT 300s

electrodes exhibit an almost four-fold thermal conductivity (3.17 versus. 0.72 W/cmK). Thus, due to better cooling of the gold tip by blood flow, increasing RF power results in larger and deeper lesion, as expected /5/.

Results of these investigations, using identical ablation parameters, are shown in Table 1. Significant differences were found concerning lesion size by depth and diameter. Using temperature-controlled RF ablation, the massive gold electrode tip showed an RF energy increase of up to 173 % compared to platinum-iridium tip (Table 1).

**Table 1:**

Comparison between energy deliveries after 60 s RF ablations by platinum-iridium and massive gold electrode tips at different target temperatures using the Stockert SmartAblate G4 RF ablation generator

Catheter tip material	Energy (J) @ T = 45 °C	Energy (J) @ T = 55 °C	Energy (J) @ T = 65 °C
Platinum-Iridium tip	117	246	394
Gold tip	202	546	1075
Difference (%)	62	122	173

These results promise reduction of ablation time, number of lesions and - consequently - reduction of fluoroscopy time.



**Fig. 3:**

Identically constructed RF ablation catheters with 8 mm tip electrode. Top: conventional platinum-iridium tip electrode; Bottom: novel massive gold tip electrode; Middle: Handle with steering option, identical for both catheters.

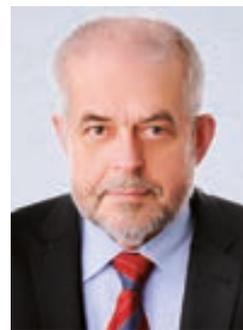
## Conclusions

During internships of the biomedical engineering study path and in several workshops for physicians, the Physics of Radiofrequency Ablation in-vitro Teaching System provided excellent conditions to become acquainted with the physical science basics of RF catheter ablation. It delivers an ideal environment not only for practical learning of the various physical factors influencing the results of the treatment, but also offers unique possibilities of direct measurements. Visualization of those factors, associated with the direct measurement of results guarantee highest possible learning success.

## AUTOREN

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer**

Professor an der HSO und Leiter deren Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation  
bruno.ismer@hs-offenburg.de



**Tobias Haber**

Akademischer Mitarbeiter am POI  
tobias.haber@hs-offenburg.de



**Stephanie Altmann**

Studentin der Medizintechnik an der HSO mit Betriebspraktikum am POI  
saltmann@stud.hs-offenburg.de



**Burcu Selman**

Studentin der Medizintechnik an der HSO mit Betriebspraktikum am POI  
bselman@stud.hs-offenburg.de



**Prof. Dr. med. Juraj Melichercik**

Leiter der Abteilung Elektrophysiologie am Herzzentrum Lahr/Baden  
juraj.melichercik@mediclin.de



**Oberarzt Johannes Härtig**

Leiter der Schrittmacher- und Defibrillatorsprechstunde am Herzzentrum Lahr/Baden  
johannes.haertig@mediclin.de



# Qualitative in-vitro-Investigation of the MRI Compatibility of Temporary Myocardial Electrodes and Pacemaker Leads

Qualitative in-vitro-Untersuchungen zur MRT-Kompatibilität von Herzdrähten und Schrittmacherelektroden

*Simon Kappus, Tobias Haber, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, Prof. Dr. med. Jörg Laubenberger*

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ermöglicht hoch aufgelöste detaillierte Bilder vom Körperinneren. Sie hat sich deshalb in der Diagnostik verschiedenster Erkrankungen als nicht-invasives Verfahren erfolgreich etabliert. Die dabei erforderlichen starken magnetischen und hochfrequenten Wechselfelder stellen für elektronische kardiologische Implantate eine potenzielle Störquelle dar. Sie kann sich insbesondere in einer Überhitzung der Elektrodenspitze äußern, in deren Folge Nekrosierungen und ein damit verbundener Ausfall der Schrittmacherfunktion möglich sind. Qualitative in-vitro-Untersuchungen mit einer Infrarotkamera zeigten an Herzdrähten vom Typ OSYPKA TME bipolar und an Schrittmacherelektroden vom Typ OSYPKA PY-R, dass bei Anordnung als Einzeldräh-te sowie als induktive Leiterschleife unter klinischen Bedingungen in einem 1,5-Tesla-MRT-Gerät keine relevanten Temperaturerhöhungen nachweisbar sind.

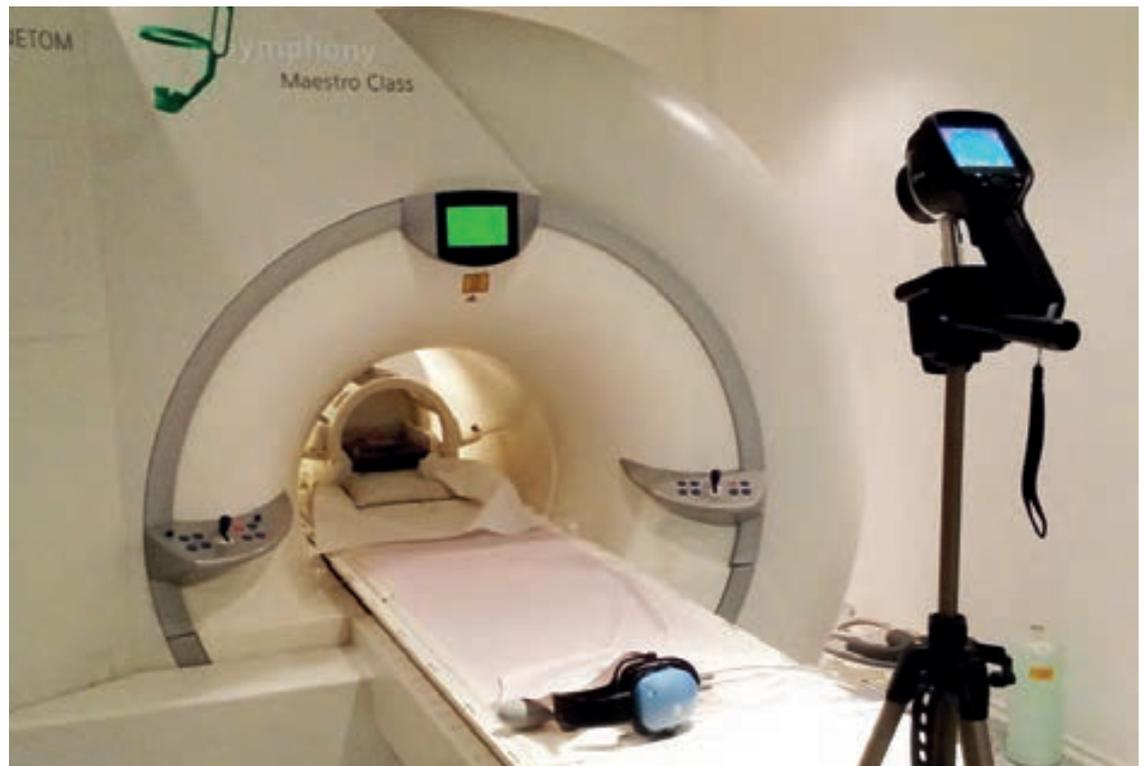
Magnetic resonance imaging (MRI) provides detailed high-resolution images of inner structures of the human body. Therefore, it has been established as a non-invasive, diagnostic method for many diseases. However, the strong magnetic and high frequency electric fields required to operate the MRI machine are a potential source of interference for implanted medical devices, such as pace-makers or defibrillators. Especially overheating of the electrode tip can result in scar formation, which may result in loss of capture, which is a serious problem. Utilizing an infrared camera, we conducted qualitative in-vitro investigations on bipolar OSYPKA temporary myocardial electrodes (TME) as well as OSYPKA implantable pacemaker leads (model PY-R), which were arranged either as a single lead or as an inductive conductor loop, demonstrating that, at clinical conditions using a 1.5 Tesla MRI machine, there is no detection of a significant increase in electrode or electrode tip temperature.

## Introduction

In the past decades, magnetic resonance imaging (MRI) has been successfully established as a non-invasive imaging method. It enables high-resolution images of internal body structures. It has been developed by physicians as a valuable diagnostic tool for several diseases of organs, soft tissues and bones. Especially for imaging of the central nervous system, the spine and the joints, MRI imaging is superior compared to conventional diagnostic procedures such as X-ray, ultrasound or computer tomography, and has thus led to a widespread application.

Medical MRI-machines provide two- and three-dimensional images created by strong electro-magnetic- and high frequency alternating fields. These alternating fields can be a potential source of interference for electronic cardiac implants such as pacemakers and defibrillators, which can impair or destroy the function of the implants. Even lethal complications have been reported /1/.

Complications can be caused by overheating of the electrodes or lead tips that can cause necrosis of cardiac tissue, inhibition or trigger of pacemaker stimulation, delivery of inade-



**Fig. 1:** Experimental setup with test tissue in a physiological saline solution bath in the centre of the 1.5 Tesla MRI machine observed by infrared camera from outside

quate shocks, as well as other malfunctions. Because the interactions of strong alternating fields in the MRI with cardiac implants depend on many different, sometimes difficult to control factors, such as magnetic field strength, MRI settings during investigation, region of the body scan, and the implants' programming, the use of MRI was for a long time considered a contraindication for patients carrying cardiac pacemakers and defibrillators.

At the same time, investigations have shown that, during the lifetime of a pacemaker patient, the use of diagnostic MRI is indicated in 50-75 % of cases, and already in 17 % of patients within the first year after device implantation /2, 3/.

In recent years, manufacturers have recognized the clinical need of MRI investigations for patients carrying electronic cardiac implants /4/. Since 2008 there have been special devices on the market that allow MRI investigations at defined conditions. In magnetic and high frequency alternating electric fields, pacemaker electrodes can act as antennas. Voltage induction at the electrode tip can therefore lead to overheating of the adjacent tissue, resulting in edema and scar formation on the myocardial tissue, which can cause an increase in pacing threshold or even loss of capture, which is a serious problem /5/.

## Aims

The above named potential complications caused by pacemaker leads during MRI also apply to temporary myocardial electrodes (TME), or pacing wires, which are used for several days postoperatively after cardiac surgery to support the hemodynamics and maintenance of adequate heart rhythm. The objective of this study was to perform qualitative in-vitro tests regarding the MRI compatibility of bipolar OSYPKA temporary myocardial electrodes as well as OSYPKA implantable pacing leads.

## Methods

To perform in-vitro MRI tests, the clinical environment of pacing wires and pacing leads were simulated in a simplified experimental setup. The pacing wires (bipolar TME, OSYPKA AG, Rheinfelden, Germany) as well as the pacing leads (PY-R, OSYPKA AG, Rheinfelden, Germany) were, similar to the implantation procedure on the human heart, sewn or screwed, respectively, onto a piece of porcine tissue bathed in saline solution. This experimental setup was then placed into a 1.5 Tesla MRI-machine (Siemens - Healthcare Sector AG, Erlangen, Germany) with which a simulation of routine clinical tests was conducted. To detect

potential thermal effects on the tissue, the pacing wires and pacemaker leads were observed through an infrared camera of the FLIR E50 type (Flir Systems Inc., Oregon, USA). For safety reasons, due to the magnetic attraction forces, the camera had to be arranged in a distance of 2.5 m to the MRI machine (Fig. 1).

Using the above setup, it had first to be ensured that the infrared camera is able to detect temperature variations on similar structures from the specific distance of 2.5 m. To this end, a test body consisting of a small metal film resistor was utilized. Through voltage application its surface temperature was heated up to 37.5 °C, measured by a thermocouple element, and targeted by the infrared camera. It could be demonstrated that, from a distance of 2.5 m, an increase in voltage-induced temperature rise of 5 °C was unequivocally detected by the camera.

## MRI Parameters

During an MRI investigation, protons of the examined tissue or structure are put into a higher energetic level through electromagnetic radiation (photon irradiation). When the excitation is turned off, the protons return to their original state. T1 and T2 represent time constants, which describe how fast the protons return to their original state.

The MRI signals that are used for image reconstruction can be weighted in different ways, in which the time constants T1 and T2 play an important role. For example, the T2-weighting is responsible for depicting tissue with particularly high water content.

The SAR-value features the specific absorption rate and determines how much electromagnetic radiation is absorbed by a material or tissue. We did not set a limit to this value, according to the clinical conditions. Spin-echo and turbo-spin-echo are terms to indicate pulse sequences composed of series of high-frequency pulses and magnet gradient pulses.

Furthermore, during an MRI investigation the thickness of the layer that will be excited by photons can be set. For our investigations the following characteristic sequences were used, which are also routinely used during clinical MRI investigations:

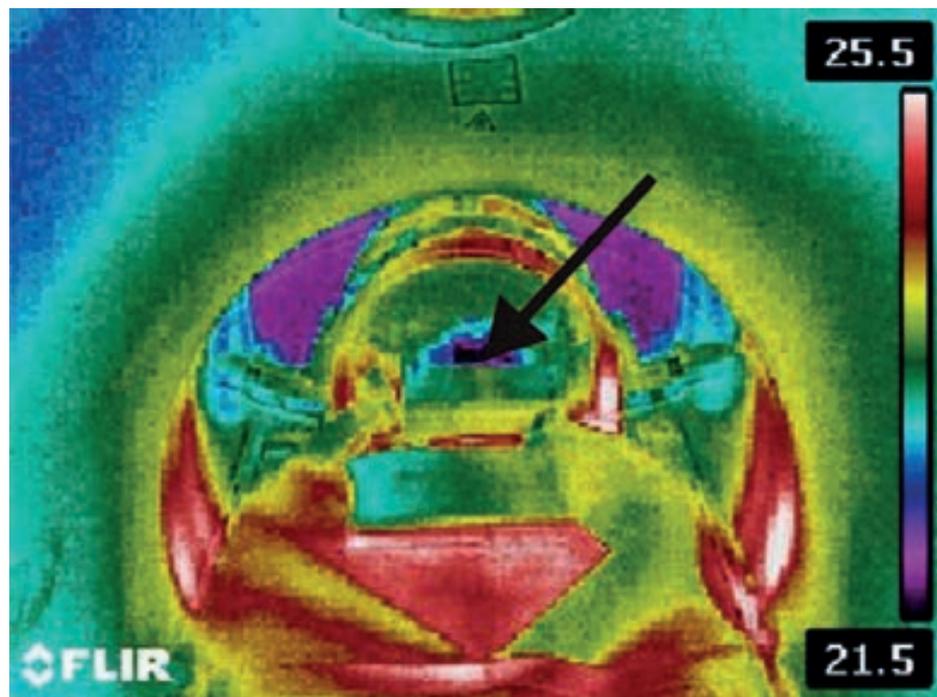
- T1-weighted, spin-echo, horizontal cutting plane, 5 mm layer thickness, duration: 1:30 min.

- T2-weighted, turbo-spin-echo, horizontal cutting plane, 5 mm layer thickness, duration: 1:00 min

To simulate the connection of the pacing wires and pacemaker leads to their stimulators (pacemaker devices), the low output impedance of the stimulator was implemented by shortening the connection plugs. Using this arrangement, the effects of electromagnetic induction was investigated in both single wire and inductive conductor loops.

## Results and Discussion

Our investigations on temporary myocardial electrodes (pacing wires) and implantable pacing leads exposed in a 1.5 Tesla MRI field have demonstrated that, within the given limits of measuring accuracy of the infrared camera, there has been no temperature increase at the interface between electrodes/lead tips and tissue, in both arrangements, i.e. single wire and inductive conductor loops (Fig. 2 and Fig. 3).

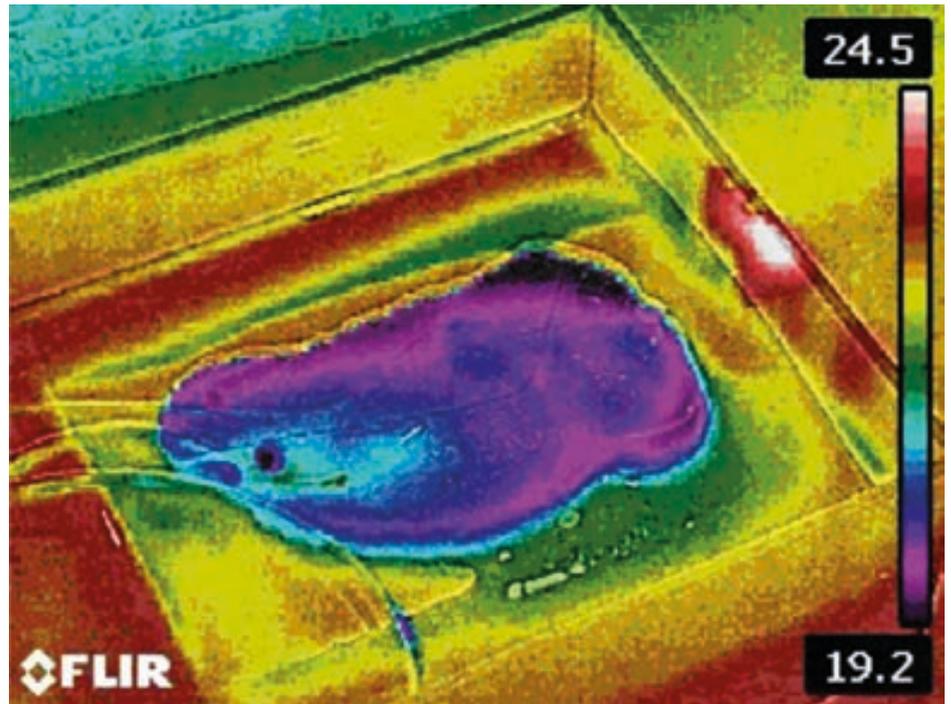


**Fig. 2:** Infrared image of the experimental setup of pacing wires and pacemaker leads in the centre of a 1.5 Tesla MRI-machine. By infrared camera, a temperature increase of 5 °C or more can be excluded.

## References

- /1/ Roguin A, Schwitter J, Vahlhaus C, et al. (2008) Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. *Europace* 10: 336–346
- /2/ Kalin R, Stanton MS (2005) Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *Pacing Clin Electrophysiol* 28(4): 326-328.
- /3/ Sakakibara Y, Mitsui P (1999) Concerns about sources of electromagnetic interference in patients with pacemakers. *Jpn Heart J* 14: 37
- /4/ Imrich W, Imrich B, Bartsch C, Stertmann WA, Gufler H, Weiler G (2007) Do we need pacemakers resistant to magnetic resonance imaging? *Eurospace* 7(4): 53-365.
- /5/ Gimbel JR (2009) Unexpected asystole during 3T magnetic resonance imaging of a pacemaker-dependent patient with a 'modern' pacemaker. *Europace* 11: 1241-1242
- /6/ Nordbeck P, Weiss I, Ehse P, Ritter O, Warmuth M, Fidler F, Herold V, Jakob PM, Lass ME, Quick HH, Bauer WR (2009) Measuring RF-Induced Currents Inside Implants: Impact of Device Configuration on MRI Safety of Cardiac Pacemaker Leads. *Magnetic resonance in medicine* 61 (3) : 570-578

**Fig. 3:** Infrared image demonstrating the porcine tissue immediately after the investigation



Examination of the porcine tissue immediately after the MRI investigation by infrared camera showed no evidence of tissue alteration or scars.

The results of this investigation are limited by the simplified experimental setup and the required safety distance of the infrared camera as well as the camera's given geometrical and temperature resolution. Our observations thus only allow qualitative statements. With respect to these limitations, we have shown that a 5 °C

or greater temperature rise at the interface between electrode tip and tissue can be excluded.

Compared to the conditions simulated here in-vitro, blood flow and/or tissue fluids with positive cooling effects have to be considered during in-vivo investigations on living tissue (5, 6). This further supports the conclusion that any potential local temperature increase during MRI imaging will fall significantly below 5 °C.

## AUTOREN

**Simon Kappus**  
Student der Medizintechnik  
an der HSO  
Hilfswissenschaftler am POI  
skappus@  
stud.hs-offenburg.de



**Tobias Haber**  
Akademischer Mitarbeiter  
am POI  
tobias.haber@  
hs-offenburg.de



**Prof. Dr. rer. nat. habil.  
Bruno Ismer**  
Professor an der HSO und Lei-  
ter des Peter Osypka Institute  
for Pacing and Ablation  
bruno.ismer@hs-offenburg.de

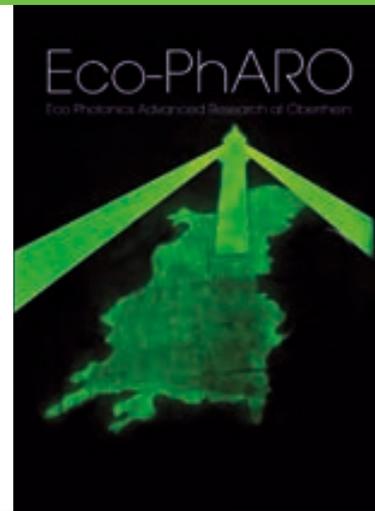


**Prof. Dr. med.  
Jörg Laubenberger**  
Leiter des Radiologischen  
Instituts Offenburg  
radiologie@ortenau-klinikum.de



# Eco Photonics Advanced Research at Oberrhein (Eco-PhARO)

*Eine fakultätsübergreifende Forschungseinrichtung unter Leitung von Prof. Dr. Dan Curticaean*



Das Eco-PhARO – Photonics Institute befasst sich mit der Entwicklung von optischen und photonischen Anwendungen. Die Forschungstätigkeiten des Instituts fokussieren sich auf Lösungen mit einem Spektrum von optischen Sensoren bis hin zu medizintechnischen Anwendungen.

Das Institut strebt zahlreiche Kooperationen mit Unternehmen aus der regionalen und überregionalen Umgebung an. Forschungsaktivitäten mit nationalen und internationalen Universitäten und Forschungseinrichtungen sind im Gang. Dadurch wird die Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit der Professoren sowie die Unterstützung von Studierenden in Forschung und Lehre sowie Doktoranden bei der Erstellung ihrer Abschluss- bzw. Forschungsarbeit beabsichtigt.

Ziel ist es, einen aktiven Know-how-Transfer von Forschungsergebnissen und Patenten in die Praxis umzusetzen und die jungen Nachwuchswissenschaftler in diesem Forschungsgebiet zu begeistern und zu fördern. Mitglieder des Photonics-Instituts sind Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter der Hochschule

Offenburg, auch externe Mitglieder sind willkommen. Das Institut wird durch Prof. Dr. Dan Curticaean und stellvertretend durch Prof. Dr. Schröder geleitet. Im Team des Eco-PhARO-Instituts sind zurzeit vier Professoren und vier wissenschaftliche Mitarbeiter aus verschiedenen Fachgebieten wie z.B. Mechatronik, Photonik, Medientechnologie, Elektrotechnik sowie Projektmanagement tätig. Dadurch werden neue Forschungsanwendungsgebiete eröffnet und Projekte interdisziplinär gelöst. Entsprechend ergeben sich Möglichkeiten für Studierende unterschiedlicher Studienrichtungen, praxisorientierte Forschungs- und Projektarbeiten auszuführen.

Das Eco-PhARO – Photonics Institute ist derzeit an zwei laufenden Projekten der Hochschule beteiligt und führt im Rahmen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Forschungen an einem bewilligten ZIM-Projekt durch. Zurzeit werden intensive Gespräche mit Partnern aus der Wirtschaft und Forschung auf dem Gebiet der Sensorik des Condition-Monitorings, der Bildverarbeitung, Medizintechnik sowie Navigation durchgeführt.



# Bildgebende Verfahren in der Archäologie: ein interessantes neues Einsatzgebiet der Medizintechnik\*

Prof. Dr. med. Andreas Otte

Der vorliegende Beitrag beschreibt das Potenzial der Anwendung radiologischer Bildgebung in der Archäologie. Dabei werden ausgewählte Beispiele vorgestellt: die computertomographische CT-Rekonstruktion des Gesichts einer Mumie von 1300 v. Chr., die Erhärtung der Diagnose Hirntumor bei einer Mumie von 2500 v. Chr. mit Röntgen/Röntgentomographie oder die 3D-CT-Rekonstruktion eines 7000 Jahre alten Lendenwirbelsäulen-Fragments aus dem Moorgebiet des Federsees, welche die Diagnose „Mord“ zulässt.

This paper demonstrates the potential of the application of radiological imaging in archaeology, a new chapter in biomedical engineering. Exceptional examples are shown: a computed tomography (CT) reconstruction of the face of a mummy from 1300 BC, a conventional X-ray/X-ray tomography proof of the diagnosis of brain tumour in a mummy from 2500 BC, or a 3D CT reconstruction of a 7000 year-old lumbar spine fragment from the Federsee moor allowing for the diagnosis of murder.

## 1. Einleitung

Der Einsatz radiologischer Verfahren ist in nahezu allen klinischen Fächern zur Routine geworden und hat hier entscheidend zur Verbesserung von Diagnostik und Therapie-monitoring beigetragen. Hierzu zählen das konventionelle Röntgen, die digitale Subtraktionsangiographie und die tomographischen Methoden Röntgentomographie, Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT) und Sonographie. Diese radiologischen Verfahren, welche die Morphologie/Anatomie des menschlichen Körpers abbilden, wurden in den letzten beiden Jahrzehnten durch die Nuklearmedizin um die funktionelle bildgebende Diagnostik (Positronen-Emissionstomographie (PET) und Single-Photonen-Emissionscomputertomographie (SPECT)) erweitert, die durch die Tracermethode ein Imaging bis herunter auf die molekulare Ebene ermöglicht und dadurch insbesondere für die onkologischen und neurowissenschaftlichen Indikationsgebiete von weitreichender Bedeutung geworden ist.

Woran waren frühere Zivilisationen erkrankt, wie lebten sie und woran starben sie? Dies sind zweifelsohne Fragen, die uns auch heute noch beschäftigen und fesseln, da wir in ihren möglichen Antworten vieles erfahren, das hilft, unser heutiges Wissen zu erweitern oder auch zu revidieren. Viele der archäologischen „Fälle“ erzählen uns eine Geschichte,

oft spannend und mit heutigen modernen medizintechnischen Geräten lösbar. Sie sind damit auch von großem Interesse für die medizinische Kriminalistik, da dortige Fälle auch mitunter bereits historisch sein können, etwa bei dem Fund eines längere Zeit vergrabenen unbekanntes Skeletts oder einer halb verwesenen Leiche.

## Bekannte Fälle aus der Literatur

### Arteriosklerose (Gefäßverkalkung) schon vor 4000 Jahren

So haben THOMPSON und Koautoren 2013 in ihrer nach dem altägyptischen Gott HORUS benannten HORUS-Studie mit CT-Technik 137 Mumien aus vier verschiedenen geografischen Regionen bzw. Populationen eines Zeitraums von über 4000 Jahren auf das Vorliegen von Arteriosklerose untersucht [1]: Dabei war die Arteriosklerose in allen vier präindustriellen Populationen einschließlich der Gruppe der präagrikulturellen Jäger und Sammler vorhanden. Damit konnte gezeigt werden, dass die Arteriosklerose als Ursprung neuro- und kardiovaskulärer Erkrankungen keine moderne Zivilisationskrankheit darstellt, sondern bereits seit Menschengedenken nachweisbar ist. Dies macht – nach Ansicht der Autoren der HORUS-Studie – eine generelle Prädisposition für die Entstehung der Arteriosklerose wahrscheinlicher als bislang angenommen.

## König Richard III. von England

Jüngst konnte aus den Knochenfundstücken des englischen Königs Richard III. (1452–1485) eine aufwendige 3D-CT-Rekonstruktion erstellt werden, aus der ein Polymerreplikat hergestellt wurde [2]. Dieses zeigt eindrucksvoll eine ausgeprägte Wirbelsäulen-Skoliose des Königs und lässt sogar Rückschlüsse auf das Entstehungsalter der Deformität und die Auswirkungen dieser Erkrankung auf sein Leben und seine Gestalt zu. In einer weiteren Arbeit zu Richard III. wurden die perimortalen Verwundungen eindrucksvoll radiologisch mit CT und Mikro-CT rekonstruiert [3].

## 2. Methodik

Prinzipiell eignen sich alle radiologischen Verfahren für die archäologische Diagnostik, davon CT, Röntgenomographie und konventionelles Röntgen sehr gut, MRT aufgrund der natürlichen technischen Einschränkungen am wenigsten. Nuklearmedizinische Methoden (PET, SPECT) sind in vivo-Verfahren und daher post mortem nicht verwendbar. Die Sonographie konnte von uns kürzlich als geeignete und dem Röntgen überlegene neue Methode herausgestellt werden, wenn es darum geht, nicht-metallische Splitterverletzungen – wie sie auch bei Mumien und Leichen vorkommen können – zu detektieren [4]. Grundsätzlich lassen sich auch nicht-invasive optische Techniken für Hautveränderungen anwenden [5] bzw. lassen sich, wenn auch nicht ganz zerstörungsfrei, konventionelle Endoskope (wie sie z.B. für die Koloskopie verwendet werden) in Sarkophage oder Säрге einbringen. Die radiologischen Methoden sind hingegen zerstörungsfrei.

Bei allen bildgebenden Verfahren gibt es oft interessante Überraschungseffekte, und einiges technisch Vorhergesagte verhält sich plötzlich ganz anders in der Realität. In jedem Fall sollte aus unserer Sicht jede Bildauswertung sehr akribisch erfolgen und nur in Zusammenarbeit mit den Archäologen gewertet werden.

## 3. Eigene Arbeiten

### 3.1 Beispiel aus der Neuzeit

Die wahrscheinlich spannendste Mumie der Neuzeit ist diejenige des großen Violinvirtuosens und Komponisten Nicolò Paganini (1782–1840). Seine Nachkommen haben allerdings bis heute einer Exhumierung nicht

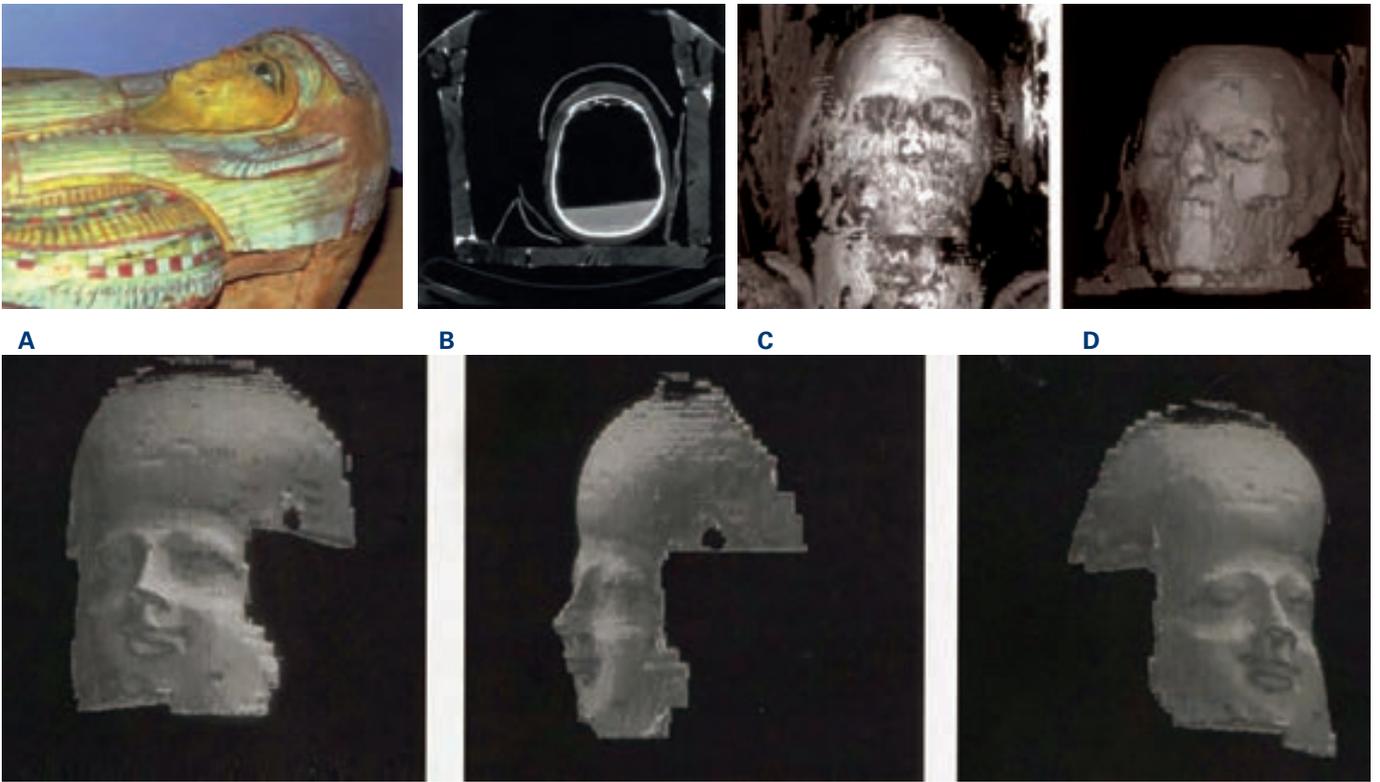
zugestimmt, sodass es keine radiologischen Untersuchungen der mumifizierten Überreste Paganinis gibt. Bislang konnten wir nur einen Bronzegipsabdruck seiner rechten Hand, angefertigt kurz nach seinem Tod, fotografieren und ausmessen [6]. Allein diese Analyse erlaubt schon Rückschlüsse auf seine unnachahmliche Virtuosität, denn die Messungen zeigen eindeutig abnorme Finger- und Handmaße des Meisters, die für das Geigenspiel – neben vielen anderen Dingen – vermutlich sehr förderlich waren. Ob Paganini noch weitere begünstigende zerebrale Voraussetzungen hatte (z.B. im Vergleich zum Normalen unterschiedliche Gehirnareale für die Fingermotorik), bleibt offen, aber wahrscheinlich. Ebenfalls wäre aufgrund der vielfach berichteten Überstreckbarkeit seiner Finger [7] die Verdachtsdiagnose eines Marfansyndroms (einer nach dem französischen Arzt MARFAN benannten Erkrankung des Bindegewebes) durch eine gezielte Gewebe-DNA-Analyse verifizierbar.

### 3.2 Beispiele aus vorchristlicher Zeit

Im Folgenden findet sich eine Auswahl bereits von uns in Kooperation mit dem Klinikum Konstanz (Prof. Dr. Dr. Andreas Beck) publizierter Beispiele von Fundstücken aus der vorchristlichen Zeit.

#### 3.2.1 Rekonstruktion des Gesichts einer Mumie von 1300 v. Chr.

Abb. 1 zeigt die 3D-CT-Rekonstruktion des Gesichts einer etwa 3300 Jahre alten Mumie ohne Öffnung des Sarkophags mittels der Entwicklung eines speziellen CT-Algorithmus (CT: Institut für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin, Klinikum Konstanz; Archäologisches Landesmuseum, Außenstelle Konstanz), der den Luftabdruck zwischen Totenmaske und dem fast vollständig zerstörten Gesicht berechnet [8]. Zutage kam das Gesicht einer jungen Frau. In den weiteren, hier nicht abgebildeten Aufnahmen ließ sich herausfinden, dass diese an generalisierter rheumatoider Arthritis erkrankt war. So ist auch gerade die sehr komplexe und relativ kontrovers diskutierte Rekonstruktion der Gesichtsteile beispielsweise halb verwesener Leichen in der Kriminalistik ein wichtiger Aspekt, der mithilfe neuer CT-Algorithmen und dem Matching mit voxelbasierter anatomischer Software ggf. verbessert werden könnte.



**Abb. 1:**

A: Ägyptische Mumie aus Theben, 18.-19. Dynastie, ca. 1300 v. Chr.; B: Spiral-CT des ganzen Sarkophags; C und D: 3D-Rekonstruktionen des Schädels mit virtueller Entfernung der Mumienumwicklungen; E: 3D-Rekonstruktion des Gesichts. Mit freundlicher Genehmigung des Hellenic Journal of Nuclear Medicine

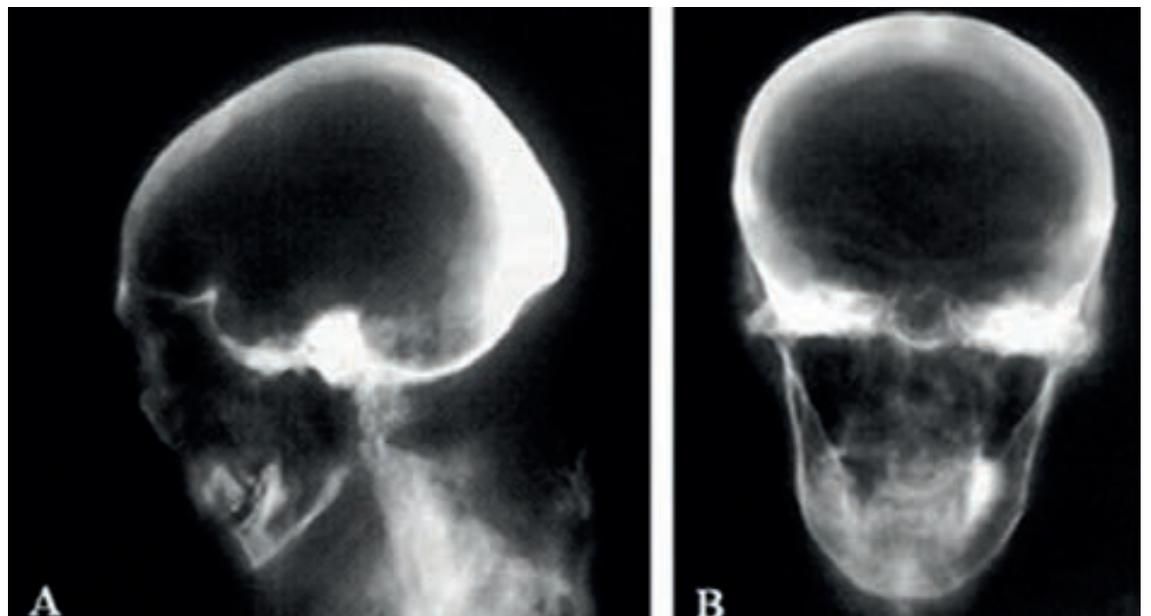
### 3.2.2 Verdacht auf Hirntumor bei einer Mumie von 2500 v. Chr.

Dass ein einfaches Knochenröntgen mehr zutage fördern kann, als man anfangs vermutet, zeigt eindrucksvoll der folgende Fall (Abb. 2): In der Abbildung erkennt man die Röntgenübersichtsaufnahme (A) und anteriore-posteriore-Schichtung (Schichtung von vorn nach hinten) (B) des Schädels einer Mumie aus Oberägypten, ca. 2500 v. Chr. (Röntgen: Insti-

tut für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin, Klinikum Konstanz). Die in den Aufnahmen sichtbaren Knochenveränderungen sprechen indirekt für einen relativ langsam gewachsenen Gehirntumor an der Schädelbasis eines vermutlich älteren Menschen und belegen einmal mehr, dass Hirntumoren nicht nur ein Problem der Neuzeit sind [9].

**Abb. 2:**

Röntgenübersichtsaufnahme (A) und anteriore-posteriore (von vorn nach hinten)-Schichtung (B) des Schädels einer Mumie aus Oberägypten, etwa 2500 v. Chr. Mit freundlicher Genehmigung des Ärzteblatts Baden-Württemberg



### 3.2.3 „Mord am Federsee“ – 5000 v. Chr.

Der letzte Fund, der auf etwa 5000 v. Chr. datiert werden konnte, ist ein kriminalistisch sehr interessanter Fall (Abb. 3); er weist gewisse Parallelen zur Eismumie aus den Öztaler Alpen (auch bekannt als „Ötzi“ oder Mann vom Hauslabjoch) [10] auf: Die Abbildung zeigt eine 3D-CT-Rekonstruktion eines Lendenwirbelsäulen (LWS)-Fragments, das am Federsee nahe Bad Buchau, dem größten Moorgebiet in Südwestdeutschland, gefunden wurde (CT: Institut für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin, Klinikum Konstanz; Archäologisches Landesmuseum, Außenstelle Konstanz). Der weiße Pfeil weist auf ein dreieckiges Objekt hin, das in der LWS steckt: eine Pfeilspitze aus hartem Stein, angeraut und fachmännisch geschärft. Der Fund war nicht beschädigt, sodass sich die Diagnose „Mord durch eine Pfeilspitze“ vermuten lässt, gleichwohl wir natürlich nicht aus der Position der Pfeilspitze auf das Motiv des Schützen schließen können [11].

## 4. Fazit

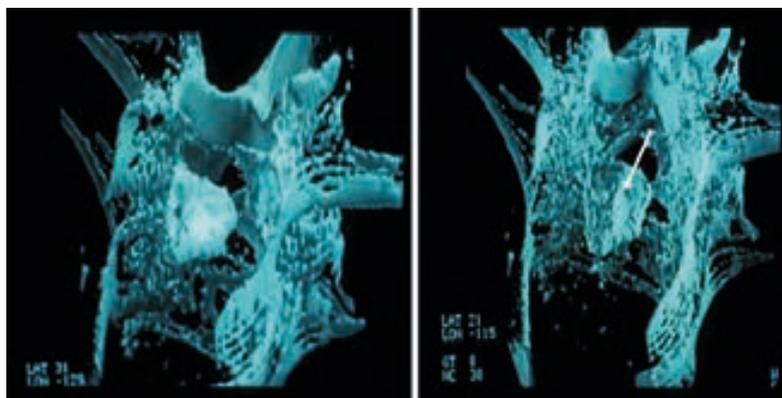
Die Geschichte der Medizin erzählt uns durchaus auch immer Geschichten [12, 13]. Gerade die moderne Medizintechnik kann diese Geschichte(n) mitunter ans Tageslicht fördern und so unseren Wissenshorizont bereichern. Radiologische bildgebende und evtl. auch biomedizinische optische Verfahren sind dabei geeignete Hilfsmittel und eröffnen nicht nur in der Kunstwissenschaft und medizinischen Kriminalistik, sondern auch in der Archäologie neue und interessante Anwendungsgebiete. Die hier gezeigten Beispiele sind prototypisch. Sie lassen allerdings die Vielfalt der radiologischen Möglichkeiten gut erkennen.

### AUTOR

#### Prof. Dr. med. Andreas Otte

Facharzt für Nuklearmedizin, Bachelor- und Master-Studiengang Medizintechnik, Fakultät E+I, Mitglied des IAF und des Eco-PHARO Photonics Instituts

Forschungsgebiete: Biomedizinische bildgebende Verfahren, Neurowissenschaften (NeuroScience)  
andreas.otte@hs-offenburg.de



**Abb. 3:**

3D-CT-Rekonstruktion des Lendenwirbelsäulen-Fragments aus zwei verschiedenen Projektionen, Fund vom Federsee, ca. 5000 v. Chr.. Mit freundlicher Genehmigung des Ärzteblatts Baden-Württemberg

## Dank

Ich danke meinem Lehrer in radiologischer Prof. Dr. med. Dr. theol. Andreas Beck, (1990-2014 Chefarzt des Instituts für Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin, Klinikum Konstanz) für die langjährige fachliche und persönliche Unterstützung.

### Referenzen/References

- [1] Thompson RC, Allam AH, Lombardi GP, et al. Atherosclerosis across 4000 years of human history: the horus study of four ancient populations. *Lancet* 2013; 381: 1211-1222
- [2] Appleby J, Mitchell PD, Robinson C, et al. The scoliosis of Richard III, last Plantagenet King of England: diagnosis and clinical significance. *Lancet* 2014; 383: 1944
- [3] Appleby J, Rutty GN, Hainsworth SV, et al. *Lancet* 2014 Sep 16. pii: S0140-6736(14)60804-7. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60804-7 [Epub ahead of print]
- [4] Dizdari X, Kleister G, Zimmer J, Otte A. Anwendung der Sonographie bei Splitterverletzungen: eine Modellsimulation. [Use of sonography in splinter injuries: a model simulation]. *Arch Krim* 2014; 234 (3+4): 103-113
- [5] Calin MA, Parasca SV, Savastru R et al. Optical techniques for the noninvasive diagnosis of skin cancer. *J Cancer Res Clin Oncol* 2013; 139: 1083-1104
- [6] Otte A. Nicolò Paganini: Teufelsgeiger durch abnorme Hände? – Neue Untersuchungen eines Bronzegipsabgusses der rechten Hand. [Nicolò Paganini: Devil's violinist because of abnormal hands? – New investigations using a bronze cast from the right hand]. *Arch Krim* 2014; 233 (5+6): 181-191
- [7] Prod'homme JG; translated from the original French edition by Mattullath A. Nicolò Paganini, a biography. Fischer, NY, 1911
- [8] Otte A, Thieme T, Beck A. Computed tomography alone reveals the secrets of ancient mummies in medical archaeology. *Hell J Nucl Med* 2013; 16: 148-149
- [9] Otte A, Beck A. Hirntumor bei einer 4500 Jahre alten Mumie. *Ärzteblatt Baden-Württemberg*; 2015; 70:18
- [10] Murphy WA Jr, zur Nedden D, Gostner P et al. The iceman: discovery and imaging. *Radiology* 2003; 226 (3): 614-629
- [11] Beck A, Otte A. Mord am Federsee – Pfeilspitze als Todesursache vor 7000 Jahren. *Ärzteblatt Ba-Wü* 2014; 69: 62
- [12] Erens O, Otte A (Hrsg.). *Geschichte(n) der Medizin*. Gentner Verlag, Stuttgart, 2014.
- [13] Otte A, Wink K. *Kerners Krankheiten großer Musiker*, Schattauer Verlag, Stuttgart, 2008

\*Die vorliegende Arbeit wurde in der April 2015 Ausgabe der Zeitschrift *horizonte* erstveröffentlicht und wird hier mit freundlicher Genehmigung des Verlags abgedruckt.



# Institute for Unmanned Aerial Systems

*Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder, Institutsleitung IUAS*

Das Institut für Unmanned Aerial Systems wurde vor nunmehr fast 3 Jahren gegründet. Anfänglich standen Problemstellungen und Entwicklungsarbeiten für autonome Helikopter allein im Vordergrund. Fluggenehmigungen auf der Internationalen Luftfahrtausstellung und Flüge in großen Höhen zeigen die Leistungsfähigkeit der bisherigen Entwicklungsergebnisse.

Es haben sich aber bald weitere Themenbereiche eröffnet, die in einem technologischen Zusammenhang mit Lösungswegen im UAV-Bereich stehen. Hier sind zunächst Entwicklungsarbeiten in der Kanalsanierung zu erwähnen. Es wurde ein akustisches Verfahren zur Inspektion von Kanalrohren entwickelt, über das an anderer Stelle berichtet wird. Hieraus ist ein weiteres Projekt für ein System für die Kanalnavigation entstanden, das derzeit in Arbeit ist. Weitere Projekte im Bereich Navigation sind in der Antragsphase.

Vorarbeiten in der optischen 3D-Erfassung haben zu einem Entwicklungsprojekt in diesem Bereich geführt. Ein entsprechendes Labor-

muster läuft, derzeit sind die ersten Prototypen im Aufbau.

Problemstellungen in der Inspektion von Beton mündeten in ein Entwicklungsprojekt im Bereich Ultrawideband-Radar. Ein erstes System wurde realisiert und wird derzeit optimiert. Aus diesen Arbeiten haben sich weitere Anwendungsbereiche für UWB-Radare ergeben; hier werden derzeit Konzepte erstellt und Finanzierungsquellen eruiert.

Das Institut hat inzwischen erfahrene Mitarbeiter und eine breite technologische Basis: Navigation, Flugregelung, Trägerphasen-GPS, HF-Kommunikationssysteme, optische 3D-Erfassung, Ultrawideband-Radar, inverse 3D-Rekonstruktionsalgorithmen, akustische Systeme etc. Die Auftragslage und Auslastung ist gut, und es darf gehofft werden, dass sich auf dieser Basis noch einige interessante Entwicklungen ergeben werden.

Natürlich sind Absolventenarbeiten und Projektarbeiten im Institut gern gesehen.



# Entwicklung eines FMCW-Radarsystems zur Brückenanalyse

Julien Schultz M. Sc., Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

In dem Projekt HIMSAR wird ein computergestütztes, berührungsloses Verfahren zur Schadensanalyse von Betonbauwerken entwickelt. Dazu wurde bereits ein „Humidity Imaging Synthetic Aperture Radar (HIMSAR)“ entwickelt. Neben dem Messverfahren werden nun ebenfalls die Signalverarbeitung zur visuellen Darstellung der Betonstruktur und die Methode zur Auswertung der Messergebnisse entwickelt. Dabei wird insbesondere darauf geachtet, dass die Darstellung der Betonstruktur später auch von ungeschultem Personal sicher interpretiert werden kann.

Humidity Imaging Synthetic Aperture Radar (HIMSAR) is a computer added, contactless process to analyze damage in concrete constructions. Additionally signal processing algorithms for visualization and a method to interpret the results are developed by the IUAS. Untrained personal should be able to interpret the results, so we focused to represent the results easily.

## Einleitung

Deutschlandweit gibt es allein in Bundesbesitz etwa 40 000 Brücken. Die DIN 1076 regelt die Prüfung und Überwachung dieser Brücken hinsichtlich ihrer Stand- und Verkehrssicherheit sowie Dauerhaftigkeit. Innerhalb dieser Norm ist unter anderem festgelegt, dass alle drei Jahre größere Prüfungen (sogenannte einfache Prüfungen bzw. Hauptprüfungen) durchgeführt werden müssen. Dabei sind teilweise „handnahe Prüfungen“ vorgeschrieben, bei denen die Mitarbeiter mit einem Abklopfhammer die gesamte Betonoberfläche der Brücke abklopfen, um Hohlstellen festzustellen. Diese Untersuchungsmethode weist jedoch mehrere Nachteile auf:

- Zum einen handelt es sich hierbei um eine akustische Methode, die zum einen subjektiv von den Mitarbeitern bewertet wird und
- zum anderen gerade bei befahrenen Brücken wie Autobahnbrücken durch den Verkehrslärm deutlich erschwert wird.
- Hinzu kommt der Zeit- bzw. Kostenaufwand bei den Hauptprüfungen.
- Die händischen Prüfungen werden meist von einem Team aus ca. fünf Mitarbeitern durchgeführt, was bei größeren Autobahnbrücken mehrere Tage in Anspruch nehmen kann.
- Um die Arbeitssicherheit während dieser Prüfungen zu gewährleisten, müssen verkehrssicherheitstechnische Einrichtungen aufgebaut bzw. der Verkehr umgeleitet werden. Dies führt zu enormen Kosten und einem behinderten Verkehrsfluss.

## Projektziel

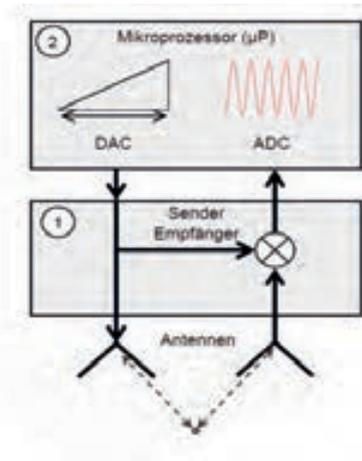
Ziel des Projekts ist es, ein fahrbares und kostengünstiges Radarmessgerät zu entwickeln, mit dem die Betonoberfläche der Brücken manuell oder automatisch abgefahren werden kann. Die erfassten Messdaten sollen sowohl gespeichert als auch unmittelbar an einen Computer zur Berechnung und Darstellung der Betonstruktur übertragen werden. Die Betonstruktur soll mit einer 3D-Software dargestellt und im Hinblick auf ihre Eigenschaften analysiert werden. Dies trägt zu einer besseren Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse bei, da es sich nun um eine objektive Bewertung handelt.

## Grundlagen

Zum Verständnis der Funktionsweise des HIMSAR-Scanners wird an dieser Stelle auf einige Grundlagen der Radartechnik sowie der Signalverarbeitung eingegangen.

### FMCW-Radar vs. Impulsradar

Heutzutage werden Radarsysteme in vielen Anwendungen eingesetzt, wie in Füllstandsmessgeräten und Abstandssensoren an Fahrzeugen. Jedoch basieren die meisten dieser Systeme auf der Laufzeitmessung eines kurzen Impulses. Das Problem an solchen Impulsradaren ist, dass deren Signal und die darin enthaltenen Frequenzanteile eher zufällig sind.



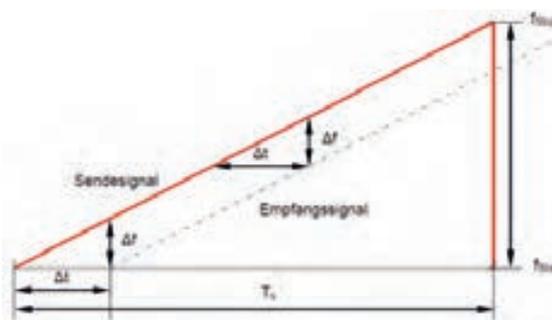
**Abb. 1:**  
Principalschaubild  
FMCW-Radar

Anders ist es bei FMCW-Radar-Systemen (Frequency Modulated Continuous Wave); dort wird über Modulation eines längeren Signals eine Pulskompression erreicht, die deterministisch und wiederholbar ist. Beim FMCW-Radar sind Sende- und Empfangsantennen getrennte Einheiten, deren Signale über einen Mischer wieder zusammengefügt werden. Die daraus resultierende Frequenzdifferenz ist aufgrund der Modulation maßgebend für die Laufzeit des Signals. Das Problem beim FMCW-Radar ist zum einen die starke direkte Kopplung zwischen Sende- und Empfangsantenne sowie die Korrektur der nichtlinearen Kennlinien der Bauteile im System.

## HF mit Mikrokontroller – wie geht das?

Der Vorteil des FMCW-Radar Systems ist, dass man zur Konvertierung des Empfangssignals lediglich einen handelsüblichen Analog-Digital-Wandler (ADC) verwenden muss. Dies funktioniert, da der Sende- und Empfangszweig über einen Mischer wieder zusammengeführt werden. Mathematisch formuliert ist das eine Multiplikation zweier Cosinus-Signale:

$$\cos(a) \cdot \cos(b) = \frac{\cos(a + b) + \cos(a - b)}{2}$$



**Abb. 2:**  
Laufzeitdifferenz und daraus entstehende Frequenzdifferenz

Dabei sind a und b Frequenzen im HF-Bereich, weshalb die Summenfrequenz deutlich über der Abtastfrequenz des Mikrokontrollers liegt. Die Differenzfrequenz jedoch ist bei einem linearen Sweep konstant (kleiner 50 kHz) und somit problemlos mit einem ADC abtastbar. Um eben solch eine konstante Differenzfrequenz über das Frequenzspektrum zu erhalten, ist es entscheidend, einen linear verlaufenden Sweep generieren zu können. Durch Nichtlinearitäten in den HF-Bauteilen wird ein linear angesteuerter Sweep verfälscht und es entstehen Nebenkeulen in der FFT der Differenzfrequenz. Um dies zu vermeiden, hat das IUAS eine iterative Kalibration entwickelt, mit der die Standardabweichung der Phase  $< 0.3\text{rad}$  beträgt. Jeder Reflektor erzeugt eine Differenzfrequenz, die maßgebend für dessen Entfernung ist. Das Ergebnis ist die Überlagerung der Differenzfrequenzen aller Reflektoren, die anschließend in der Signalverarbeitung für den Anwender verständlich visuell dargestellt werden müssen.

## Radar – Was misst man damit?

Bei dem HIMSAR-System messen wir die Reflektion, die von den zu messenden Körpern zurückgestrahlt wird. Aus der Hochfrequenztechnik ist bekannt, dass bei Impedanzsprüngen der Reflektionsfaktor abhängig von der Impedanzänderung ist. Bei der Radartechnik misst man die Dielektrizitäts-Konstanten (Leitfähigkeit) der Materialien. Ändert diese sich sprunghaft, so ist eine Reflektion zu messen.

## Eindringtiefe versus Auflösung

Ein ständiger Begleiter in der Radartechnik ist der Kompromiss zwischen Eindringtiefe und Auflösung. Bei höheren Frequenzen erreicht man meist eine größere Bandbreite und dadurch eine bessere Ortsauflösung. Jedoch nimmt die Eindringtiefe bei höheren Frequenzen deutlich ab, weshalb man an dieser Stelle einen Kompromiss passend für den Anwendungsfall treffen muss.

## Hardware

Die Hardware wurde modular konzipiert, um möglichst schnell und flexibel auf verschiedene Anwendungsfälle reagieren zu können. So gibt es ein Antennenmodul, ein HF-Modul und ein NF-Modul, das für HF-Frequenzbereiche gleich bleiben soll. Die Elektronik basiert auf einem STM32F407-Mikrokontroller und einem externen 16-Bit-ADC pro Eingangskanal. Um trotz der großen Bandbreite des Ultrawideband-Radarsystems von aktuell 800 MHz – 2.4 GHz einen stabilen Antennenschwerpunkt zu haben, wurde im Haus eine Vivaldi-Antenne für unsere Ansprüche entwickelt und hergestellt. Zuvor gekaufte Log-Pair-Antennen hatten eine Änderung des Antennenschwerpunkts von ca. 20 cm, welche eine präzise Messung praktisch unmöglich machten.

## Messungen

### Messungen mit Sandkasten

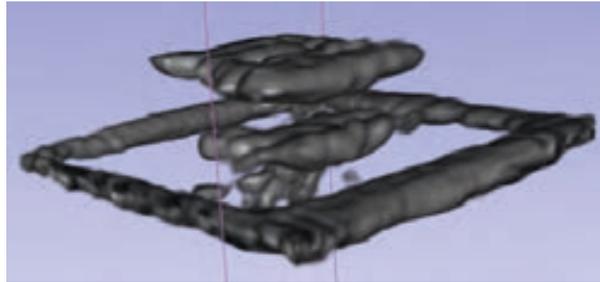
Für die ersten Messungen wurde ein Kreuztisch angeschafft, um eine gleichmäßige Rasterung der Messungen zu erreichen. Damit lässt sich relativ einfach ein 3D-Bild des gescannten Bereichs erstellen. Zudem wurde ein mobiler Sandkasten konstruiert, in dem diverse Objekte versteckt und mit dem HIMSAR entsprechend gesucht werden. Unter anderem wurden darin bereits Metallstangen, Wasserflaschen und auch feuchter Sand entdeckt und in einem 3D-Bild dargestellt. Abbildung 3 zeigt solch ein 3D-Bild des leeren Sandkastens. Man erkennt die Sandkastenoberseite und die Sandkastenunterseite sowie den eigentlichen Boden (Rechteck außen herum) und die Räder ganz unten. Die Räder befinden sich vermeintlich unter dem eigentlichen Boden; diese Verzerrung stammt von der langsameren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen im Material.

### Messungen an Probekörpern

Im Frühjahr 2015 fuhren Mitarbeiter des IUAS ins schwäbische Krauchenwies, um mit dem Industriepartner Messungen an realen, gealterten Betonteilen durchzuführen. Diese Teile stammen von diversen Abrissen und haben somit eine gewisse Alterung und eine durchschnittliche Masse von etwa zwei Tonnen. In Abbildung 4 ist der Versuchsaufbau in der Halle zu sehen. Absorber an der Seite sowie unter dem Antennengehäuse minimieren störende Reflektionen anderer metallischer Gegenstände.

**Abb. 3:**

3D-Bild des leeren Sandkastens. Zu sehen sind Ober- und Unterseite, der Boden sowie die Räder darunter



**Abb. 4:** Messaufbau bei Messungen in Krauchenwies



Weiter wurde auch der blanke Boden der Halle gescannt. Da dort der Unterbau bekannt ist, konnten wir unsere Messergebnisse gut verifizieren. In Abbildung 5 ist die Bodenplatte im 3D-Bild dargestellt. Man erkennt genau die Armierungsschichten und deren Ausrichtung.

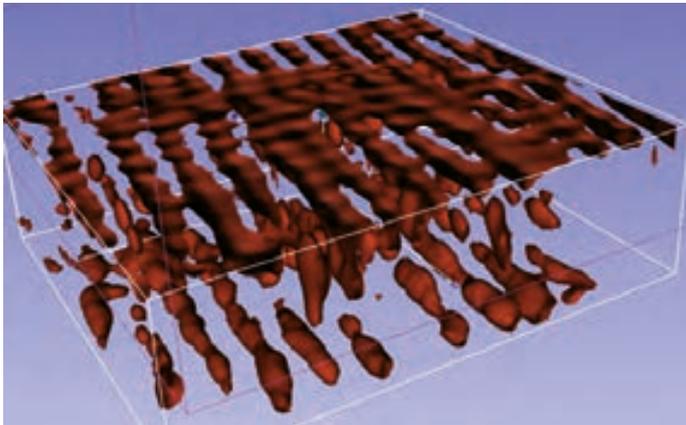


Abb. 5: 3D-Bild der Bewehrung im Hallenboden

## Messungen an Brücken

Da der Kreuztisch lediglich ein Quadrat von 2 m Seitenlänge abfahren kann, musste die Messeinrichtung für eine Brückenmessung modifiziert werden. Dazu spannten wir die Antennen mit einem Holzgestänge vor einen Laborwagen. Das Rad des Wagens wurde mit Magneten und einem Hallsensor ausgestattet, um eine gleichmäßige Rasterung der Messungen zu erhalten. Da nur eine Sende- und Empfangsantenne auf dem Wagen montiert wurde, bekommt man als Resultat der Messung einen Querschnitt durch die Brücke, einen sogenannten B-Scan. Gemessen wurde der Radweg der Kinzigbrücke direkt an der Hochschule.

In Abbildung 6 oben ist der Querschnitt der kompletten Brücke zu sehen. Unten ist der markierte Bereich ausgeschnitten und vergrößert dargestellt. Im oberen Bild sind die querliegenden Trägerstrukturen gut zu erkennen, genauso wie die Fahrbahndecke und die metallische Dehnungsfuge am Anfang und am Ende der Brücke (weiße Punkte im Bild). Im vergrößerten Bild ist die feine Struktur des Metallgitters der Stahlarmierung direkt unter der Fahrbahndecke gut zu erkennen. In regelmäßigen Abständen bekommt man jeweils eine stärkere Reflektion.

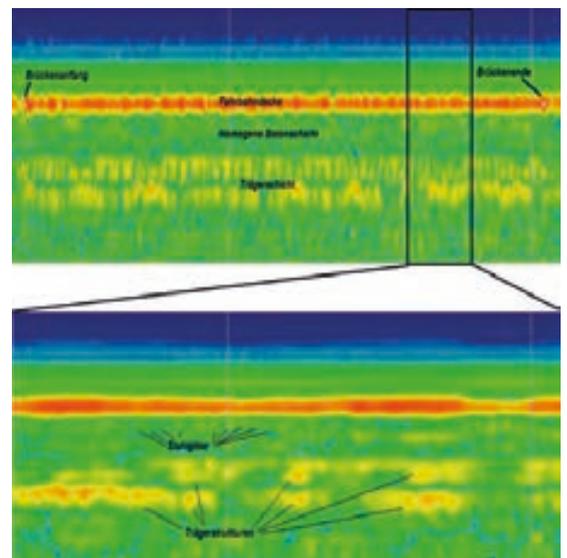


Abb. 6: B-Scan des Radwegs der Kinzigbrücke an der HSO

### AUTOREN

**Julien Schultz M. Sc.**  
Projektmitarbeiter IUAS  
julien.schultz@  
hs-offenburg.de



**Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder**  
Leiter Institute for Unmanned  
Aerial Systems  
w.schroeder@hs-offenburg.de



## Ausblick

Nachdem nun das System bei den physikalischen Grenzen angekommen ist, muss versucht werden, mit Mitteln der Signalverarbeitung die Auflösung und die Darstellbarkeit für den Anwender zu verbessern. Gerade Materialveränderungen, Korrosion am Bewehrungsstahl, Hohlräume sowie Feuchtigkeitseindring sind für die Analyse von Bauwerken von großer Bedeutung. Anstehende Messreihen sollen zeigen, inwieweit diese Eigenschaften mit einem Radarsystem dieses Frequenzbereichs zuverlässig dargestellt werden können.



## Existenzgründungsförderung der Hochschule Offenburg

*„Sie studieren an der HSO, sind hier angestellt und interessieren sich für das Thema Selbstständigkeit? - Dann sind Sie hier im Gründerbüro der HSO genau richtig!“*

Das Gründerbüro unterstützt bei allen Fragen rund um das Thema Selbstständigkeit, Unternehmensgründung und Unternehmensentwicklung. Ziel dabei ist, das große Potenzial an technischem und wirtschaftlichem Wissen der Studierenden und Beschäftigten der Hochschule für die Gründung von neuen Unternehmen zu nutzen. Im Fokus stehen dabei die technologieintensiven Gründungen, die in Zusammenarbeit mit dem IAF mit speziellen Förderprogrammen unterstützt werden. Ansprechpartner hier sind Prorektor Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer, als Beauftragter innerhalb des Rektorats, und Wolf-H. Blochowicz, als Leiter des Gründerbüros. Beide stehen für alle Fragen rund um die Selbstständigkeit und die Gründung eines Unternehmens gern zur Verfügung.

Aus diesen individuellen Beratungen gingen auch 2014 die verschiedenartigsten Unternehmensgründungen hervor. Neben den direkt studienbezogenen Neugründungen, wie die Selbstständigkeit als Kameramann oder die Entwicklung von spezieller Software, sind die Gründungen, in denen das Hobby oder ein spezielles Interesse zu einer Geschäftsidee entwickelt werden, stark vertreten.

Das Gründerbüro bietet ständig zahlreiche Veranstaltungen, Seminare und Workshops an. Neben dem allgemeinen Thema „Selbstständigkeit neben dem Studium“ werden auch Spezialfragen der Existenzgründung durch interne und externe Experten detailliert beleuchtet. So gab es 2014 unter anderem Seminare zum Thema „Steuern, Basiswissen für Existenzgründer“, „Mein Markt, mein Kunde, mein Erfolg“ oder „Grenzüberschreitende Gründungen“. Auch die Reihe „Erfolgreiche Unternehmer berichten“ wurde mit einem Vortrag von Jürgen Feuerstein, einem Ausnahme-Unternehmer aus Lahr, weitergeführt. Abgerundet wurde dieses Angebot durch Workshops wie „Entdecken Sie Ihre Unternehmertalente“ und dem zweitägigen Unternehmensplanspiel „prime-cup“. Diese breit gefächerten Angebote fanden bei 109 Studierenden Zuspruch.

Kontakte sind ein äußerst wichtiger Bestandteil, um einer Existenzgründung zum Erfolg zu verhelfen. Auch hier kann das Gründerbüro tatkräftig unterstützen. Neben dem Gründerverbund Campus Technologies Oberrhein (CTO) der Universität Freiburg ist besonders der TechnologiePark Offenburg (TPO) ein prädestinierter Partner mit vielfältigen Wirtschaftskontakten und Beratungsangeboten.

**Bild oben:**

Prorektor Prof. Dr.  
Thomas Breyer-Mayländer  
und Wolf-H. Blochowicz

# Forschungs- und Entwicklungsprojekte 2014

Wettbewerblieh neu eingeworbene Projekte und Teilprojekte in 2014  
Projektleiter (-in), Projekttitel, Mittelgeber

**Bessler W., Prof. Dr.:** Thermal runaway of lithium batteries: High-temperature properties of cells and electrodes, Teil 1, *VolkswagenStiftung, Hannover*

**Bessler W., Prof. Dr.:** Thermal runaway of lithium batteries: High-temperature properties of cells and electrodes, Teil 2, *VolkswagenStiftung, Hannover*

**Bessler W., Prof. Dr.:** TempOLadung, Aufstockung, *BMBF - FHPProfUnt*

**Bessler W., Prof. Dr.:** Mechanismus und Design der Abscheidung von Lithiumoxiden in Lithium-Luft-Batterien, *BMBF*

**Bollin E., Prof.:** Stabilisierende Netzanbindung eines lokalen Smart Grids - Smart Link, *Elektrizitätswerk Mittelbaden AG & Co.KG (Ökologie- und Innovationsfonds)*

**Bollin E., Prof.:** Wissenschaftlich-technische Begleitung des Projekts „SOLCOOL BaWü“ – Aufstockung, *Land BW; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft*

**Bollin E., Prof.:** Erstellung einer Vorstudie AMLR für den Einsatz eines adaptiven und prädiktiven Steueralgorithmus für thermoaktive Bauteilsysteme (TABS) beim IWB Citycenter in Basel, *Industrielle Werke Basel*

**Bollin E., Prof.:** Netz-TABS: Netzfrenderlicher Betrieb von Thermoaktiven Bauteilsystemen durch selbsterlernende und vorausschauende Anlagensteuerung, *BW-Stiftung*

**Christ A., Prof. Dr.; Felhauer T., Prof. Dr.; Schüssele L., Prof. Dr.:** Spektrum Monitoring Teil 2, *LS telcom AG, Lichtenau*

**Denne B., Prof. Dr.:** Erarbeitung eines „Sales Excellence“ Ansatzes mit dem Ziel darzustellen, welche Elemente für die Erreichung einer „Sales Excellence“ wesentlich sind, *Robert Bosch GmbH, Stuttgart*

**Doherr D., Prof. Dr.:** Kombinierte Voruntersuchungen für Tiefengeothermie-Labor, Paket 6, *Land BaWü / BWPlus*

**Doherr D., Prof. Dr.:** Kombinierte Voruntersuchungen für Tiefengeothermie-Labor, Zusatzpaket: Installation einer Groupwareplattform, *Land BaWü / BWPlus*

**Hildenbrand P., Prof. Dr.:** Entwicklung einer simulationsgestützten Reglertechnologie zur standortübergreifenden Prozessoptimierung in internationalen Produktionsstrukturen, *ZIM (BMW)*

**Hochberg U., Prof. Dr.:** Entwicklung eines Automatik-Kettenradgetriebes, welches unter Vollast und ohne Schaltruck zu schalten ist; Entwicklung und Bau einer Steuerung eines 3-Gang-Automatik-Kettenradgetriebes in einem Fahrzeug mit E-Motor-Antrieb, *ZIM (BMW)*

**Hochberg U., Prof. Dr.:** Joulemeter Teil 5, *Shell Research Limited, Großbritannien*

**Hochberg U., Prof. Dr.:** Erweiterung der Wasserstoff-Infrastruktur im Industriegebiet Freiburg-Nord - Wasserstoffmengenmessung an Wasserstoff-Tankstellen, Teil 2, *BWPlus*

**Isele A., Prof.:** Entwicklung eines streckgrenzengesteuerten Anziehverfahrens zum Erreichen von Schraubverbindungen mit maximal mögl. Vorspannkraft bei Verbindungspartnern mit nicht linearem und hysteretischem Kompressionsverhalten im Kraftfluss, *ZIM (BMW)*

**Isele A., Prof.:** Systemlacke als Maschinenelement; Grundlagenuntersuchungen zum Setz-Verhalten von Schraubenverbindungen mit lackierten Bauteilen, *ZIM (BMW)*

**Ismer B., Prof. Dr.:** MRT Untersuchungen an Herzdrähten und Elektroden, *Dr. Osyka AG, Rheinfelden*

**Jochum J., Prof. Dr.:** Projektbezogener Personenaustausch mit Kolumbien, *DAAD*

**Köbler J., Prof. Dr.:** Erstellung eines Produktionssimulationsmodells für das Neuprojekt „Aldi-Zahnbürste“, *Schiffer-Holding GmbH & Co.KG, Neustadt / Fernthal*

**Mackensen E., Prof. Dr.:** Entwicklung eines Schmerzstimulators zur Feststellung des Schmerzempfindens bei Patienten, *Tricumed Medizintechnik GmbH, Kiel*

**Mayer A., Prof. Dr.:** Nichtlinearitäten in OFW-Filtern Teil 3, *EPCOS AG, München*

**Müller A., Prof. Dr.:** EmotionShop 3D - Entwicklung eines Messwagens zur Erfassung des emotionalen und physischen Verhaltens von Personen in virtuellen und realen Umgebungen, *ZIM (BMW)*

**Nuß U., Prof. Dr.:** HDR3 Hard- und Software Verlängerung 4, *GNDC Co. Limited, Taiwan*

**Nuß U., Prof. Dr.:** HDR3 Hard- und Software Verlängerung 5, *GNDC Co. Limited, Taiwan*

**Nuß U., Prof. Dr.:** Messungen an einer Rogowski-Spule, *Badische Stahl Engineering GmbH, Kehl*

**Pfafferoth J., Prof. Dr.:** Angepasste Regelung und Fernüberwachung von dezentralen, solar-betriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen (ReSoWas), *BMBF - FH ProfUnt*

**Pfafferoth J., Prof. Dr.:** Messung des Kondensatanfalls an Verbindungsstücken für Außenluftkanälen in Innenräumen, *Zehnder GmbH, Lahr*

**Rohbock U., Prof. Dr.:** PACTware Usability-Test mittels Eyetracking und Nachbefragung, *PACTware Consortium e.V., Pfinztal*

**Rohbock U., Prof. Dr.:** VEGA DTM's Usability-Test mittels Eyetracking und Nachbefragung, *VEGA Grieshaber KG, Schiltach*

**Schröder W., Prof. Dr.:** Entwicklung eines Radar-Verfahrens zur Hochgeschwindigkeitsdetektion von Fremdkörpern in Lebensmittelprodukten, *ZIM (BMW)*

**Seifert T., Prof. Dr.:** Einfluss der thermomechanischen Belastungsgeschichte auf mechanische Werkstoffeigenschaften, *INTALES GmbH, Österreich*

**Seifert T., Prof. Dr.:** Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Ermüdungslebensdauer von hoch belasteten Warmumformwerkzeugen auf Basis fortschrittlicher Werkstoffmodelle, *DFG*

**Sikora A., Prof. Dr.:** Universell einsetzbare und anpassbare Sicherheitslösung für die Car2x Kommunikation, *ZIM (BMW)*

**Sikora A., Prof. Dr.:** Short-Range Wireless Network für Anwendungen der Heim- und Gebäudeautomatisierung, *Kundo xT GmbH, St. Georgen*

**Sikora A., Prof. Dr.:** Technologiestudie „Betriebssysteme für Embedded Plattformen“, *Kundo xT GmbH, St. Georgen*

**Sikora A., Prof. Dr.:** DFAM Studie „Instandhaltungstaugliches Messgerät“, *DFAM / VDMA, Frankfurt*

**Sikora A., Prof. Dr.:** Support Services für Firma Krugozor Ltd., *Krugozor Ltd., Russland*

**Sikora A., Prof. Dr.:** Analyse und Systematisierung von Angriffsvektoren für ein industrielles Gateway sowie Entwicklung und Anpassung von Methoden und Software-Komponenten zur Verifikation und Validierung der Schutzmaßnahmen, insbesondere im Bereich der Netzwerksicherheit, *ZIM (BMW)*

**Sikora A., Prof. Dr.:** Kooperatives Lokalisierungssystem zur Relativabstandsberechnung von mehreren Fahrzeugen zum Einsatz bei der Entwicklung von komplexen Fahrer-assistenzsystemen (KoRel); Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation, ADTF-Anbindung und ZYNQ-Integration, *ZIM (BMW)*

**Spangenberg B., Prof. Dr.:** Entwicklung einer neuartigen Oberflächenbeschichtung auf Wasserglasbasis; Untersuchung der chemischen Prozesse und der mechanischen Eigenschaften des neuartigen Lackes, *ZIM (BMW)*

**Velten D., Prof. Dr.:** Prozesssteuerung in der Messing-Gießerei, *Hansgrohe SE, Schiltach*

**Waltersberger B., Prof. Dr.:** Simulation von Schneidprozessen im Hartgestein, *Herrenknecht AG, Schwanau*

**Waltersberger B., Prof. Dr.:** Voruntersuchung Dichtungsbelastung, *Herrenknecht AG, Schwanau*

**Weidlich A., Prof. Dr.:** ÖkoFlex - Flexibilität als ökonomisches Gut im intelligenten Energiesystem zur effizienten Einbindung erneuerbarer Energien, *BMBF - FH ProfUnt*

**Westhoff D., Prof. Dr.:** Promotionsvorhaben zur Erarbeitung von Sicherheitserweiterungen für das Cloud Computing, *BMBF - IngenieurNachwuchs*

**Westhoff D., Prof. Dr.:** Universell konfigurierbare Sicherheitslösung für Cyber-physikalische heterogene Systeme - UNIKOPS: Teilvorhaben: In-Netzwerk-Lösungen zur elastischen und vertraulichen Datenvorverarbeitung, *BMBF - IKT 2020 - Forschung für Innovationen*

**Wetzel C., Prof. Dr.:** Rotordynamik-Simulation von schnelllaufenden Abgasturbinen in Schwimmbuchsenlagern, *MTU Friedrichshafen GmbH, Friedrichshafen*

**Wilke A., Dr.:** Bentonit als Immobilisierungsmaterial in Biogasanlagen, *Biomanufaktur Schwarzwald-Bodensee Vertriebsgesellschaft für Regionalwaren mbH*

**Zell C., Prof. Dr.:** Entwicklung eines Standardisierungsprozesses zur Analyse seltener DNA-Profile zur Next generation sequencing (NGS)-Diagnostik am Beispiel hämatologischer Krebserkrankungen, *ZIM (BMW)*

**Zell C., Prof. Dr.:** ARTHYMES - Archaea Transform Hydrogen to Methane for Energy Storage, *Badenova AG & CO. KG (Badenova Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz)*

# Publikationen 2014

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

- Amling T., Bantleon U.,** COSO-Regelwerk 2013 „Internal Control — Integrated Framework“ — Neue Anforderungen an die Corporate Governance in Deutschland, *Die Wirtschaftsprüfung (ISSN 0340-9031)*, 2014, Nr. 7, S. 343-353. Die Zeitschrift erscheint im IDW-Verlag
- Anantalapochai N., Sikora A., Eberlein D., Kunz D.,** Integration of BACNET OPC UA-Devices Using a JAVA OPC UA SDK Server with BACNET Open Source Library, *International Journal of Computing*, 2013, Vol. 12, Issue 1, pp.7-15. (Nachtrag 2013)
- Babu D.-J., Lange M., Cherkashinin G., Issanin A., Staudt R., Schneider J.J.,** Carbon, *CARBON, Monthly ISSN: 0008-6223*, 61, p. 616-623
- Bergheim M., Gminski R., Spangenberg B., Dabiak M., Bürkle A., Mersch- Sundermann V., Klaus,** Recalcitrant pharmaceuticals in the aquatic environment: a comparative screening study of their occurrence, formation of phototransformation products and their in vitro toxicity, *Environmental Chemistry* 11(4) 431- 444 (2014); <http://dx.doi.org/10.1071/EN13218>
- Bolten D., Staudt R., Türk M.,** Adsorption von CO<sub>2</sub> und racemischen Wirkstoffen an nanoskaligen Trägern Adsorption of Racemic Pharmaceuticals on Nano-Scale Substrates, *Chem. Ing. Tech., Volume 86, (3)*, (2014), pages 375–379
- Breß S., Siegmund N., Heimel M., Saecker M., Lauer T., Bellatreche L., Saake G.,** Load-aware inter-co-processor parallelism in database query processing, *Data & Knowledge Engineering, Volume 93, Elsevier, September 2014*, pp. 60–79
- Danner T., Horstmann B., Wittmaier D., Wagner N., Bessler W.G.,** Reaction and transport in Ag/Ag<sub>2</sub>O gas diffusion electrodes of aqueous Li-O<sub>2</sub> batteries: Experiments and modeling, *J. Power Sources* 264, 320-332 (2014)
- Decker E., Meier B.,** Mathe-App als Aktivierungsunterstützung beim Studienstart, Transfer von Studienreformprojekten für die Mathematik in der Ingenieurausbildung, *ZFHE Jg.9/Nr.4 (November 2014)*, Sonderheft verfügbar unter: <http://www.zfhe.at/index.php/zfhe/article/view/716>,
- Dimeas A., Drenkard S, Hatzigiorgiou N., Karnouskos S., Kok K., Ringelstein J., Weidlich A.,** Smart Houses in the Smart Grid, *IEEE Electrification Magazine* 2(1), März 2014, S. 81-93
- Dizdari X., Kleister G., Zimmer J., Otte A.,** Anwendung der Sonographie bei Splinterverletzungen: eine Modell-simulation [Use of sonography in splinter injuries: a model simulation], *Arch Krim* 2014; 234 (3+4): 103-113
- Fronczek D., Bessler W. G.,** Insight into lithium-sulfur batteries: Elementary kinetic modeling and impedance simulation, *J. Power Sources* 244, 183-188 (2013) (Nachtrag 2013)
- Göbel M.-U., Lange M., MellerK., Möller A., Schieferstein E., Seeger T., Keller J.U.,** Koadsorptionsgleichgewichte von Kraftstoffdämpfen an feuchten Aktivkohlefiltern, *Angew. Chemie International Edition* 53, (37), pages 9949–9952, (2014)
- Graumann M., Semrau T., Skrabek, Carena,** Motivieren SMART-formulierte Zielvereinbarungen wirklich? *Zeitschrift Führung + Organisation*, 82. Jg. 2013, S. 117-124. (Nachtr. 2013)
- Grübl D., DannerT., Schulz V. P., LatzA., Bessler W.G.,** Multi-methodology modeling and design of lithium-air cells with aqueous electrolyte, *ECS Trans.* 62, 137-149 (2014). *ECS Transactions sind in der AG-IV Liste von periodisch erscheinenden Zeitschriften*
- Handke M., Weber H., Lange M., Möllmer J., Lincke J., Gläser R., Staudt R., Krautscheid H.,** Network Flexibility: Control of Gate Opening in an Isostructural Series of Ag-MOFs by Linker Substitution, *Inorg. Chem.*, 53 (14), (2014) 7599-7607
- Hartmann P., Grübl D., Sommer H., Janek J., Bessler W.G., Adelhelm P.,** Pressure dynamics in metal-oxygen (metal-air) batteries: a case study on sodium superoxide (NaO<sub>2</sub>) cells, *J. Phys. Chem. C* 118, 1461-1471 (2014)
- Heinke M., Ismer B., Dannberg T., Heinke H., Kühnert H.,** Ventrikuläre Desynchronisation mit und ohne ischämische Herzerkrankung bei Resynchronisationsrespondern, *Biomed. Tech.* 58, (Suppl. 2) 2013, 4155; DOI 10.1515/bmt-2013-4155 2 Seiten, Nachtrag von 2013
- Heinke M., Ismer B., Kühnert H., Gorissen B., Müller D., Dannberg G., Figulla V. P.,** Left ventricular conduction delay and biventricular pacing delay in cardiac resynchronisation therapy responder and non-responder, *Europace* 15, Suppl. 2, (2013), P1240, 1 Seite, Nachtrag von 2013
- Heinke M., Ismer B., Kühnert H., Heinke T., Dannberg G., Figulla H.R.,** Transösophageales interventrikuläres Delay bei Vorhofflimmern und kardialer Resynchronisation, *Biomed. Tech.* 58, (Suppl. 1) 2013, 4154; DOI 10.1515/bmt-2013-4154, 2 Seiten, Nachtrag von 2013
- Heinke M., Dannberg G., Kühnert H.,** Nicht-invasive Evaluierung des elektrischen interventrikulären Delays bei Vorhofflimmern mit und ohne kardiale Resynchronisationstherapie, *Clin Res Cardiol* 103, Suppl 1, April 2014, V165, DOI 10.1007/s00392-014-1100-9 (2 Seiten)
- Heinke M., Dannberg G., Solbrig O., Querengässer J., Kühnert H.,** Optimization of atrioventricular and interventricular pacing delay in biventricular pacing with different left ventricular electrode position, *Biomed. Tech* 59, (Suppl. 1) 2014, 4109, DOI 10.1515/bmt-2014-4109 (3 S.)
- Heinke M., Dannberg G., Heinke T., Kühnert H.,** Ventricular desynchronization with electrical interventricular delay to left ventricular delay ratio in atrial fibrillation heart failure patients, *Biomed. Tech* 59, (Suppl. 1) 2014, 410, S227-S229, DOI 10.1515/bmt-2014-410 (3 Seiten)

- Henke M., Willich C., Westner C., Leucht F., Kallo J., Bessler W.G., Friedrich K.A.**, A validated multi-scale model of a SOFC stack at elevated pressure, *Fuel Cells* 13, pp773-780 (2013) (Nachtrag 2013)
- Hess P., Lomonosov A. M., Mayer A. P.**, Laser-based linear and nonlinear guided elastic waves at surfaces (2D) and wedges (1D), *Ultrasonics* 54, 39–55 (2014)
- Hofmann A., Fronczek D. N., Bessler W.G.**, Mechanistic modeling of capacity loss and polysulfide shuttle in lithium-sulfur batteries, *J. Power Sources* 259, 300-310 (2014)
- Horstmann B., Gallant B., Mitchell R., Bessler W. G., Shao-Horn Y., Bazant M. Z.**, Rate-dependent morphology of Li2O2 growth in Li-O2 batteries, *J. Phys. Chem. Lett.* 4, 4217-4222 (2013) (Nachtrag 2013)
- Horstmann B., Danner T., Bessler W.G.**, Precipitation in aqueous lithium-oxygen batteries: A modelbased analysis, *Energy Environ. Sci.* 6, pp1299-1314 (2013) (Nachtrag 2013)
- Junk S., Côté S.**, Influencing variables on sustainability in additive manufacturing, *Bártolo et al. (Eds), Taylor Francis Group, London, ISBN 978-1-138-000046-9*, pp. 167-172 (Nachtrag 2013)
- Kalz D., Pfafferoth J., Herkel .S, Sonntag M.**, Energieeffiziente Kühlung und Thermischer Raumkomfort: Erfahrungen aus dem Langzeitmonitoring von 42 Bürogebäuden, *Bauphysik* 36 (2014). DOI: 10.1002/bapi.201410030
- Kettner F., Worch C., Möllmer J., Gläser R., Staudt R., Krautscheid H.**, Synthesis, Crystal Structure and Catalytic Behavior of Homo- and Heteronuclear Coordination Polymers [M(tdc)(bpy)], *Inorg. Chem.*, 52 (15) (2013) pp8738-8742(Nachtrag 2013)
- Lange M., Kobalz M., Bergmann J., Lässig D., Lincke J., Möllmer J., Möller A., Hofmann J., Krautscheid H., Staudt R., Gläser R.**, Structural flexibility of a copper-based metal-organic framework: sorption of C4-hydrocarbons and in situ XRD, *J. Mater. Chem. A*, 2(21) (2014) 8075-8085
- Metzger M., Nieweg B., Schweizer C., Seifert T.**, Lifetime prediction of cast iron materials under combined thermomechanical fatigue and high cycle fatigue loading using a mechanism-based model, *International Journal of Fatigue* 53, 2013, pp58-66(Nachtrag 2013)
- Metzger M., Leidenfrost M., Werner E., Riedel H., Seifert T.**, Lifetime prediction of EN-GJV 450 cast iron cylinder heads under combined thermo-mechanical and high cycle fatigue loading, *SAE International Journal of Engines* 7(2), 2014, 1073-1083, doi:10.4271/2014-01-9047
- Metzger M., Seifert T.**, On the exploitation of Armstrong-Frederik type nonlinear kinematic hardening in the numerical integration and finiteelement implementation of pressure dependent, *Computational Mechanics* 52, 2013, pp515-524(Nachtrag 2013)
- Milz B., Spangenberg B.**, 2D-Thin-Layer Chromatography (2D-TLC) Flash Test of 17 -Ethinylestradiol and related Steroids detected by Fluorescence Densitometry, *J. liq. chrom. & rel. technol.* 36 (2013), pp1 - 9, ISBN ISSN 1082-6076, E ISSN 1520- 572X (Nachtrag 2013)
- Milz B., Spangenberg B.**, Grafted 2D-Thin Layer Chromatography (2D-TLC) of 17 -Ethinylestradiol detected by Bio-directed Analysis, *Journal. Liq. Chrom. & rel. Technol.* 37 (2014), 2872 –2881
- Möller A., Guderian J., Möllmer J., Lange M., Hofmann J., Gläser R.**, Kinetische Untersuchungen zur Aufkonzentrierung methanhaltiger Gasgemische an Kohlenstoffmolekularsieben, *Chem. Ing. Tech.*, 86 (1-2), (2014) pages 41-46
- Möller A., Guderian J., Möllmer J., Lange M., Hofmann J., Gläser R.**, Kinetische Untersuchungen zur adsorptiven Luftzerlegung an Kohlenstoffmolekularsieben, *Chem. Ing. Tech.*, 11 (2013) pp1680-1685 (Nachtrag 2013)
- Neidhardt J.P., Kee R. J., Bessler W.G.**, Electrode reoxidation in solid-oxide cells: Detailed modeling of nickel oxide film growth, *ECS Transactions.* 57, pp2573-2582 (2013). (Nachtrag 2013)
- Ohnemus D., Otte A.**, Medizinhistorische Fundstücke aus der (Neuro-)Prothetik: eine Online-Analyse. [Medical-historical findings of (neuro-) prosthetics: an online survey], *Arch Krim* 2014; 234 (5+6): 201-208
- Opitz F., Treffinger P.**, Packed Bed Thermal Energy Storage Model –Generalized Approach and Experimental Validation, *Applied Thermal Engineering* 73 (2014), pp. 243–250. doi:10.1016/j.applthermaleng.2014.07.057
- Otte A., Riemann D.**, Premature mortality in patients with epilepsy, *Lancet* 2014; 383 (9916): 520, doi: 10.1016/S0140-6736(14)60177-X
- Otte A., Vallez Garcia D., Dierckx R., Holstege G.**, Chronic whiplash-associated disorders. *Lancet* 2014; 384 (9951): 1346, doi:10.1016/S0140-6736(14)61814-6
- Otte A.**, Paganini: Teufelsgeiger durch abnorme Hände? – Neue Untersuchungen eines Bronzegipsabgusses der rechten Hand (Nicolò Paganini: Devil's violinist because of, *Arch Krim* 2014; 233 (5+6): 181-191
- Otte A., Thieme T., Beck A.**, Computed tomography alone reveals the secrets of ancient mummies in medical archaeology, *Hellenic Journal of Nuclear Med* 2013; 16(2): 148-149 (Nachtrag 2013)
- Ou T., Delloro F., Bessler W. G., Thorel A., Nicoletta C.**, Proof of concept for the Dual Membrane Cell. Part II: Mathematical modeling of charge transport and reaction in the dual membrane, *J. Electrochem. Soc.* 160, pp367-F374 (2013) (Nachtrag 2013)
- Pupyrev P.-D., Lomonosov A. M., Hess P., Mayer A. P.**, Symmetry effects on elastic wedge waves at anisotropic edges, *J. Appl. Phys.* 115, 243504/1-11 (2014)
- Reiter J.**, Configuration and control of suppliers' safety buffers in automotive Just-In-Sequence-Production via a dynamic mathematical model, *Journal of Mathematical Modelling and Application* 2014, Vol. 1, No. 9, 56-66, ISSN: 2178-2423; <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/modelling/index>

- Rohbogner G., Fey S., Benoit P., Wittwer Ch., Christ A.,** Design of a Multiagent-Based Voltage Control System in Peer-to-Peer Networks for Smart Grids, *Http://online-library.wiley.com/doi/10.1002/ente.201300080*, *Energy Technology Vol. 2, Issue 1*, p 107-120, Wiley Online Library, 2014. DOI: 10.1002/ente.201300080
- Roost J., Wendt G., Weidlich A.,** Preissensitivität und Kundenbindung im Strommarkt: Auf den Vertriebskanal kommt es an, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 63. Jg., Heft 10, S. 8-12 (Nachtrag 2013)
- Schieferstein S., Schlüter S., Hennig T., Lange M., Möller A., Meller K.,** Untersuchung von Kraftstoffdampf-Rückhaltesystemen bei Einsatz von Ethanolhaltigen Biokraftstoffen, *Chem.Ing.Tech.*, 85 (2013) S.934 – 943 (Nachtrag 2013)
- Schwarz S.,** Komplexitätsmanagement durch die Unternehmensaufsicht - Systemische Ansatzpunkte für eine komplexitätsgerechte Governance, *Zeitschrift für Corporate Governance (ZCG)*, 2014, Nr. 6, S. 274-277
- Schwarz S.,** Ansatzpunkte zur Verknüpfung von Wertmanagement und Wertemanagement aus Sicht der Führungspraxis, *Zeitschrift für Corporate Governance (ZCG)*, 2014, Nr. 4, S. 149-152
- Seifert T., Hazime R., Dropps S.,** TMF Life Prediction of High Temperature Components Made of Cast Iron HiSi Mo: Part II: Multiaxial Implementation and Component Assessment, *SAE Internat. Journal of Materials and Manufacturing* 7(2), 2014, 421-431, doi:10.4271/2014-01-0905
- Seigel A., Milz B., Spangenberg B.,** Quantification of Parabens by Diode-Array Thin-Layer Chromatography Coupled with a *Vibrio fischeri* Bioluminescence Assay, *Journal of Planar Chromatography* 26 (2013), pp119–124, ISSN 0933-4173 (Nachtrag 2013)
- Siegfried P.,** Strategic Business Planning in Young Small and Medium Enterprises, *Publishing House of Wroclaw University of Economics*, ISSN 1899-3192, S. 75-84. (double-blind-review) (Nachtrag 2013)
- Sikora A.,** Portable and Flexible Communication Protocol Stacks for Smart Metering Projects, *Journal of Electronic Science and Technology*, Vol. 11, No. 1, Mar 2013, 7 Seiten (Nachtrag)
- Sikora A., Schappacher M.,** A Highly Scalable IEEE802.11p Subsystem Using Communication and Localization for Increased Vehicular Safety, *2013 Int'l Conf. On Control, Robotics and Journal of Electrical Energy*, Vol.1, No.2, June 2013, ISSN: 2301-3656. 6 Seiten (Nachtr.)
- Sikora A., Lehmann P., Anantalapochai N., Dold M., Rahusen D., Rohleder A.,** Recent Advances in EN13757 Based Smart Grid Communication, *ICSGCE 2014*, 29-31.10.2014, Sharjah (UAE), *Journal of Communications* Vol.9 No. 9, Sep. 2014, pp-658-664
- Takam P.C., Büttner J., Höfflin D., Heinke M.,** Atrioventricular conduction time and permanent pacemaker therapy after transcatheter aortic valve implantation, *Biomed. Tech* 59, (Suppl. 1) 2014, 410, S224-S226, DOI 10.1515/bmt-2014-410 (3 Seiten)
- Tanaka N., Bessler W.G.,** Numerical investigation of kinetic mechanism for runaway thermo-electrochemistry in lithium-ion cells, *Solid State Ionics* 262, 70-73 (2014)61
- Tauchmann, Sikora A.,** Experiences and Measurements with Bluetooth Low Energy (BLE) Enabled and Smartphone Controlled Embedded Applications, *Int'l Journal of Electronics and Electrical Engineering*, Vol. 3, No. 4, Aug. 2015, pp.292-296.
- Tippmann S., Walper D., Balboa L., Spier B., Bessler W. G.,** Low-temperature charging of lithium-ion cells part I: Electrochemical modeling and experimental investigation of degradation behavior, *J. Power Sources* 252, 305-316 (2014)
- Velten D.,** Abschätzung der Messunsicherheit einer Eisenhärtungstiefe-Messung, *HTM Journal of Heat Treatment and Materials*, Jg 69 (5) s.265.272, Oktober 2014
- Volk T., Bhattacharyya M., Grünwald W., Reindl L., Jansen D.,** Formal Description of Inductive Air Interfaces Using Thévenin's Theoree and Numerical Analysis, 2014, *IEEE transactions on magnetics*, Band: 50, Nr. 6, S. 1-9
- Volk T., Gorbey s., Grünwald W., Bhattacharyya M., Lemmer B., Reindl L., Stieglitz T., Jansen D.,** RFID Technology for Continuous Monitoring of Physiological Signals in Small Animals, *IEEE transactions on bio-medical engineering (Impact Factor: 2.15)*. 10/2014; DOI: 10.1109/TBME.2014.2361856
- Volk T., Gorbey S., Grünwald, Bhattacharyya M., Reindl L., Lemmer B., Jansen D.,** Semi-passive powered biotelemetry for small animals, *Physical Sensors and Actuators (Impact Factor: 1.94)*. 11/2014
- von Hartrott P., Seifert T., Dropps S.,** TMF Life Prediction of High Temperature Components Made of Cast Iron HiSiMo: Part I: Uniaxial Tests and Fatigue Life Model, *SAE International Journal of Materials and Manufacturing* 7(2), 2014, 439-445, doi:10.4271/2014-01-0915
- Wang X., Ma X., Song C., Locke D.R., Siefert S., Winans R.E., Möllmer J., Lange M., Möller A., Gläser R.,** Molecular basket sorbents polyethylenimine–SBA-15 for CO2 capture from flue gas: Characterization and sorption properties, *Micropor. Mesopor. Materials*, 169 (2013) pp103-111. (Nachtrag 2013)
- Weidlich, A., Renelt S., Schmidt P., Sobótka M., Stora-ce S.,** Gesellschaftliche Akzeptanz von Smart Metering: Nicht ohne meine Kunden, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 63. Jg., Heft 6, S. 93-96 (Nachtrag 2013)
- Yurkiv V., Latz A., Bessler W. G.,** Modeling and Simulation the Influence of Solid Carbon Formation on SOFC Performance and Degradation, *ECS Transactions*. 57, pp2637-2647 (Nachtrag 2013)
- Yurkiv V., Costa R., Ilhan Z., Ansar A., Bessler W. G.,** Heterogeneous chemistry and mass transport in LSCF/CGO composite cathodes: A validated elementary kinetic impedance model, *J. Electrochem. Soc.* 161, F480-F492 (2014).

- Akiyama H., Dorer K., Lau N.**, On the Progress of Soccer Simulation Leagues, *RoboCup Symposium 2014*, Joao Pessoa, to appear in Springer-Verlag Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) series, 12 pages, Proceedings
- Anantalapochai, Sikora A.**, Development of a Flexible Application Layer for Wireless M-Bus, OMS, and DSMR Protocols, *Embedded World Conference*, 25.-27. Februar 2014, Nürnberg
- Appelrath H.-J., Brunekreeft G., Weidlich A., Wissing C., Mayer C., Ohsenbrügge A., Schnabel S.-C., Tröschel M.**, Future Energy Markets - Mehr Markt für eine effiziente Energiewende, *acatech Materialien*, Berlin 2014
- Aref, Sikora A.**, Free Space Range Measurements with Semtech LoRa technology, *IEEE International Conferences, Applications (IDAACS WIRELESS 2014)*, 11. - 12. September 2014, Offenburg, Germany
- Babu D.-J., Lange M., Cherkashinin G., Issanin A., Staudt R., Schneider J. J.**, Carbon, *Carbon*, 2013, 61, p. 616-623. Nachtrag 2013
- Beck A, Otte A.**, Mord am Federsee - Pfeilspitze als Todesursache vor 7000 Jahren, *Ärztblatt Baden-Württemberg* 2014; 69 (2): 62. (nota bene: nur 1 Seite, aber kein Abstract)
- Betz J., Westhoff D.**, C3-Sched - A Cache Covert Channel Robust Cloud Computing Scheduler, *Proceedings of the Int. Conference on Internet Technology and Secured Transactions, IEEE ICITST-2014, London, UK, Dezember 2014*, pp. 55 - 61
- Betz J., Westhoff D.**, C3-Sched - A Cache Covert Channel Robust Cloud Computing Scheduler, *Proceedings of the Int. Conference on Internet Technology and Secured Transactions, IEEE ICITST-2014, London, UK, Dezember 2014*, pp. 55 - 61
- Bhattacharyya M., Grünwald W., Dusch B., Aghassi-Hagmann J., Jansen D., Reindl L.**, A RFID/NFC based Programmable SoC for Biomedical Applications, *Proceedings, Konferenz: ISOCC2014, Jeju, Süd Korea, Nov 3 - 6 2014*
- Bollin E.**, Keine Wahrsagerei! Prognose-gestützte Steuerung von thermoaktiven Bauteilsystemen, *Heizungsjournal* 1-2.2014, S. 65-69
- Breyer-Mayländer T.**, Anzeigenmarketing für Preserverlage, *Arbeitsprozesse in Redaktion und Lektorat organisieren*. 5. Auflage. Bramann. Frankfurt 2014, S. 391-435, 78 Normseiten
- Breyer-Mayländer T.**, Medienfakultät als Profilelement: 50 Jahre Hochschule Offenburg; *MuK 195/196 Massenmedien und Kommunikation, Universität Siegen 2014*, S. 13-19, 7 Normseiten, Werner /Chagas (Hrsg.)
- Breyer-Mayländer T.**, Medienkonvergenz: Auswirkungen auf die traditionellen Geschäftsmodelle von Zeitungsverlagen, Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz; *Springer Gabler. Wiesbaden 2014*, S. 3-14, 16 Normseiten
- Breyer-Mayländer T.**, Journalist, A Betriebswirtschaft, Steuerberater Branchenhandbuch, Loseblattwerk 156; *Erg.-Lfg./November 2013 Stotax/Stollfuß Medien Bonn*, 36 S.
- Breyer-Mayländer T.**, Sachleistungsmarketing, *Pepels, W. (Hrsg.): Marketing im Nebenfach, BWV Berliner Wissenschaftsverlag Berlin 2013*, S. 195-213, 25 Normseiten
- Breyer-Mayländer T.**, Unzufriedenheit mit dem PR-Alltag in Schulen, *Regenthal/Schütte: Öffentlichkeitsarbeit macht Schule, Wolters Kluwer Deutschland, Aktualisierungslieferung Nr. 14, Oktober 2014*, 15 Normseiten
- Bucak Ö., Volz M.**, Stähle im Bauwesen. Schneider Bautabellen für Ingenieure, 21. Auflage 2014, Kap. 8D, S. 8.131-8.144. *Bundesanzeiger-Verlag, Köln*
- Claus S., Decker E., Meier B.**, Mathe-App für den Übergang Schule-Studium, *e-Learning Fachtagung*, S.311-313. Berlin, Bonn: Köllen. ISBN-13: 978-3885796275
- Codyon F., Pfafferoth J.**, Air renewal effectiveness of decentralized ventilation devices with heat recovery, *Tagungsband: 35th AIVC Conference, Poznan, 2014*
- Curticapean D.**, Photonics is a player at the FIFA World Cup, *Electronic Imaging & Signal Processing, SPIE Newsroom 27 June 2014, DOI: 10.1117/2.2201406.02*
- Curticapean D., Neculae A.**, Radiative heat transfer in optical fibers with applications to temperature measurement and controlled splicing processes considering the SP1 approximation- 2 Seiten, *Frontiers in Optics/Laser Science XXVIII (FIO/LS), FW3A.37, 2012, (Optical Society of America, Washington, DC- Nachtrag von 2013*
- da Costa Fernandes J.**, Forecast based energy optimization for solar photovoltaic and hybrid energy systems, *Proceedings of 29th EU PVSEC Conference and Exhibition in Amsterdam-The Netherlands, 22.-26.09.2014, Amsterdam/Niederlande, 2014*
- da Costa Fernandes J., Eid M.**, Forecast based energy management for trigeneration subnets in smart grids, *Proceedings of 7th International PV-Hybrids and Mini Grids Conference, ISBN 978-39-43891-37-9, p.147-152, OTTI –Regensburg/Germany 2014*
- Daryusi A.**, Entlastungskerb an Sicherungsringnuten in Profilwellen, *VDI-Berichte 2238, S. 225-229, VDI-Verlag GmbH. Düsseldorf 2014, ISBN 978-3-18-092238-6, 6. VDI-Fachtagung für Welle-Nabe-Verbindungen in KA*
- Daryusi A., Benz Ch.**, FEM-Optimierung der Spannungs-konzentration mit Hilfe von Entlastungskerb an Sicherungsringnuten bei Zahnwellen, *12. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2014, 16. - 17. Oktober, 2014 in Bayreuth, Universität Bayreuth*, S. 351-360, ISBN 978-3-00-046544-4
- Daryusi A., Benz Ch.**, FEM-Untersuchung zur Milderung von Kerbwirkungen durch Entlastungskerb in Zahnwellen mit Sicherungsringnuten, *CH-Maschinenelemente Kolloquium, S. 221-235, KISSsoft AG (Hrsg.), Verlag der Wissenschaften GmbH, 2014, ISBN 978-3-944331-81-2, Proceedings*

- Daryusi A., Jung S.**, Der Ersatzdurchmesser dh1 nach DIN 5466 unter der Lupe, 6. VDI-Fachtagung für Welle-Nabe-Verbindungen in Karlsruhe, VDI-Berichte 2238, S. 261-265, VDI-Verlag GmbH. Düsseldorf 2014, ISBN 978-3-18-092238-6
- Daryusi A., Roller A., Jung S.**, FEM-Untersuchung zur Durchdringungskerbwirkung beim Zusammentreffen von Umlaufnut und Querbohrung in Wellen, 12. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2014, 16. – 17. Oktober, 2014 in Bayreuth, Universität Bayreuth, S. 385-396, ISBN 978-3-00-046544-4
- Decker E., Meier B.**, Vorbereitungskurs mit integrierter Mathe-App, Grundfragen Multimedialen Lehrens und Lernens. Der Qualitätspakt E-Learning im Hochschulpaket 2020, Tagungsband, S. 176 – 192. Berlin, Münster: Waxmann Verlag GmbH. ISBN: 978-3-8309-3106-5. Online: <http://www.gml-2014.de/Tagungsband-GML-2014>
- Decker E., Meier B.**, Eine Mathe-App im Hochschuleinsatz, e-teaching.org 11/14, Themenspecial Mobiles Lernen, (ca. 7 Norms.), [http://www.e-teaching.org/specials/mobiles\\_lernen](http://www.e-teaching.org/specials/mobiles_lernen) bzw. <http://www.eteaching.org/praxis/erfahrungsberichte/mathe-app-hochschul-einsatz/>
- Decker E., Meier B., Clau S.**, Brückenkurs mit Mathe-App. Best Practice, <http://www.vdma.org/article/-/article-view/6175552> (ca. 3 Norms.), VDMA Bildung (Hrsg.), VDMA Maschinenhaus Toolbox. Version 1.0 -11/2014
- Dierckx RA., Otte A., de Vries EFJ., van Waarde A., den Boer JA.**, PET and SPECT in Psychiatry, (eBook), DOI 10.1007/978-3-642-40384-2; pp. VII-VIII, Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014, ISBN 978-3-642-40383-5, ISBN 978-3-642-40384-2
- Dierckx RA., Otte A., de Vries EFJ., van Waarde A., Leenders KL.**, PET and SPECT in Neurology, Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014, ISBN 978-3-642-54306-7, ISBN 978-3-642-54307-4 (eBook); pp. VII-VIII
- Dierckx RA., Otte A., de Vries EFJ., van Waarde A.**, PET and SPECT of Neurobiological Systems. (eBook), DOI 10.1007/978-3-642-42014-6; pp. VII-VIII, Springer, ISBN 978-3-642-42013-9, ISBN 978-3-642-42014-6 (eBook), DOI 10.1007/978-3-642-42014-6; pp. VII-VIII
- Dorer K., Glaser S.**, The magma Offenburg 2014 RoboCup 3D Simulation Team, Team description paper, RoboCup WM 2014
- Erens O., Otte A. (Hrsg.)**, Geschichte(n) der Medizin, Gentner Verlag, Stuttgart, 2014, ISBN 978-3-87247-763-7
- Ernst S.**, Share-Economy im Taxigewerbe? Editorial NJW 2014, Heft 42 S. 3
- Ernst S.**, BAG „Elektronische Signatur“, jurisPR-ITR 2/2014, Anm. 2, jurisPR-ITR 2/2014, Anm. 2, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, OLG München „Teiladressierte Werbeschreiben“, jurisPR-WettbR 3/2014, Anm., Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, LG Berlin „WhatsApp“, jurisPR-ITR 22/2014, Anm. 5, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, LAG Hessen „Kündigung bei Datenlöschung“, jurisPR-ITR 9/2014, Anm. 5, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, BGH „Widerrufsbelehrung“, LMK 2014, 362890, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, LG Freiburg „Facebook-Eintrag eines Mitarbeiters“, jurisPR-WettbR 5/2014, Anm. 4, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, BGH „Olympische Angebote“, Urteilsanmerkung, jurisPR-WettbR 12/2014, Anm. 2
- Ernst S.**, BGH „Jameda“ Urteilsanmerkung, jurisPR-WettbR 12/2014, Anm. 4
- Ernst S.**, AG Hannover „Feedback-Anfrage“, jurisPR-WettbR 6/2014, Anm. 4, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, AG Freiburg „Online-Reisebuchung“, jurisPR-ITR 13/2014, Anm. 4, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, BGH „Runes of Magic“, jurisPR-WettbR 4/2014, Anm. 3, Urteilsanmerkung
- Ernst S.**, Widerruf beim Anwalt im Fernabsatz? NJW 2014, 817-821
- Ernst S.**, Kommentierung der Kapitel, Preisangabenrecht (Band 2, S. 919-975), Berufs- u. standesspezifisches Werberecht freier Berufe (Band 2, S. 976-1008), Münchener Kommentar zum UWG, Verlag C.H. Beck, 2. Aufl. 2014
- Ernst S.**, Rechtliche Dimension des Journalismus: Redaktionelle Verantwortung und User Generated Content, S. 111-120, Breyer-Mayländer (Hg.), Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz, Springer Gabler Verlag, 2015
- Ernst S.**, Grenzen der Weitergabe der Namen von Autoren bei Blogs, Verlag Dr. Otto Schmidt, Köln 2014, Gästebuchbeiträge u. Äußerungen in Bewertungsportalen, S.491-502
- Ernst S.**, Einbau und Installation – Kostentragung im Gewährleistungsrecht, ITRB 2014, 169-171
- Ernst S., Conrad/Grützmacher (Hg.)**, Recht der Daten und Datenbanken im Unternehmen, Festschrift für Jochen Schneider, Verlag Dr. Otto Schmidt, Köln 2014
- Fischer D., Lambert K.**, Sicher geschnürt – Kriterien für das Testen sicherheitskritischer Systeme, ix Developer 2/14, Embedded Software, S. 74-76, heise Verlag, 2014
- Gopisetty S., Treffinger P.**, Combined cooling, heat and power (Trigeneration) at Offenburg University of Applied Sciences, Environmental Biotechnology 9 (2013), pp. 25–37. (Nachtrag 2013)
- Gopisetty S., Treffinger P.**, Development of Simple CHP System Models Required for Energy Planning Process, Energy Systems Conference, 24.6.-25. 6. 2014, London, United Kingdom. 2014, Proceedings
- Gopisetty S., Treffinger P., Xu Y.**, Development of Simple Boiler Model Required for Energy Planning Process, Proceedings Grand Renewable Energy Conference, 27.7.-1. 8. 2014, Tokyo, Japan. 2014
- Grafmüller J.-O., Zhang J., Nuß U.**, Asymmetric Stator Teeth for Torque Ripple Reduction of Permanent Magnet Synchronous Machines for Hybrid Electric Vehicles (7 Seiten), 2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC), Florenz, Italien, 17. bis 19. Dezember 2014

- Graumann M.**, Die angemessene Informationsgrundlage von Entscheidungen, *WISU – Das Wirtschaftsstudium*, Nr. 3 (2014), S. 317-320
- Graumann M., Grundei J.**, Die Beurteilung der Informationsbasis zustimmungspflichtiger Geschäfte, *Der Aufsichtsrat*, Nr. 2 (2014), S. 21-23
- Graumann M., Skrabek C.**, Die Verdrängung intrinsischer Motivation durch das Management by Objectives – Ein unterschätztes Problem, *Personalwirtschaft*, Nr. 3 (2014), S. 62-64
- Gücker R., Glaser P., Hurle S.**, Web mentoring peer to peer, *ICICTE 2014 Proceedings*, S. 95-101, ISBN: 978-0-9926958-3-5
- Gutjahr, Sikora A.**, TLS1.2 für Embedded, *Embedded Systems Symposium*, 16.-17. Juli 2014, München
- Haber T., Holzer F., Härtig J., Heinke M., Melicherck J., Ismer B.**, Defibrillator and pacemaker teaching system providing arrhythmia construction set, remote monitoring and quality assurance system, *J Interv Card Electrophysiol* 2014, DOI 10.1007/s10840-014-9877-z
- Hassan A., Sikora A., Kunz D.-S., Eberlein D.**, Headless Android Systems for Industrial Automation and Control, 49. Workshop der MPC-Gruppe, Mannheim, 08.02.2013, 8 Seiten (Nachtrag)
- Hiltmann K., Souchkov V., Thurnes C., Adunka R., Koltz K., Livotov P., Mayer O., Müller W.**, Standard VDI 4521: Solving Inventive Problems with TRIZ (Status), *Proceedings International Conference. Prague, Czech Republic, September 4-6, 2014*, 321 pages. ISSN: 2374-2275. ISBN: 978-0-692-27134-6, pp. 247-254
- Holzer F., Braun M., Ismer B.**, RF Ablation Catheter Tip Material versus Lesion Geometry – The Value of Gold, *Biomed Tech* 2014; 59 (s1) Walter de Gruyter, Berlin, Boston. DOI 10.1515/bmt-2014-4542, S1202
- Huber K., Bollin E.**, Monitoring einer solarthermischen Klimatisierungsanlage mit neu entwickelter Absorptionskältemaschine und Fresnel-Kollektor zum Heizen und Kühlen eines, *Tagungsband des OTTI 24. Solarthermie-Symposium*, 06. – 09.05.2014, Bad Staffelstein
- Ihle, Sikora A.**, Optimierung von Startup-Zeiten für Embedded Linux, *Embedded Systems Symposium*, 16.-17.7.14, München
- Ismer B.**, History and Perspective of Radiofrequency Catheter Ablation, *Biomed Tech* 2014; 59 (s1) Walter de Gruyter, Berlin, Boston. DOI 10.1515/bmt-2014-4543, S1203
- Jäckle, Sikora A.**, Thermal Modeling of Homogeneous Embedded Multi-Core Processors, *3rd Internat. Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics Greater Noida, Delhi, India, 24.-27.09.2014*
- Jagoda M.**, Interne Markenführung, 1. Auflage, Rainer Hampp Verlag, München und Mering
- Jansen D., Dusch B.**, Every Student makes his own Microprocessor, DOI: 10.1109/EWME.2014.6877404 Conference: 2014 10th European Workshop on Microelectronics Education (EWME) DOI: 10.1016/j.sna.2014.10.021
- Junk S.**, New approach in design education using additive manufacturing, *Proceedings of 13th international Design Conference, DESIGN 2014, Cavtat (Kroatien), 2014*, ISSN: 1847-9073, pp. 1391-1398
- Junk S.**, Investigation of Materials and Consumption Characteristics in Additive Manufacturing Using Fused Deposition Modeling, *DDMC 2014 Proceedings of the Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference; Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-9128-1*, pp. 1-6
- Junk S., Matt R.**, New Approaches to the Application of Additive Manufacturing and Reverse Engineering in Design Education, *Proceedings of NordDesign 2014 Conference, Aalto Design Factory, Aalto University, Aalto, Finnland, 2014*, ISBN 978-1-904670-58-2, pp. 105-115
- Junk S., Schrock S.**, Price and quality benchmark of 3D-Printing service providers, *Proceedings of AEPF'14, 19th European Forum on Rapid Prototyping and Manufacturing, Paris, 2014*, pp. 1-11
- Kachel G., Nestler B., Bühler K., Selzer M.**, Energieeffiziente Strömungsprozesse durch computergestützte Bauteilauslegung, *Forschungsreport für den Maschinenbau in Ba-Wü, WS-2014/15, ISSN 2196-8659*
- Kalz D., Pfafferoth J., Hölzenbein F., Vogt G.**, Thermischer Raumkomfort in Nichtwohngebäuden - Nutzerzufriedenheit mit dem thermischen Komfort in Bürogebäuden mit Umweltenergiekonzepten, *HLH Bd. 65 (2014)*
- Kandzia P.-T., Linckels S., Ottmann T., Trahasch S.**, Lecture Recording – a Success Story, *it-Information Technology, De Gruyter*, 55(3), pp115-122. <http://www.degruyter.com/view/j/itit> (Nachtrag 2013)
- Kirchner S., Nüdling HP, Ismer B.**, Non-fluoroscopic Imaging with MRT/CT Image Integration Catheter Positioning with Double Precision, *Biomed Tech* 2014; 59 (s1) Walter de Gruyter, Berlin, Boston. DOI 10.1515/bmt-2014-4544, S1204
- Klemm M., Hoppe H., Seebacher F.**, Non-Parametric Camera-Based Calibration of Optical See-Through Glasses for Augmented Reality Applications, Page(s): 273-274, *Proceedings, IEEE Internat. Symposium on Mixed + Augmented Reality, (ISMAR), IEEE Explore Dig. Library, 2014*
- Krähenmann S., Pfafferoth J., Schettler-Köhler H., Walter A.**, Building better cities – Advancement of Germany's test reference years datasets, *International Innovation* 163 (2014)
- Krawatzek R., Zimmer M., Trahasch S., Gansor T.**, Reflexionen nach einem Jahr Agile-BI-Memorandum: Agile BI ist in der Praxis angekommen, *BI-Spektrum* 2014, 9(4), 8–11
- Kuhnt H.-W.**, Kurvenverhalten von Fahrzeugen mit Radnabenmotoren, *Forschungsreport für den Maschinenbau in Baden- Württemberg WS2014/15, ISSN2196-8659*
- Lankau R.**, Die Bologna-Falle, <http://bildung-wissen.eu/kommentare/die-bologna-falle.html> (23.4.2014)
- Lankau R.**, Brave new digital world, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/brave-new-digital-world.html> (31.8.2014)
- Lankau R.**, Revolution der Hochschulen oder Industrialisierung des Denkens? DAAD (Hrsg.) Bielefeld: Bertelsmann, 2014, S. 57-68, ISBN: 978-3-7639-54834

- Lankau R.**, Gestalten als Form des Erkennens. Kreativität und (Digital-)Technik in Kunstpädagogik und Mediengestaltung, *München, kopaed, 2014, ISBN: 978-3-86736-237-5*
- Lankau R.**, Alte Muster oder Besinnung auf akademische Tradition? <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/alte-muster-oder-besinnungaufakademische-tradition.html> (9.9.2014)
- Lankau R.**, Neues CHE-Wording: Was alles Hochschule werden soll?! *Hochschule*. <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/neues-che-wording-wasalleshochschule-werden-soll.html> (24.09.2014)
- Lankau R.**, Google & Co.: Datenprostitution schon für Kinder, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/google-codatenprostitutionschon-fuer-kinder.html> (10.9.2014)
- Lankau R.**, Ganz schön vermessen, *ZEIT (Wirtschaftsseite) vom 17.12.2014, S. 68*
- Lankau R.**, ICILS – Digital-Adventisten am Schul-Tor, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/icils-digital-adventisten-am-schul-tor.html> (21.11.2014)
- Lankau R.**, Ein bornierter Bildungsbegriff, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/ein-bornierter-bildungsbegriff.html> (31.10.2014)
- Lankau R.**, Dank Kompetenzorientierung: Abitur für alle, <http://bildung-wissen.eu/kommentare/dank-kompetenzorientierung-abitur-fuer-alle.html> (16.6.2014)
- Lankau R.**, Propaganda, Medien, Märkte, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/propaganda-medien-maerkte.html> (05.05.2014)
- Lankau R.**, PISA-Selfie\* als Aprilscherz, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/pisa-selfie-alsaprilscherz.html> (02.04.2014)
- Lankau R.**, Vom Abschulen und Scheitern als Chance, <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/vom-abschulen-und-scheiternalschance.html> (10.6.2014)
- Lankau R.**, Medien gestalten im Kontext digitaler Technik, *Science-Slam der J.W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main, 12. Februar.2014*
- Lankau R.**, Lernpfade für Lernsklaven, [http://www.stifterverband.de/publikationen\\_und\\_podcasts/wirtschaft\\_und\\_wissenschaft/wuw\\_2013-04\\_schwerpunkt.pdf](http://www.stifterverband.de/publikationen_und_podcasts/wirtschaft_und_wissenschaft/wuw_2013-04_schwerpunkt.pdf)
- Lankau R.**, Ohne Dozenten geht es nicht. Online-Kurse produzieren Lernsklaven und höchste Abbrecherquoten, [http://www.academics.de/wissenschaft/ohne\\_dozenten\\_geht\\_es\\_nicht\\_56962.html](http://www.academics.de/wissenschaft/ohne_dozenten_geht_es_nicht_56962.html)
- Lankau R.**, Das Schreiben verlernen – schon in der Grundschule, <http://bildung-wissen.eu/kommentare/das-schreiben-verlernen-schon-indergrundschule.html> 7/14
- Lankau R.**, Denkfehler ohne Ende, <http://bildung-wissen.eu/kommentare/denkfehler-ohne-ende.html> (18.12.2014)
- Lankau R.**, Gestalten im Kontext digitaler Technik, *Inst. f. Kunstpädagogik, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt a. M., 2014 (Elektr. Ressource: <http://d-nb.info/1054649197>)*
- Livotov P.**, Measuring Motivation and Innovation Skills in Advanced Course in New Product Development and Inventive Problem Solving with TRIZ for Mechanical Engineering, *Proceedings of the 13th ETRIA Conference 2013, Arts et Métiers ParisTech, Paris, 29th-31st of October 2013, p. 213-221. (keine ISSN oder ISBN)*
- Livotov P.**, Using patent information for identification of new product features with high market potential, *Journal of the European TRIZ Association – INNOVATOR, ISSN 1866-4180, 01/2014 (01), pp.257-263.14th ETRIA Conference 2013 Global Innovation Convention*
- Mackensen E., Lurz C., Reichert A.**, Fit4PracSis: A competence-, business- and scienceorientated education approach for freshman students in interdisciplinary degree programs. (6 Seiten), *Proceedings IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE). Wellington, December 2014*
- Mamo, Dold M., Sikora A.**, Implementation issues of BSI-enabled wireless metering, *Embedded World Conference, 25.-27. Februar 2014, Nürnberg,*
- Marepalli S. M., Sultana R., Christ A.**, The Challenges of Collaborative Learning in Cloud and a Three Layered Architecture Towards the Solution, *SDIWC (The Society of Digital Information and Wireless Communication) Digital, Library: DICTAP2013, p 134-139(Nachtrag 2013)*
- Marepalli S. M., Sultana R., Christ A.**, Research on System Architecture to Provide Maximum Security, End User Device Independency and User Centric Control over Content in Cloud, *International Journal of E-Entrepreneurship and Innovation, 4(3), 38-52, July-September 2013, DOI: 10.4018/ijeei.2013070103*
- Marepalli S. M., Sultana R., Christ A.**, Introduction to MAR Principle: A Log-based Approach towards Enhanced Security in Cloud, *Proceedings, 4. Konferenz Software-Technologien und -Prozesse (STeP2014), Furtwangen, Germany, 20. May 2014*
- Marepalli S. M., Sultana R., Christ A.**, Future of Logging in the Crisis of Cloud Security, *1. BW-CAR Symposium on Information and Communication Systems (SInCom 2014), 12. Dec. 2014, HS Furtwangen, Schwennigen*
- Mayer E., Fröhlich J.**, A DDS-Based Middleware for Cooperation of Air Traffic Service Units, *Proceedings Nets4Cars/Nets4Trains/Nets4Aircraft Springer Lecture Notes on Computer Science, 2014*
- Mayer M., Ruile W., Johnson J., Kiwitt J., San Jose R., Schmidhammer E., Bleyl I., Wagner K., Mayer A., Mayer E.**, Application of a rigorous nonlinear P-matrix method to the simulation of third order intermodulation in test devices and duplexers, *Proceedings of the 2014 IEEE Ultrasonics Symposium, Chicago, September 3-6, 787-790*
- Milz B., Spangenberg B.**, A Validated Quantification of Benzocaine in Lozenges Using TLC and a Flatbed Scanner, *Chromatographia 76, 19 (2013), 1307-1313, DOI 10.1007/pp10337-013-2436-4, ISSN: 0009-5893 Nachtrag 2013*
- Moschevikin M., Serezhina, Sikora A.**, On the Possibility to Use Leaky Feeders for Positioning in Chirp Spread Spectrum Technologies, *IEEE International Conferences on (IDAACS WIRELESS 2014), 11. - 12.09.2014, OG*
- Müller A., Gast O.**, Customer Experience Tracking - Online-Kunden conversion-wirksame Erlebnisse bieten durch gezieltes Emotionsmanagement, *Keuper, F./Schmidt, D./Schomann, M. (Hrsg.): Smart Big Data Management, Berlin, S. 313 - 343*

- Münchenberg J., von Suchodoletz D., Honigberger W., Rettberg S., Wilson M.**, Projekt bwLehrpool - Desktop-Virtualisierung für die effiziente Bereitstellung von Lehr- und Laborumgebungen, *horizonte*, ISSN: 1432-9174, Ausgabe 44: S. 30-33 (2014)
- Nuß U.**, Feedback Control Systems for Power Electronics, *Tagungsband OTTISeminar, Power Electronics for Photovoltaics*, München, 2./3.06.14, S. 303 - 342
- Nuß U.**, Entkoppelte, hochdynamische Statorstromregelung während der Spannungsbegrenzung, *Tagungsband SPS/IPC/Drives*, Nürnberg, 2014, 10 Seiten
- Ortega Clavero V., Weber A., Schröder W., Curticapean D., Javahiraly N., Meyrueis P.**, Monitoring of the molecular structure of lubricant oil using a FT-Ramanspectrometer Prototype, *Proceedings, SPIE 9141, Optical Sensing and Detection III, 91411W (May 15, 2014); Volume 9141*; Brussel
- Otte A., Curticapean D.**, Die Krankheiten des Henri de Toulouse-Lautrec, *Ärzteblatt Ba-Wü* 2014; 69 (4): 144-145
- Otte A., Hoppe H.**, Hybrid SPECT/US, *Radiology* 2015; 274: 304/5
- Pfafferott J.**, Zur Wechselwirkung zwischen Gebäude u. Stadtklima, *Tagungsband: Essener Klimagespräche 2014*
- Pfafferott J.**, Thermischer Komfort in Gebäuden mit Umweltenergiekonzepten, *Tagungsband: Uponor Kongress 2014, St. Christoph am Arlberg, 2014*
- Pfafferott J., Boerstra A., Stevenson F., Brager G.**, Interactive Workshop on Comfort, User Behavior and Energy Efficiency, *Tagungsband: Windsor, Conference 2014*
- Rohbock U.**, Zukunftsszenario in der Medienwelt 2020, *Crossmedia Management PLUS, Oktober 2014, Bundesverband Medien und Marketing*
- Rohbock U., Speck F., Jagoda M.**, Social Media im Marketing-Mix der Versicherungsbranche, *Zerres, Michael (Hrsg.): Methoden einer Marketing-Planung, Marketing-Methodik II, 4. Auflage, Bookboon, London*
- Sänger V., Schmidt C.**, Interaktion und Feedback in einem virtuellen Informatiklabor, *MEDIENPRODUKTION, Online Zeitschrift für Wissenschaft und Praxis. 6. Ausgabe: Neue Workflows in der Medienproduktion. Pp. 16-22, 2014*
- Schmelas M., Bollin E.**, Prädiktives Steuern von TABS auf Basis v. Energiepaketen, *Teil 2, HLH 09-2014, S. 54-56*
- Schmelas M., Bollin E.**, Prädiktives Steuern v. TABS auf Basis v. Energiepaketen, *Teil 1, HLH 07/08-2014, S. 18-20*
- Schmelas M., et al.**, Adaptive and Predictive Control of Thermally Activated Building Systems, *ASHRAE / IBP-SA-USA International Building Performance Simulation Conference. Atlanta, September 10-12, 2014*
- Seyfriedt T.**, Wesentliche Bilanzierungsunterschiede zwischen IAS/IFRS und HGB, *Createspace, Leipzig, 2014, ISBN: 978-1497462915*
- Seyfriedt T., Otte M.**, Management und Controlling, *Createspace, Leipzig, 2014, ISBN:978-1505488777*
- Siegfried, P. (Hrsg.)**, Erfolgreiche Unternehmenskonzepte Onlinehandel, *AVM Akademische Verlagsgemeinschaft München, München 2014*
- Siegfried, P. (Hrsg.)**, Erfolgreiche Elektronikhandel-Unternehmenskonzepte Onlinehandel, *AVM Akademische Verlagsgemeinschaft München, Band 2/9, M. 2014*
- Siegfried, P. (Hrsg.)**, Franchise-Konzepte dargestellt an Beispielen von 22 erfolgreichen Unternehmen, *AVM Akademische Verlagsgemeinschaft München 2014*
- Sikora A.**, The ZigBee Architecture – An Introduction, *Wireless Congress Systems & Applications, 1.-2.11.14, M*
- Sikora A.**, Sicherheitsarchitekturen für die vernetzte Heim- u. Gebäudeautomatisierung, *VDE Kongress, 20.-21.10.2014, FFM*
- Sikora A.**, Auf dem Weg zum Sicherem „Internet of Services“, *M2M Jahrbuch 2013/2014, S.70-71*
- Sikora A.**, Portierbare und sichere OMS-Software-Lösungen, *metering4all 01/2014, S. 12-13*
- Sikora A.**, Neue Transceiver für den Nahbereichsfunk, *Elektronik 5/2014*
- Sikora A.**, IT-Sicherheitsarchitekturen für Industrie 4.0, *Elektronik 6/2014*
- Sikora A.**, Advances in wireless communication, *Embedded World Conference, 25.-27. Feb. 2014, Nürnberg*
- Sikora A.**, Die Sprache für das Internet der Dinge, *Elektronik Wireless, November 2014, S. 26-28*
- Sikora A.**, Systemintegration von Telehealth- und Telecare-Komponenten für ein dezentrales Monitoring, *7. Deutscher AAL-Kongress 2014, Berlin, 21.-22. Jan. 2014*
- Sikora A., Yushev A., Lehmann P.**, Analysis of 6LoWPAN Performance, *Wireless Congress Systems & Applications, 1.-2.11.2014, München*
- Sikora A., Berbineau M., Vinel A., Jonsson M., Pirovano A., Aguado M.**, Communication Technologies for Vehicles, *Nets4Cars/Nets4Trains/Nets4Aircraft, 2014, Offenburg, Germany, May 6-7, 2014. Lecture Notes in Computer Science, Volume 8435 2014*
- Sikora A., Berbineau M., Vinel A., Jonsson M., Pirovano A., Aguado M.**, Communication Technologies for Vehicles, *Nets4Cars, 2014, OG, D, May 6-7, 2014. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science, Volume 8435 2014*
- Sikora A., Schappacher M., Möllendorf L.**, Automated RF Emulator for a highly scalable IEEE802.11p communication and localization subsystem, *6th Intl Workshop on Communication Technologies for Vehicles (Nets4Cars/Nets4Trains 2013/Nets4Aircraft), 6.-7. 05.2014, OG*
- Sikora A., Tauchmann D.**, Measurements with Bluetooth Low Energy, *Wireless Congress Systems & Applications, 1.-2.11.2014, München*
- Sikora A., Werner R., Lehmann P., Grafmüller J.O.**, Entwurf, Entwicklung und Verifikation eines energieautarken funkbasierten Wasserzählers mit energiezustandsabhängigem Routing, *7. GMM Workshop Energieautarke Sensorik, 24./25. Februar 2014, Magdeburg*
- Sikorski E.**, Education Saves The Nation – Ein Forschungsaufenthalt in Korea, *DNH („Die Neue Hochschule“) – Zeitschrift von HLB (Hochschullehrerbund) 2014, Heft 2, S. 49*
- Sikorski E.**, Education Saves The Nation – Ein Forschungsaufenthalt in Korea, *HLH (Lüftung/Klima, Heizung/Sanitär, Gebäudetechnik), Mai 2014, S. 15*

- Sikorski E., Kim Y.**, Targeting the French versus German Heat Pump market by Korean Manufacturers, *Proceeding, 7th Asian Conference on Refrigeration and Air Conditioning, ACRA2014, Jeju, Korea, 05/14, #332, 3 p.*
- Sonderegger U., Zimmermann M., Weber K., Becker B.**, Mobile Learning mit kontextbezogenen mobilen Diensten in der „KMU Smart Factory“: Szenarien und Lösungsansätze für Fertigungsprozesse, <http://ceur-ws.org/Vol-1227/paper41.pdf>, *German Computer Society (DeLFI 2014), Workshop Mobile Learning, September 2014, S. 229-239, Freiburg*
- Spangenberg B.**, Chemiluminescence in Thin-Layer Chromatography for the Quantification of Polyaromatic Hydrocarbons, *Conference Proceedings, Internat. Symposium for Thin-Layer Chromatography, 2..4.07.14, Lyon*
- Spangenberg B.**, Versuchen Sie es doch mit dem Studiengang Verfahrenstechnik, *Berufsstart Technik, Sommersemester 2014, 366 – 369, Klaus Resch Verlag*
- Strohm P. T., Wittmer S., Haberstroh A., Lauer T.**, PU-Accelerated Quantification Filters for Analytical Queries in Multidimensional Databases, *New Trends in Database and Information Systems II, Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 312, Springer, 2015, pp. 229-242*
- Sultana R., Christ A.**, Smoothie - A solution for device and content independent applications including 3D imaging as content, *1. BW-CAR Symposium on Information and Communication Systems (SInCom 2014), 12. Dec. 2014, Hochschule Furtwangen, Schwennigen*
- Sultana R., Christ A., Meyrueis P.**, Software architecture as a freedom for 3D content providers and users along with independency on purposes and used devices, *Proc. SPIE 9139, Real-Time Image and Video Processing 2014, 91390J (May 15, 2014); doi:10.1117/12.2052493; http://dx.doi.org/10.1117/12.2052493*
- Sultana R., Christ A., Meyrueis P.**, Software architecture as a freedom for 3D content providers and users along with independency on purposes and used devices, *Proceedings, SPIE.Photonics Europe 2014, Brussels, Belgium, 14.-17. April 2014*
- Treffinger P.**, "Examples of Hydropower (Projects) in the Black Forest - From Small to Big, *1st International Workshop on Water Monitoring and Management, 14.-15.7.2014, Offenburg, Germany. 2014, Proceedings*
- Volk T., Bhattacharyya M., Grünwald W., Reindl L., Jansen D.**, Formal Description of Inductive Air Interfaces Using Thévenin's Theorem and Numerical Analysis, *2014, Proceedings IEEE transactions on magnetics, Band: 50, Nummer: 6, Seite 1-9*
- von Suchodoletz D., Münchenberg J., Honigberger W., Rettberg S., Wilson M., Lohr M.**, bwLehrpool - ein landesweiter Dienst für die Bereitstellung von PC-Pools in virtualisierter Umgebung für Lehre und Forschung, *PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, De Gruyter, ISSN 0930-5157, 01/2014, Band 37, Ausgabe 1: S. 33-40 (2014)*
- Weber C., Christ A., Felhauer T., Schüssele L.**, A novel algorithm for channel segmentation based on a Lloyd-Max quantization, *Microwaves, Radar, and Wireless Communication (MIKON), 2014 20th International Conference on , vol., no., pp.1,4, 16-18 June 2014*
- Weber C., Christ A., Felhauer T., Schüssele L.**, Combining automatic radio monitoring and license databases for future spectrum management, *2nd International Symposium on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), vol., no., pp.24,28, 11-12 Sept. 2014*
- Weber C., Christ A., Felhauer T., Schüssele L.**, Combining Automatic Radio Monitoring and License Databases for Future Spectrum Management, *2nd IDAACS Symposium Wireless Systems within the IEEE International Conferences,OG, pp 35-38, Germany (11.-12. 09. 2014)*
- Weber C., Peter M., Felhauer T., Christ A., Schüssele L.**, Data clustering algorithm for channel segmentation in a radio monitoring system, *Communications, IET , vol.8, no.18, pp.3308,3317, 12 18 2014*
- Weber C., Peter M., Felhauer T., Christ A., Schüssele L.**, Data clustering algorithm for channel segmentation in a radio monitoring system, *IET Communications, Vol. 8 (2014) , DOI: 10.1049/iet-com.2013.1104 http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-com.2013.1104*
- Weber C., Christ A., Felhauer T., Schüssele L.**, A Novel Algorithm for Channel Segmentation based on a Lloyd-Max quantization, *20th International Conference on Microwaves, Radar, and Wireless Communications (MIKON'2014), Gdansk, Poland, 16-18 June 2014, Proceedings*
- Wendt T. M., Volk F., Mackensen E.**, A benchmark analysis of Long Range (LoRaTM) Communication at 2.45 GHz for safety applications, *Conference Proceedings, ICM - Internat. Congress Center München, Munich, 11/2014*
- Werner H.-U.**, 80 Soundscapes für Walter Tilgner – Das Grüne Ohr vom Bodensee im Dialog, *VDT Verlag der Tonmeister, VDT-Magazin 2014*
- Werner H.-U.**, SOUND-ANTHROPOLOGIE: KLANG REISEN MIT STEVEN FELD, *NZM ist in den Musikkreisen der Schott-Verlag/Wergo, 2014*
- Werner, Sikora A.**, Development of an energy autonomous water meter supporting Wireless M-Bus Mode Q and P, *Embedded World Conference, 25.-27..02.2014, N*
- Wiesner L., Ebner G., Hagen T.**, Performance-Management in mittelständischen Beratungsunternehmen: Balanced Scorecard mit BI verbinden, *BI Spektrum, Ausgabe 03/2013, S. 22-25, SIGS DATAKOM; Nachtrag 2013*
- Wilke K.-M., Weber J.-A.**, Lehrbuch Internationales Steuerrecht, Kapitel 2.4, 4 und 6, *12. Auflage, Herne 2014, NWB Verlag, Seiten 98-116, 267-314 und 347-387*
- Wilke A., Stahl K., Assawajaruwan S., Litterst K.**, Induzierte Cellulaseproduktion zur Steigerung der Biogasproduktion, *Chemie Ingenieur Technik Volume 86, Issue 9, September, 2014, Page: 1389-1390*

**Wink K., Otte A.**, Der Wissenschaftler Friedrich II., der Staufer

**Erens O., Otte A. (Hrsg.)**, Geschichte(n) der Medizin., *Gentner Verlag, Stgt., 2014, ISBN 978-3-87247-763-7; S. 57-63*

**Wink K., Otte A.**, Drittes Gesetz zur Änderung arzneimittelrechtlicher und anderer Vorschriften – Update zur AMG-Novelle, *Ärzteblatt Baden-Württemberg 2014; 69 (1): 16.*

**Wink K., Otte A.**, Anton Bruckner und seine Herzkrankheit: Pathografie eines berühmten Komponisten, *Ärzteblatt Baden-Württemberg, 2014; 69 (9): 386-387*

**Yurkiv V., Neidhardt J. P., Bessler W. G.**, Elementary kinetic modeling of (electro-)chemical degradation mechanisms of the SOFC anode, *Proceedings of the 11th European SOFC Forum, Lucerne, CH, p. B0609 (2014)*

**Yushev P., Lehmann A., Sikora A.**, 6LoWPAN with RPL Performance Measurements in an Automated Physical Testbed, *IEEE International Conferences (IDAACS WIRELESS 2014), 11.-12.09.2014, Offenburg, Germany*

**Zell C., Hochberg U., Noguera S., Haas K.**, ARTHYMES - Archaea Transform Hydrogen to Methane for Energy Storage, *Chem. Ing. Tech. 86 (9) 1359, 2014*

Kategorie: Lehrbuch

Autor(en), Titel, Verlag

**Dierckx R., Otte A., de Vries EFJ., van Waarde A., den Boer JA. (Eds.)**, PET and SPECT in Psychiatry, *Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014, ISBN 978-3-642-40383-5, ISBN 978-3-642-40384-2 (eBook), DOI 10.1007/978-3-642-40384-2*

**Kirchner S., Breyer-Mayländer T.**, Manager in der Öffentlichkeit: Fettnäpfchen kennen und meiden, *Springer Gabler, Wiesbaden 2014*

**Breyer-Mayländer T.**, Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz, *Springer Gabler, Wiesbaden 2014, Breyer-Mayländer (Hrsg.)*

**Dierckx R., Otte A., de Vries EFJ., van Waarde A., Leenders KL. (Eds.)**, PET and SPECT in Neurology, *Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014, ISBN 978-3-642-54306-7, ISBN 978-3-642-54307-4 (eBook)*

**Dierckx R., Otte A., de Vries EFJ., van Waarde A., Luiten PGM. (Eds.)**, PET and SPECT of Neurobiological Systems, *Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014, ISBN 978-3-642-42013-9, ISBN 978-3-642-42014-6 (eBook), DOI 10.1007/978-3-642-42014-6*

**Kalz D., Pfafferoth J.**, Thermal comfort and energy-efficient cooling of nonresidential buildings, *Springer, 2014. ISBN 978-3-319-04581-8. DOI 10.1007/978-3-319-04582-5*

**Kühbeck, Hakobyan G., Sikora A., Chibelushi C.C.**, Untersuchung der Effizienzsteigerung mittels Car-2-Car-Kommunikation, *J. Sieck (Hrsg.), „Wireless Communication and Information – Ubiquitous Communication“, Verlag Werner Wülsbusch, Glückstadt, 2014, S. 63-76*

**Rensing C., Trahasch S. (Eds.)**, DeLFI Workshops 2014 Proceedings of DeLFI Workshops 2014, *(DeLFI 2014): Freiburg, Germany, Sep. 15, 2014. CEUR Workshop Proceedings: Vol. 1227. <http://ceur-ws.org/Vol-1227>*

**Seyfried T.**, E-Bilanz sowie Aktualisierung Sachgebiet Jahresabschlussanalyse, *Gabler Wirtschaftslexikon Online, Springer Gabler, Wiesbaden; Brich, Hasenbalg, Dr. Winter (Hrsg.), <http://wirtschaftslexikon.gabler.de>*

**Siemers, Sikora A. (Hrsg.)**, Taschenbuch Digitaltechnik, *Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 3. Auflage 2014, ISBN 978-3-446-43263-5, E-Book-ISBN: 978-3-446-43990-0*

**Sikora A.**, The Internet of Things – State of the Art, *Teaching Crossroads: 9th IPB Erasmus Week“, 2014, ISBN: 978-972-745-166-1, Online version: <http://hdl.handle.net/10198/9447>*

**Sikora A., Schappacher M., Möllendorf L.**, Automatisierte Tests für ein IEEE802.11p-kompatibles Kommunikations- und Lokalisierungssystem, *J. Sieck (Hrsg.), „Wireless Communication and Information – Ubiquitous Communication“, Verlag Werner Wülsbusch, Glückstadt, 2014. S.77-92*

**Spangenberg B.**, Quantitative Dünnschichtchromatographie, *Springer Verlag 2014*

**Spangenberg B.**, Theory and Instrumentation for in situ Detection, *Chap. 7 in „Instrumental Thin-Layer Chromatography“, Editor: Colin Poole Elsevier Amsterdam 2014*

**Trahasch S., Plötzner R., Schneider G., Saasiat D., Gayler C., Wöhrle N. (Eds.) 2014**, DeLFI 2014 - Die 12. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V., 15.-17. September 2014 in Freiburg, *GI Edition Proceedings: Vol. 233. Bonn: Ges. für Informatik. [Http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings233.html](http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings233.html)*

# Promotionen 2014

Name, Titel, HSO Betreuer, Betreuer - kooperierende Universität

## Interne, laufend:

**Bhattacharaya, Mayukh:** Wireless ultra low power sensor systems for passive and semi-passive applications, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**da Costa Fernandes, Jesus Salazar:** Prädiktive Systeme zur Betriebsoptimierung kleinskaliger Energienetze mit hohem erneuerbaren Energieanteil, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Dongol, Deepranjan:** Battery management for smart grids with renewable energy sources based on predictive control and demand side management, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Fey, Simon:** Entwicklung IT-basierter Kommunikationsstrukturen und Systemarchitekturen für neuartige Energieversorgungsnetze, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Gast, Oliver:** User Experience im E-Commerce: Verfahren zur validen apparativen Messung von Emotionen bei der Nutzung interaktiver Anwendungen, HSO Prof. Dr. Andrea Müller, *PH Freiburg* - Prof. Dr. Plötzner, Prof. Dr. Nerb

**Gopisetty, Bala Venkata Satyana-rayana:** Model reduction optimization for energy planning process of distributed energy resources, HSO Prof. Dr. Peter Treffinger, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Griebeler-Kollmann, Jacqueline:** Strukturinnovationen im Journalismus, HSO Prof. Dr. Frank Habann, *Katholische Universität Eichstätt* - Prof. Dr. Klaus-Dieter Altmeyen

**Grübl, Daniel:** Modellierung von Elektrochemie, Phasenumwandlung und Transport in Metall-Luft-Batterien, HSO Prof. Dr. Wolfgang Bessler, *Universität Gießen* - Prof. Dr. Jürgen Janek

**Grünwald, Waldemar:** Untersuchung für Eignung niederfrequenter magnetbasierter Übertragungsverfahren zur Telemetrie bei medizinischen Implantaten mit metallischer Kapselung, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Haber, Tobias:** Ingenieurtechnische Lösung für Simulation zur Schrittmacher-, Defibrillator- und Ablations-therapie, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Isele, Dietmar:** Vorspannkraftverluste und Leistungsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss, HSO Prof. Alfred Isele, *Universität Gießen* - Prof. Dr.-Ing. Christoph Friedrich

**Kupper, Christian:** Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien für die dezentrale Speicherung regenerativer Energien: experimentelle Untersuchung und modellbasierte Optimierung, HSO Prof. Dr. Wolfgang Bessler, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Holger Reinecke

**Lange, Marcus:** Adsorption von C4-Kohlenwasserstoffen an strukturell flexiblen Koordinationspolymeren, HSO Prof. Dr. Reiner Staudt, *Universität Leipzig, Sachsen* - Prof. Dr. Roger Gläser

**Mandel, Avikarsha:** Security of Electric Payment Systems, HSO Prof. Dr. Erik Zenner, *Universität Mannheim* - Prof. Dr. Frederik Armknecht

**Marepalli, Sai Manoj:** P2P and Cloud Computing Architectures for Resilient Smart Grid Monitoring, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Universität Freiburg* - Prof. Dr. Schindelbauer

**Metzger, Mario:** Mikrostrukturbasierte Werkstoffmodelle zur Lebensdauerbewertung von Hochtemperaturbauteilen aus Eisenguss, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, *Karlsruher Institut für Technologie* - Prof. Dr. rer. nat. Hermann Riedel

**Mittag, Seffen:** Probabilistische Werkstoffmodelle zur Lebensdauervorhersage von Turbinenkomponenten, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg* - Prof. Dr.-Ing. habil. Holm Altenbach

**Niro, Sascha:** P2P-Konzepte für verteilte Datenbanken in Smart-Grid-Strukturen: Time series data, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Universität Freiburg* - Prof. Dr. Schindelbauer

**Pupyrev, Pavel:** Linear and nonlinear properties of wedge acoustic waves, HSO Prof. Dr. Andreas Mayer, *General Physics Institute Moscow* - Dr. Alexey M. Lomonosov

**Schmelas, Martin:** Prädiktive Algorithmen für thermoaktive Bauteilsysteme zum Entlasten des Stromnetzes, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

**Weber, Christian:** Automatische Frequenzüberwachung - Signaldetektion und Kanalsegmentierung, HSO Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele, Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer, Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, *Technische Universität Kaiserslautern* - Prof. Dr. Ralph Urbansky

**Wißmann, Kai:** Kommerzialisierung von Web- und TV-Unterhaltungsformaten, HSO Prof. Dr. phil. Heinrich Behring, *Universität Basel* - Prof. Dr. Klaus Neumann-Braun

# Promotionen 2014

Name, Titel, HSO Betreuer, Betreuer - kooperierende Universität

---

## Abgeschlossen:

**Jagoda, Martha:** Interne Markenführung in KMU, Eine empirische Untersuchung Erfolg versprechender Gestaltungsoptionen für die interne Markenführung in kleineren und mittleren Mediendienstleistungsunternehmen, HSO Prof. Dr. Ute Rohbock, *Humboldt-Universität Berlin - Prof. Dr. Wolfgang Mühlbenninghaus*

**Kleimenhagen, Frank:** Untersuchungen zur AV-Delay-Programmierung bei CRTPatienten eines Klinikums, Themenvergebender, *Alleinbetreuer und Gutachter: Prof. Dr. Bruno Ismer, Universität Rostock*

**Ortega, Valentin:** Monitoring of different production processes involving contaminating waste using Fourier-Transform Raman spectroscopy, HSO Prof. Dr. Werner Schröder, *Universität de Strasbourg - Prof. Dr. Patrick Meyrueis (unistra)*

**Schlesinger, Michael:** Experimentelle Untersuchung des zeitabhängigen Rissfortschritts unter thermomechanischer Ermüdung in Nickellierungen und mechanismenbasierte Modelle zur Lebensdauerbewertung, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg - Prof. Dr.-Ing. habil. Holm Altenbach*

**Sultana, Razia:** Research on system architecture for device independent applications for 3D imaging and virtual reality, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Universität de Strasbourg - Prof. Dr. Patrick Meyrueis*

**Selzer, Michael:** Dissertation: Mechanische und strömungsmechanische Topologieoptimierungen mit der Phasenfeldmethode, *HSO Prof. Dr. Gerhard Kachel, Fakultät für Maschinenbau KIT, Karlsruhe - Prof. Dr. Britta Nestler*

# Patente 2014

**Christ, Andreas; Felhauer, Tobias; Schüssele, Lothar; Weber, Christian:** Verfahren und Vorrichtung zum Spektrum-Monitoring, Deutsche Anmeldung: DE 2014 100251.2

**Jansen, Dirk; Spangenberg, Bernd:** Anordnung zur dichten Kapselung und automatischen optischen Auswertung von chemisch reaktiven Teststreifen in feuchter Umgebung, Deutsche Anmeldung DE 10 30 1520 1100

**Spangenberg, Bernd; Seal-tec GmbH (Unternehmen):** Silikat-Monolithe, Deutsche Anmeldung: DE 10 2014 216 500.8

**Spangenberg, Bernd; Futterknecht, Sidon; Hemmer, Wolfgang:** Poröse Massen oder Formkörper aus anorganischen Polymeren und deren Herstellung, Anmeldenummer P CT/DE2014/000076, Veröffentlichungsnummer W 02014127762 A

**Vinke, Johannes:** Pulverlackbeschichtung von Kunststoff, Kunststoffkompositen und Glas, Europäische Patentanmeldung PCT/EP2014/000243

# Forschungslandkarte der Hochschule Offenburg

Die Stärke der Hochschule Offenburg sind Forschungsfragen, die aus anwendungsnahen Problemstellungen entstehen. Sowohl produktnah in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Unternehmen als auch mit besonderer wissenschaftlicher Tiefe in den kooperativen Promotionen mit Universitäten im In- und Ausland entstehen neue Erkenntnisse. Waren dies vor zwei Jahrzehnten Einzelfälle, so forschen aktuell über 30 Doktoranden/-innen an der Hochschule Offenburg.

Insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen (KMUs), die nicht über eine eigene Forschungsabteilung verfügen, nutzen diese wissenschaftliche Zusammenarbeit.

Forschung und Entwicklung sind Basis jeder Innovation und damit Grundlage für die Erhaltung unseres technologischen Standorts und unseres Wissensvorsprungs. Umfassend beraten Sie gerne unsere Forschungskoordinatoren des Instituts für Angewandte Forschung.

**Wirtschaft,  
Handel &  
Logistik**

**Medien**

**Informations-  
technologie,  
Automation &  
Telekommunikation**

**Gesundheit**

**Wirtschafts-  
informatik**

**Manufacturing**

**Werkstoff-  
technologie**

**Mobilität**

**Klima,  
Energie &  
Umwelt**

# Kontakt

## Institut für Angewandte Forschung (IAF)

---

### **Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin**

Institutsleitung  
E-Mail: [bollin@hs-offenburg.de](mailto:bollin@hs-offenburg.de)

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [axel.sikora@hs-offenburg.de](mailto:axel.sikora@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-272  
<http://www.hs-offenburg.de/iaf/>

## Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI)

---

### **Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer**

Institutsleitung  
E-Mail: [bruno.ismer@hs-offenburg.de](mailto:bruno.ismer@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-4640  
E-Mail: [poi@hs-offenburg.de](mailto:poi@hs-offenburg.de)  
<http://www.hs-offenburg.de/poi/>

## Institut für Energiesystemtechnik (INES)

---

### **Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin**

Institutsleitung  
E-Mail: [bollin@hs-offenburg.de](mailto:bollin@hs-offenburg.de)

Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [jens.pfafferott@hs-offenburg.de](mailto:jens.pfafferott@hs-offenburg.de)

Institutsanschrift Campus Nord  
Am Güterbahnhof 1a 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-126  
E-Mail: [ines@hs-offenburg.de](mailto:ines@hs-offenburg.de)  
<http://www.hs-offenburg.de/ines/>

## Institute for Unmanned Aerial Systems (IUAS)

---

### **Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder**

Institutsleitung  
E-Mail: [w.schroeder@hs-offenburg.de](mailto:w.schroeder@hs-offenburg.de)

Prof. Dr. Dan Curticapean  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [dan.curticapean@hs-offenburg.de](mailto:dan.curticapean@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon +49 781 205-271  
<http://www.hs-offenburg.de/iuas/>

## Ecological Photonics Advanced Research at Oberrhein (Eco-PhARO)

---

### **Prof. Dr. Dan Curticapean**

Institutsleitung  
E-Mail: [dan.curticapean@hs-offenburg.de](mailto:dan.curticapean@hs-offenburg.de)

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [w.schroeder@hs-offenburg.de](mailto:w.schroeder@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-271

## Institut für kulturelle Kommunikation (IKK) – An-Institut

---

### **Prof. Dr. phil. Heinrich Behring**

Institutsleitung  
E-Mail: [behring@hs-offenburg.de](mailto:behring@hs-offenburg.de)

Jürgen Stark  
Stellvertretende Institutsleitung

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-4723  
<http://www.ai-ikk.de/>



Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-0  
[www.hs-offenburg.de](http://www.hs-offenburg.de)

